

# multiSIM 2001

---

Schaltungserfassung und -simulation sowie Entwicklung  
programmierbarer Logik

***Benutzerhandbuch für Schulungsleiter***



**Electronics**  
WORKBENCH

DESIGN SOLUTIONS FOR EVERY DESKTOP

MULTISIM™ und Electronics Workbench™ Copyright © 1989, 1992-2000 Interactive Image Technologies Ltd. Alle Rechte vorbehalten.

Alle anderen Marken- und Produktnamen sind Marken oder registrierte Marken der entsprechenden Firmen und Organisationen.

Bestandteile dieses Produkts stammen von folgenden Lizenzgebern:

- Green Mountain Computing Systems
- Metamor, Inc.

ISBN 1-55169-088-8 Rev. 2

© 2000 Interactive Image Technologies Ltd. Alle Rechte vorbehalten. Ausgabe Dezember 2000. Gedruckt in Kanada.

# Vorwort

Es freut uns, dass Sie sich für Multisim von Electronics Workbench entschieden haben. Wir sind davon überzeugt, dass das Programm Ihnen dabei helfen wird, eine höhere Produktivität zu erzielen und verbesserte Schaltungen zu entwickeln.

Electronics Workbench ist der weltweit führende Lieferant von Werkzeugen zur Schaltungsentwicklung. Unsere Produkte werden von mehr Kunden verwendet, als jedes andere vergleichbare Produkt auf dem Markt. Wir sind sicher, dass Multisim und alle weiteren Produkte von Electronics Workbench Sie in jeder Hinsicht zufrieden stellen werden.

## Handbuchkonventionen

Wenn sich der Text in den Multisim Handbüchern auf eine Schaltfläche der Werkzeugleiste bezieht, erscheint in der linken Spalte ein Bild der entsprechenden Schaltfläche.

Schaltungen werden im Handbuch schwarzweiß dargestellt, obwohl Multisim die Schaltungen in der standardmäßig farbig darstellt. (Sie können die Farben jederzeit Ihren Bedürfnissen anpassen.)



Wenn Sie das Symbol in der linken Spalte sehen, so ist die beschriebene Funktionalität nur verfügbar in bestimmten Multisim-Versionen oder für Benutzer die ein Zusatzmodul erworben haben.

Multisim Handbücher verwenden für Menübefehle die Programmkonvention **Menü/Funktion**. "**Datei/Öffnen**" ruft beispielsweise den Befehl **Öffnen** aus dem Menü **Datei** auf.

Multisim Handbücher verwenden ein Pfeilsymbol in der Programmkonvention (**➤**), um den Beginn eines Prozesses anzuzeigen.

Multisim-Handbücher verwenden die Funktionstasten STRG-TASTE und ALT-TASTE, um anzuzeigen, dass Sie auf Ihrer Tastatur die Befehlstaste "STRG" oder "ALT" Taste gedrückt halten und gleichzeitig eine weitere Taste drücken müssen.

## Die Multisim-Dokumentation

Die Multisim-Dokumentation besteht aus *Einführung und Lernhilfe*, dem *Benutzerhandbuch* und der Online-Hilfe. Alle Multisim-Anwender erhalten PDF-Versionen von *Einführung und Lernhilfe* und dem *Benutzerhandbuch*. Je nach Version gehören auch gedruckte Handbücher zum Lieferumfang.

## Einführung und Lernhilfe

Das Handbuch *Einführung und Lernhilfe* macht Sie mit der Benutzeroberfläche von Multisim vertraut. Außerdem bietet es eine Lernhilfe, die Sie durch die einzelnen Stufen der Schaltungsentwicklung, der Simulation, der Analyse sowie der Berichterstellung führt.

## Benutzerhandbuch

Das *Benutzerhandbuch* beschreibt Multisim und alle Funktionen ausführlich. Das Handbuch ist so gegliedert, dass Sie schrittweise durch die Schaltungsentwicklung geführt werden und beschreibt dabei detailliert alle Anwendungsmöglichkeiten von Multisim.

## Online-Hilfe

Multisim bietet Ihnen ein komplettes Online-Hilfesystem, um Sie bei der Arbeit zu unterstützen. Wählen Sie **Hilfe/Multisim Handbuch**, um die Hilfedatei, die alle Multisimfunktionen beschreibt, aufzurufen, oder wählen Sie **Hilfe/Multisim Referenz**, um eine Hilfedatei aufzurufen, die das gesamte Referenzmaterial (aus den Anhängen) mit Details über alle mitgelieferten Bauteilfamilien enthält. Beides sind gewöhnliche Windows-Hilfedateien und verfügen über Inhaltsverzeichnis und Index.

Zusätzlich erhalten Sie Kontexthilfe, indem Sie bei einem Befehl oder in einem Fenster F1 drücken oder in den entsprechenden Fenstern auf das **Hilfesymbol** klicken.

## Adobe PDF-Dateien

Sowohl *Einführung und Lernhilfe* als auch das gesamte *Benutzerhandbuch*, einschließlich der Anhänge, befinden sich als Adobe PDF-Dateien auf der Multisim-CD und können aus dem Multisim Programmordner im Windows Startmenü aufgerufen werden. Um PDF-Dateien zu öffnen, benötigen Sie das Programm *Acrobat Reader* von Adobe das kostenlos erhältlich ist. Sie können es von [www.adobe.com](http://www.adobe.com) herunterladen.

## Lizenzvereinbarung

Bitte lesen Sie die Lizenzvereinbarung, die Sie im Handbuch *Einführung und Lernhilfe* finden, sorgfältig durch, bevor Sie das Softwarepaket installieren und benutzen. Durch Installation und Nutzung des Programmes stimmen Sie der Lizenzvereinbarung zu. Stimmen Sie der Lizenzvereinbarung nicht zu, müssen Sie die unbenutzte Software innerhalb von 30 Tagen an Ihren Lieferanten zurücksenden und der Betrag wird Ihnen anschließend zurückerstattet.

# Inhaltsverzeichnis

## 1. Einführung

1.1	Über dieses Handbuch . . . . .	1-1
1.2	Was ist Multisim 2001? . . . . .	1-2
1.3	Multisim 2001 Schulungsversionen . . . . .	1-2

## 2. Benutzeroberfläche

2.1	Einführung in die Multisim-Benutzeroberfläche . . . . .	2-2
2.2	Einführung in die Werkzeugleiste . . . . .	2-3
2.3	Benutzeranpassung der Oberfläche . . . . .	2-5
2.3.1	Benutzeranpassung der Oberfläche . . . . .	2-5
2.3.2	Allgemeine Anweisungen zur Benutzeranpassung der Oberfläche im Fenster Voreinstellungen . . . . .	2-6
2.3.3	Registerkarte Schaltung . . . . .	2-7
2.3.4	Registerkarte Arbeitsbereich . . . . .	2-9
2.3.5	Registerkarte Leiterbahnen . . . . .	2-10
2.3.6	Registerkarte Bauelemente-Werkzeugleiste . . . . .	2-11
2.3.7	Registerkarte Schrift . . . . .	2-13
2.3.8	Registerkarte Verschiedenes . . . . .	2-15
2.3.9	Weitere Optionen zur individuellen Anpassung . . . . .	2-16
2.4	Schaltflächen der Werkzeugleiste System und der Werkzeugleiste Zoom . . . . .	2-17
2.5	Verwenden von Einschränkungen . . . . .	2-17
2.5.1	Einschränken allgemeiner Einschränkungen . . . . .	2-18
2.5.2	Einstellen von Schaltungseinschränkungen . . . . .	2-22
2.5.3	Definieren von Passwörter für Einschränkungen . . . . .	2-26
2.6	Menüs und Befehle . . . . .	2-27
2.6.1	Datei Menü . . . . .	2-27
2.6.2	Menü Bearbeiten . . . . .	2-31
2.6.3	Menü Ansicht . . . . .	2-33
2.6.4	Menü platzieren . . . . .	2-35
2.6.5	Menü Simulation . . . . .	2-37

2.6.6	Menü Transfer	2-45
2.6.7	Menü Werkzeuge	2-47
2.6.8	Menü Optionen	2-48
2.6.9	Menü Fenster	2-49
2.6.10	Menü Hilfe	2-50

### 3. Schaltungserfassung

3.1	Einführung in die Schaltungserfassung	3-1
3.2	Konfigurieren des Schaltungsfensters	3-1
3.2.1	Einstellen der Blattgröße	3-2
3.2.2	Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern	3-3
3.2.3	Wählen eines Symbolssatzes	3-3
3.2.4	Wählen eines Farbschemas für Schaltungen	3-4
3.2.5	Wählen der Schriftarten, Etiketten, Werte und Namen	3-4
3.3	Wählen von Bauelementen aus der Bauelementedatenbank	3-4
3.4	Platzieren von Bauelementen	3-6
3.4.1	Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters	3-6
3.4.2	Verwenden der Liste der verwendeten Elemente	3-9
3.4.3	Verschieben eines platzierten Bauelements	3-10
3.4.4	Kopieren eines platzierten Bauelements	3-10
3.4.5	Ersetzen eines platzierten Bauelements	3-11
3.4.6	Definieren der Bauelementefarbe	3-12
3.5	Verdrahtung von Bauelementen	3-12
3.5.1	Automatische Verdrahtung von Bauelementen	3-13
3.5.2	Manuelle Verdrahtung von Bauelementen	3-14
3.5.3	Kombinieren von automatischer und manueller Verdrahtung	3-15
3.5.4	Einstellung der Verdrahtungsvoreinstellungen	3-15
3.5.5	Ändern von Leitwegen	3-16
3.5.6	Definieren der Leiterbahnenfarbe	3-17
3.6	Manuelles Hinzufügen einer Verbindungsstelle	3-17
3.7	Drehen und Spiegeln von Bauelementen	3-18
3.8	Eigenschaften platzierter Bauelemente	3-19
3.8.1	Anzeigen von Informationen für die Identifizierung eines platzierten Bauelements	3-20

3.8.2	Anzeigen eines Werts bzw. eines Modells für ein platziertes Bauelement . . .	3-21
3.8.3	Festlegung der Art, in der ein platziertes Bauelement im Rahmen der Analyse verwendet wird. . . . .	3-23
3.8.4	Definieren eines Fehlers für ein platziertes Bauelement . . . . .	3-24
3.8.5	Verwenden der automatischen Fehlerzuweisung . . . . .	3-25
3.9	Suchen von Bauelementen in einer Schaltung . . . . .	3-26
3.10	Beschriften . . . . .	3-27
3.10.1	Ändern von Bauelementeetiketten und Bauelementeattributen . . . . .	3-27
3.10.2	Ändern von Knotennummern . . . . .	3-29
3.10.3	Hinzufügen eines Titelblocks . . . . .	3-30
3.10.4	Hinzufügen von beliebigem Text . . . . .	3-31
3.10.5	Hinzufügen einer Beschreibung. . . . .	3-32
3.11	Schaltungsteile und Hierarchien . . . . .	3-33
3.11.1	Vergleich von Schaltungsteilen mit Hierarchien. . . . .	3-33
3.11.2	Vorbereiten einer Schaltung für Verwendung als Schaltungsteil. . . . .	3-33
3.11.3	Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung . . . . .	3-34
3.12	Ausdrucken einer Schaltung. . . . .	3-35
3.13	Platzieren eines Busses . . . . .	3-37
3.14	Verwenden des Popup-Menüs . . . . .	3-38
3.14.1	Im Schaltungsfenster ohne selektiertes Bauelement. . . . .	3-38
3.14.2	Beim Bearbeiten eines Bauelements oder Instruments. . . . .	3-40
3.14.3	Beim Bearbeiten einer Leiterbahn . . . . .	3-41

## 4. Bauelemente

4.1	Struktur der Bauelementedatenbank . . . . .	4-1
4.1.1	Datenbanken . . . . .	4-1
4.1.2	Anzeigen von Datenbankinformationen . . . . .	4-3
4.1.3	Klassifizierung der Bauelemente in der Datenbank. . . . .	4-4
4.2	Suchen von Bauelementen in der Datenbank . . . . .	4-22
4.2.1	Durchblättern der Datenbank. . . . .	4-22
4.2.2	Standardmäßige Suche nach Bauelementen . . . . .	4-23
4.3	Verwenden der Website Edaparts.com . . . . .	4-26
4.3.1	Suchen und Herunterladen von Bauelementedefinitionen. . . . .	4-26
4.3.2	Aktualisieren der Multisim-Hauptdatenbank . . . . .	4-31
4.3.3	Suchen und Kaufen von Bauelementen sowie Anfordern von Angeboten . . . . .	4-32

4.4	Gespeicherte Bauelementeinformationen . . . . .	4-32
4.4.1	Vordefinierte Felder . . . . .	4-33
4.5	Nominale Parameterwerte und Toleranzen . . . . .	4-35

## 5. Bauelemente-Editor

5.1	Einführung in den Bauelemente-Editor . . . . .	5-1
5.2	Datenbankverwaltung . . . . .	5-3
5.3	Bauelemente-Editor . . . . .	5-6
5.4	Bearbeiten eines Bauelements, allgemeine Eigenschaften . . . . .	5-9
5.5	Bearbeiten eines Bauelements, Schaltungsparameter . . . . .	5-10
5.6	Hinzufügen von Bauelementen . . . . .	5-11
5.7	Löschen von Bauelementen . . . . .	5-17
5.8	Kopieren von Bauelementen . . . . .	5-18
5.9	Bearbeiten und Generieren eines Bauelementesymbols . . . . .	5-19
5.9.1	Kopieren eines Bauelementesymbols . . . . .	5-20
5.9.2	Generieren und Bearbeiten eines Bauelementesymbols mit dem Symboleditor . . . . .	5-21
5.10	Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementemodells . . . . .	5-29
5.10.1	Kopieren eines Bauelementemodells . . . . .	5-31
5.10.2	Laden eines bereits vorhandenen Modells . . . . .	5-32
5.11	Generieren und Bearbeiten der Layouts von . . . . .	5-33
5.11.1	Konventionen für die Benennung von Anschlussgruppen . . . . .	5-34
5.11.2	Konvention für die Benennung von Anschlusstypen . . . . .	5-35
5.13	Generieren eines Bauelementemodells mit Hilfe eines Modellgenerators . . . . .	5-37
5.13.1	Modell für bipolare Flächentransistoren . . . . .	5-37
5.13.2	Modellgenerator für Dioden . . . . .	5-52
5.13.3	MOSFET-Modellgenerator . . . . .	5-57
5.13.4	Modellgenerator für Operationsverstärker . . . . .	5-65
5.13.5	Thyristormodellgenerator . . . . .	5-71
5.13.6	Modellgenerator für Zener-Dioden . . . . .	5-76
5.14	Generieren eines Modells unter Verwendung der Codemodellierung . . . . .	5-81
5.14.1	Was ist Codemodellierung? . . . . .	5-81



5.14.2 Generieren eines Codemodells . . . . .	5-82
5.14.3 Die Schnittstellendatei (Ifspec.ifs) . . . . .	5-83
5.14.4 Die Implementationsdatei (Cfunc.mod). . . . .	5-90

## 6. Messinstrumente

6.1 Einführung in die Messinstrumente von Multisim . . . . .	6-1
6.2 Arbeiten mit mehreren Messinstrumenten . . . . .	6-4
6.3 Standardeinstellungen der Instrumente . . . . .	6-5
6.4 Voltmeter . . . . .	6-6
6.4.1 Widerstand (1.0 W - 999.99 TW) . . . . .	6-6
6.4.2 Modus (Gleich- oder Wechselspannung) . . . . .	6-6
6.4.3 Anschließen des Voltmeters . . . . .	6-6
6.5 Amperemeter . . . . .	6-7
6.5.1 Widerstand (1.0 pW - 999.99 W) . . . . .	6-7
6.5.2 Modus (Gleich- oder Wechselspannung) . . . . .	6-7
6.5.3 Anschließen des Amperemeters . . . . .	6-7
6.6 Multimeter . . . . .	6-8
6.6.1 Messoptionen. . . . .	6-8
6.6.2 Signalform (Gleich- oder Wechselspannung) . . . . .	6-11
6.6.3 Gerätevorgaben . . . . .	6-12
6.7 Funktionsgenerator. . . . .	6-13
6.7.1 Auswahl der Kurvenform . . . . .	6-13
6.7.2 Signalooptionen . . . . .	6-14
6.7.3 Flankenzeit. . . . .	6-14
6.8 Wattmeter . . . . .	6-15
6.9 Oszillograf. . . . .	6-16
6.9.1 Zeitbasis (0.1 ns/Div — 1s/Div) . . . . .	6-17
6.9.2 Erdung . . . . .	6-18
6.9.3 Einstellungen Kanal A und Kanal B . . . . .	6-18
6.9.4 Trigger . . . . .	6-19
6.9.5 Verwendung von Cursor und Anzeigen . . . . .	6-20
6.10 Bode-Plotter . . . . .	6-21
6.10.1 Amplitude oder Phase . . . . .	6-22
6.10.2 Einstellung der vertikalen und horizontalen Achse . . . . .	6-22

6.10.3	Messergebnisse	6-24
6.11	Bitmuster-Generator	6-25
6.11.1	Eingabe eines Wortes	6-26
6.11.2	Steuerung	6-26
6.11.3	Erstellen, Speichern und Wiederverwenden von Bitmustern	6-27
6.11.4	Adressierung	6-27
6.11.5	Triggern	6-28
6.11.6	Frequenz und Sendebereitschaft	6-28
6.12	Logikanalysator	6-29
6.12.1	Stop und Nullstellung	6-30
6.12.2	Takt	6-31
6.12.3	Triggern	6-32
6.13	Logikkonverter	6-33
6.13.1	Ableiten einer Wahrheitstabelle aus einer Schaltung	6-34
6.13.2	Eingabe und Umwandlung einer Wahrheitstabelle	6-35
6.13.3	Eingabe und Umwandlung eines Booleschen Ausdrucks	6-35
6.14	Klirrfaktormessgerät	6-36
6.14.1	Harmonische Verzerrung	6-37
6.14.2	SINAD	6-37
6.15	Spektrumanalysator	6-37
6.16	Netzwerkanalysator	6-38

## 7. Simulation

7.1	Einführung in die Simulation	7-1
7.1.1	Welche Simulationsart soll ich verwenden?	7-1
7.1.2	Welche Simulationsarten werden von Multisim unterstützt?	7-2
7.2	Verwenden der Multisim-Simulation	7-3
7.2.1	Simulieren von Schaltungen mit Digitalbausteinen	7-4
7.2.2	Simulation starten/stoppen/unterbrechen	7-5
7.2.3	Interaktive Simulation	7-6
7.2.4	Prüfung auf Schaltungskonsistenz	7-6
7.2.5	Verschiedene Funktionen für die SPICE-Simulation	7-7
7.3	Multisim-SPICE-Simulation: Technische Details	7-8
7.3.1	Unterstützung von BSpice/XSpice	7-8
7.3.2	Mechanismus der Schaltungssimulation	7-8

7.3.3	Die vier Phasen der Schaltungssimulation . . . . .	7-9
7.3.4	Gleichungsformulierung . . . . .	7-10
7.3.5	Gleichungsauflösung . . . . .	7-11
7.3.6	Numerische Integration . . . . .	7-12
7.3.7	Benutzereinstellungen: Maximale Integrationsordnung . . . . .	7-13
7.3.8	Algorithmus für die Unterstützung beim Erreichen von Konvergenz . . . . .	7-13
7.4	HF-Simulation . . . . .	7-14
7.5	VHDL-Simulation . . . . .	7-15
7.6	Verilog-HDL-Simulation . . . . .	7-16
7.6.1	Verwenden der automatischen Fehlerzuweisung . . . . .	7-17

## 8. Analysen

8.1	Einführung in die Multisim-Analysen . . . . .	8-1
8.2	Arbeiten mit Analysen . . . . .	8-2
8.2.1	Allgemeine Anleitungen . . . . .	8-2
8.2.2	Registerkarte Analyseparameter . . . . .	8-3
8.2.3	Registerkarte Ausgabevariablen . . . . .	8-4
8.2.4	Registerkarte Verschiedenes . . . . .	8-7
8.2.5	Registerkarte Zusammenfassung . . . . .	8-9
8.2.6	Unvollständige Analysen . . . . .	8-10
8.3	Gleichspannungsarbeitspunktanalyse . . . . .	8-10
8.3.1	Über die Gleichspannungsarbeitspunktanalyse . . . . .	8-10
8.3.2	Einstellen der Parameterwerte für die Gleichspannungsarbeitspunktanalyse . . . . .	8-11
8.3.3	Fehlerbeseitigung bei der Gleichspannungsarbeitspunktanalyse . . . . .	8-11
8.4	Wechselspannungsanalyse . . . . .	8-12
8.4.1	Über die Wechselspannungsanalyse . . . . .	8-12
8.4.2	Einstellen der Parameterwerte für die Frequenzanalyse . . . . .	8-12
8.5	Impulsanalyse . . . . .	8-14
8.5.1	Über die Impulsanalyse . . . . .	8-14
8.5.2	Einstellen der Parameterwerte für die Impulsanalyse . . . . .	8-15
8.5.3	Fehlerbeseitigung bei der Impulsanalyse . . . . .	8-17
8.6	Fourier-Analyse . . . . .	8-18
8.6.1	Über die Fourier-Analyse . . . . .	8-18
8.6.2	Einstellen der Parameterwerte für die Fourier-Analyse . . . . .	8-19

8.7	Rauschsignalanalyse . . . . .	8-22
8.7.1	Über die Rauschsignalanalyse . . . . .	8-22
8.7.2	Beispiel Rauschsignalanalyse . . . . .	8-23
8.7.3	Einstellen der Parameterwerte für die Rauschsignalanalyse . . . . .	8-24
8.8	Klirrfaktoranalyse . . . . .	8-26
8.8.1	Über die Klirrfaktoranalyse . . . . .	8-26
8.8.2	Einstellen der Parameterwerte für die Klirrfaktoranalyse . . . . .	8-27
8.9	Analyse mit variabler Gleichspannung . . . . .	8-29
8.9.1	Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variabler Gleichspannung . . . . .	8-29
8.10	Empfindlichkeitsanalyse . . . . .	8-31
8.10.1	Über die Empfindlichkeitsanalyse . . . . .	8-31
8.10.2	Beispiel Empfindlichkeitsanalyse . . . . .	8-32
8.10.3	Einstellen der Parameterwerte für die Empfindlichkeitsanalyse . . . . .	8-34
8.11	Analyse mit variablen Parameterwerten . . . . .	8-35
8.11.1	Über die Analyse mit variablen Parameterwerten . . . . .	8-35
8.11.2	Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Parameterwerten . . . . .	8-36
8.12	Analyse mit variablen Temperaturwerten . . . . .	8-39
8.12.1	Über die Analyse mit variablen Temperaturwerten . . . . .	8-39
8.12.2	Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Temperaturwerten . . . . .	8-40
8.13	Übertragungsfunktionsanalyse . . . . .	8-42
8.13.1	Über die Übertragungsfunktionsanalyse . . . . .	8-42
8.13.2	Einstellen der Parameterwerte für die Übertragungsfunktionsanalyse . . . . .	8-44
8.14	Analyse unter ungünstigsten Bedingungen . . . . .	8-45
8.14.1	Über die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen . . . . .	8-45
8.14.2	Einstellen der Parameterwerte für die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen . . . . .	8-49
8.15	Pol- und Nullstellenanalyse . . . . .	8-50
8.15.1	Über die Pol- und Nullstellenanalyse . . . . .	8-50
8.15.2	Einstellen der Parameterwerte für die Pol- und Nullstellenanalyse . . . . .	8-54
8.16	Monte-Carlo-Analyse . . . . .	8-56
8.16.1	Über die Monte-Carlo-Analyse . . . . .	8-56
8.16.2	Einstellen der Parameterwerte für die Monte-Carlo-Analyse . . . . .	8-60
8.17	HF-Analysen . . . . .	8-61

8.18	Analysen per Stapelprogramm . . . . .	8-61
8.19	Benutzerdefinierte Analysen . . . . .	8-63
8.20	Rauschzahlanalyse . . . . .	8-64
8.21	Anzeigen der Analyseergebnisse: Prüfprotokoll . . . . .	8-64
8.22	Anzeigen der Analyseergebnisse: Diagrammfenster . . . . .	8-65
8.23	Arbeiten mit Seiten im Diagrammfenster . . . . .	8-68
8.24	Arbeiten mit Diagrammen . . . . .	8-69
	8.24.1 Raster und Legenden . . . . .	8-70
	8.24.2 Cursors . . . . .	8-71
	8.24.3 Vergrößern und Wiederherstellen der Ansicht . . . . .	8-73
	8.24.4 Titel . . . . .	8-74
	8.24.5 Achsen . . . . .	8-75
	8.24.6 Kurven . . . . .	8-76
8.25	Anzeigen von Tabellen . . . . .	8-77
8.26	Ausschneiden, Kopieren und Einfügen . . . . .	8-78
8.27	Drucken und Druckvorschau . . . . .	8-79
8.28	Analyseoptionen . . . . .	8-80

## 9. Postprozessor

9.1	Einführung in den Postprozessor . . . . .	9-1
9.2	Verwenden des Postprozessors . . . . .	9-2
	9.2.1 Erste Schritte . . . . .	9-3
	9.2.2 Arbeiten mit Seiten, Diagrammen und Tabellen . . . . .	9-8
9.3	Postprozessorvariable . . . . .	9-9
9.4	Zur Verfügung stehende Funktionen . . . . .	9-9

## 10. HDLs und programmierbare Logik

10.1	Übersicht über die in Multisim integrierten HDLs . . . . .	10-2
	10.1.1 Über HDLs . . . . .	10-2
	10.1.2 Multisim und programmierbare Logik . . . . .	10-2

10.1.3 Entwickeln komplexer digitaler ICs mit Multisim . . . . .	10-3
10.1.4 Verwendung von HDLs in Multisim . . . . .	10-3
10.1.5 Einführung in VHDL . . . . .	10-4

## 11. Berichte

11.1 Liste der Datenbankgruppen . . . . .	11-1
11.2 Bericht mit Bauelementedetails . . . . .	11-3
11.3 Messinstrumente . . . . .	11-5

## 12. Datentransfer/Kommunikation

12.1 Einführung in Datentransfer/Kommunikation . . . . .	12-1
12.2 Datenübertragung . . . . .	12-1
12.2.1 Übertragung der Daten aus Multisim in Ultiboard für die Leiterplattenentflechtung . . . . .	12-1
12.2.2 Datentransfer in ein anderes Leiterplattenentflechtungsprogramm . . . . .	12-2
12.3 Exportieren von Simulationsergebnissen . . . . .	12-3
12.3.1 Exportieren in MathCAD . . . . .	12-3
12.3.2 Exportieren in Excel . . . . .	12-4

## 13. Einführung für Schulungsleiter

13.1 Name des Schaltungsentwicklers . . . . .	13-1
13.2 Zuweisen von Fehlern zu Bauelementen . . . . .	13-1
13.2.1 Einstellen des Fehlers eines platzierten Bauelements . . . . .	13-2
13.2.2 Verwenden der automatischen Fehlerzuweisung . . . . .	13-3
13.3 Verwenden von Einschränkungen . . . . .	13-4
13.3.1 Einschränken allgemeiner Einschränkungen . . . . .	13-4
13.3.2 Einstellen von Schaltungseinschränkungen . . . . .	13-9
13.3.3 Definieren von Passwörter für Einschränkungen . . . . .	13-12
13.4 Schaltungsaustausch. . . . .	13-14

## 14. HF

14.1	Einführung ins HF-Modul von Multisim . . . . .	14-1
14.2	Bauelemente . . . . .	14-2
14.2.1	Über HF-Bauelemente . . . . .	14-2
14.2.2	Die HF-Bauelemente von Multisim . . . . .	14-3
14.2.3	Theoretische Erklärung der HF-Modelle . . . . .	14-4
14.3	HF-Messinstrumente . . . . .	14-10
14.3.1	Spektrumanalysator . . . . .	14-10
14.3.2	Netzwerkanalysator . . . . .	14-18
14.4	HF-Analysen . . . . .	14-22
14.4.1	Analyse für die HF-Charakterisierung . . . . .	14-22
14.4.2	Schaltungsanpassungsanalyse . . . . .	14-24
14.4.3	Rauschzahlanalyse . . . . .	14-30
14.5	Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen . . . . .	14-32
14.5.1	Hohlleiter . . . . .	14-33
14.5.2	Mikrowellenstreifenleiter . . . . .	14-34
14.5.3	Mikrowellenstreifenleiter mit offenem Ende . . . . .	14-35
14.5.4	HF-Spule . . . . .	14-36
14.5.5	Modell eines Streifenleiters . . . . .	14-37
14.5.6	Streifenleiterschleife . . . . .	14-38
14.5.7	Verlustbehaftete Leitung . . . . .	14-39
14.5.8	Kondensator zur Entkopplung digitaler Schaltungen . . . . .	14-41
14.6	Lernhilfe: Entwickeln von HF-Schaltungen . . . . .	14-42
14.6.1	Wählen des Typs eines HF-Verstärkers . . . . .	14-43
14.6.2	Wählen eines HF-Transistors . . . . .	14-44
14.6.3	Wählen des Gleichspannungsarbeitspunkts . . . . .	14-44
14.6.4	Wählen der Bauelemente für die Generierung der Vorspannung . . . . .	14-45





# Kapitel 1

## Einführung

Dieses Kapitel gibt Ihnen eine kurze Einführung über das Handbuch und Multisim 2001. Außerdem enthält es eine Zusammenfassung der Funktionen, die Ihnen in den verschiedenen Multisim-Versionen zur Verfügung stehen.

### 1.1 Über dieses Handbuch

Dieses Handbuch wurde für alle Multisim 2001 Anwender geschrieben. Alle Aspekte von Multisim 2001 werden im Detail erklärt. Das Handbuch enthält:

- Kapitel, die alle Möglichkeiten und Funktionen aufzeigen und aufgebaut sind gemäß der Entwurfsleiste.
- Anhänge mit Referenzmaterial.

Bei einigen Multisim 2001 Versionen sind Handbuch und Anhänge lediglich als online Version verfügbar und werden nicht gedruckt geliefert.

In diesem Handbuch werden einige Funktionen beschrieben, die nur in bestimmten Versionen von Multisim 2001 oder Anwendern, die Erweiterungsmodule erworben haben, zur Verfügung stehen. Diese Funktionen werden durch ein Symbol in der linken Spalte gekennzeichnet. Wollen Sie Erweiterungsmodule bestellen, setzen Sie sich bitte mit Electronics Workbench in Verbindung. Eine Zusammenstellung der Funktionen der einzelnen Produkte finden Sie unter "Multisim 2001 Schulungsversionen" auf Seite 1-2.

Dieses Handbuch geht davon aus, dass Sie mit Windows vertraut sind und wissen, wie ein Menü aufgerufen, die Maus benutzt und eine Option aktiviert/deaktiviert wird. Falls Sie nicht mit Windows vertraut sein sollten, konsultieren Sie die Anleitung zu Windows für weitere Hilfe.

## 1.2 Was ist Multisim 2001?

Bei Multisim 2001 handelt es sich um die letzte Generation der weltweit bekanntesten Benutzerhandbuch für SchaltungsleiterSchaltungsentwicklungs- und Ausbildungssoftware von Electronics Workbench. Es handelt sich um ein vollständiges Programm zur Entwicklung von Schaltungsentwürfen und bietet eine große Bauteil-Datenbank, Schaltplaneingabe, volle analoge/digitale SPICE Simulation, VHDL-/Verilog-Eingabe und Simulation, FPGA-/CPLD-Synthese, RF-Fähigkeit, Funktionen zur Nachbearbeitung und problemlose Übertragung in ein Leiterplatten-Entwurfsprogramm, wie z. B. Ultiboard von Electronics Workbench. Es bietet Ihnen eine einzigartige, einfach zu bedienende Grafikschnittstelle, die Ihren gesamten Design- und Analyseanforderungen gerecht wird.

## 1.3 Multisim 2001 Schulungsversionen

Die Schulungsversion von Multisim 2001 wird in drei verschiedenen Ausgaben angeboten: Schulung, Labor und Studium.

Die Schulungsversion ist für Professoren, Lehrer, Instruktoeren, Tutoren usw. bestimmt und dient im Allgemeinen zur Erstellung von Vorführungen, Beispielen, Aufgaben oder Tests.

Die Laborversion ist konzipiert für Studenten, die in einer Laborumgebung mit mehreren Arbeitsplätzen arbeiten. Sie ist als Netzwerk- oder als Einzelplatzversion erhältlich.

Die Studentenversion ist für das Heimstudium am eigenen Arbeitsplatz konzipiert worden.

# Kapitel 2

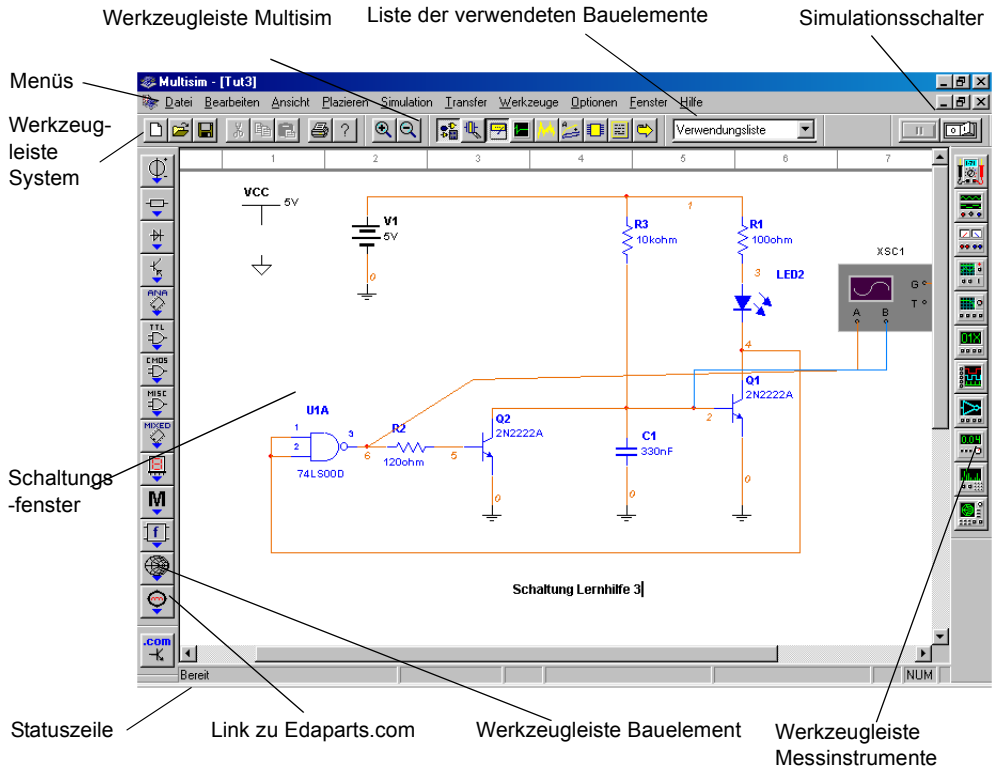
## **Benutzeroberfläche**

In diesem Kapitel werden die Grundfunktionen der Benutzeroberfläche von Multisim 2001 erklärt sowie alle verfügbaren Befehle kurz beschrieben.

Einige in diesem Kapitel beschriebenen Funktionen sind möglicherweise in Ihrer Version von Multisim 2001 nicht verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol in der Spalte neben der zugehörigen Beschreibung gekennzeichnet.

## 2.1 Einführung in die Multisim-Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche von Multisim setzt sich aus den folgenden Grundelementen zusammen:



**Hinweis** Ihr Schaltungs-fenster hat standardmäßig einen schwarzen Hintergrund. In diesem Handbuch wird es jedoch mit einem weißen Hintergrund dargestellt. Zum Ändern der Hintergrundfarbe, siehe "Registerkarte Schaltung" auf Seite 2-7.

In den **Menüs** finden Sie, wie bei allen Windows-Programmen, alle Funktionsbefehle..

Die **Werkzeugleiste System** enthält Schaltflächen für häufig gebrauchte Funktionen, wie in "Schaltflächen der Werkzeugleiste System und der Werkzeugleiste Zoom" auf Seite 2-17 beschrieben.

Die **Werkzeugleiste Messinstrumente** enthält Schaltflächen für jedes Messinstrument, wie in "Einführung in die Messinstrumente von Multisim" auf Seite 6-1 beschrieben.

Der Link zu **Edaparts.com** startet Ihren Web-Browser und lädt die Internetseite von Edaparts.com. Sie können auf dieser Webseite Bauelemente herunterladen, wie in “Verwenden der Website Edaparts.com” auf Seite 4-26 beschrieben.

Mit Hilfe der **Werkzeugleiste Zoom** können Sie die Ansicht der aktiven Schaltung vergrößern oder verkleinern.

Die **Werkzeugleiste Werkzeug** ist ein integraler Bestandteil von Multisim und wird ausführlicher in “Einführung in die Werkzeugleiste” auf Seite 2-3 beschrieben.

Die **Liste der verwendeten Bauelemente** zeigt alle in der aktiven Schaltung benutzten Bauelemente, um die Wiederverwendung zu erleichtern.

Die **Werkzeugleiste Bauelemente** enthält Bauelementesymbolschaltflächen, mit denen Sie zusätzliche Schaltflächen mit Bauelementen der entsprechenden Bauelementegruppe öffnen können, wie in “Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters” auf Seite 3-6 näher beschrieben wird.

Die Schaltung entwickeln Sie im **Schaltungsfenster**.

Die **Statuszeile** zeigt nützliche Informationen zur betreffenden Funktion an und beschreibt das Element oder Symbol, auf das der Cursor gerade zeigt.

Der **Simulationsschalter** bietet Ihnen eine einfache Möglichkeit die Simulation Ihrer Schaltung zu starten, zu unterbrechen oder zu stoppen.

## 2.2 Einführung in die Werkzeugleiste

Die Werkzeugleiste ist zentraler Bestandteil von Multisim. Über sie können Sie auf alle intelligenten Programmfunktionen zugreifen. Sie führt Sie durch die logischen Schritte einer Schaltung; von der Entwicklung zur Simulation und Analyse bis hin zum eventuellen Export Ihrer Schaltung. Obwohl die Funktionen der Werkzeugleiste auch über die Menüleiste aufgerufen werden können, gehen wir in diesem Handbuch davon aus, dass Sie die einfachere Bedienung über die Werkzeugleiste bevorzugen und nutzen.

**Hinweis** Ist die vereinfachte Version aktiviert, so wird die Werkzeugleiste nicht angezeigt. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.



Die Schaltfläche “Bauelemente” ist standardmäßig aktiviert, da der erste logische Schritt die Platzierung von Bauelementen im Schaltungsfenster ist. Weitere Informationen über die Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 4, “Bauelemente”.



Mit Hilfe der Schaltfläche “Bauelemente” ändern, können Sie Bauelemente in Multisim abändern oder neue Bauelemente hinzufügen. Weitere Hinweise zu den Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 5, “Bauelemente-Editor”.



Die Schaltfläche “Messinstrumente” ist standardmäßig aktiviert. Mit ihr können Sie Messinstrumente in die Schaltung einfügen. Weitere Informationen über die Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 6, “Messinstrumente”.



Mit Hilfe der Schaltfläche Simulation kann die Simulation gestartet, unterbrochen oder gestoppt werden. Während eine Simulation abläuft, bewegt sich die grüne Sinuskurve auf der Schaltfläche. Weitere Hinweise zu den Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 7, “Simulation”.



Mit Hilfe der Schaltfläche “Analyse” können Sie eine bestimmte Analyseform für Ihre Schaltung wählen. Weitere Hinweise zu den Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 8, “Analysen”.



Mit Hilfe der Schaltfläche “Postprozessor” können Sie wählen, welche zusätzlichen Operationen Sie mit den Simulationsdaten ausführen wollen. Weitere Hinweise zu den Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 9, “Postprozessor”.



Die Schaltfläche “VHDL/Verilog HDL” bietet Ihnen die Möglichkeit ein VHDL-Modell zu erstellen (nicht in allen Versionen verfügbar). Weitere Hinweise zu den Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik”.



Mit Hilfe der Schaltfläche “Berichte” können Sie Berichte zu Ihrer Schaltung ausdrucken (Materialliste, Bauelementeliste, Bauelementedetails, Messinstrumente). Weitere Hinweise zu den Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 11, “Berichte”.



Mit Hilfe der Schaltfläche “Transfer” können Sie mit LP-Entwicklungsprogrammen, wie Ultiboard von Electronics Workbench, kommunizieren und Schaltungen exportieren. Außerdem können Sie die Ergebnisse der Simulation nach MathCad und Excel exportieren. Weitere Hinweise zu den Funktionen dieser Schaltfläche finden Sie in Kapitel 11, “Berichte”.

## 2.3 Benutzeranpassung der Oberfläche

### 2.3.1 Benutzeranpassung der Oberfläche

Sie können praktisch die gesamte Oberfläche von Multisim Ihren Bedürfnissen anpassen. Hierzu gehören Symbolleisten, Seitengröße, Zoom-Faktor, Intervall der automatischen Speicherung, Symboldarstellung (ANSI oder DIN) und Druckereinrichtung. Diese Einstellungen werden individuell für jede Schaltung gespeichert, sodass z.B. für verschiedene Schaltungen eine unterschiedliche Farbwahl gewählt werden kann. Zusätzlich können Sie die Einstellungen für einzelne Vorgänge (z.B. kann die Farbe eines bestimmten Bauelements von rot nach orange ändern) oder für die ganze Schaltung überschreiben.

Die Benutzeranpassung wird vorwiegend in **Optionen/Einstellungen** vorgenommen. Mit diesem Befehl können Sie die Einstellungen für die aktuelle Schaltung ändern oder Einstellungen durchführen, die sowohl die vorliegende Schaltung als auch alle weiteren, von Ihnen entwickelten Schaltungen einschließen. Wenn z.B. die vorliegende Schaltung Bauelementebezeichnungen anzeigt und Sie diese als Standardeinstellung abspeichern, wird diese, wenn Sie den Menübefehl **Datei/Neu** zur Generierung einer neuen Schaltung ausführen, standardmäßig übernommen. Die Bauelemente der neuen Schaltung zeigen dabei die Bauelementebezeichnungen standardmäßig an. Eine Änderung der Standardeinstellung wirkt sich **nicht** auf Schaltungen aus, die bereits generiert und gespeichert wurden. Wenn die aktuelle Schaltung jedoch Bauelementebezeichnungen verwendet und Sie diese verbergen, erfassen diese Änderungen nur die aktuelle Schaltung.

Benutzeranpassungen über das Popup-Menü, wie in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben, betreffen nur die aktuelle Schaltung.

## 2.3.2 Allgemeine Anweisungen zur Benutzeranpassung der Oberfläche im Fenster Voreinstellungen

Dieser Abschnitt erklärt die allgemeine Vorgehensweise bei der Einstellung der Voreinstellungen. Das Setzen der einzelnen Optionen wird dabei genauer erläutert.

- Um die Voreinstellungen für eine Schaltung einzustellen, wählen Sie **Optionen/Voreinstellungen**. Das Fenster Voreinstellungen wird geöffnet, in dem die folgenden sechs Registerkarten angezeigt werden:
  - die Registerkarte “Schaltung”, in der die Schaltungsdarstellung und die Bauelemente im Schaltungsfenster festgelegt werden;
  - die Registerkarte “Arbeitsbereich”, in der das Aussehen sowie Verhalten des Schaltungsfensters festgelegt wird;
  - die Registerkarte “Leiterbahnen”, in der die Leiterbahnenbreite sowie die Optionen des Autorouters festgelegt werden;
  - die Registerkarte “Werkzeuggeste”, in der die Norm für die Bauelementedarstellung, das Verhalten der Werkzeuggeste und der Bauelementesymbole sowie die Art der Bauelementeplatzierung festgelegt werden;
  - die Registerkarte ”Schriften”, in der Schriftart, Schriftgröße sowie Schriftstil für die Textelemente in der Schaltung festgelegt werden können;
  - die Registerkarte “Verschiedenes”, in der die Optionen für die automatische Sicherungskopie, Dateipfad und Verzeichnis, Simulationseinstellung sowie die Leiterplatten-Optionen festgelegt werden.
- 1. Wählen Sie die gewünschte Registerkarte.
- 2. Stellen Sie die gewünschten benutzerdefinierten Optionen ein. Die verfügbaren Optionen und Einstellungen dieser Registerkarten werden in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels beschrieben.
- 3. Um die Optionen ausschließlich für die vorliegende Schaltung zu speichern, klicken Sie *nur* auf **OK**.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Um Ihre Optionen als Standardeinstellung für die vorliegende und alle nachfolgenden Schaltungen zu speichern, müssen Sie auf **Standardeinstellung** und anschließend auf **OK** klicken.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Um vorher gespeicherte Einstellungen wiederherzustellen (wenn Ihnen die Änderungen nicht gefallen und Sie den Vorgang wiederholen wollen), müssen Sie auf **Wiederherstellen** klicken und die gewünschten Änderungen einfügen.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:



Um Ihre Eingaben zu verwerfen und das Fenster zu schließen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken.

### 2.3.3 Registerkarte Schaltung

Die Optionen dieser Registerkarte kontrollieren die Darstellung Ihrer Schaltung und deren Bauelemente im Schaltungsfenster sowie die dargestellten Details. Multisim verfügt über mehrere Farbschemata, die den Hintergrund des Schaltungsfensters, Leitungsfarbe sowie Bauelementfarbe bestimmen. Sie können auch ein benutzerdefiniertes Farbschema generieren gemäß Ihren individuellen Anforderungen.

Zeigt das Resultat der aktivierten Optionen auf der rechten Seite an.

Aktivieren Sie die Elemente, die angezeigt werden sollen. Sie können die Auswahl für ein bestimmtes Bauelement überschreiben, wie in "Anzeigen von Informationen für die Identifizierung eines platzierten Bauelements" auf Seite 3-20 beschrieben.

Wählen Sie ein vorgegebenes Farbschema.

Stellen Sie benutzerdefiniertes Farbschema ein (nur wenn als Schema "Benutzerdefiniert" gewählt wurde).

Zeigt das ausgewählte Farbschema an.

Speichert die Einstellungen der vorliegenden Schaltung.

Speichert die Einstellungen für die vorliegende und die nachfolgenden Schaltungen.

Stellt die standardmäßigen Einstellungen wieder her.

**Hinweis** Um die Optionen nur für die *vorliegende* Schaltung zu übernehmen, müssen Sie mit der rechten Maustaste in das Schaltungsfenster und entweder auf **Zeigen** klicken (nun wird ein Fenster geöffnet, das mit den Optionen Ansicht (siehe vorstehende Abbildung) des Fensters Voreinstellungen übereinstimmt) oder

**Farbe** wählen, wodurch ein Fenster mit den gewählten Farboptionen in der Registerkarte geöffnet wird.

- Um eine der vorgegebenen Farbschemata zu übernehmen, wählen Sie das entsprechende Schema aus der Dropdown-Liste. Im Vorschauenfenster unterhalb der Liste wird das ausgewählte Farbschema dargestellt.
- Um ein benutzerdefiniertes Farbschema zu generieren wählen Sie **Benutzerdefiniert** aus der Dropdown-Liste.
  1. Klicken Sie auf den Farbbalken neben jedem Element. Ein Farbauswahlfenster wird geöffnet.
  2. Klicken Sie auf die Farbe, die Sie dem Element zuordnen wollen, und bestätigen Sie mit **OK**. Sie kehren zurück zum Fenster "Voreinstellungen". Das Resultat Ihrer Auswahl wird im Vorschauenfenster dargestellt.
  3. Wiederholen Sie den Vorgang, bis Sie alle Farbeinstellungen vorgenommen haben.
  4. Um die Einstellungen für die vorliegende Schaltung zu speichern und das Fenster zu schließen, klicken Sie auf **OK**.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

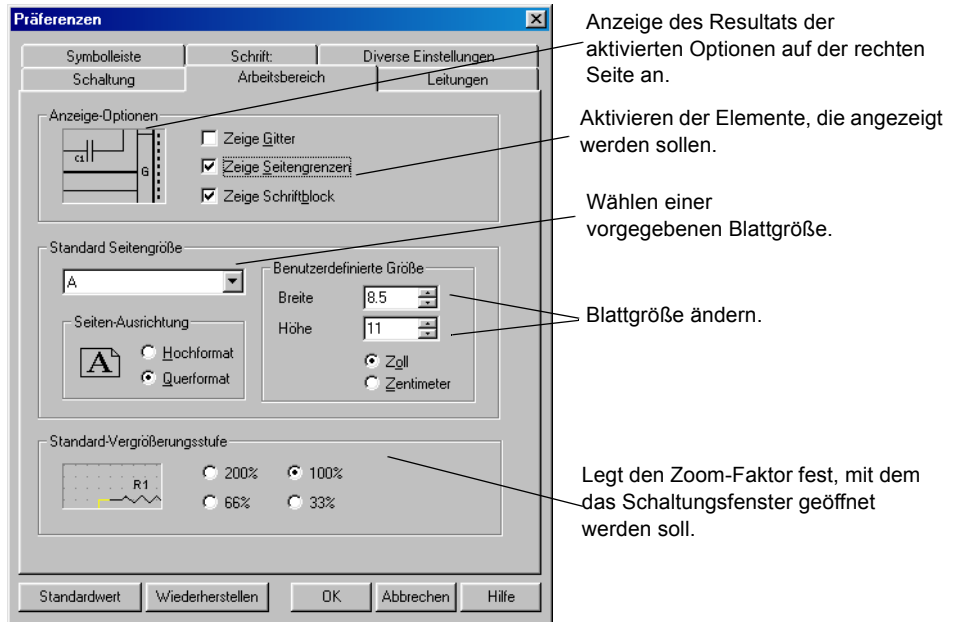
Um die Standardeinstellungen wieder herzustellen, müssen Sie auf **Wiederherstellen** klicken.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Um Ihre Optionen als Standardeinstellungen für die vorliegende und alle nachfolgenden Schaltungen zu speichern, müssen Sie auf **Standardeinstellungen** und dann auf **OK** klicken.

## 2.3.4 Registerkarte Arbeitsbereich

Die Optionen auf dieser Registerkarte bestimmen das Aussehen und Verhalten des Schaltungsfensters.

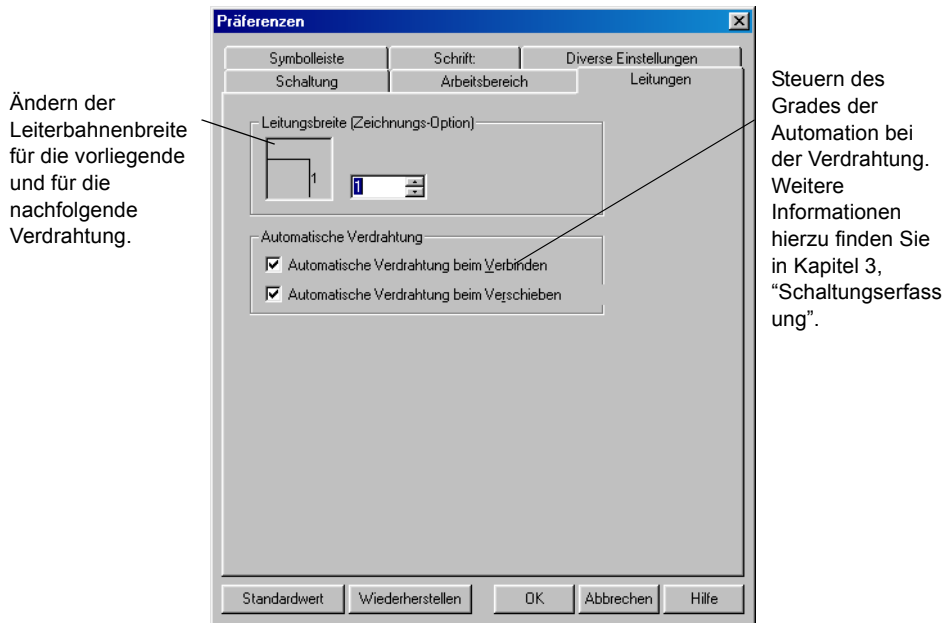


**Hinweis** Sie können die Optionen des Schaltungsfensters für die *aktuelle* Schaltung auch einstellen, indem Sie mit der rechten Maustaste in das Schaltungsfenster und in dem sich öffnenden Menü entweder auf **Raster anzeigen**, **Blattbegrenzungen anzeigen** oder **Titelblock und Rahmen anzeigen** klicken.

Multisim bietet Ihnen standardmäßig verschiedene Blattgrößen für Ihre Schaltungsentwicklung an. Sie können jedoch die Abmessungen jeder Standardgröße ändern.

## 2.3.5 Registerkarte Leiterbahnen

Mit den Optionen dieser Registerkarte geben Sie die Leiterbahnenbreite und die Autoroute-Optionen vor.

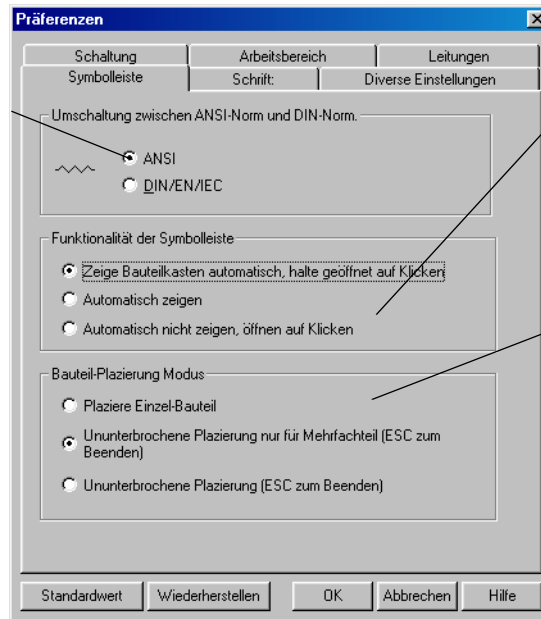


**Hinweis** Sie können die Verdrahtungsoptionen für die *aktuelle* Schaltung auch einstellen, indem Sie mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster klicken und **Leiterbahnenbreite** aus dem Menü wählen. Es erscheint das gleiche Fenster wie in der Registerkarte Leiterbahnen.

## 2.3.6 Registerkarte Bauelemente-Werkzengleiste

Mit den Optionen dieser Registerkarte legen Sie die Darstellung der Bauelementesymbole, das Verhalten der Werkzengleiste “Bauelemente” und deren Bauelementegruppen sowie die Art der Bauelementeplatzierung fest.

Wählen Sie die Norm zur Darstellung der Bauelementesymbole. Die Grafik ändert sich und zeigt die ausgewählte Art der Bauelementesymbol Darstellung an. Um diese Einstellungen für einzelne Bauelemente zu überschreiben, siehe “Generieren und Bearbeiten eines Bauelementesymbols mit dem Symboleditor” auf Seite 5-21.



Wählen Sie die Optionen für das Öffnen und Anzeigen der Bauelementegruppen.

Wählen Sie die Optionen für die Bauelementeplatzierung.

- Um die Optionen zum Öffnen und Anzeigen der Bauelementegruppen einzustellen, können Sie folgende Optionen der Registerkarte im Abschnitt “Werkzengleiste Bauelemente” wählen:

Option Werkzengleiste Bauelemente	Beschreibung
Bauelementegruppe automatisch zeigen, bleibt geöffnet nach Anklicken.	Die Bauelementegruppe wird geöffnet, wenn Sie mit dem Mauszeiger über die Schaltfläche Bauelementegruppen fahren. Durch Klicken auf die Schaltfläche bleibt die Bauelementegruppe geöffnet, auch nachdem ein Bauelement platziert wurde.
Nur automatisch anzeigen	Die Bauelementegruppe wird geöffnet, wenn Sie mit dem Mauszeiger über die Schaltfläche “Bauelementegruppen” fahren und schließt sich, nach dem eines Bauelements.

Nicht automatisch anzeigen, zum Öffnen anklicken	Die Bauelementegruppe wird geöffnet, wenn Sie auf eine Schaltfläche klicken, und bleibt auch nach Platzieren des Bauelements geöffnet.
--	--

- Folgende Optionen können für die Bauelementeplatzierung im Abschnitt Modus Bauelementeplatzierung der Registerkarte “Bauelementeablage” eingestellt werden:

<b>Option Bauelementeplatzierung</b>	<b>Beschreibung</b>
Einzelnes Bauelement platzieren	Ermöglicht Ihnen, ein einzelnes, ausgewähltes Bauelement zu platzieren.
Fortlaufende Platzierung nur bei Mehrfachteilen	Ermöglicht es Ihnen, ein und dasselbe Bauelement mehrfach zu platzieren, indem Sie im Schaltungsfenster auf die nächste Bauelementeposition klicken. Beenden Sie diesen Vorgang, indem Sie ESC drücken. So enthält z.B. das Bauelement 7400N 4 NAND-Gatter. Verwenden Sie diese Option, wenn Sie den 7400N gewählt haben, so platzieren Sie bei jedem Klick eines der NAND-Gatter.
Fortlaufende Platzierung	Ermöglicht es Ihnen, mehrere Bauelemente des selben Typs hintereinander zu platzieren, indem Sie im Schaltungsfenster auf die nächste Bauelementeposition klicken. Beenden Sie diesen Vorgang, indem Sie ESC drücken.

## 2.3.7 Registerkarte Schrift

Mit den Optionen dieser Registerkarte bestimmen Sie die Schrift für die Bauelementbezeichnung, den Bauelementewert, die Namen der Knoten und Anschlussstife sowie den Schaltungstext und die Bauelementattribute.

Spezifizieren Sie Schriftart, Formatvorlage und Schriftgröße für die Bezeichnungen und Namen in Ihrer Schaltung.

Zeigt ein Beispiel mit den von Ihnen gewählten Einstellungen.

Spezifiziert das Textelement, dem die ausgewählte Schriftart zugeordnet werden soll.

Mit diesen Optionen kann die Schrifteinstellung für die gesamte Schaltung oder einen ausgewählten Bereich der Schaltung geändert werden.

**Hinweis** Sie können auch die Schrifteinstellung für die *vorliegende* Schaltung aufrufen, indem Sie mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster und im Menü auf **Schriften** klicken. Hierdurch werden die gleichen Optionen wie in der Registerkarte angezeigt.

- Änderung der Schriftart beliebiger Textelemente der Schaltung:
1. Wählen Sie Schriftart, Formatvorlage und Schriftgröße für die gewünschten Elemente.
  2. Wählen Sie diejenigen Textelemente im Abschnitt Alles ändern der Registerkarte aus, die Sie ändern wollen.

<b>Schriftoptionen</b>	<b>Beschreibung</b>
Baelemente- bezeichnungen	Die von Multisim angefügte Etiketle, die in der Registerkarte Etiketten des Fensters Baelementeeigenschaften aufgeführt wird. Weitere Informationen über die Änderung von Etiketten finden Sie in "Ändern von Baelementeetiketten und Baelementeattributen" auf Seite 3-27.
Baelementewerte	Der Wert des Baelements, der in der Registerkarte Wert des Fensters Baelementeeigenschaften aufgeführt wird. Weitere Informationen über die Ansicht und Änderung dieses Werts finden Sie in "Anzeigen eines Werts bzw. eines Modells für ein platziertes Baelement" auf Seite 3-21.
Baelementeattribute	Beschreibende Informationen, die Sie über das Fenster Baelementeeigenschaften einzelnen Baelementen anfügen können. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Ändern von Baelementeetiketten und Baelementeattributen" auf Seite 3-27.
Namen der Anschlüsse	Die Zahl, die einem Anschluss automatisch zugeordnet wird, wenn er in der Schaltung platziert wird. Weitere Informationen über die Änderung dieser Zahl finden Sie in "Anschlüsse" auf Seite 5-25.
Knotenamen	Die Zahl, die einem Knoten automatisch zugeordnet wird, wenn er in der Schaltung platziert wird. Weitere Informationen über die Änderung dieser Zahl finden Sie in "Ändern von Knotennummern" auf Seite 3-29.
Schaltungstext	Bemerkungen, die Sie mit Hilfe des Befehls Platzieren/Text platzieren der Schaltung beifügen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Hinzufügen von beliebigem Text" auf Seite 3-31.



## 2.3.8 Registerkarte Verschiedenes

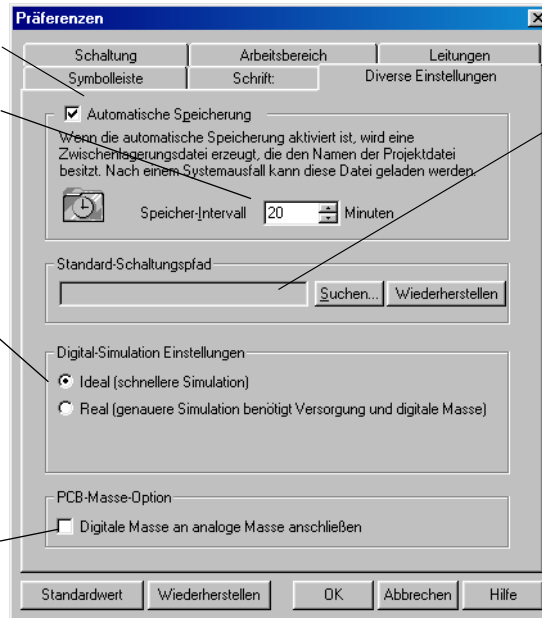
Mit den Optionen dieser Registerkarte werden die Optionen der automatischen Sicherung, der Standardpfad und das Standardverzeichnis sowie die Art der digitalen Simulation und die Erdungsoption der Leiterplatte festgelegt.

Automatische Sicherung aktivieren oder deaktivieren.

Festlegen des Intervalls für die automatische Sicherung.

Legt die Realitätsnähe bei der Simulation digitaler Bauelemente fest. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Simulieren von Schaltungen mit Digitalbausteinen" auf Seite 7-4.

Option wählen, um digitale und analoge Erdung gleich zu setzen, wenn die Schaltung in ein LP-Entwicklungsprogramm exportiert wird.



Vorgabe des Standardpfads und des Standardverzeichnisses, wo die Schaltungsdateien gespeichert werden sollen.

## 2.3.9 Weitere Optionen zur individuellen Anpassung

Sie können außerdem die Oberfläche individuell anpassen, indem Sie Leisten anzeigen oder verbergen, in eine neue Position ziehen und optional, die Größe der folgenden Elemente ändern:

- Werkzeugleiste des Programms
- Entwurfsleiste
- Liste der verwendeten Bauelemente
- Werkzeugleiste Messinstrumente
- Werkzeugleiste Zoom

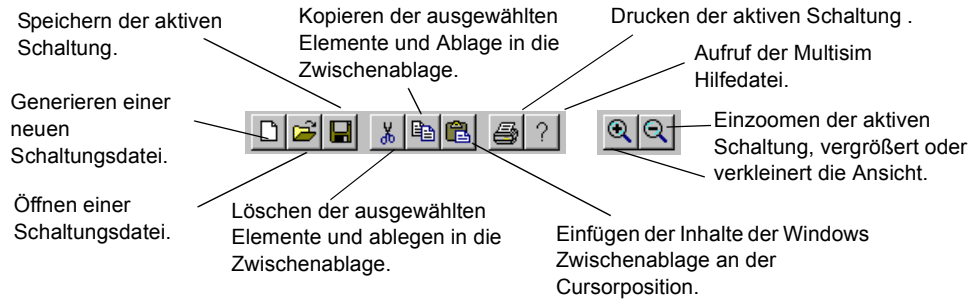
Diese Änderungen gelten für alle Schaltungen, mit denen Sie arbeiten. Verschobene oder in der Größe angepasste Elemente kehren in diese Position zurück und nehmen ihre Größe an, wenn Multisim das nächste Mal geöffnet wird.

Sie können **Optionen/Vereinfachte Version** wählen, um die Werkzeugleiste und bestimmte Analysen und Messinstrumente zu verbergen. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

Zusätzlich können Sie das Menü **Anzeigen** verwenden, um verschiedene Elemente anzuzeigen oder zu verbergen, wie in “Menü Ansicht” auf Seite 2-33 beschrieben.

## 2.4 Schaltflächen der Werkzeugleiste System und der Werkzeugleiste Zoom

Die Symbolleisten System und Zoom verfügen über folgende Windows-Funktionen:



## 2.5 Verwenden von Einschränkungen

Einschränkungen können auf verschiedene Arten zweckmäßig sein:

- Wenn Sie Schaltungen zu Demonstrationszwecken entwickeln und die verfügbare Funktionalität eingeschränkt werden soll;
- wenn Sie Schaltungen gemeinsam mit Schulungsteilnehmern verwenden und
  - ein Ändern der Schaltung verhindern wollen;
  - Wenn Sie die Anzahl der Änderungen der Schaltung beschränken wollen;
  - Wenn Sie die Art der durchführbaren Analysen beschränken wollen;
  - Wenn Sie die abrufbaren Informationen über bestimmte Bauelemente einschränken wollen (z.B. den Wert eines zu berechnenden Widerstands).

Sie können allgemeine Einschränkungen, die von Multisim als Standardeinstellung übernommen werden, oder Schaltungseinschränkungen definieren, die sich nur auf eine spezielle Schaltung auswirken.

Um sicherzustellen, dass nur Sie Beschränkungen setzen und modifizieren können, verwenden Sie Passwörter, die sowohl die allgemeinen als auch die Schaltungseinschränkungen schützen. Die Passwörter sollten sofort definiert werden, wenn Sie Einschränkungen verwenden, die Sie vor Änderungen durch Schulungsteilnehmer sichern wollen. Das Passwort für die allgemeinen Einschränkungen wird verschlüsselt und in der Programmdatei von Multisim gespeichert. Das Passwort für die Schaltungseinschränkungen (zur Definition von Einschränkungen für nur eine Schaltung) wird verschlüsselt und in der Schaltungsdatei gespeichert.

## 2.5.1 Einschränken allgemeiner Einschränkungen

Verwenden Sie Allgemeine Einschränkungen zur Einstellung der Grundfunktionen von Multisim, die den Schulungsteilnehmern bei allen Schaltungen, mit denen sie arbeiten, zur Verfügung stehen sollen. Sie können den Ort definieren, wo alle Schaltungen gespeichert werden sollen, können Datenbanken, Werkzeugleisten und die Liste der verwendeten Bauelemente verbergen, und festlegen, ob die Schulungsteilnehmer Bauelemente ändern oder Messinstrumente verwenden können.

Außerdem können Sie mit der vereinfachten Version mehrere Messinstrumente und Analyseoptionen aus dem Menü entfernen (siehe "Vereinfachte Version" auf Seite 2-20).

**Hinweis** Allgemeine Einschränkungen werden durch Schaltungseinschränkungen überschrieben, wenn diese mit der Schaltung abgespeichert werden (siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 2-22).

### 2.5.1.1 Allgemeine Einschränkungen Registerkarte Allgemein

- Um die allgemeinen Einschränkungen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Wählen Sie **Optionen/Allgemeine Einschränkungen**. Geben Sie das Standardpasswort "testbench" ein und klicken Sie auf **OK**. Sie sollten dieses Passwort unbedingt ändern. (Siehe "Definieren von Passwörter für Einschränkungen" auf Seite 2-26 für zusätzliche Informationen.) Das Fenster Allgemeine Einschränkungen wird angezeigt:

2. Ist dies nicht der Fall, müssen Sie auf die Registerkarte Allgemein klicken.

Aktivieren Sie diese Felder, um das Ändern von Bauelementen zu verhindern und um Werkzeugleisten, Datenbanken und die Liste der verwendeten Elemente zu verbergen.

Siehe "Vereinfachte Version" auf Seite 2-20.



Klicken Sie hier, um den Standardpfad zur Speicherung der Schaltungen auszuwählen.

3. Wählen Sie Ihre Optionen, indem Sie die entsprechenden Felder aktivieren. Folgende Optionen stehen zur Auswahl zur Verfügung:

Schaltungsverzeichnis	Legen Sie den Standardpfad und das Verzeichnis fest, in dem die Schulungsteilnehmer Dateien suchen und speichern können.
Sperren des Bauelemente-Editors	Hierdurch wird sichergestellt, dass Schulungsteilnehmer die Bauelementeeigenschaften nicht ändern können. Eine Bauelementebearbeitung ist nicht möglich; der Befehl <b>Werkzeuge/Bauelemente bearbeiten</b> ist nicht aktiviert.
Verbergen der Multisim-Datenbank	Hierbei werden die Multisim-Datenbank und die Werkzeugleisten verborgen.
Verbergen der Unternehmensdatenbank	Hierbei werden die Unternehmensdatenbank und die Werkzeugleisten verborgen.
Verbergen der Messinstrumenteauswahl	In die Schaltung können keine Messinstrumente integriert werden. Hierbei wird die Werkzeugleiste für die Messinstrumenteauswahl verborgen; der Befehl <b>Simulation/Messinstrumente</b> ist nicht aktiviert.
Verbergen der Liste der verwendeten Elemente	Verbergen der Liste der verwendeten Elemente

4. Klicken Sie auf **OK**.

Ihre Optionen gelten sofort für alle Schaltungen, wenn sie nicht von Schaltungseinschränkungen überschrieben werden. (Siehe “Einstellen von Schaltungseinschränkungen” auf Seite 2-22.)

### 2.5.1.2 Vereinfachte Version

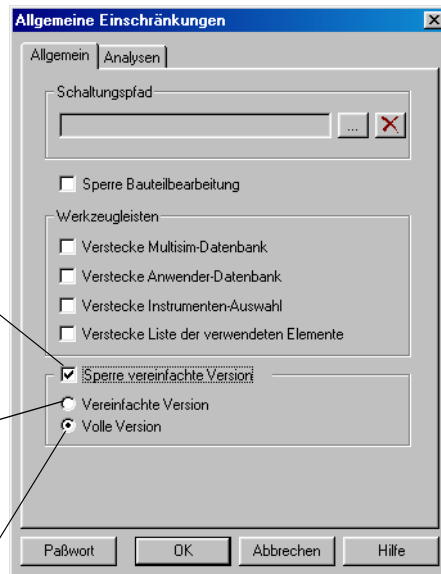
Die vereinfachte Version bietet den Schulungsteilnehmern und Schulungsleitern, die nicht auf alle Funktionen von Multisim zurückgreifen wollen, eine einfachere Bedienungs Oberfläche. In dieser Version haben Sie keinen Zugriff auf Funktionen wie die Nachbearbeitung, VHDL und/oder Verilog, den Bauelemente-Editor sowie einige Instrumente und Analysen. Die vereinfachte Version kann auch gesichert werden, um zu vermeiden, dass Schulungsteilnehmer über den Befehl **Optionen/Vereinfachte Version** Zugriff auf alle Analysen und Messinstrumente erhalten.

- Um die vereinfachte Version einzustellen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Wechseln Sie zur Registerkarte Allgemein im Fenster Allgemeine Einschränkungen:

Durch das Sperren einer Ansicht wird die Menüoption Optionen/ Vereinfachte Version inaktiv.

Aktivieren Sie dieses Feld, um die vereinfachte Version zu aktivieren.

Aktivieren Sie dieses Feld, um die Vollversion ohne Einschränkungen zu aktivieren.



2. Wählen Sie Ihre Optionen, indem Sie die entsprechenden Felder aktivieren. Folgende Optionen stehen zur Auswahl zur Verfügung:

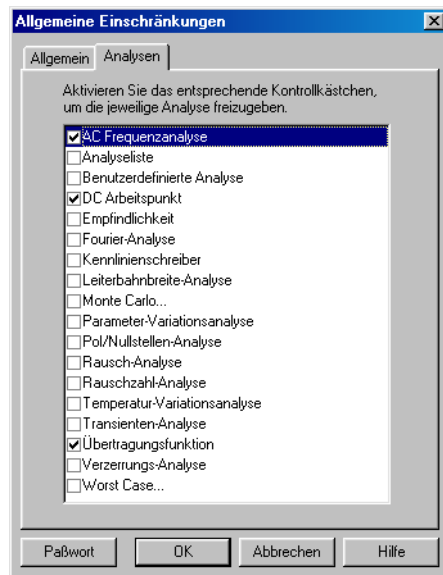
Vereinfachte Version	Hierdurch wird das Aussehen der Bedienungsoberfläche verändert, indem die Werkzeugleiste ausgeblendet und die verfügbaren Messinstrumente und Analysen einschränkt werden. Wenn die vereinfachte Version eingeschränkt ist, wird sie im Menü Optionen grau hinterlegt dargestellt.
Vollversion	Hierbei steht die Multisim-Bedienungsfläche ohne Einschränkungen zur Verfügung.

3. Klicken Sie auf **OK**.

Ihre Optionen gelten sofort für alle Schaltungen, wenn sie nicht von Schaltungseinschränkungen überschrieben werden. (Siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 2-22.)

### 2.5.1.3 Allgemeine Einschränkungen für Analysen

- Um die allgemeinen Einschränkungen bei den Analysen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
1. Klicken Sie im Fenster Allgemeine Einschränkungen auf die Registerkarte Analysen:



2. Aktivieren Sie die gewünschten Analysen, indem Sie auf die entsprechenden Felder klicken (weitere Information über Analysen finden Sie in Kapitel 8, "Analysen"), und klicken anschließend auf **OK**. Nur die markierten Analysen werden im Menü **Simulation/Analysen** oder, wenn die Schulungsteilnehmer auf die Schaltfläche Analyse in der Werkzeugleiste klicken, angezeigt.

Ihre Optionen gelten sofort für alle Schaltungen, wenn sie nicht von Schaltungseinschränkungen überschrieben werden (siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 2-22).

### 2.5.2 Einstellen von Schaltungseinschränkungen

Verwenden Sie Schaltungseinschränkungen, um Einschränkungen für einzelne Schaltungen zu definieren. Schaltungseinschränkungen überschreiben allgemeine Einschränkungen. Sie werden zusammen mit der Schaltung gespeichert und bei jedem Laden der Schaltung aufgerufen. Zusätzlich zum Verbergen der Werkzeugleisten und Datenbanken sowie bei der Einstellung der verfügbaren Analysen können Schaltungen mit dem Attribut "Nur Lesen" versehen werden, sodass sie von den Schulungsteilnehmern nicht geändert werden können. Außerdem können Sie Bauelementewerte sowie Fehler und Verwendungen von Analysen verbergen und Teilschaltungen sperren, sodass diese von den Schulungsteilnehmern nicht geöffnet werden können.

**Hinweis** Berücksichtigen Sie, dass sich Schaltungseinschränkungen immer nur auf die aktuelle Schaltung beziehen. Dies bedeutet, dass bei einer neuen Schaltung nur die allgemeinen Einschränkungen gelten. Wenn Sie wollen, dass Einschränkungen auch für eine neue Schaltung gelten, müssen Sie diese jedes Mal, wenn Sie eine neue Schaltung entwerfen, neu definieren (siehe dazu "Einschränken allgemeiner Einschränkungen" auf Seite 2-18).

- Um die allgemeinen Schaltungseinschränkungen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Wählen Sie **Optionen/Schaltungseinschränkungen**. Wenn Sie ein Passwort definiert haben, werden Sie aufgefordert, dieses einzugeben. (Siehe "Definieren von Passwörter für Einschränkungen" auf Seite 2-26 für Informationen.) Geben Sie Ihr Passwort ins Passwortfeld ein und klicken auf **OK**. Nun wird das Fenster Schaltungseinschränkungen angezeigt.



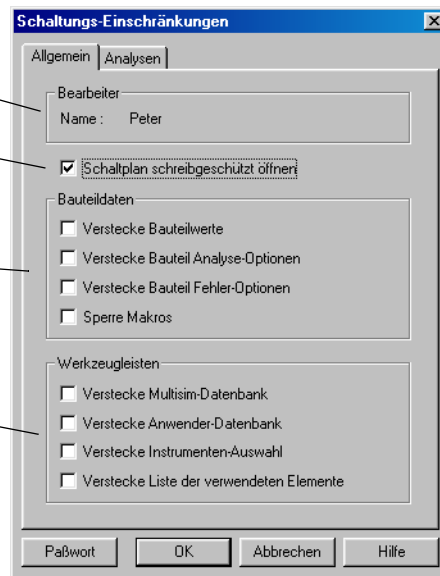
2. Ist dies nicht der Fall, müssen Sie auf die Registerkarte Allgemein klicken.

Bearbeiter der Schaltung. (Diese Information wird vom Installationsprogramm geliefert.)

Öffnen der Schaltung im Schreibschutzmodus

Aktivieren Sie die entsprechenden Felder, um Bauelementeeigenschaften zu verbergen und Teilschaltungen zu schützen.

Aktivieren Sie diese Felder, um Werkzeugleisten, Datenbanken und die Liste der verwendeten Elemente zu verbergen.



3. Wählen Sie Ihre Optionen, indem Sie die entsprechenden Felder aktivieren. Folgende Optionen stehen zur Auswahl zur Verfügung:

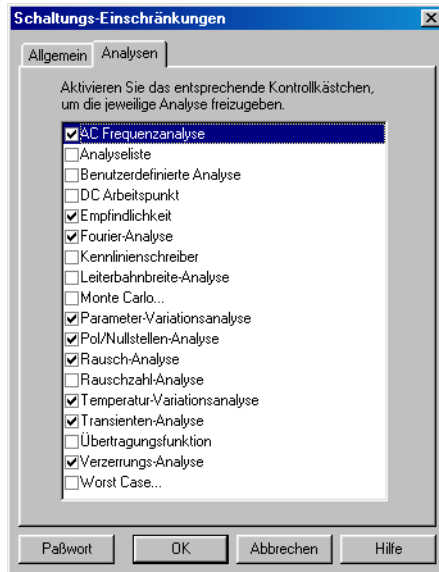
Öffnen der Schaltung im Schreibschutzmodus	Schulungsteilnehmer können die Schaltung nicht speichern; die Werkzeugleiste wird ausgeblendet. Schulungsteilnehmer können nur Leitwege zwischen Messinstrumenten und offenen Anschlüssen an existierenden Steckerleisten zeichnen. Ferner können sie nur Leitwege zwischen einem Messinstrument und einer Steckerleiste entfernen.
Verbergen von Bauelementewerten	Hierbei wird die Registerkarte Werte des Fensters Bauelementeeigenschaften mit einem "X" markiert; die Werte werden verborgen. Dies ermöglicht es Ihnen, über die Bauelementebezeichnung falsche Werte anzugeben.
Verbergen der Registerkarte Bauelementeanalyse	Hierdurch wird die Registerkarte Voreinstellungen der Bauelementeanalyse im Fenster Bauelementeeigenschaften verborgen.
Verbergen von Bauelementefehlern	Hierdurch wird die Registerkarte Fehler des Fensters Bauelementeeigenschaften mit einem "X" markiert; die Fehler werden verborgen.

Sperren von Teilschaltungen	Hierdurch wird verhindert, dass Schulungsteilnehmer Teilschaltungen öffnen und den Inhalt betrachten können. Schulungsteilnehmer müssen den Eingang und den Ausgang der versteckten Schaltung messen, um auf den Inhalt zu schließen.
Verbergen der Multisim-Datenbank	Hierdurch werden die Multisim-Datenbank und die Werkzeugleisten in der aktuellen Schaltung verborgen.
Verbergen der Unternehmensdatenbank	Hierdurch werden die Unternehmensdatenbank und die Werkzeugleisten in der aktuellen Schaltung verborgen.
Verbergen der Messinstrumenteauswahl	In die Schaltung können keine Messinstrumente integriert werden. Hierdurch wird die Symbolleistschaltfläche für die Messinstrumenteauswahl verborgen; der Befehl <b>Simulation/Messinstrumente</b> für die aktuelle Schaltung wird nicht aktiviert.
Verbergen der Liste "Verwendeten Elemente"	Hierdurch wird die Liste "Verwendeten Elemente" für die aktuelle Schaltung verborgen.

4. Klicken Sie auf **OK**. Die von Ihnen gewählten Optionen werden sofort in die Schaltung übernommen.
5. Damit die Einschränkungen bei jedem Öffnen der Schaltung gelten, müssen Sie **Datei/Speichern** wählen, um die Einschränkungen in der Schaltungsdatei zu speichern.

- Um die Schaltungseinschränkungen bei den Analysen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:

1. Klicken Sie im Fenster Schaltungseinschränkungen auf die Registerkarte Analysen:

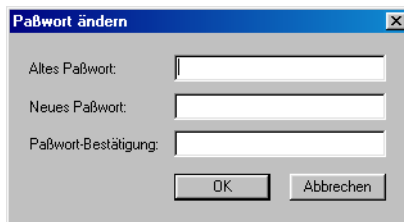


2. Aktivieren Sie die gewünschten Analysen, indem Sie auf die entsprechenden Felder klicken (weitere Information über Analysen finden Sie in Kapitel 8, "Analysen"), und klicken Sie anschließend auf **OK**. Nur die markierten Analysen werden im Menü **Simulation/Analysen** oder, wenn die Schulungsteilnehmer auf die Schaltfläche Analyse in der Werkzeugleiste klicken, angezeigt.
3. Damit die Einschränkungen bei jedem Öffnen der Schaltung gelten, müssen Sie **Datei/Speichern** wählen, um die Einschränkungen in der Schaltungsdatei zu speichern.

## 2.5.3 Definieren von Passwörter für Einschränkungen

Wenn Sie Einschränkungen verwenden, sollten Sie sofort ein Passwort setzen, um sicherzustellen, dass Ihre Einstellungen geschützt sind.

- Definieren oder Ändern eines Passwortes:
  1. Für allgemeine Einschränkungen müssen Sie **Optionen/Allgemeine Einschränkungen** wählen. Für Schaltungseinschränkungen müssen Sie **Optionen/Schaltungseinschränkungen** wählen.
  2. Im sich nun öffnenden Fenster müssen Sie auf **Passwort** klicken. Nun wird das Fenster "Passwort ändern" geöffnet.



3. Wenn Sie zum ersten Mal ein Passwort eingeben, müssen Sie das Feld **Altes Passwort** leer lassen.  
Wenn Sie ein Passwort ändern, müssen Sie im Feld **Altes Passwort** Ihr altes Passwort eingeben.
4. Geben Sie Ihr (neues) Passwort ins Feld **Neues Passwort** ein.
5. Bestätigen Sie Ihr Passwort, indem Sie es noch einmal ins Feld **Passwort bestätigen** eingeben.
6. Klicken Sie auf **OK**, um wieder das Fenster Allgemeine Einschränkungen zu öffnen, oder auf **Abbrechen**, um den Vorgang zu wiederholen.

**Hinweis** Wenn Sie die allgemeinen Schaltungseinschränkungen ändern wollen, müssen Sie nun Ihr Passwort eingeben. Notieren Sie Ihr Passwort und bewahren Sie es sicher auf, da es verschlüsselt gespeichert wird und somit nicht aus den Programm- oder Schaltungsdateien extrahiert werden kann.

**Hinweis** Ein Schaltungspasswort wird nicht automatisch einer neuen Schaltung zugeordnet, wenn Sie auf diese Schaltungseinschränkungen anwenden. Sie müssen also jedes Mal ein Passwort einstellen, wenn Sie die Schaltungseinschränkungen vor dem Zugriff durch Dritte schützen wollen.

## 2.6 Menüs und Befehle

Dieses Kapitel erklärt kurz alle verfügbaren Multisim-Befehle. Es soll als Referenz dienen.

### 2.6.1 Datei Menü

Enthält hauptsächlich Befehle, um die mit Multisim generierten Schaltungsdateien zu verwalten.

#### 2.6.1.1 Datei/Neu (Strg+N)

Öffnet ein unbezeichnetes Schaltungsfenster, in dem eine Schaltung entworfen werden kann. Das neue Fenster wird geöffnet und übernimmt die Voreinstellungen. So lang die Datei nicht gespeichert ist, hat das Fenster die Bezeichnung "Schaltung#", wobei "#" eine fortlaufende Nummer ist. Es können z.B. Fenster mit den Bezeichnungen "Schaltung1", "Schaltung2", "Schaltung3" usw. geöffnet haben.

Sie haben die Möglichkeit, eine unbegrenzte Anzahl von Schaltungen in einer einzigen Programmsitzung zu generieren.

**Hinweis** Benutzer, die nicht die Versionen "Professional" oder "Power Professional" verwenden, können immer nur eine Schaltung gleichzeitig öffnen. Bei diesen Programmversionen wird beim Aufrufen des Befehls **Datei/Neu** das geöffnetete Fenster geschlossen.

#### 2.6.1.2 Datei/Öffnen (Strg+O)

Öffnet eine vorher generierte Datei oder Netzliste. Der Dateibrowser wird angezeigt. Wenn sich die gewünschte Datei an einer anderen Stelle befindet, wechseln Sie das Verzeichnis.

**Hinweis** Sie können Dateien, die mit Version 5 von Electronics Workbench und mit Multisim generiert wurden sowie Netzlisten öffnen

#### 2.6.1.3 Datei/Schließen (Strg+C)

Schließt die aktive Schaltungsdatei. Wurden seit dem Öffnen Änderungen vorgenommen, fragt das Programm, ob Sie die Datei vor dem Schließen speichern wollen.

### 2.6.1.4 Datei/Speichern (Strg+S)

Speichert die aktive Schaltung. Beim erstmaligen Speichern der Datei wird das Fenster für die Dateiauswahl geöffnet. Sie können nun bei Bedarf das Verzeichnis wechseln. Die Länge des Dateinamens ist frei wählbar.

Die Erweiterung .msm wird automatisch an den Dateinamen angehängt. So wird z.B. eine Schaltung mit dem Namen MeineSchaltung als MeineSchaltung.msm gespeichert.

**Tip** Wenn Sie die Originaldatei nicht überschreiben wollen, wählen Sie den Befehl **Datei/Speichern als**.

### 2.6.1.5 Datei/Speichern als (Strg+A)

Speichert die geöffnete Schaltung unter einem neuen Namen. Die Originaldatei bleibt unverändert erhalten.

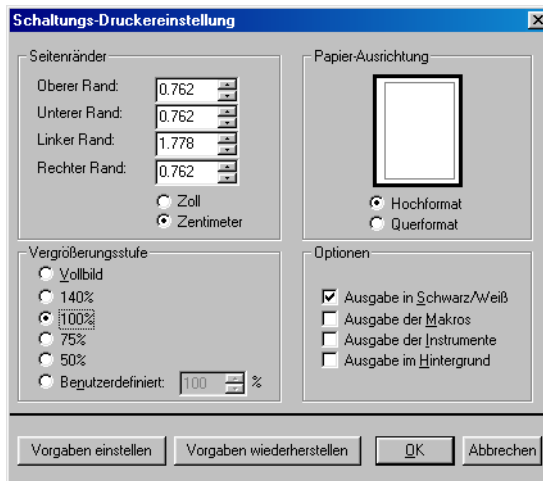
**Tip** Verwenden Sie diesen Befehl, um mit einer Schaltung zu experimentieren, ohne dabei das Original zu ändern.

### 2.6.1.6 Datei/Schaltung drucken (Strg+U)

Druckt alles oder Teile einer Schaltung auf dem ausgewählten Drucker. Sie können eine der folgenden Optionen wählen:

- Drucken; siehe “Schaltungstezile und Hierarchien” auf Seite 3-33
- Druckvorschau – zeigt, wie die Schaltung gedruckt wird. Es wird ein separates Fenster geöffnet, in dem Sie von Seite zu Seite wechseln und die Ansicht vergrößern können, um Details zu prüfen. Die Vorschau können Sie dann auch ausdrucken. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Schaltungstezile und Hierarchien” auf Seite 3-33.
- Druckereinstellungen der Schaltung – mit diesem Menübefehl können Sie Blattbegrenzungen, Papierausrichtung (Hoch- und Querformat), Vergrößerungsfaktor und

Ausgabeoptionen (z.B. mit/ohne Teilschaltungen) einstellen.



Diese Einstellungen gelten jedoch nur für die aktuelle Schaltung. Weitere Informationen über diese Funktionen finden Sie in “Schaltungstezile und Hierarchien” auf Seite 3-33.

**Hinweis** Wenn Sie die Papierausrichtung ändern, wird die Darstellung des neuen Formats zusätzlich im Fenster angezeigt.

### 2.6.1.7 Datei/Berichte Drucken

Sie können eine der folgenden Optionen wählen:

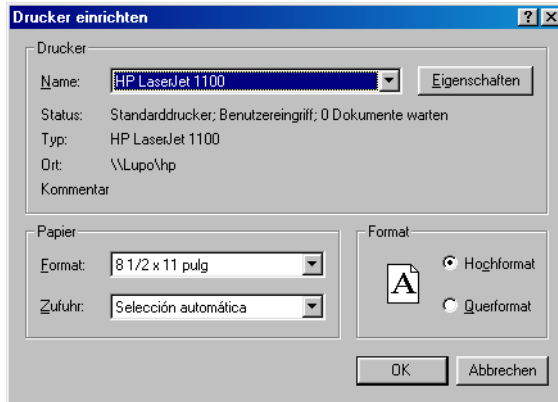
- siehe Datenbankgruppen; siehe
- Bauelementedetails; siehe

### 2.6.1.8 Datei/Messinstrumente drucken

Druckt die Frontseite von einem bestimmten oder allen Messinstrumenten in Ihrer Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Messinstrumente” auf Seite 11-5.

### 2.6.1.9 Datei/Druckereinstellung

Mit diesem Befehl können Sie den Drucker wechseln sowie die Papierzufuhr und die Seitenausrichtung ändern.



**Hinweis** Wenn Sie die Papierausrichtung ändern, wird die Darstellung des neuen Formats zusätzlich im Fenster "Druckereinstellung der Schaltung" angezeigt.

### 2.6.1.10 Datei/Letzte Dateien

Zeigt eine Liste der acht zuletzt gespeicherten Schaltungsdateien. Um eine dieser Dateien wieder zu öffnen, wählen Sie diese einfach aus der Liste.

### 2.6.1.11 Datei/Beenden (Strg+B)

Schließt alle offenen Schaltungsfenster und beendet Multisim. Sind Änderungen an einer Schaltung noch nicht gespeichert, werden Sie aufgefordert diese jetzt zu speichern oder die Änderungen zu verwerfen.



## 2.6.2 Menü Bearbeiten

Enthält Befehle, um Informationen zu löschen, zu kopieren oder auszuwählen. Steht ein Befehl für ein ausgewähltes Element (z.B. ein Bauelement) nicht zur Verfügung, wird er grau hinterlegt dargestellt.

### 2.6.2.1 Bearbeiten/Rückgängig (Strg+Z)

Macht die letzte Aktion rückgängig.

### 2.6.2.2 Bearbeiten/Ausschneiden (Strg+A)

Löscht eine ausgewählte Schaltung, ein Bauelement oder einen ausgewählten Text und kopiert das Objekt in die Zwischenablage, sodass Sie es an anderer Stelle wieder einfügen können.

### 2.6.2.3 Bearbeiten/Kopieren (Strg+K)

Kopiert eine ausgewählte Schaltung, ein Bauelement oder einen ausgewählten Text. Die Kopie wird in der Zwischenablage abgelegt. Sie können dann den Befehl **Einfügen** verwenden, um das Objekt an einer anderen Stelle oder in einem anderen Anwendungsprogramm, z.B. einem Textverarbeitungsprogramm, einzufügen.

### 2.6.2.4 Bearbeiten/Einfügen (Strg+E)

Fügt den Inhalt der Zwischenablage ein. Der Cursor zeigt ein Symbol des einzufügenden Elements. Klicken Sie an die Stelle, an der Sie das Element einfügen wollen.

### 2.6.2.5 Bearbeiten/Löschen (Entf)

Löscht ein ausgewähltes Bauelement oder einen ausgewählten Text. Das gelöschte Element wird nicht in die Zwischenablage abgelegt und ändert auch den Inhalt der Zwischenablage nicht ab.

---

#### **VORSICHT**

Verwenden Sie en Befehl "Löschen" mit Vorsicht. Gelöschte Informationen können nicht wiederhergestellt werden. Die letzte Löschung kann jedoch mit dem Befehl "Rückgängig" aufgehoben werden.

---

**Hinweis** Wenn Sie ein Bauelement löschen, wird es nur aus dem Schaltungsfenster, nicht aber aus der Werkzeugleiste gelöscht.

### **2.6.2.6 Bearbeiten/Alles Wählen (Strg+Ä)**

Auswahl aller Elemente des aktiven Schaltungsfensters:

**Tipp** Um alle Elemente eines Schaltungsfensters auszuwählen, verwenden Sie den Befehl **Alles Wählen** und klicken anschließend bei gedrückter Taste STRG auf die Elemente, die nicht verwendet werden sollen.

### **2.6.2.7 Bearbeiten/Spiegeln (Strg+S)**

Das ausgewählte Element wird horizontal gespiegelt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Eigenschaften platzierter Bauelemente” auf Seite 3-19.

### **2.6.2.8 Bearbeiten/Umdrehen (Strg+U)**

Das ausgewählte Element wird vertikal gespiegelt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Eigenschaften platzierter Bauelemente” auf Seite 3-19.

### **2.6.2.9 Bearbeiten/Um 90° nach rechts drehen (Strg+D)**

Dreht das ausgewählte Element um 90° nach rechts. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Eigenschaften platzierter Bauelemente” auf Seite 3-19.

### **2.6.2.10 Bearbeiten/Um 90° nach links drehen (Strg+Umschalten+N)**

Dreht das ausgewählte Element um 90° nach links. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Eigenschaften platzierter Bauelemente” auf Seite 3-19.

### **2.6.2.11 Bearbeiten/Bauelementeeigenschaften (Strg+F)**

Öffnet das Fenster “Eigenschaften” für ein im aktiven Schaltungsfenster ausgewähltes Bauelement. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Suchen von Bauelementen in einer Schaltung” auf Seite 3-26.

## 2.6.3 Menü Ansicht

Das Menü Ansicht enthält Befehle, um Elemente des Schaltungsfensters, wie Raster, Symbolleisten und Seitenbegrenzungen anzuzeigen oder zu verbergen.

### 2.6.3.1 Ansicht/Symbolleisten

Zeigt die ausgewählte Werkzeugleiste an oder verbirgt sie. Wenn Sie auf die Zeile klicken, können Sie zwischen den folgenden Symbolleisten wählen:

- Werkzeugleiste System
- Werkzeugleiste Entwurf
- Werkzeugleiste Messinstrumente
- Werkzeugleiste Zoom (Die Schaltflächen Zoom der Werkzeugleiste System)
- Liste der verwendeten Bauelemente

Weitere Informationen über diese Funktionen finden Sie in “Einführung in die Multisim-Benutzeroberfläche” auf Seite 2-2.

### 2.6.3.2 Ansicht/Bauelementeleisten

Zeigt die ausgewählte Bauelementeleiste an oder verbirgt sie. Wenn Sie auf die Zeile klicken, können Sie zwischen den folgenden Bauelementedatenbanken wählen:

- Multisim-Datenbank
- Benutzer-Datenbank
- Edaparts-Leiste

Weitere Informationen über diese Datenbanken finden Sie in “Struktur der Bauelementedatenbank” auf Seite 4-1.

### 2.6.3.3 Ansicht/Status-Zeile

Zeigt oder verbirgt die Statuszeile, die Ihnen nützliche Hinweise zur aktuellen Operation oder zu dem Element, über dem sich der Cursor befindet, anzeigt.

### 2.6.3.4 Ansicht/Fehlerprotokoll der Simulation/Prüf-Pfad anzeigen

Zeigt oder verbirgt das Simulationsprotokoll, in dem alle Ereignisse der Schaltungssimulation aufgezeichnet werden. Weitere Informationen über dieses Protokoll finden Sie in “Mechanismus der Schaltungssimulation” auf Seite 7-8.

### **2.6.3.5 Ansicht/XSpice Befehlszeile anzeigen**

Öffnet ein Fenster, in dem Sie XSpice-Befehle eingeben und dann ausführen können. Drücken Sie hierzu die EINGABE-Taste. Der Befehl wird im oberen Teil des Fensters angezeigt und Fehler erscheinen im Fehlerprotokoll.

### **2.6.3.6 Ansicht/Diagrammfenster**

Zeigt oder verbirgt das Diagrammfenster, in dem die Ergebnisse der Simulation in Form eines Balkendiagramms angezeigt werden. Weitere Informationen über dieses Fenster finden Sie in “Anzeigen der Analyseergebnisse: Prüfprotokoll” auf Seite 8-64.

### **2.6.3.7 Ansicht/Simulations-Schalter anzeigen**

Zeigt oder verbirgt den Schalter, mit dem Sie, als Alternative zur Schaltfläche der Werkzeugleiste oder zum Menübefehl, eine Simulation ein- und ausschalten können. Der Schalter wird wie folgt angezeigt:



### **2.6.3.8 Ansicht/Textbeschreibungsfenster anzeigen**

Öffnet ein Fenster, in dem Sie Kommentare und Informationen zur Schaltung einfügen können. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Hinzufügen von beliebigem Text” auf Seite 3-31.

### **2.6.3.9 Ansicht/Raster anzeigen**

Zeigt oder verbirgt das Hintergrundraster des Schaltungsfensters. Das Raster erleichtert es Ihnen Bauelemente in bestimmten Abständen zu platzieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern” auf Seite 3-3.

### **2.6.3.10 Ansicht/Blattbegrenzungen anzeigen**

Zeigt oder verbirgt die Blattbegrenzungen im Schaltungsfenster. Mit Hilfe dieser Anzeige können Sie leicht feststellen, wo die Schaltung auf einem Ausdruck erscheinen wird. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern” auf Seite 3-3.

### **2.6.3.11 Ansicht/Schriftfeld und Rahmen**

Zeigt oder verbirgt das Schriftfeld und den Rahmen der Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern” auf Seite 3-3.

### **2.6.3.12 Ansicht/Vergrößern (F8)**

Hiermit vergrößern Sie die Darstellung Ihrer Schaltung im Schaltungsfenster. Mehr Informationen über Verkleinerungsfaktoren finden Sie in “Registerkarte Arbeitsbereich” auf Seite 2-9.

### **2.6.3.13 Ansicht/Verkleinern (F9)**

Hiermit verkleinern Sie die Darstellung Ihrer Schaltung im Schaltungsfenster. Mehr Informationen über Verkleinerungsfaktoren finden Sie in “Registerkarte Arbeitsbereich” auf Seite 2-9.

### **2.6.3.14 Ansicht/Suchen (Strg+U)**

Zeigt eine Liste von Referenzkennungen der aktuellen Schaltung. Wählen Sie eine oder mehrere Kennungen. Hierdurch werden die zugehörigen Bauelemente im Schaltungsfenster selektiert. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Suchen von Bauelementen in einer Schaltung” auf Seite 3-26.

## **2.6.4 Menü platzieren**

Das Menü enthält Befehle, mit denen Sie Elemente im Schaltungsfenster platzieren können.

### **2.6.4.1 Platzieren/Bauelement platzieren (Strg+L)**

Öffnet die Bauelementauswahl und Sie können in den verschiedenen Datenbanken (Multisim; Unternehmen; Benutzer) nach dem gewünschten Bauelement suchen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters” auf Seite 3-6.

### **2.6.4.2 Platzieren/Verbindungsknoten platzieren (Strg+V)**

Plaziert an die Stelle, auf der Sie im Schaltungsfenster klicken, einen Verbindungsknoten. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Manuelles Hinzufügen einer Verbindungsstelle” auf Seite 3-17.

### **2.6.4.3 Platzieren/Busleitung platzieren (Strg+P)**

Plaziert an die Stelle, auf der Sie im Schaltungsfenster klicken, ein Segment einer Busleitung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Ausdrucken einer Schaltung” auf Seite 3-35.

### **2.6.4.4 Platzieren/Eingang/Ausgang platzieren (Strg+I)**

Fügt Verbindungsknoten für Teilschaltungen in die Hauptschaltung ein. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vorbereiten einer Schaltung für Verwendung als Schaltungsteil” auf Seite 3-33

### **2.6.4.5 Platzieren/Text platzieren (Strg+T)**

Mit diesem Befehl können Sie der Schaltung Text beifügen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Hinzufügen eines Titelblocks” auf Seite 3-30.

### **2.6.4.6 Platzieren/Bauelement ersetzen**

Bevor Sie diesen Befehl verwenden können, müssen Sie in Ihrem Schaltungsfenster das Bauelement, das ersetzt werden soll, markieren. Der Bauelementebrowser wird geöffnet (in Kapitel 3, “Schaltungserfassung” finden Sie weitere Informationen), und Sie können ein neues Bauelement wählen. Klicken Sie auf **OK**, um das alte Bauelement durch das neue zu ersetzen.

### **2.6.4.7 Platzieren/als Makro einfügen (Strg+M)**

Fügt den Inhalt der Zwischenablage als Teilschaltung ein. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung” auf Seite 3-34.

### **2.6.4.8 Platzieren/Durch Teilschaltung ersetzen (Strg+Umschalten+B)**

Ersetzt die ausgewählten Bauelemente durch eine Teilschaltung mit den gleichen Bauelementen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung” auf Seite 3-34.

## 2.6.5 Menü Simulation

### 2.6.5.1 Simulation/Start (F5)

Startet und stoppt die Simulation der aktiven Schaltung. Starten Sie eine Simulation, so werden mit Hilfe von mathematischen Operationen Werte an den Testpunkten Ihrer Schaltung ermittelt.

**Tip** Eine digitale Schaltung kann auch über den Bitmustergenerator aktiviert werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 6, "Messinstrumente".

### 2.6.5.2 Simulation/Anhalten (F6)

Hält die laufende Simulation an oder fährt mit der Simulation fort.

### 2.6.5.3 Simulation/Voreinstellungen Instrumente

Mit diesem Befehl können Sie die Voreinstellungen für Messinstrumente der Impulsanalyse (z.B. Oszilloskopen, Spektrumanalysatoren oder Logikanalysatoren) einstellen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Standardeinstellungen der Instrumente" auf Seite 6-5.

### 2.6.5.4 Simulation/Digitalsimulation

Wenn Sie in Ihrer Schaltung digitale Bauelemente verwenden, können Sie festlegen, ob die digitale Simulation auf Geschwindigkeit oder Genauigkeit optimiert werden soll. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Simulieren von Schaltungen mit Digitalbausteinen" auf Seite 7-4.

### 2.6.5.5 Simulation/Messinstrumente

Klicken Sie auf diese Menüleiste, können Sie verschiedene Messinstrumente in der Schaltung platzieren (alternativ zu der Werkzeugleiste Messinstrumente oder der Schaltfläche in der Werkzeugleiste). Weitere Informationen über die Messinstrumente finden Sie in Kapitel 6, "Messinstrumente".

**Hinweis** Amperemeter und Voltmeter finden Sie in der Werkzeugleiste Bauelemente unter der Schaltfläche Anzeigen.

### Simulation/Messinstrumente/Multimeter

Mit diesem Befehlen platzieren Sie ein Multimeter im Schaltungsfenster. Mit dem Multimeter können Sie Wechsel- und Gleichstromspannungen sowie Ströme, Widerstände oder Verluste zwischen zwei Testpunkten messen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Multimeter" auf Seite 6-8.

### **Simulation/Messinstrumente/Funktionsgenerator**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Funktionsgenerator im Schaltungsfenster. Ein Funktionsgenerator generiert eine Sinus-, Dreieck- oder Rechteckspannung und bietet Ihnen so die Möglichkeit, Ihre Schaltung auf einfache und realistische Art mit Strom zu versorgen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Funktionsgenerator” auf Seite 6-13.

### **Simulation/Messinstrumente/Wattmeter**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie ein Wattmeter im Schaltungsfenster. Von der Funktion ist ein Wattmeter eine Kombination aus Volt- und Amperemeter. Es misst die Größe des aktiven Stroms als Produkt aus der Spannungsdifferenz und dem durch die Anschlüsse in einer Schaltung fließenden Strom. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Wattmeter” auf Seite 6-15.

### **Simulation/Messinstrumente/Oszillograf**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Oszillografen im Schaltungsfenster. Der Zweikanal-Oszillograf zeigt Amplitude und Frequenzänderungen eines Signals. Es stellt entweder die Stärke von einem oder von zwei Signalen über eine bestimmte Zeit dar oder bietet die Möglichkeit zwei verschiedene Wellenarten miteinander zu vergleichen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Oszillograf” auf Seite 6-16.

### **Simulation/Messinstrumente/Bode-Plotter**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Bode-Plotter in Ihr Schaltungsfenster. Der Bode-Plotter stellt den Frequenzgang der Schaltung grafisch dar und ist zweckmäßig zur Analyse von Filterschaltungen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Bode-Plotter” auf Seite 6-21.

### **Simulation/Messinstrumente/Bitmuster-Generator**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Bitmuster-Generator im Schaltungsfenster. Der Bitmuster-Generator sendet digitale Worte oder Bitmuster, um so die Schaltung zu testen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Bitmuster-Generator” auf Seite 6-25.

### **Simulation/Messinstrumente/Logikanalysator**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Logikanalysator in Ihr Schaltungsfenster. Der Logikanalysator zeigt den Pegel von bis zu 16 digitalen Signalen. Er wird zur schnellen Erfassung logischer Zustände und zur Taktanalyse bei der Entwicklung großer Systeme und bei der Fehlersuche verwendet. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Logikanalysator” auf Seite 6-29.



### **Simulation/Messinstrumente/Logikkonverter**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Logikkonverter in Ihr Schaltungsfenster. Mit Hilfe des Logikkonverters können verschiedene logische Funktionen in einer Schaltung umgewandelt werden. In der Realität gibt es kein vergleichbares Gerät. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Logikkonverter” auf Seite 6-33.

### **Simulation/Messinstrumente/Klirrfaktormessgerät**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie ein Klirrfaktormessgerät in Ihr Schaltungsfenster. Mit dessen Hilfe können Sie z.B. den Klirrfaktor eines Niederfrequenzsignals im Bereich von 20 Hz bis 100 kHz messen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Klirrfaktormessgerät” auf Seite 6-36.

**Hinweis** Dieses Messinstrument wird bei der Verwendung der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### **Simulation/Messinstrumente/Spektrumanalysator**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Spektrumanalysator in Ihr Schaltungsfenster. Der Spektrumanalysator misst die Frequenz im Verhältnis zur Amplitude. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Spektrumanalysator” auf Seite 6-37.

**Hinweis** Dieses Messinstrument wird bei der Verwendung der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### **Simulation/Messinstrumente/Netzwerkanalysator**

Mit diesem Befehlen platzieren Sie einen Netzwerkanalysator in Ihr Schaltungsfenster. Der Netzwerkanalysator misst die Streuparameter einer Schaltung im Allgemeinen bei Schaltungen, die mit höheren Frequenzen arbeiten. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Netzwerkanalysator” auf Seite 6-38.

**Hinweis** Dieses Messinstrument wird bei der Verwendung der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## **2.6.5.6 Simulation/Analysen**

Mit diesem Menübefehl können Sie verschiedene Schaltungsanalysen einstellen und starten (als Alternative zur Schaltfläche in der Werkzeugleiste). Weitere Informationen über die Analysen finden Sie in Kapitel 8, “Analysen”.

### **Simulation/Analysen/Gleichstromarbeitspunkt**

Mit Hilfe dieser Analysen bestimmen Sie den Gleichstromarbeitspunkt einer Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Gleichspannungsarbeitspunktanalyse” auf Seite 8-10.

### **Simulation/Analysen/Wechselstromfrequenzanalyse**

Bei der Wechselstromfrequenzanalyse wird zunächst der Gleichstromarbeitspunkt ermittelt, um für alle nichtlinearen Bauelemente lineare Kleinsignalmodelle zu generieren. Danach wird eine komplexe Matrix aus realen und imaginären Bauelementen generiert. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Wechselspannungsanalyse” auf Seite 8-12.

### **Simulation/Analysen/Impulsanalyse**

Die Impulsanalyse verarbeitet die Reaktion der Schaltung als Funktion der Zeit. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Impulsanalyse” auf Seite 8-14.

### **Simulation/Analysen/Fourier-Analyse**

Die Fourier-Analyse untersucht die fundamentalen, harmonischen und Gleichstromkomponenten eines zeitabhängigen Signals. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Fourier-Analyse” auf Seite 8-18.

### **Simulation/Analysen/Rauschsignalanalyse**

Die Rauschsignalanalyse wird zur Erfassung des maximalen Rauschpegels am Ausgang der Schaltung eingesetzt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Rauschsignalanalyse” auf Seite 8-22.

### **Simulation/Analysen/Klirrfaktoranalyse**

Die Klirrfaktoranalyse misst die harmonischen Verzerrungen und die Intermodulationsverzerrung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Klirrfaktoranalyse” auf Seite 8-26.

### **Simulation/Analysen/Analyse mit variabler Gleichspannung**

Der Kennlinienschreiber verarbeitet den Gleichspannungsarbeitspunkt eines Knotens unter Berücksichtigung verschiedener Werte von einer oder mehreren Gleichstromquellen in der Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Analyse mit variabler Gleichspannung” auf Seite 8-29.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### **Simulation/Analysen/Empfindlichkeit**

Die Empfindlichkeitsanalyse berechnet die Empfindlichkeit der Spannung oder des Stroms eines Ausgangsknotens unter Berücksichtigung aller Bauelemente (Gleichspannungsempfindlichkeit) oder eines Bauelements (Wechselspannungsempfindlichkeit). Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Empfindlichkeitsanalyse” auf Seite 8-31.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### **Simulation/Analysen/Parametervariationsanalyse**

Die Parametervariationsanalyse prüft die Funktion einer Schaltung durch die Simulation eines Bauelementeparameters über einen bestimmten Wertebereich. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Analyse mit variablen Parameterwerten” auf Seite 8-35.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### **Simulation/Analysen/Temperaturvariationsanalyse**

Die Temperaturvariationsanalyse prüft die Funktion einer Schaltung bei verschiedenen Temperaturen. Das Ergebnis ist das gleiche, als würden Sie die Schaltung mehrmals mit einer jeweils anderen Temperatur testen. Der Temperaturbereich wird von Ihnen vorgegeben. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Analyse mit variablen Temperaturwerten” auf Seite 8-39.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### **Simulation/Analysen/Pol-Nullstellenanalyse**

Die Pol-Nullstellenanalyse findet Pole und Nullstellen bei der Wechselspannungskleinsignalübertragung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Pol- und Nullstellenanalyse” auf Seite 8-50.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## **Simulation/Analysen/Übertragungsfunktionsanalyse**

Die Übertragungsfunktionsanalyse berechnet die Kleinsignalübertragung von Gleichspannung zwischen der Eingangsquelle und zwei Ausgangsknoten (für Spannung) oder einer Ausgabevariablen (für Strom). Außerdem werden der Eingangs- und Ausgangswiderstand berechnet. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Analyse unter ungünstigsten Bedingungen” auf Seite 8-45.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## **Simulation/Analysen/Worst-Case-Analyse**

Die Worst-Case-Analyse ist eine statistische Analyse, die es Ihnen ermöglicht, durch Veränderung von Bauelementparametern den negativsten Effekt auf die Leistung der Schaltung zu untersuchen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Pol- und Nullstellenanalyse” auf Seite 8-50.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## **Simulation/Analysen/Monte-Carlo-Analyse**

Auch bei der Monte-Carlo-Analyse handelt es sich um eine statistische Analyse, mit deren Hilfe Sie untersuchen können, wie sich Änderungen von Bauelementeeigenschaften auf die Leistung der Schaltung auswirken. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Monte-Carlo-Analyse” auf Seite 8-56.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## **Simulation/Analysen/Analyseliste**

Mit Hilfe dieser Funktion können Sie eine Reihe von verschiedenen Analysen oder verschiedener Variationen einer bestimmten Analysen als Stapelverarbeitung einstellen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Analysen per Stapelprogramm” auf Seite 8-61.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## **Simulation/Analysen/Benutzerdefinierte Analyse**

Über diese Funktion definieren Sie Ihre eigene Analyse. Dabei wird ein Fenster geöffnet, in das Sie SPICE-Befehle eingeben können, die dann während der Analyse ausgeführt werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Benutzerdefinierte Analysen” auf Seite 8-63.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## Simulation/Analysen/Rauschzahlanalyse

Diese Analyse ist Teil des Moduls HF-Entwicklung (Standard in der Version “Power Professional” und als Option erhältlich für die “Professional” Version). Es wird im Kapitel 14, “HF” näher beschrieben

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## Simulation/Analysen/Stop/Fortsetzen

Anhalten einer laufenden Analyse.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## Simulation/Analysen/HF-Analyse

Dieser Befehl wurde nur der Vollständigkeit halber ins Menü aufgenommen. Die HF-Analyse kann über den Netzwerkanalysator eingestellt werden. Klicken Sie auf diesen Befehl, wird der Netzwerkanalysator aufgerufen, und Sie können ihn im aktiven Schaltungsfenster platzieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “HF-Analysen” auf Seite 14-22.

**Hinweis** Diese Analyse wird bei der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## 2.6.5.7 Simulation/Postprozessor

Mit Hilfe des Fensters “Postprozessor” können Sie die Resultate von verschiedenen Analysen auf unterschiedliche Weise kombinieren. Um den Postprozessor nutzen zu können, müssen Sie mit der Schaltung mindestens eine Analyse durchgeführt haben. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 9, “Postprozessor”.

**Hinweis** Diese Funktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## 2.6.5.8 Simulation/VHDL-Simulation



Dieser Befehl startet das VHDL-Simulationsmodul. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik”.

**Hinweis** Diese Simulation wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### 2.6.5.9 Simulation/Verilog-HDL-Simulation



Dieser Befehl startet das Verilog-HDL Simulationsmodul. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik”.

**Hinweis** Diese Simulation wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### 2.6.5.10 Simulation/Automatische Fehlerzuweisung

Dieser Befehl ordnet ausgewählten Bauelementen einer Schaltung Fehler zu nach dem Pseudozufallsprinzip. Hierzu geben Sie die Anzahl der Fehler ein. Dies kann sich auf die Gesamtzahl oder die Anzahl für jede Fehlerart beziehen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Verwenden der automatischen Fehlerzuweisung” auf Seite 7-17.

### 2.6.5.11 Simulation/Automatische Toleranzzuweisung

Die virtuellen Bauelemente von Multisim weisen als standardmäßig keine Toleranzen auf. Sie besitzen keinen Innenwiderstand und ihr Ausgangsverhalten ist stabil. Sie können diese Einstellungen auch bei den allgemeinen Bauelementevorgaben durchführen. Es werden nach dem Pseudozufallsprinzip Abweichungen zugeordnet, die bei der Simulation ein Ergebnis herbeiführen, das jenem von normalen Bauelementen in der Praxis entspricht. Die allgemeinen Bauelementevorgaben beeinflussen somit das Ergebnis einer Simulation. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Nominale Parameterwerte und Toleranzen” auf Seite 4-35.

**Hinweis** Diese Funktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

## 2.6.6 Menü Transfer

### 2.6.6.1 Transfer/Transfer nach Ultiboard

Dabei wird der Dateibrowser geöffnet, in dem Sie den Dateinamen für die zu übertragenden Daten wählen oder neu eingeben können. Dadurch wird eine Datei im Ultiboard-Format generiert. Wenn Sie Back-Annotation verwenden wollen, *müssen* Sie Ihre Datei sofort speichern.

### 2.6.6.2 Transfer/Transfer nach LP-Layout

Dabei wird ein Dateibrowser geöffnet, in dem Sie den Dateinamen für die zu übertragenden Daten wählen oder neu eingeben können. Außerdem können Sie das entsprechende Dateiformat wählen.

**Hinweis** Diese Funktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### 2.6.6.3 Transfer/Back-Annotation von Ultiboard

Dieser Befehl weist Änderungen, die Sie in Ultiboard an der Schaltung vorgenommen haben (z.B. Löschen eines Bauelements), der entsprechenden Multisim-Datei zu. Im Dateibrowser, können Sie die Back-Annotation-Datei entsprechend der Schaltungsdatei wählen können. Die Schaltungsdatei muss zur Ausführung dieses Befehls geöffnet sein

**Hinweis** Diese Funktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### 2.6.6.4 Transfer/VHDL-Synthese



Der Befehl startet mit einer Datei der aktuellen Schaltung das Programm zur VHDL-Synthese. Sie werden aufgefordert, die Schaltung zu speichern. Danach startet die VHDL-Synthese. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik”.

**Hinweis** Diese Funktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### **2.6.6.5 Transfer/Simulationsergebnisse nach MathCad exportieren**

Die Ergebnisse der Simulation werden in eine Datei, die von MathCad gelesen werden kann exportiert. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 12, "Datentransfer/Kommunikation".

**Hinweis** Diese Funktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Vereinfachte Version" auf Seite 13-6.

### **2.6.6.6 Transfer/Simulationsergebnisse nach Excel exportieren**

Die Ergebnisse der Simulation werden in eine Datei, die von Excel gelesen werden kann, exportiert. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 12, "Datentransfer/Kommunikation".

**Hinweis** Diese Funktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Vereinfachte Version" auf Seite 13-6.

### **2.6.6.7 Transfer/Netzliste exportieren**

Der Befehl exportiert die Netzliste Ihrer Schaltung. Der Dateibrowser wird geöffnet, und Sie können einen Dateinamen und ein Verzeichnis für die Liste wählen.

**Hinweis** Diese Transferfunktion wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Vereinfachte Version" auf Seite 13-6.



## 2.6.7 Menü Werkzeuge

**Hinweis** Das Menü “Werkzeuge” wird in der vereinfachten Version nicht angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

### 2.6.7.1 Werkzeuge/Bauelement generieren

Multisim ruft den Bauelementeassistenten auf. Dieser führt Sie Schritt für Schritt durch die Generierung eines neuen Bauelements. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Hinzufügen von Bauelementen” auf Seite 5-11.

### 2.6.7.2 Werkzeuge/Bauelement ändern

Mit Hilfe dieses Befehls können Sie Bauelemente, die sich in einer der Datenbanken befinden, ändern. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Bauelemente-Editor” auf Seite 5-6.

### 2.6.7.3 Werkzeuge/Bauelement kopieren

Mit Hilfe dieses Befehls können Sie jedes Bauelement, das sich in einer der Datenbanken befindet, kopieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Kopieren von Bauelementen” auf Seite 5-18.

### 2.6.7.4 Werkzeuge/Bauelement löschen

Mit diesem Befehl können Sie jedes Bauelement, das sich in der Unternehmens- oder Benutzerdatenbank befindet, löschen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Löschen von Bauelementen” auf Seite 5-17.

### 2.6.7.5 Werkzeuge/Datenbankverwaltung

Mit Hilfe dieses Befehls können Sie den Datenbanken Bauelementegruppen anfügen, Schaltflächen zuweisen sowie (in einigen Versionen von Multisim) einen Namen für die Bauelementegruppen eingeben bzw. ändern. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Datenbankverwaltung” auf Seite 5-3.

### 2.6.7.6 Werkzeuge/Modelle aktualisieren

Dieser Befehl aktualisiert neu geladene Multisim-Master-Modelle für die aktive Schaltung, die der Multisim-Hauptdatenbank entnommen wurden. Verwenden Sie diese Option nur, wenn Sie eine neue Master-Datenbank geladen haben.

### **2.6.7.7 Werkzeuge/Schaltungsaustausch**

Mit Hilfe dieses Befehls können Sie über ein Netzwerk oder Internet mit anderen kommunizieren und Schaltungsentwürfe teilen. Gilt nur für Benutzer, die über ein Modul Schaltungsentwicklung im Team oder eine Schulversion verfügen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 13, “Einführung für Schulungsleiter”.

### **2.6.7.8 Werkzeuge/Edaparts.com**

Dieser Befehl startet Ihren Internet-Browser, der die Edaparts-Webseite von Electronics Workbench lädt. Sie haben dadurch die Möglichkeit, Bauelemente in die Unternehmensdatenbank zu laden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Verwenden der Website Edaparts.com” auf Seite 4-26.

## **2.6.8 Menü Optionen**

### **2.6.8.1 Optionen/Voreinstellungen**

Mit diesem Befehl legen Sie die Voreinstellungen für die vorliegende und nachfolgende Schaltungen fest. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Benutzeranpassung der Oberfläche” auf Seite 2-5.

### **2.6.8.2 Optionen/Titelblock bearbeiten**

Hier können Sie die Daten eingeben, die im Titelblock der Schaltung erscheinen sollen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Hinzufügen eines Titelblocks” auf Seite 3-30.

### **2.6.8.3 Optionen/Vereinfachte Version**

Der Befehl blendet die Werkzeugleiste aus und schränkt die Anzahl der verfügbaren Messinstrumente und Analysen ein. Diese Option kann durch den Menübefehl Allgemeine Einschränkungen deaktiviert werden; siehe “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 2-18. Ist die vereinfachte Version deaktiviert, wird sie im Menü Optionen grau hinterlegt dargestellt.

### **2.6.8.4 Optionen/Globale Einschränkungen**

Hiermit können Sie allgemein geltende Einschränkungen der Multisim-Funktionalität für andere Benutzer festlegen. Sie kontrollieren diese Einschränkungen, indem Sie Passwörter einsetzen. Für weitere Einzelheiten siehe “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

### **2.6.8.5 Optionen/Schaltungseinschränkungen**

Mit diesem Befehl wird die Funktionalität einer bestimmten Schaltung für andere Benutzer eingeschränkt. Diese Einschränkungen können Sie mit Hilfe von Passwörtern kontrollieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Einstellen von Schaltungseinschränkungen” auf Seite 13-9.

## **2.6.9 Menü Fenster**

Dieser Menüpunkt enthält Befehle, mit deren Hilfe Sie die Anordnung der Multisim-Programmfenster steuern können. Alle offenen Schaltungsfenster werden aufgelistet.

### **2.6.9.1 Fenster/Übereinander**

Ordnet die offenen Fenster so an, dass sie sich überlappen.

### **2.6.9.2 Fenster/Teilen**

Passt die Größe der offenen Fenster so an, dass sie auf dem Bildschirm angezeigt werden. So können Sie alle offenen Schaltungsdateien schnell einsehen.

### **2.6.9.3 Fenster/Symbole anordnen**

Der Befehl ordnet verkleinerte Fenster in einer Reihe an.

### **2.6.9.4 Fenster (offene Dateien)**

Listet alle offenen Schaltungsdateien auf. Klicken Sie auf eine der Dateien, um diese zu aktivieren.

## 2.6.10 Menü Hilfe

Mit diesem Menüpunkt rufen Sie die Online-Hilfe auf oder können Informationen über die Version von Multisim abrufen.

**Tipp** Wenn Sie beim Arbeiten dauernden Zugriff auf die Hilfeinformationen haben wollen, aktivieren Sie die Option "Hilfe immer im Vordergrund".

### 2.6.10.1 Hilfe/Multisim-Hilfe

Dieser Befehl startet die allgemeine Hilfedatei von Multisim. Die Hilfedatei ist inhaltlich mit dem Handbuch identisch.

### 2.6.10.2 Hilfe/Multisim-Referenz

Dieser Befehl startet die Referenzdatei von Multisim. Die Hilfedatei entspricht inhaltlich den Anhängen dieses Handbuches.

### 2.6.10.3 Hilfe/Version

Dieser Befehl öffnet eine Textdatei mit Informationen über die Multisim-Version und enthält außerdem Erweiterungen und Korrekturen der Dokumentation, die in Druckform vorliegt sowie weitere nützliche Informationen.

### 2.6.10.4 Hilfe/Über Multisim

Zeigt die Versionsnummer von Multisim an. Beim Kontaktieren des Kundendienstes, können Sie nach dieser Nummer gefragt werden.

# Kapitel 3

## Schaltungserfassung

In diesem Kapitel werden die grundsätzlichen Schritte bei der Entwicklung einer elektronischen Schaltung beschrieben; hierbei werden jedoch nicht sämtliche möglichen Aspekte der Schaltungsentwicklung berücksichtigt. Andere Kapitel enthalten Details über die Bauelementedatenbank, Anweisungen für das Modifizieren von Bauelementen und Informationen über das Hinzufügen von Instrumenten.

### 3.1 Einführung in die Schaltungserfassung

Die Schaltungserfassung ist die erste Phase der Schaltungsentwicklung. Während dieser Phase wählen Sie die zu verwendenden Bauelemente, platzieren sie im Schaltungsfenster in der gewünschten Position und Ausrichtung, verdrahten sie miteinander und bereiten die Schaltung auf andere Weise vor. Multisim ermöglicht Ihnen das Modifizieren von Bauelementeeigenschaften, die Ausrichtung Ihrer Schaltung auf einem Raster, das Hinzufügen von Texten und eines Titelblocks, das Hinzufügen von Teilschaltungen und Bussen, und die Festlegung der Farbe des Hintergrunds für das Schaltungsfenster sowie für Bauelemente und Leiterbahnen.

### 3.2 Konfigurieren des Schaltungsfensters

Multisim ermöglicht Ihnen das Konfigurieren des Schaltungsfensters gemäß Ihren Anforderungen. Im Einzelnen können Sie Folgendes konfigurieren:

- Blattgröße
- Sichtbarkeit oder Unsichtbarkeit des Rasters, der Blattbegrenzungen, und des Titelblocks
- Verwendung des Symbolssatzes (ANSI oder DIN)
- Farbschema für Hintergrund, Bauelemente, Verdrahtung und Text
- Schriftarten für Namen und Werte von Bauelementen, Anschlüssen und Knoten

Bei der Generierung einer Bauelementedatei werden die aktuellen Einstellungen im Fenster Voreinstellungen (wie in "Benutzeranpassung der Oberfläche" auf Seite 2-5 beschrieben) als

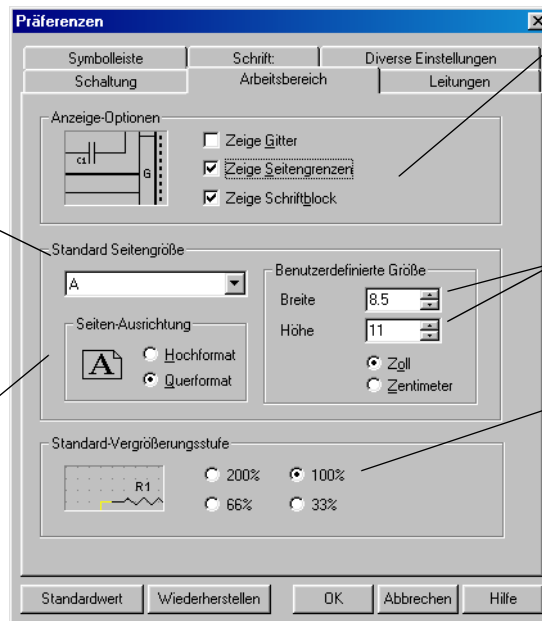
Standardwerte für diese Option verwendet. Sie können an Stelle der Standardwerte eigene Werte verwenden, die in der Schaltungsdatei gespeichert werden. Dies ermöglicht es Ihnen, für jede von Ihnen generierte Schaltungsdatei eigene Einstellungen zu verwenden. Wenn Sie beim Konfigurieren der Einstellungen auf Als Standardwert verwenden klicken, wirken sich die Einstellungen auf alle ab sofort entwickelten Schaltungen aus.

### 3.2.1 Einstellen der Blattgröße

- Gehen Sie beim Einstellen der Blattgröße für die aktuelle Schaltung wie folgt vor:
  1. Wählen Sie **Optionen/Voreinstellungen** und klicken Sie auf die Registerkarte Arbeitsbereich.

Wählen Sie eine vorgegebene Blattgröße. Die entsprechende Höhe, Breite und Ausrichtung werden in den Feldern für benutzerspezifische Größe und Ausrichtung angezeigt.

Wählen Sie je nach Bedarf eine horizontale oder vertikale Ausrichtung Ihrer Schaltung.



Anzeigen/Verbergen von Raster, Blattbegrenzung und Titelblock.

Definieren Sie die gewünschte Blattgröße.

Stellen Sie die standardmäßige Vergrößerung des Schaltungsfensters ein.

2. Wählen Sie die gewünschte Blattgröße aus der Dropdown-Liste.
3. Ändern Sie die Ausrichtung oder Größe bei Bedarf.

- Um die Änderungen durchzuführen, müssen Sie auf OK klicken. Wenn Sie den letzten Befehl widerrufen wollen, müssen Sie auf Abbrechen klicken.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Um die Standardeinstellungen für die aktuelle Schaltung wiederherzustellen und wieder von vorn zu beginnen, müssen Sie auf Standardwerte wiederherstellen klicken. Beginnen Sie nun erneut mit der Änderung der Einstellungen.

### 3.2.2 Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern

Multisim ermöglicht Ihnen das Einblenden eines Gitters im Hintergrund des Schaltungsfensters, um das genaue Ausrichten der Bauelemente zu vereinfachen. Sie können die folgenden zu einem Bauelement gehörenden Elemente anzeigen oder verbergen: den Titelblock (Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Hinzufügen eines Titelblocks" auf Seite 3-30), die Blattbegrenzungen (mit Blattgröße) und die Blattbegrenzungen (mit Raster).

Wie in "Registerkarte Arbeitsbereich" auf Seite 2-9 beschrieben, werden die aktuellen und die standardmäßigen Einstellungen, durch die definiert wird, ob diese Objekte sichtbar sind, im Fenster Voreinstellungen vorgenommen. Sie können auch mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster klicken, sodass ein Popup-Fenster geöffnet wird, in dem Sie die Standardwerte ausschließlich für die aktuelle Schaltung einstellen können.

- Gehen Sie wie folgt vor, um zu definieren, welche Objekte in der aktuellen Schaltung angezeigt oder verborgen werden sollen:
  - Aktivieren Sie die Option **Ansicht/Raster anzeigen, Ansicht/Blattbegrenzungen anzeigen** oder **Ansicht/Titelblock und Rand anzeigen**,  
oder
  - klicken Sie mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster und wählen Sie die Option **Raster anzeigen, Blattbegrenzungen anzeigen** oder **Titelblock und Rand anzeigen** aus dem sich öffnenden Popup-Menü.

### 3.2.3 Wählen eines Symbolsatzes

Multisim ermöglicht Ihnen die Verwendung von ANSI- oder DIN-Symbolen im Schaltungsfenster.

- Wählen Sie den gewünschten Symbolsatz, indem Sie **Optionen/Voreinstellungen** wählen, die Registerkarte Bauelementeablage öffnen und den gewünschten Symbolsatz wählen. Anschließend wählen Sie den Symbolsatz, der für diese Bauelemente verwendet werden soll.

Nun wird der gewählte Symbolsatz angezeigt. Informationen für die Änderung dieser Einstellungen für einzelne Bauelemente finden Sie in “Generieren und Bearbeiten eines Bauelementesymbols mit dem Symboleditor” auf Seite 5-21.

### 3.2.4 Wählen eines Farbschemas für Schaltungen

Neue Schaltungen werden unter Verwendung des standardmäßigen Farbschemas generiert.

- Wenn Sie ein anderes Farbschema verwenden oder Ihr eigenes Farbschema definieren wollen, müssen Sie **Optionen/Voreinstellungen** wählen, die Registerkarte Schaltungen öffnen und ein standardmäßiges Farbschema wählen oder ein benutzerdefiniertes Farbschema generieren. Die gewählten Farben erscheinen im Vorschaufenster. Weitere Informationen über diese Einstellungen finden Sie in “Registerkarte Arbeitsbereich” auf Seite 2-9.

### 3.2.5 Wählen der Schriftarten, Etiketten, Werte und Namen

- Um eine Schriftart für Textelemente in Ihren Schaltungen (z.B. Bauelementetiketten und Beschreibungen) zu wählen, müssen Sie **Optionen/Voreinstellungen** wählen, die Registerkarte Schrift öffnen und die gewünschte Schriftart, die gewünschte Schriftgröße und die gewünschten Zeichenattribute wählen. Ein Beispiel der gewählten Schriftart erscheint im Beispielfenster. Weitere Informationen über diese Einstellungen finden Sie in “Registerkarte Schrift” auf Seite 2-13.

## 3.3 Wählen von Bauelementen aus der Bauelementedatenbank

Der erste Schritt der Schaltungserfassung ist das Platzieren der entsprechenden Bauelemente im Schaltungsfenster. Multisim-Bauelemente werden in drei Datenbanken gespeichert: "Multisim Master", "Corporate Library" und "User". (Diese Datenbanken werden in Kapitel 4, “Bauelemente” detailliert beschrieben.)

Bauelemente können auf zwei unterschiedliche Arten in einer Datenbank gesucht werden:

- Mit Hilfe der Bauelemente-Werkzeugleisten oder der Option **Platzieren/Bauelement platzieren** können Sie alle Bauelementegruppen und Bauelementefamilien durchsuchen, wie in “Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters” auf Seite 3-6 beschrieben.



- Sie können in der Datenbank auch nach einer bestimmten Bauelementegruppe oder Bauelementefamilie suchen (Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 4, “Bauelemente”).

Die erste der vorstehend angegebenen Möglichkeiten wird am häufigsten genutzt. Die Bauelementefamilien, die Sie für eine Schaltung benötigen, sind nach logischen Gesichtspunkten in Gruppen zusammengefasst, wobei jede Gruppe durch eine Schaltfläche mit der Beschriftung Bauelementeablage in der Bauelemente-Werkzeugleiste dargestellt wird. Diese Gruppierung von Bauelementen nach logischen Gesichtspunkten ist einer der wesentlichen Vorteile von Multisim, wodurch die Schaltungsentwicklung erheblich vereinfacht wird. Sie können die Bauelemente-Werkzeugleiste ein- und ausschalten, indem Sie auf die Schaltfläche **Bauelemente** in der Werkzeugleiste für die Messinstrumentenauswahl klicken.



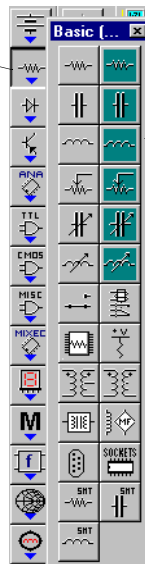
Jede Schaltfläche mit der Beschriftung Bauelementeablage in der Bauelemente-Werkzeugleiste entspricht einer bestimmten Gruppe von Bauelementen mit ähnlichen Funktionen. Durch Klicken auf eine dieser Schaltflächen wird die entsprechende Bauelementeablage mit einer Schaltfläche für jede Bauelementefamilie geöffnet. Das Verhalten der Bauelemente-Werkzeugleiste und der darin enthaltenen Bauelementeablagen hängt von den für die aktuelle Schaltung vorgenommenen Voreinstellungen ab. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Registerkarte Bauelemente-Werkzeugleiste” auf Seite 2-11.

**Hinweis** Informationen über das genaue Aussehen der Bauelementeablagen finden Sie in “Klassifizierung der Bauelemente in der Datenbank” auf Seite 4-4.

Beispiel:

Setzen des Cursors auf die Bauelementeablage-Schaltfläche und Anklicken

...



... öffnet die Bauelementeablage für diese Bauelementefamilie.

Electronics Workbench bietet mit Multisim das einzigartige Konzept virtueller Bauelemente erstmals an. Virtuelle Bauelemente sind nicht "real", können also nicht gekauft werden und belegen auch keine Fläche auf einer Leiterplatte. Virtuelle Bauelemente erhöhen jedoch die Flexibilität der Simulation. Schaltflächen für Familien virtueller Bauelemente sind in den entsprechenden Bauelementeablagen grün markiert. Virtuelle Bauelemente werden im Schaltungsfenster standardmäßig in einer anderen Farbe als andere Bauelemente dargestellt. Diese Farbe können Sie wie in "Registerkarte Schaltung" auf Seite 2-7 beschrieben festlegen.

## 3.4 Platzieren von Bauelementen

### 3.4.1 Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters



Standardmäßig ist die Schaltfläche Bauelemente-Werkzeugleiste aktiviert, sodass eine oder mehrere Bauelemente-Werkzeugleisten sichtbar sind. Wenn keine Werkzeugleiste sichtbar ist, müssen Sie auf die Schaltfläche Bauelement in der Werkzeugleiste klicken oder die Option **Ansicht/Bauelemente-Werkzeugleisten** und dann die gewünschte Datenbank wählen.

- Gehen Sie beim Wählen und Platzieren eines Bauelements wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die gewünschte Bauelementeablage-Schaltfläche in der gewünschten Bauelemente-Werkzeugleiste. Nun erscheint die zugehörige Bauelementeablage.
  2. Klicken Sie in der Bauelementeablage auf die Schaltfläche für die gewünschte Bauelementefamilie. Wenn es sich beim gewählten Bauelement um ein virtuelles Bauelement handelt, können Sie dieses unmittelbar platzieren. Beim Platzieren anderer Bauelemente wird standardmäßig ein vereinfachtes Browserfenster geöffnet.
  3. Wenn Sie das vollständige Browserfenster sehen wollen, müssen Sie auf **Erweitert** klicken. Alternativ können Sie das vollständige Browserfenster sehen, indem Sie die Option **Platzieren/Bauelement platzieren** wählen.
  4. Wählen Sie das gewünschte Bauelement aus der **Bauelementeliste** im Browserfenster. Nun werden Informationen über dieses Bauelement angezeigt.
  5. Wenn Sie die falsche Bauelementefamilie aus der Werkzeugleiste gewählt haben, müssen Sie die richtige Bauelementefamilie aus dem Feld Bauelementefamilie im Browserfenster wählen. Die Informationen im Bereich, in dem sich das ausgewählte Bauelement befindet, ändert sich entsprechend.

**Tipp** Wenn Sie schneller durch die **Bauelementliste** des Browsers rollen wollen, müssen Sie lediglich die ersten Zeichen des Bauelementenamens eingeben. Klicken Sie auf **Erweitert**, um das Browserfenster zu maximieren.

**Hinweis** Virtuelle Bauelemente sind an einer grünen Schaltfläche in der Bauelementeablage zu erkennen. Diese Bauelemente können nicht gekauft werden.

Zeigt das Symbol an, das für die Darstellung des aus der Bauelementliste gewählten Bauelements verwendet wird.

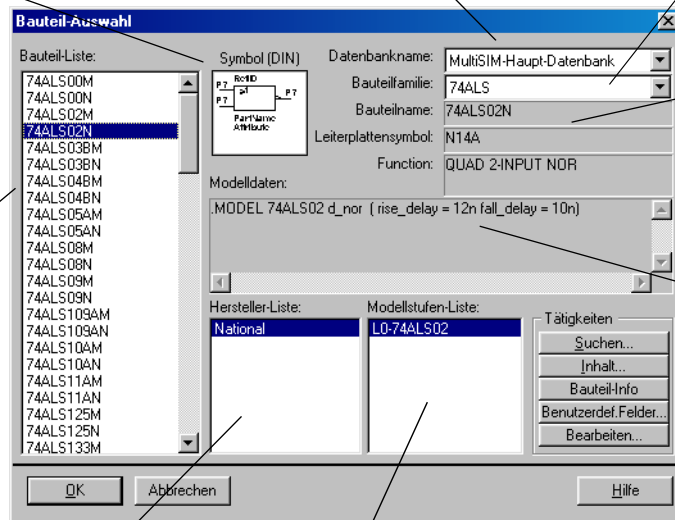
Zeigt die Datenbank an, die das Modell für das Bauelement enthält (standardmäßig ist dies die Datenbank der gewählten Bauelementeablage).

Zeigt die verwendete Bauelementefamilie an (standardmäßig ist dies die Werkzeugleiste für die gewählte Bauelementefamilie).

Listet die Bauelemente der im Feld Bauelementefamilie angegebenen Bauelementefamilie auf.

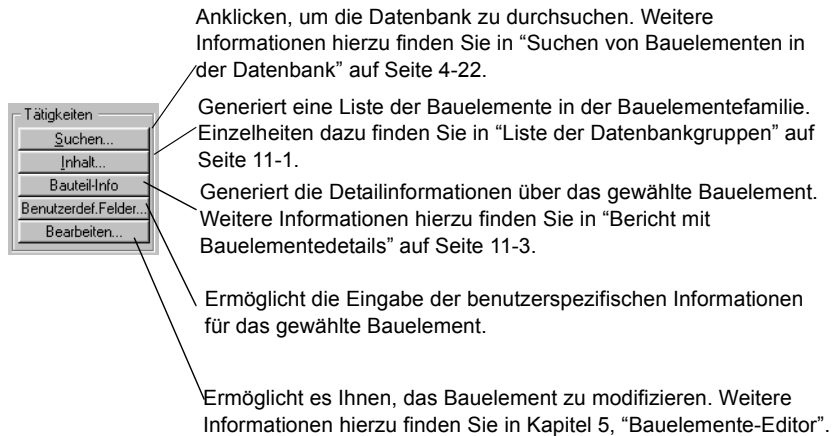
Informationen über das aus der Bauelementliste gewählte Bauelement

Enthält die Modellinformationen.



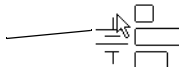
Listet die Hersteller des aus der Bauelementliste gewählten Bauelements auf.

Listet die verfügbaren Modellebenen für das aus der Bauelementliste gewählte Bauelement auf.



- Um zu bestätigen, dass Sie dieses Bauelement platzieren wollen, müssen Sie auf **OK** klicken. (Wenn Sie den letzten Befehl widerrufen wollen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken.) Nun wird das Browserfenster geöffnet. Der Cursor im Schaltungsfenster ändert sich in ein Schattenbild des zu platzierenden Bauelements. Hierdurch wird angezeigt, dass das Bauelement platziert werden kann.

Im Schaltungsfenster erscheint ein Schattenbild des Bauelements, sodass Sie genau sehen können, wo das Bauelement platziert wird.



- Verschieben Sie den Cursor in die Position, in der das Bauelement platziert werden soll. Beim Verschieben des Cursors an den Rand des Arbeitsbereichsfensters wird automatisch durch dieses gerollt.
- Klicken Sie auf diejenige Stelle im Schaltungsfenster, an der das Bauelement platziert werden soll. Nun erscheinen das Symbol und die Etiketten des Bauelements (sofern Sie nicht angegeben haben, dass diese nicht angezeigt werden sollen; siehe "Ändern von Bauelementeetiketten und Bauelementeattributen" auf Seite 3-27). Ferner wird eine individuelle, aus einem Buchstaben und einer Zahl bestehende Referenzkennung angezeigt. Aus dem Buchstaben ist der Bauelementetyp ersichtlich. Bei der Zahl handelt es sich um eine fortlaufend nummerierte Zahl, aus der die Reihenfolge ersichtlich ist, in der die Bauelemente ursprünglich platziert wurden. Beispielsweise kann das erste digitale Bauelement die Referenzkennung "U1", das zweite die Referenzkennung "U2", die erste Induktivität die Referenzkennung "L1" haben usw.

**Hinweis** Wenn es sich beim platzierten Bauelement um ein virtuelles Bauelement handelt (d.h., dass es nicht real ist und deshalb nicht in Ultiboard exportiert werden kann), unterscheidet es sich durch seine andere Farbe von realen Bauelementen, sodass der Browser nicht erforderlich ist (d.h., dass der Schritt 3 nicht durchgeführt wird). Diese Farbe wird im Fenster Voreinstellungen gewählt, wie in “Registerkarte Schaltung” auf Seite 2-7 beschrieben.

**Hinweis** Wenn Sie ein Bauelement platzieren, dessen Gehäuse mehrere Schaltungselemente (z.B. vier separate Gatter) enthält, werden Sie aufgefordert, anzugeben, welche Schaltungselemente platziert werden sollen. Sie können ein beliebiges Schaltungselement wählen und gemäß Ihren Einstellungen alle vorhandenen Schaltungselemente in einem Gehäuse verwenden, bevor Sie ein weiteres Bauelement platzieren. Die Einstellungen für das Platzieren von Bauelementen, die mehrere Schaltungselemente enthalten, werden im Fenster Voreinstellungen vorgenommen (siehe “Registerkarte Bauelemente-Werkzeugleiste” auf Seite 2-11).

### 3.4.2 Verwenden der Liste der verwendeten Elemente

Bei jedem Platzieren eines Bauelements oder eines in diesem enthaltenen Schaltungselements wird dieses in eine Liste der verwendeten Elemente aufgenommen, wodurch seine Wiederverwendung erleichtert wird. Wenn Sie eine Kopie eines bereits platzierten Bauelements platzieren wollen, müssen Sie dieses nur aus der Liste der verwendeten Elemente wählen. Das kopierte Bauelement erscheint an der Oberseite des Schaltungsfensters; Sie können das kopierte Bauelement beliebig verschieben.

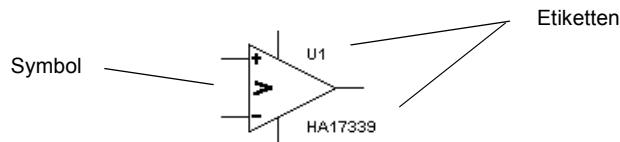
Durch Erteilen bestimmter Zugriffsberechtigungen können Sie die Liste der verwendeten Elemente verbergen, sodass sie nicht von Schulungsteilnehmern gesehen werden kann. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Verwenden von Einschränkungen” auf Seite 13-4.

### 3.4.3 Verschieben eines platzierten Bauelements

Sie können ein platziertes Bauelement wie folgt verschieben:

- Durch Ziehen und Ablegen
- Durch Wählen des Bauelements und Drücken der Pfeiltasten der Tastatur kann das Bauelement um jeweils einen Rasterschritt nach oben, nach unten oder seitlich verschoben werden.

**Hinweis** Das Symbol und die Etiketten eines Bauelements können unabhängig voneinander oder gemeinsam verschoben werden. Wenn Sie vorhaben, ein Bauelement zu verschieben, müssen Sie sicherstellen, dass das gesamte Bauelement und nicht nur sein Etikett gewählt wurde.



**Hinweis** Durch das Verschieben eines Bauelements wird dessen Verdrahtung automatisch korrekt angepasst, sofern Sie die Option "Automatische Neuverdrahtung bei Verschieben" (siehe "Einstellung der Verdrahtungsvoreinstellungen" auf Seite 3-15) nicht abgeschaltet haben.

### 3.4.4 Kopieren eines platzierten Bauelements

- Gehen Sie beim Kopieren eines platzierten Bauelements wie folgt vor:
  1. Wählen Sie das gewünschte Bauelement und dann die Option **Bearbeiten/Kopieren** oder klicken Sie mit der rechten Maustaste aufs gewünschte Bauelement, und wählen Sie aus dem nun erscheinenden Popup-Menü die Option **Kopieren**.
  2. Wählen Sie aus dem Menü **Bearbeiten** die Option **Einfügen** oder klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine beliebige Stelle im Schaltungsfenster, und wählen Sie aus dem nun erscheinenden Popup-Menü die Option **Einfügen**.
  3. Der Cursor zeigt nun ein Schattenbild des kopierten Bauelements an. Klicken Sie auf diejenige Stelle, an der das kopierte Bauelement platziert werden soll.

Nach dem Platzieren des kopierten Bauelements können Sie dieses durch Anklicken und Ziehen mit der Maus in die gewünschte Position verschieben.

Zum Kopieren eines Bauelements können Sie auch die Windows-Kurzbeefehle verwenden: Ausschneiden (STRG-X), Kopieren (STRG-C) und Einfügen (STRG-V).

### 3.4.5 Ersetzen eines platzierten Bauelements

Mit Hilfe der Schaltfläche **Ersetzen** im Fenster "Eigenschaften" können Sie ein bereits platziertes Bauelement auf einfache Weise durch ein anderes ersetzen.

- Gehen Sie beim Ersetzen eines platzierten Bauelements wie folgt vor:
  1. Doppelklicken Sie auf das zu ersetzende Bauelement. Nun wird das Fenster "Eigenschaften" für das betreffende Bauelement geöffnet.



2. Klicken Sie auf **Ersetzen**. Nun wird das Browserfenster geöffnet, in dem die Bauelementefamilie des gewählten Bauelements angezeigt wird.
3. Wählen Sie ein neues Bauelement aus der **Liste Bauelementenamen**, und klicken Sie auf **OK**. Das neue Bauelement erscheint in der Position des versetzten Bauelements im Schaltungsfenster. Weitere Informationen über den Bauelementebrowser finden Sie in "Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters" auf Seite 3-6.

### 3.4.6 Definieren der Bauelementefarbe

Die Standardfarbe, in der ein Bauelement und der Hintergrund des Schaltungsfensters angezeigt werden sollen, wird im Fenster Voreinstellungen wie in “Benutzeranpassung der Oberfläche” auf Seite 2-5 beschrieben definiert.

- Um die Farbe eines platzierten Bauelements zu ändern, müssen Sie mit der rechten Maustaste auf das Bauelement klicken und die Option **Farbe** aus dem sich öffnenden Popup-Menü wählen. Nun erscheint eine Farbpalette auf dem Bildschirm. Wählen Sie eine Farbe und klicken Sie auf **OK**, um das gewählte Objekt in dieser Farbe darzustellen.
- Wenn Sie die Farbe des Hintergrunds und das standardmäßige Farbschema für die gesamte Schaltung ändern wollen, müssen Sie mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster klicken. Im nun erscheinenden Fenster können Sie ein anderes Farbschema einstellen. Weitere Informationen über Farbschemata finden Sie in “Registerkarte Schaltung” auf Seite 2-7.

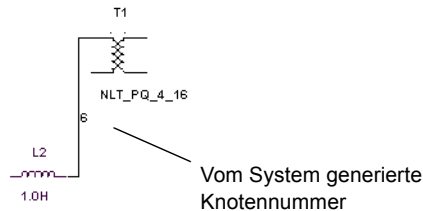
## 3.5 Verdrahtung von Bauelementen

Nach dem Platzieren von Bauelementen im Schaltungsfenster müssen diese miteinander verdrahtet werden. Alle Bauelemente haben Anschlüsse, über die sie mit anderen Bauelementen oder Instrumenten verdrahtet werden können. Sie können Bauelemente entweder automatisch oder manuell verdrahten. Bei automatischer Verdrahtung (hierbei handelt es sich um eine einzigartige Funktion von Multisim) sucht Multisim den Leitweg für eine elektrische Verbindung automatisch, wobei sichergestellt wird, dass der Leitweg weder andere Bauelemente berührt noch andere Leitwege überlappt. Bei manueller Verdrahtung legen Sie selbst fest, wie Leiterbahnen im Schaltungsfenster geführt werden. Sie können diese beiden Verfahren kombiniert anwenden, indem Sie z.B. zuerst manuell verdrahten und dann auf automatische Verdrahtung umschalten.



## 3.5.1 Automatische Verdrahtung von Bauelementen

- Gehen Sie bei der automatischen Verdrahtung zweier Bauelemente wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf einen Anschluss des ersten Bauelements, um den Anfangspunkt der Verbindung festzulegen (der Cursor ändert sich in ein Pluszeichen) und ziehen Sie die nun erscheinende Linie für die Verbindung mit der Maus. Diese Linie, die eine Leiterbahn symbolisieren soll, ist mit dem Cursor verbunden.
  2. Klicken Sie auf den Anschluss des zweiten Bauelements, an dem die Verbindung enden soll. Multisim platziert automatisch die Leiterbahn, die auf den korrekten Leitweg einrastet (sofern Sie die Option "Automatische Neuverdrahtung bei Verbindung" nicht wie in "Einstellung der Verdrahtungsvoreinstellungen" auf Seite 3-15 beschrieben) abgeschaltet haben. Die Leiterbahn wird als Knoten nummeriert.



**Tip** Wenn die Verbindung nicht korrekt hergestellt werden konnte, kann dies daran liegen, dass Sie versucht haben, die Leiterbahn zu nah an anderen Bauelementen vorbei zu führen. Versuchen Sie in diesem Fall, die Leiterbahn etwas anders zu führen oder mit manueller Verdrahtung zu arbeiten, wie im folgenden Unterabschnitt beschrieben.

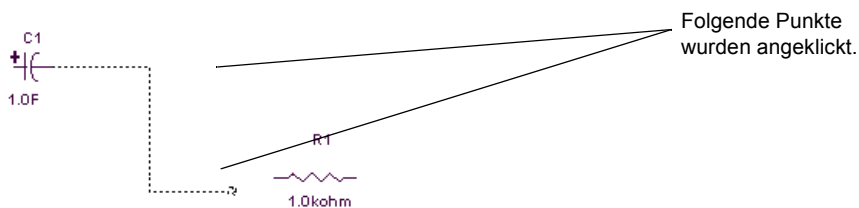
Weitere Informationen über das Ändern der Farbe einer Leiterbahn finden Sie in "Definieren der Leiterbahnenfarbe" auf Seite 3-17.

**Hinweis** Nachdem zwei Anschlüsse miteinander durch eine Leiterbahn verbunden wurden, wird der Cursor wieder normal dargestellt. Sie können nun den nächsten Befehl ausführen.

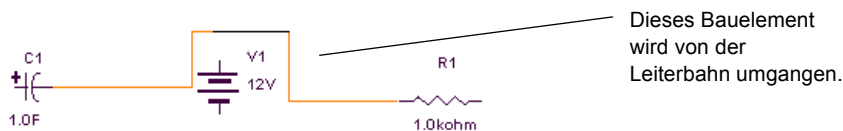
- Um eine Leiterbahn zu löschen, müssen Sie diese anklicken und auf LÖSCHEN drücken, oder mit der rechten Maustaste auf die Leiterbahn klicken und **Löschen** aus dem sich öffnenden Popup-Menü wählen.

## 3.5.2 Manuelle Verdrahtung von Bauelementen

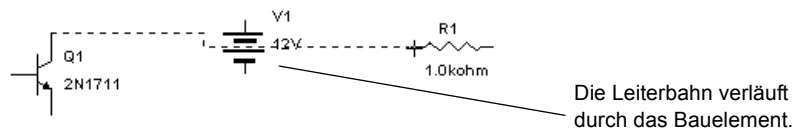
- Gehen Sie bei der manuellen Verdrahtung zweier Bauelemente wie folgt vor:
1. Klicken Sie auf einen Anschluss des ersten Bauelements, um den Anfangspunkt der Verbindung festzulegen (der Cursor ändert sich in ein Pluszeichen) und ziehen Sie mit der Maus eine Linie zum Anschluss des zweiten Bauelements. Diese Linie, die eine Leiterbahn symbolisieren soll, ist mit dem Cursor verbunden.
  2. Klicken Sie in regelmäßigen Abständen auf die entsprechenden Stellen im Schaltungsfenster, worüber die Leiterbahn verlaufen soll, während Sie die Leiterbahn vom Anschluss des einen Bauelements zum Anschluss des anderen ziehen. Bei jedem Klicken wird die Leiterbahn an diesem Punkt fixiert. Beispiel:



Standardmäßig überspringt (umgeht) Multisim Bauelemente, mit denen keine Verbindung hergestellt wird. Beispiel::



Wenn eine Leiterbahn durch ein dazwischen liegendes Bauelement geführt werden soll, müssen Sie die Leiterbahn an der gewünschten Stelle neben dem dazwischen liegenden Bauelement positionieren und die SHIFT-TASTE drücken, während Sie die Leiterbahn mit der Maus ziehen. Beispiel:



3. Klicken Sie auf den Anschluss des zweiten Bauelements, an dem die Verbindung enden soll. Die Leiterbahn rastet automatisch auf dem korrekten Leitweg ein; die Verbindung wird nummeriert.

**Hinweis** Sie können den Verdrahtungsvorgang jederzeit abbrechen, indem Sie auf ESC drücken.

- Um eine Leiterbahn zu löschen, müssen Sie darauf klicken und auf LÖSCHEN drücken, oder mit der rechten Maustaste auf die Leiterbahn klicken und **Löschen** aus dem nun erscheinenden Pop-up-Menü wählen.

### 3.5.3 Kombinieren von automatischer und manueller Verdrahtung

Sie können diese beiden Verfahren auch beim Platzieren einer einzelnen Leiterbahn anwenden. Hierbei wird angenommen, dass Sie stets mit automatischer Verdrahtung arbeiten wollen, bis Sie mit der Maus ins Schaltungsfenster klicken, wodurch der Grad an diesem Punkt fixiert wird (hierbei handelt es sich also um manuelle Verdrahtung). Anschließend wird wieder automatisch verdrahtet, bis Sie erneut mit der Maus ins Schaltungsfenster – und zwar entweder auf einen Anschluss, eine andere Leiterbahn oder auf einen Fixierpunkt für die Leiterbahn klicken. Dieses Verfahren ermöglicht die weitgehend automatische Verdrahtung, während nur bei komplizierten Leitwegen mit manueller Verdrahtung gearbeitet wird.

### 3.5.4 Einstellung der Verdrahtungsvoreinstellungen

Sie können die Voreinstellungen für die automatische Verdrahtung festlegen.

- Gehen Sie beim Einstellen der Verdrahtungsvoreinstellungen wie folgt vor:
  1. Wählen Sie **Optionen/Voreinstellungen** und öffnen Sie die Registerkarte Verdrahtung.
  2. Im Abschnitt Automatische Verdrahtung können Sie zwei Optionen einstellen: **Automatische Neuverdrahtung bei Verbindung** und **Automatische Neuverdrahtung bei Verschieben**.

Durch das Einschalten von **Automatische Neuverdrahtung bei Verbindung** wird sichergestellt, dass der optimale Leitweg für die Verbindung der gewählten Bauelemente verwendet wird. Wenn diese Option nicht aktiviert ist, können Sie selbst festlegen, wie der Leitweg verlaufen soll, da Sie diesen mit dem Cursor zeichnen können.

Durch das Einschalten von **Automatische Neuverdrahtung bei Verschieben** wird sichergestellt, dass nach dem Verschieben einer Leiterbahn oder eines Bauelements der optimale Leitweg für die Verbindung der gewählten Bauelemente verwendet wird. Wenn diese Option nicht aktiviert ist, werden die Leiterbahnen exakt wie das damit verbundene Bauelement verschoben.

3. Geben Sie im Abschnitt Leiterbahnenbreite dieser Registerkarte die Breite aller Leiterbahnen für die aktuelle Schaltung oder später entwickelte Schaltungen an.

4. Klicken Sie auf **OK**, um die Einstellungen zu speichern.

oder

klicken Sie zunächst auf **Als Standardwerte speichern** und dann auf **OK**.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

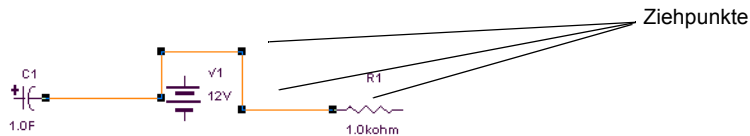
Klicken Sie auf **Standardwerte** wiederherstellen und führen Sie die gewünschten Änderungen durch, wenn Sie wieder die vorher gespeicherten Einstellungen verwenden wollen, d.h. die Änderungen widerrufen und wieder von vorn beginnen wollen.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Klicken Sie auf **Abbrechen**, um die Änderungen zu widerrufen und das Fenster zu schließen.

### 3.5.5 Ändern von Leitwegen

- Gehen Sie beim Ändern eines Leitwegs nach dem Platzieren wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die Leiterbahn. Entlang der Leiterbahn erscheinen nun mehrere Ziehpunkte (d.h. Punkte, an denen Sie die Leiterbahn mit der Maus ziehen können):



2. Klicken Sie auf einen der Ziehpunkte und verschieben Sie ihn, um den Leitweg zu verändern  
oder  
verschieben Sie den Cursor wie erforderlich auf der Leiterbahn. Wenn sich der Cursor in einen Doppelpfeil ändert, müssen Sie mit der Maus auf die Leiterbahn klicken und den Mausfeil in Pfeilrichtung verschieben, um den Leitweg zu verändern.  
Bei Bedarf können Sie Ziehpunkte hinzufügen oder löschen.
- Um einen Ziehpunkt hinzuzufügen oder zu löschen, müssen Sie die Taste STRG drücken und an derjenigen Stelle auf die Leiterbahn klicken, wo ein neuer Ziehpunkt hinzugefügt oder ein bereits vorhandener Ziehpunkt gelöscht werden soll.

## 3.5.6 Definieren der Leiterbahnenfarbe

Die standardmäßige Farbe für die Darstellung von Leiterbahnen wird im Fenster Voreinstellungen festgelegt (siehe hierzu “Registerkarte Schaltung” auf Seite 2-7).

- Um die Farbe einer platzierten Leiterbahn zu ändern, müssen Sie mit der rechten Maustaste auf die Leiterbahn klicken und die Option **Farbe** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü wählen. Nun erscheint eine Farbpalette auf dem Bildschirm. Wählen Sie eine Farbe und klicken Sie auf **OK**, um das gewählte Objekt in dieser Farbe darzustellen.
- Um das Farbschema (einschließlich der standardmäßigen Leiterbahnenfarbe) ausschließlich für die aktuelle Schaltung zu ändern, müssen Sie mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster klicken. Im sich öffnenden Fenster können Sie ein anderes Farbschema einstellen. Weitere Informationen über Farbschemata finden Sie in “Registerkarte Schaltung” auf Seite 2-7.

## 3.6 Manuelles Hinzufügen einer Verbindungsstelle

Wenn der Anfangspunkt einer Leiterbahn weder ein Anschluss noch eine Verbindungsstelle ist, müssen Sie eine Verbindungsstelle hinzufügen. Verbindungsstellen werden von Multisim automatisch eingefügt, wenn Sie eine Leiterbahn mit einer anderen verbinden, um diese Leiterbahnen von anderen zu unterscheiden, die sich zwar kreuzen, elektrisch aber nicht miteinander verbunden sind.

- Gehen Sie beim manuellen Hinzufügen einer Verbindungsstelle wie folgt vor:
  1. Wählen Sie die Option **Platzieren/Verbindungsstelle platzieren**. Die Form des Cursors ändert sich nun so, dass ersichtlich wird, dass eine Verbindungsstelle platziert werden kann.
  2. Klicken Sie auf diejenige Stelle, an der die Verbindungsstelle platziert werden soll. In der gewünschten Position erscheint nun eine Verbindungsstelle.
- Gehen Sie beim Platzieren einer Verbindungsstelle an einer bereits platzierten Verbindungsstelle wie folgt vor:
  1. Verschieben Sie den Cursor in unmittelbare Nähe der Verbindungsstelle, bis der Cursor die Form eines Pluszeichens annimmt.
  2. Ziehen Sie eine Leiterbahn von der Verbindungsstelle in die gewünschte Position.

## 3.7 Drehen und Spiegeln von Bauelementen

Sie können Bauelemente mit Hilfe des Popup-Menüs oder durch Wählen des Bauelements und Verwenden von Befehlen im Menü **Bearbeiten** drehen oder spiegeln. Nachstehend ist lediglich das Verfahren des Popup-Menüs beschrieben.

➤ Gehen Sie beim Drehen eines Bauelements wie folgt vor:

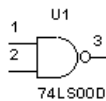
1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste aufs Bauelement.
2. Wählen Sie aus dem nun erscheinenden Popup-Menü die Option **Um 90° nach rechts drehen**, um das Bauelement um 90° im Uhrzeigersinn zu drehen.

Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

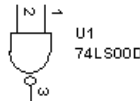
Wählen Sie die Option **Um 90° nach links drehen**, um das Bauelement um 90° entgegen dem Uhrzeigersinn zu drehen.

Beispiel:

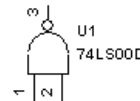
Nicht gedreht:



Um 90° im Uhrzeigersinn gedreht:



Um 90° entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht:



**Hinweis** Mit dem Bauelement verbundener Text wie Etiketten, Werte und Modellinformationen wird mit dem Bauelement gedreht. Die Nummern von Anschlüssen werden mit dem zugehörigen Anschluss gedreht. Alle mit dem Bauelement verbundenen Leiterbahnen werden automatisch neu verlegt.

➤ Gehen Sie beim Spiegeln eines Bauelements wie folgt vor:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste aufs Bauelement.
2. Wählen Sie aus dem nun erscheinenden Popup-Menü die Option **Horizontal spiegeln**, um das Bauelement um die horizontale Achse zu spiegeln

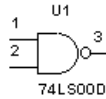
oder

wählen Sie **Vertikal spiegeln**, um das Bauelement um die vertikale Achse zu spiegeln.

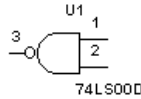
**Hinweis** Mit dem Bauelement verbundener Text wie Etiketten, Werte und Modellinformationen wird verschoben, aber nicht gespiegelt. Alle mit dem Bauelement verbundenen Leiterbahnen werden automatisch neu verlegt.

Beispiel:

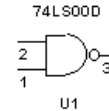
Nicht gespiegelt:



Horizontal gespiegelt



Vertikal gespiegelt



## 3.8 Eigenschaften platzierter Bauelemente

Jedes im Schaltungsfenster platzierte Bauelement verfügt über zusätzliche Eigenschaften, die nicht in der Multisim-Datenbank gespeichert sind. Diese Eigenschaften wirken sich nur auf ein platziertes Bauelement und nicht aufs gleiche Bauelement in anderen Schaltungen oder in anderen Positionen im aktuellen Schaltungsfenster aus. Je nach Bauelementtyp beeinflussen diese Eigenschaften Folgendes:

- Die Art und Weise, in der Informationen für die Identifizierung und die Etiketten des platzierten Bauelements im Schaltungsfenster angezeigt werden (Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Ändern von Bauelementetiketten und Bauelementeattributen” auf Seite 3-27).
- Das Modell des platzierten Bauelements
- Die Art und Weise, in der einige platzierte Bauelemente im Rahmen der Analyse verwendet werden sollen.
- Die Fehler, die für die Knoten des platzierten Bauelements definiert werden sollen.

Zu den Eigenschaften gehören auch die elektrische Werte des Bauelements, das Modell sowie der Platzbedarf.

### 3.8.1 Anzeigen von Informationen für die Identifizierung eines platzierten Bauelements

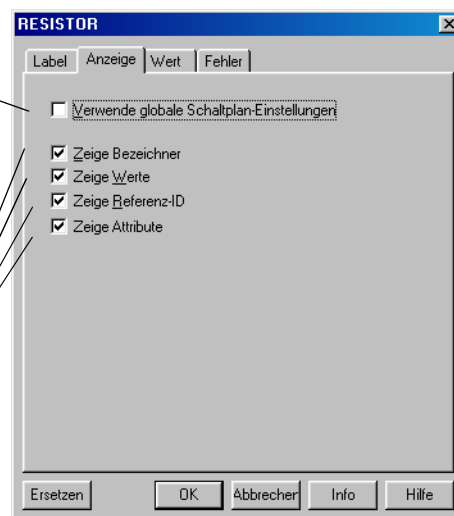
Wie in "Registerkarte Schaltung" auf Seite 2-7 beschrieben, bestimmen die Einstellungen auf der Registerkarte Schaltungen im Fenster Voreinstellungen, welche der vier Arten von Informationen für die Identifizierung (Etiketten, Werte, Referenzkennung und Attribute) in der Schaltung angezeigt werden. Sie können auch mit der rechten Maustaste in ein Schaltungsfenster klicken, worauf ein Fenster geöffnet wird, indem Sie diese Standardwerte ausschließlich für die aktuelle Schaltung definieren können. Wie nachstehend beschrieben, können Sie für ein bestimmtes platziertes Bauelement eigene Einstellungen durchführen.

Für Schulungszwecke können Sie diese Informationen auch für alle Bauelemente in einer Schaltung verbergen, sodass sie nicht von Schulungsteilnehmern gesehen werden können. Dies ist durch das Definieren von Einschränkungen möglich. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9.

- Gehen Sie beim Definieren der für ein platziertes Bauelement anzuzeigenden Identifizierungsinformationen wie folgt vor:
  1. Doppelklicken Sie auf das Bauelement. Hierdurch wird das Fenster Eigenschaften für das gewählte Bauelement geöffnet.
  2. Klicken Sie auf die Registerkarte Anzeige.

Wenn diese Option aktiviert ist, wird durch die Einstellungen für die aktuelle Schaltung festgelegt, welche Arten von Identifizierungsinformationen für dieses Bauelement angezeigt werden.

Wenn die vorstehend erwähnte Option für globale Einstellungen nicht aktiviert ist, stehen diese Optionen zur Verfügung, mit denen festgelegt werden kann, welche Identifizierungsinformationen für ein bestimmtes Bauelement angezeigt werden.





3. Schalten Sie die Option **Globale Einstellungen für Schaltung verwenden** ab.
4. Aktivieren Sie die Anzeige der gewünschten Identifizierungsinformationen für dieses Bauelement, und schalten Sie die Anzeige der anderen Identifizierungsinformationen für dieses Bauelement ab.
5. Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Um Ihre Eingaben zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken.

## 3.8.2 Anzeigen eines Werts bzw. eines Modells für ein platziertes Bauelement

Auf der Registerkarte Werte im Fenster Eigenschaften eines Bauelements wird der Wert bzw. das Modell für das platzierte Bauelement angezeigt. Je nach der Art des Bauelements werden ein oder zwei Arten von Registerkarten angezeigt.

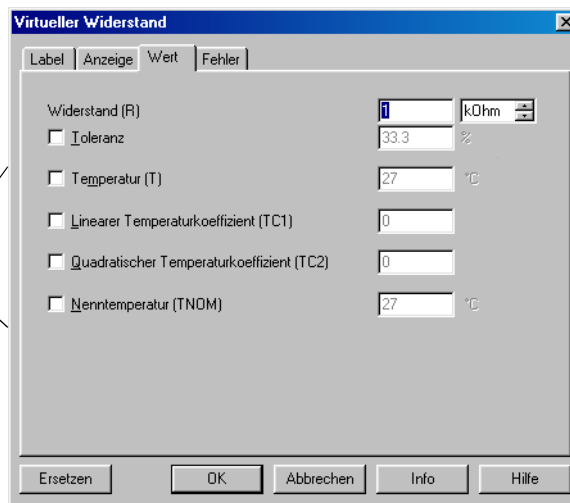
Die Registerkarte für reale Bauelemente sieht wie folgt aus:

Identifiziert den Wert des verwendeten Bauelements.



Die Registerkarte für virtuelle Bauelemente, deren "Wert" manuell definiert werden kann, sieht ähnlich aus:

Mit Hilfe bestimmter Optionen können Sie die Standardeinstellungen für ein virtuelles Bauelement ändern.



Sie können den Inhalt jedes dieser Felder ändern (wenn der Inhalt eines Felds nicht geändert werden kann, müssen Sie sicherstellen, dass die entsprechende Option aktiviert ist). Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Um die Änderungen zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken.

Die Möglichkeit zur Änderung des Werts oder Modells eines Bauelements steht nur bei virtuellen Bauelementen zur Verfügung. Es ist unbedingt notwendig, dass Sie diese unterschiedlichen Konzepte verstehen. Virtuelle Bauelemente sind nicht "real", können also nicht gekauft werden und belegen auch keine Fläche auf einer Leiterplatte. Virtuelle Bauelemente erleichtern jedoch die Schaltungsentwicklung erheblich. Multisim behandelt virtuelle Bauelemente in zweierlei Hinsicht verschieden als reale Bauelemente. Virtuelle Bauelemente werden in einem Schaltplan in einer anderen Farbe als reale Bauelemente angezeigt. Da virtuelle Bauelemente keine realen Bauelemente sind, werden sie nicht in Software für die Leiterplattenentflechtung exportiert. Wenn Sie ein virtuelles Bauelement platzieren, müssen Sie es nicht aus dem Browser wählen, da Sie den Wert oder das Modell eines virtuellen Bauelements beliebig festlegen können.

Bei virtuellen Bauelementen kann es sich also um Bauelemente beliebiger Hersteller und um virtuelle Widerstände, Kondensatoren, Spulen oder beliebige andere elektronische Bauelemente handeln. Virtuelle Bauelemente können auch ideale elektronische Bauelemente repräsentieren wie einen perfekten Operationsverstärker.

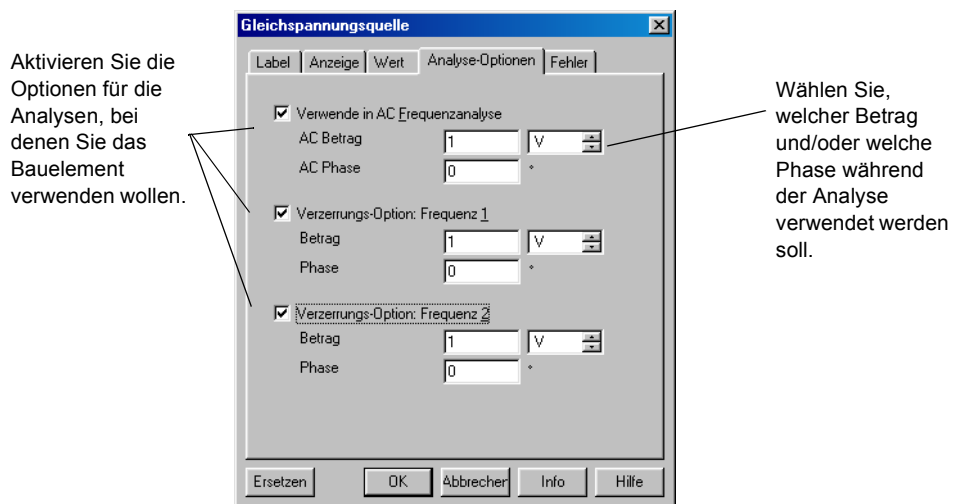
Durch Erteilen bestimmter Zugriffsberechtigungen können Sie die Werte aller Bauelemente in einer Schaltung verbergen, sodass sie nicht von Schulungsteilnehmern gesehen werden können. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9.

### 3.8.3 Festlegung der Art, in der ein platziertes Bauelement im Rahmen der Analyse verwendet wird

Bei manchen Bauelementen können Sie festlegen, wie diese im Rahmen einer Schaltungsanalyse verwendet werden. Für diese Bauelemente steht im Fenster Eigenschaften eine zusätzliche Registerkarte mit der Beschriftung Analyseeinstellungen zur Verfügung.

Für Schulungszwecke können Sie festlegen, dass die Analyseinformationen über sämtliche Bauelemente in einer Schaltung nicht angezeigt werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9.

- Gehen Sie wie folgt vor, um festzulegen, wie ein Bauelement in einer Analyse verwendet wird:
  1. Doppelklicken Sie aufs Bauelement. Hierdurch wird das Fenster Eigenschaften für das gewählte Bauelement geöffnet.
  2. Klicken Sie auf die Registerkarte Analyseeinstellungen:

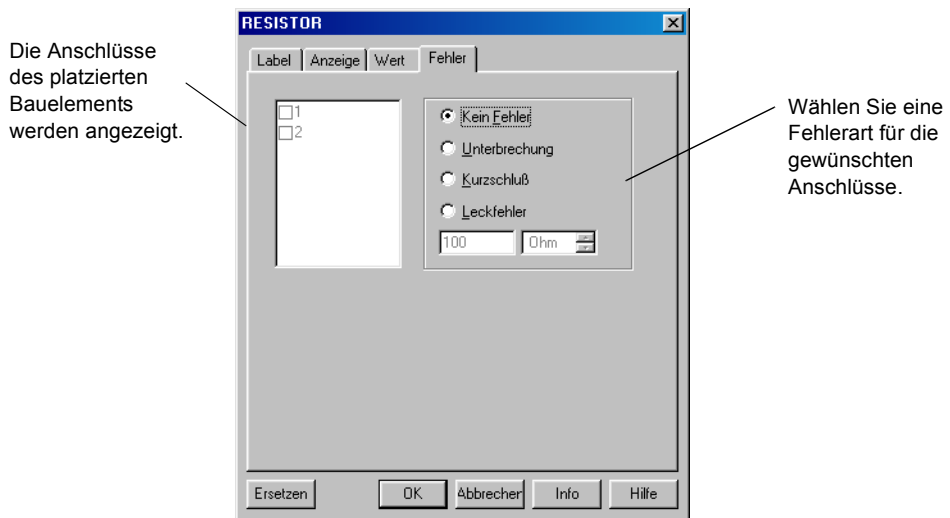


3. Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Um die Änderungen zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken.

### 3.8.4 Definieren eines Fehlers für ein platziertes Bauelement

Sie können jedem beliebigen Anschluss eines platzierten Bauelements über die Registerkarte Fehler im Fenster Eigenschaften einen Fehler zuweisen.

- Gehen Sie wie folgt vor, um einem platzierten Bauelement einen Fehler zuzuweisen:
  1. Doppelklicken Sie aufs Bauelement. Nun wird das Fenster Eigenschaften für das gewählte Bauelement geöffnet.
  2. Klicken Sie auf die Registerkarte Fehler:



3. Wählen Sie die Anschlüsse, denen der Fehler zugeordnet werden soll.
4. Aktivieren Sie die Art des Fehlers, die Sie dem Anschluss zuweisen wollen. Folgende Optionen stehen zur Verfügung:

Option	Beschreibung
Keine	Kein Fehler
Unterbrechung	Hierbei wird den Anschlüssen ein sehr hoher Widerstandswert zugewiesen, um eine Unterbrechung der Verbindung zwischen Leiterbahnen und Anschlüssen zu simulieren.

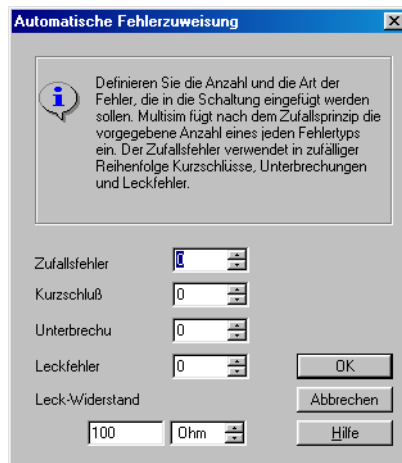
Option	Beschreibung
Kurzschluss	Hierbei wird den Anschlüssen ein sehr niedriger Widerstandswert zugewiesen, wie dies der Fall wäre, wenn das Bauelement ein widerstandsloser elektrischer Leiter wäre.
Nebenschlusswiderstand	Hierbei wird den gewählten Anschlüssen ein Parallelwiderstandswert zugewiesen, der in den Feldern unter der Option angegeben wurde. Dies bewirkt einen Stromfluss durch den parasitären Nebenschlusswiderstand parallel zu den Anschlüssen.

5. Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf Abbrechen klicken. Um die Änderungen zu speichern, müssen Sie auf OK klicken.

### 3.8.5 Verwenden der automatischen Fehlerzuweisung

Bei Verwendung der automatischen Fehlerzuweisung geben Sie die Anzahl der Fehler (oder optional die Anzahl der Fehler pro Fehlerart) an, die Multisim den platzierten Bauelementen in der Schaltung zuweisen soll.

- Verwenden Sie die automatische Fehlerzuweisung wie folgt:
  1. Wählen Sie **Simulation/Automatische Fehlerzuweisung**. Hierdurch wird das Fenster Automatische Fehlerzuweisung geöffnet:



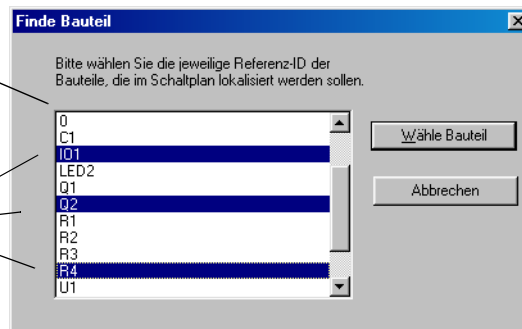
2. Verwenden Sie die Pfeiltasten oder geben Sie die numerischen Werte direkt in die Felder **Kurzschluss**, **Unterbrechung** und **Nebenschlusswiderstand** ein oder geben Sie ins Feld **Zufallsfehler** einen Wert ein, sodass Multisim die Fehlerart nach einem Pseudozufallsverfahren zuweisen kann.
3. Wenn Sie eine Anzahl von Nebenschlussfehlern zuweisen, müssen Sie eine Zahl und eine Maßeinheit in die Felder **Nebenschlusswiderstand** angeben eingeben.
4. Klicken Sie auf **OK**, um die Fehlerzuweisung zu bestätigen, oder auf **Abbrechen**, um den Befehl zu widerrufen und wieder das Schaltungsfenster anzeigen zu lassen.

## 3.9 Suchen von Bauelementen in einer Schaltung

- Gehen Sie wie folgt vor, um ein Bauelement im Schaltungsfenster zu suchen:
1. Wählen Sie **Ansicht/Suchen**. Nun erscheint eine Liste der in der Schaltung enthaltenen Bauelemente.

Hierbei handelt es sich um eine Liste der Referenzkennungen aller Bauelemente in der Schaltung.

Die in dieser Liste gewählten Bauelemente werden auch im Schaltungsfenster selektiert.



2. Wählen Sie eine beliebige Anzahl von Bauelementen (halten Sie die SHIFT-Taste gedrückt, wenn Sie mehrere Bauelemente wählen wollen).
3. Klicken Sie auf **Bauelemente wählen**. Alle in dieser Liste gewählten Bauelemente werden auch im Schaltungsfenster markiert.

## 3.10 Beschriften

Multisim weist jedem platzierten Bauelement, Knoten oder Anschluss ein Etikett (Beschriftung) zu. Sie können ein Bauelemente- oder Knotenetikett ändern oder verschieben. Die Etiketten von Anschlüssen werden im Fenster Bauelemente-Editor definiert (Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 5, "Bauelemente-Editor"). Sie können festlegen, welche Elemente auf Schaltungs- oder Bauelementeebene angezeigt werden (Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Anzeigen von Informationen für die Identifizierung eines platzierten Bauelements" auf Seite 3-20). Sie können die Schriftart, das Zeichenformat sowie die Schriftgröße für Etiketten wählen (siehe hierzu "Registerkarte Schrift" auf Seite 2-13).

Multisim ermöglicht auch das Hinzufügen eines Titelblocks (siehe "Hinzufügen eines Titelblocks" auf Seite 3-30) und zusätzlichen Textes zu einer Schaltung (siehe "Hinzufügen von beliebigem Text" auf Seite 3-31).

### 3.10.1 Ändern von Bauelementetiketten und Bauelementeattributen

Multisim weist allen Bauelementen Etiketten und den meisten Bauelementen eine Referenzkennung zu; dies gilt jedoch nur für platzierte Bauelemente. Sie können diese Informationen auch in der Registerkarte Etiketten im Fenster Eigenschaften des jeweiligen Bauelements einfügen.

- Gehen Sie wie folgt vor, um einem platzierten Bauelement ein Etikett und/oder eine Referenzkennung zuzuweisen:
  1. Doppelklicken Sie auf das Bauelement. Hierdurch wird das Fenster Eigenschaften für das gewählte Bauelement geöffnet.

2. Klicken Sie auf die Registerkarte Etiketten:

Geben Sie die Referenzkennung und/oder das Etikett ein, oder führen Sie die gewünschte Änderung durch.

Sie können einen beliebigen Namen oder Wert eingeben, der zusammen mit dem Bauelement angezeigt wird.

The screenshot shows a dialog box titled "RESISTOR" with four tabs: "Label", "Anzeige", "Wert", and "Fehler". The "Label" tab is active. It contains a "Referenz-ID" field with the text "R8" entered, a "Bezeichner" field, and an "Attribute" table. The table has three columns: "Name", "Wert", and "Zeige". At the bottom of the dialog are five buttons: "Ersetzen", "OK", "Abbrecher", "Info", and "Hilfe".

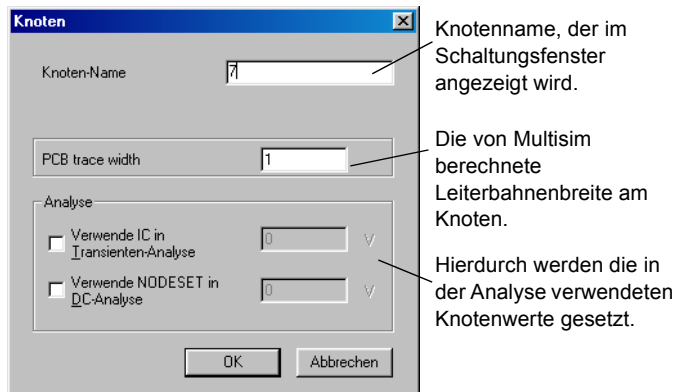
3. Geben Sie die Referenzkennung und/oder das Etikett ein oder führen Sie die gewünschte Änderung durch (Die Referenzkennung bzw. das Etikett darf nur aus Buchstaben oder Ziffern bestehen; Sonderzeichen und Leerzeichen sind unzulässig.).
  4. Geben Sie die Bauelementattribute ein, oder führen Sie die gewünschte Änderung durch (Als Bauelementattribut können Sie jeden beliebigen Namen oder Wert verwenden.). Beispielsweise könnten Sie einem Bauelement den Namen seines Herstellers oder eine nützliche Zusatzbezeichnung wie "Neuer Widerstand" oder "Geändert am 15. Mai" zuweisen.
  5. Wählen Sie die anzuzeigenden Bauelementattribute. Die Attribute werden zusammen mit dem Bauelement angezeigt.
- Hinweis** Wenn Sie mehreren Bauelementen die gleiche Referenzkennung zuweisen, gibt Multisim eine Fehlermeldung aus, in der Sie darauf hingewiesen werden, dass dies unzulässig ist. mehreren Bauelementen nicht die gleiche Referenzkennung zuweisen.
6. Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Um die Änderungen zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken.



## 3.10.2 Ändern von Knotennummern

Multisim weist Knoten einer Schaltung automatisch eine Knotennummer zu. Diese Etiketten können Sie ändern und verschieben.

- Gehen Sie beim Ändern eines Knotenetiketts wie folgt vor:
  1. Doppelklicken Sie auf die Leiterbahn. Nun wird das Fenster Knoteneigenschaften geöffnet:



2. Führen Sie die gewünschten Einstellungen durch.
3. Um Ihre Eingaben zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken. Wenn Sie den letzten Befehl widerrufen wollen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken.

**Hinweis** Gehen Sie beim Ändern der Namen von Knoten vorsichtig vor, da diese für die Verbindungen in der Schaltung bei der Simulation und der Leiterplattenentflechtung kritisch sind.

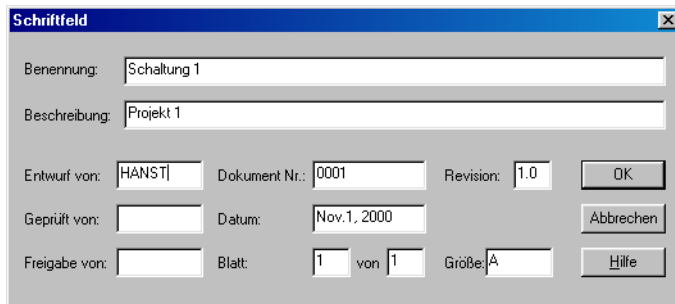
- Sie können ein Knotenetikett durch Wählen und Ziehen in eine neue Position verschieben.

### 3.10.3 Hinzufügen eines Titelblocks

Sie können Informationen über die Schaltung einschließlich ihres Titels, ihrer Beschreibung und ihrer Größe ins Fenster Titelblock eingeben. Das Sichtbarmachen und Verbergen von Titelblöcken ist in “Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern” auf Seite 3-3 beschrieben.

- Geben Sie Informationen über die Schaltung wie folgt ein:

1. Wählen Sie **Optionen/Titelblock ändern**. Nun wird das Fenster Titelblock geöffnet.

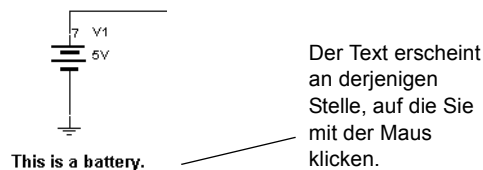


2. Geben Sie Informationen über die Schaltung ein und klicken Sie dann auf **OK**. Nun erscheint der Titelblock in der unteren rechten Ecke des Blatts. Wenn der Titelblock nicht angezeigt wird, kann dies daran liegen, dass er verborgen wurde. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern” auf Seite 3-3.
- Um den Inhalt eines Titelblocks zu ändern, müssen Sie **Optionen/Titelblock ändern** wählen und den Text ändern.

### 3.10.4 Hinzufügen von beliebigem Text

Multisim ermöglicht das Hinzufügen von Anmerkungen zu einer Schaltung (z.B. um ein bestimmtes Schaltungsteil zu erklären).

- Gehen Sie beim Hinzufügen von Text folgt vor:
  1. Wählen Sie die Option **Platzieren/Text platzieren**.
  2. Klicken Sie auf diejenige Stelle, an der der Text platziert werden soll. Nun erscheint ein Textfeld.
  3. Geben Sie den Text über die Tastatur ein.



4. Klicken Sie auf eine beliebige Stelle im Schaltungsfenster, um das Hinzufügen von Text zu beenden.
- Um Text zu löschen, müssen Sie mit der rechten Maustaste auf das Textfeld klicken und **Löschen** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü wählen oder auf LÖSCHEN klicken.
  - Um die Farbe des Texts zu ändern, müssen Sie mit der rechten Maustaste auf das Textfeld klicken, **Farbe** aus dem sich öffnenden Popup-Menü anklicken und anschließend die gewünschte Farbe wählen.
  - Um die Schriftoptionen für den Text zu ändern, müssen Sie mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster klicken, **Schrift** aus dem sich öffnenden Popup-Menü anklicken und dann die gewünschten Schriftoptionen wählen. Wählen Sie "Schaltplantext" im Abschnitt Alles ändern.

### 3.10.5 Hinzufügen einer Beschreibung

Zusätzlich zu Texten zu einem bestimmten Schaltungsteil können Sie zu einer Schaltung auch allgemeine Kommentare hinzufügen. Diese Kommentare können geändert, im Schaltungsfenster verschoben und ausgedruckt werden.

- Gehen Sie beim Hinzufügen einer Beschreibung wie folgt vor:
  1. Wählen Sie **Ansicht/Beschreibungskästchen anzeigen**. Nun wird das Fenster Beschreibung geöffnet:

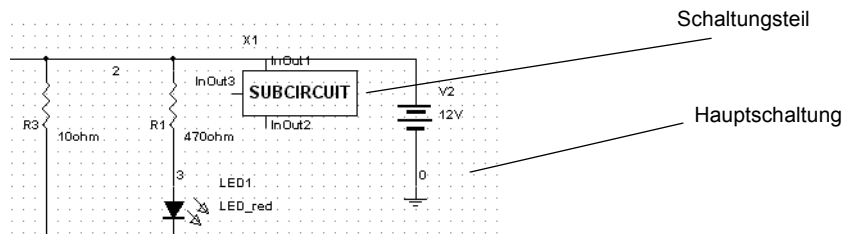


2. Geben Sie den Text direkt ins Fenster ein.
  3. Klicken Sie nach Beendigung der Texteingabe auf **OK**, um den Text zu speichern und schließen Sie das Fenster Beschreibung, oder klicken Sie auf **Abbrechen**, um das Fenster zu schließen, ohne den eingegebenen Text zu speichern.
- Um Ihre Beschreibung im Fenster Beschreibung auszudrucken, müssen Sie auf **Drucken** klicken.
  - Wenn Sie die Beschreibung ergänzen oder ändern wollen, müssen Sie erneut **Ansicht/Bescheidungskästchen anzeigen** wählen. Nun wird wieder das Fenster Beschreibung geöffnet, das den Text enthält, den Sie zuletzt gespeichert haben. Mit der Bildlaufleiste am rechten Fensterrand können Sie den Text bis zur gewünschten Stelle rollen.
  - Sie können das Fenster Beschreibung im Schaltungsfenster verschieben, indem Sie auf die Titelleiste klicken und das Fenster in eine neue Position bewegen.

## 3.11 Schaltungsteile und Hierarchien

### 3.11.1 Vergleich von Schaltungsteilen mit Hierarchien

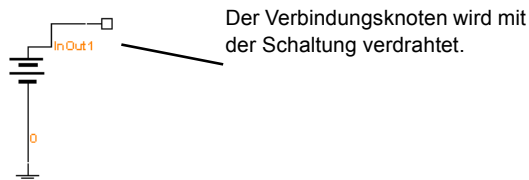
Multisim ermöglicht das Verwenden von Schaltungen innerhalb anderer Schaltungen. Diese eingebettete Schaltung (bzw. dieser Schaltungsteil) erscheint als einzelnes Symbol im Schaltungsfenster der Schaltung, in die sie eingebettet wurde, wodurch das Erscheinungsbild der Schaltung vereinfacht wird.



### 3.11.2 Vorbereiten einer Schaltung für Verwendung als Schaltungsteil

Um die Verwendung eines Schaltungsteils innerhalb einer Hauptschaltung zu ermöglichen, müssen Sie zum zukünftigen Schaltungsteil Eingangs- und Ausgangsknoten hinzufügen. Diese Knoten erscheinen auf dem Symbol des Schaltungsteils, wenn dieser in einer Schaltung eingebettet wird, sodass Sie sehen können, wo die Leiterbahnen verbunden werden müssen.

- Gehen Sie beim Hinzufügen eines Eingangs- und Ausgangsknotens zu einer Schaltung wie folgt vor:
  1. Wählen Sie die Option **Platzieren/Ein-/Ausgang platzieren**. Die Form des Cursors ändert sich, dass daraus ersichtlich wird, dass ein Knoten platziert werden kann.
  2. Klicken Sie auf diejenige Stelle, an der der Ein-/Ausgangsknoten platziert werden soll.
  3. Der Verbindungsknoten wird im Schaltungsfenster platziert. Sie können den Knoten mit der Schaltung und/oder anderen Bauelementen verdrahten.



### 3.11.3 Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung

- Gehen Sie wie folgt vor, um einen Schaltungsteil zu einer Schaltung hinzuzufügen:
  1. Kopieren Sie die gewünschte Schaltungsdatei oder einen Teil davon in die Zwischenablage oder schneiden Sie die Schaltungsdatei oder einen Teil davon aus.
  2. Wählen Sie **Platzieren/Als Schaltungsteil einfügen**. Sie werden nun aufgefordert, für den Schaltungsteil einen neuen Namen einzugeben. Der Cursor nimmt die Form eines Schattenbilds des Schaltungsteils an, woraus ersichtlich wird, dass er platziert werden kann.
  3. Klicken Sie auf die Stelle in der Schaltung, an der der Schaltungsteil platziert werden soll (Sie können ihn später verschieben, sofern erforderlich).
  4. Der Schaltungsteil erscheint in der gewünschten Position im Schaltungsfenster, und zwar als Symbol mit dem darin befindlichen Namen des Schaltungsteils.

Der Name des Schaltungsteils wird zusammen mit den Namen der anderen Bauelemente in der Liste der verwendeten Elemente angezeigt. Das Symbol eines Schaltungsteils kann wie die Symbole von Bauelementen manipuliert werden. Sie können z.B. mit der rechten Maustaste auf das Symbol klicken und es drehen oder seine Farbe definieren. Sie können auch Leiterbahnen von der ursprünglichen Schaltung zu einer geeigneten Stelle des Schaltungsteils führen (d.h. zu Punkten, mit denen Eingangs- und/oder Ausgangsverbindungen hergestellt werden können), wie bereits weiter oben in diesem Unterabschnitt beschrieben.

- Gehen Sie beim Ändern eines Schaltungsteils wie folgt vor:
  1. Doppelklicken Sie auf das Symbol des Schaltungsteils in demjenigen Schaltungsfenster, das den Schaltungsteil enthält. Nun wird das Fenster Schaltungsteile geöffnet.
  2. Klicken Sie auf **Schaltungsteil bearbeiten**.

Der Schaltungsteil erscheint in einem eigenen Fenster, in dem Sie ihn wie jede andere Schaltung bearbeiten können.

Für Schulungszwecke können Sie einen Schaltungsteil "sperrern", sodass er von Schaltungsteilnehmern weder gesehen noch bearbeitet werden kann. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Verwenden von Einschränkungen" auf Seite 13-4.

- Gehen Sie beim Ersetzen eines Bauelements durch einen Schaltungsteil wie folgt vor:
  1. Wählen Sie das zu ersetzende Bauelement im Schaltungsfenster.
  2. Klicken Sie auf **Platzieren/Durch Schaltungsteil ersetzen**. Sie werden nun aufgefordert, für den Schaltungsteil einen neuen Namen einzugeben. Das Bauelement wird aus der Schaltung gelöscht. Der Cursor ändert sich in ein Schattenbild des Schaltungsteils, woraus ersichtlich ist, dass dieser (der auf der Basis des gewählten Bauelements generiert wurde) platziert werden kann.

3. Klicken Sie auf die Stelle in der Schaltung, an der der Schaltungsteil platziert werden soll (Sie können ihn später verschieben, sofern erforderlich). Der Schaltungsteil erscheint in der gewünschten Position im Schaltungsfenster, und zwar als Symbol mit dem darin befindlichen Namen des Schaltungsteils.

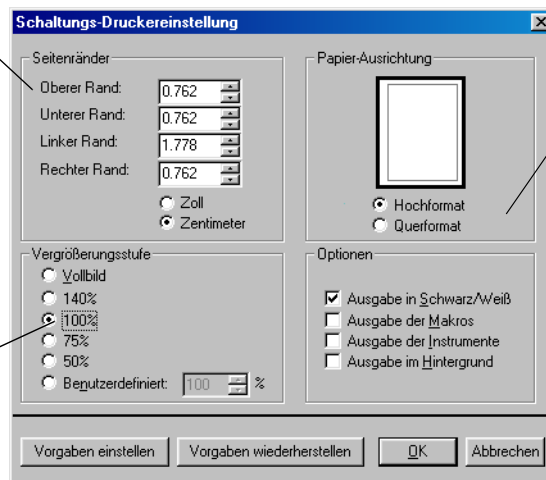
## 3.12 Ausdrucken einer Schaltung

Multisim ermöglicht es Ihnen, festzulegen, wie eine Schaltung ausgedruckt werden soll. Im Einzelnen können Sie Folgendes definieren:

- Ob der Ausdruck in Farbe oder in Schwarzweiß erfolgen soll.
  - Ob der Ausdruck mit oder ohne Hintergrund erfolgen soll.
  - Wie groß die Seitenränder sein sollen.
  - Wie die Schaltung im Ausdruck skaliert werden soll.
- Um festzulegen, wie Schaltungen standardmäßig ausgedruckt werden sollen, müssen Sie die Optionen **Datei/Schaltung ausdrucken/Einstellungen für das Ausdrucken von Schaltungen** verwenden.

Stellen Sie die Seitenränder für den Ausdruck ein.

Legen Sie fest, ob die Schaltung verkleinert oder vergrößert ausgedruckt werden soll.



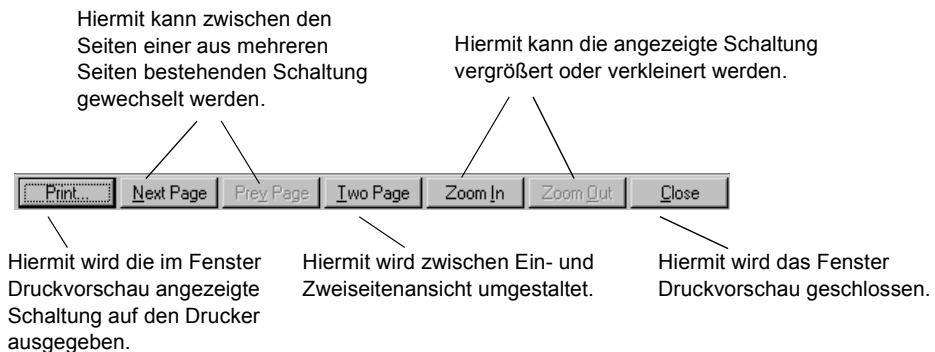
Legen Sie fest, ob die Schaltung im Hochformat oder im Querformat ausgedruckt werden soll.

Aktivieren Sie die gewünschten Optionen in der unteren rechten Ecke des Bildschirms, indem Sie in die entsprechenden Kontrollkästchen klicken. Wählen Sie eine oder mehrere der folgenden Optionen:

Druckoptionen	Beschreibung
Ausdruck in Schwarzweiß	Hierdurch wird festgelegt, dass die Schaltung in Schwarzweiß ausgedruckt wird (dies gilt für Schwarzweißdrucker). Wenn diese Option nicht aktiviert ist, werden auf dem Bildschirm farbig dargestellten Bauelemente in Graustufen ausgedruckt.
Ausdrucken von Schaltungsteilen	Hierdurch wird festgelegt, dass die Schaltung und ihre Schaltungsteile auf separaten Blättern ausgedruckt werden.
Ausdrucken von Instrumenten	Hiermit wird festgelegt, dass die Schaltung und die Vorderseiten von Instrumenten in der Schaltung auf separaten Blättern ausgedruckt werden.
Ausdrucken als Bitmapgrafik	
Ausdrucken des Hintergrunds	Hiermit wird festgelegt, dass der Hintergrund mit ausgedruckt werden soll. Dies kann sowohl für Farb- als auch für Schwarzweißdrucker festgelegt werden.

- Um die Schaltungsdatei unter Verwendung der gewählten Druckoptionen auszudrucken, müssen Sie **Datei/Schaltung ausdrucken/Drucken** wählen.
- Wenn Sie eine Voransicht des Ausdrucks sehen wollen, müssen Sie **Datei/Schaltung ausdrucken/Voransicht** wählen. Die Schaltung wird nun in einem Voransichtfenster angezeigt, wobei Sie die angezeigte Schaltung vergrößern oder verkleinern, zwischen den verschiedenen Seiten wechseln und schließlich einen Druckbefehl erteilen können.

Das Fenster Druckvorschau enthält die folgende Werkzeugleiste:

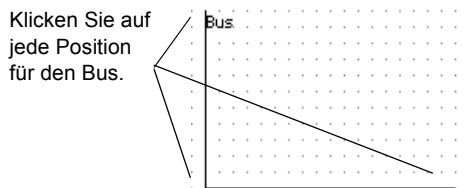




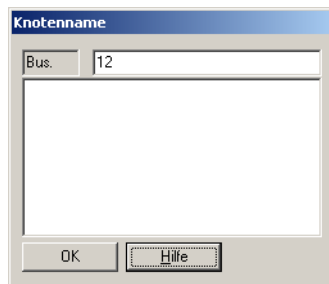
## 3.13 Platzieren eines Busses

Ein Bus ist eine Gruppe aus mehreren parallel verlaufenden Leiterbahnen in einer Schaltung, über die eine Gruppe von Anschlüssen mit einer anderen Gruppe von Anschlüssen verbunden ist. Auf einer Leiterplatte kann ein Bus eine einzige Leiterbahn sein oder aus mehreren elektrischen Leitungen bestehen, die mehrere Bits parallel (als Datenwort) übertragen.

- Gehen Sie beim Platzieren eines Busses in einer Schaltung wie folgt vor:
  1. Wählen Sie die Option **Platzieren/Bus platzieren**.
  2. Klicken Sie auf den Anfangspunkt des Busses.
  3. Klicken Sie auf den nächsten Punkt des Busses.
  4. Wiederholen Sie den vorhergehenden Schritt, bis der Bus vollständig platziert ist.
  5. Doppelklicken Sie auf den Punkt, an dem der Bus enden soll. Der Bus wird in der gleichen Farbe gezeichnet, die für virtuelle Bauelemente definiert wurde.



6. Verdrahten Sie den Bus mit der Schaltung, indem Sie eine Leiterbahn zu einer beliebigen Stelle des Busses ziehen. Nun wird das Fenster Knotenname geöffnet:



7. Ändern Sie bei Bedarf den angezeigten Namen (dieser wird ans Wort "Bus" angehängt, um den Knotennamen zu bilden) und klicken Sie auf **OK**.
- Um die Farbe des Busses zu ändern, müssen Sie mit der rechten Maustaste auf den Bus klicken und die Option **Farbe** aus dem nun erscheinenden Pop-up-Menü wählen.
  - Um die Referenzkennung des Busses zu ändern (standardmäßig verwendet Multisim die Referenzkennung "Bus"), müssen Sie auf den Bus doppelklicken und die Referenzkennung im nun erscheinenden Fenster Eigenschaften ändern.

## 3.14 Verwenden des Popup-Menüs

### 3.14.1 Im Schaltungsfenster ohne selektiertes Bauelement

Wenn Sie mit der rechten Maustaste ins Schaltungsfenster doppelklicken und in diesem kein Bauelement gewählt ist, wird ein Popup-Menü mit entsprechenden Befehlen geöffnet. Hierbei handelt es sich um folgende Befehle:

Befehl	Beschreibung
Bauelement platzieren	Dieser Befehl ermöglicht das Durchsuchen der Datenbanken "Multisim Master", "Corporate Library" und "User" nach zu platzierenden Bauelementen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters" auf Seite 3-6.
Verbindungsstelle platzieren	Mit diesem Befehl können Sie einen Steckverbinder durch Klicken mit der Maus platzieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Manuelles Hinzufügen einer Verbindungsstelle" auf Seite 3-17.
Bus platzieren	Dieser Befehl ermöglicht das Platzieren eines Busses aus Segmenten, deren Punkte Sie durch Klicken mit der Maus definieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Platzieren eines Busses" auf Seite 3-37.
Ein-/Ausgang platzieren	Dieser Befehl ermöglicht das Platzieren eines Eingangs- und Ausgangsknotens, um einen Schaltungsteil mit der aktuellen Schaltung zu verbinden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung" auf Seite 3-34.
Text platzieren	Dieser Befehl ermöglicht das Platzieren von Text in einer Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Hinzufügen von beliebigem Text" auf Seite 3-31.
Ausschneiden	Dieser Befehl ermöglicht das Löschen des gewählten Objekts aus einer Schaltung, wobei das Objekt in der Zwischenablage gespeichert wird.
Kopieren	Dieser Befehl ermöglicht das Kopieren des gewählten Objekts in einer Schaltung, wobei das Objekt in der Zwischenablage gespeichert wird.
Einfügen	Dieser Befehl ermöglicht das Einfügen des Inhalts der Zwischenablage in eine Schaltung.

Befehl	Beschreibung
Als Schaltungsteil platzieren	Dieser Befehl ermöglicht das Platzieren einer externen Schaltung in der aktuellen Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung" auf Seite 3-34.
Durch Schaltungsteil ersetzen	Dieser Befehl ermöglicht das Ersetzen des gewählten Bauelements durch eine externe Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung" auf Seite 3-34.
Raster anzeigen	Dieser Befehl ermöglicht das Anzeigen oder Verbergen des Rasters im Hintergrund des Schaltungsfensters. Dies ermöglicht das Platzieren von Elementen in bestimmten Rasterpositionen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern" auf Seite 3-3.
Blattbegrenzungen anzeigen	Dieser Befehl ermöglicht das Anzeigen oder Verbergen der Blattbegrenzungen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern" auf Seite 3-3.
Titelblock und Rand anzeigen	Dieser Befehl ermöglicht das Anzeigen oder Verbergen des Titelblocks und des Rands einer Schaltung. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock, Blattbegrenzungen und Seitenrändern" auf Seite 3-3.
Vergrößern	Dieser Befehl ermöglicht das Vergrößern der Schaltungsdarstellung. Die standardmäßige Vergrößerung wird auf der Registerkarte Arbeitsbereich im Fenster Optionen/Voreinstellungen eingestellt.
Verkleinern	Dieser Befehl ermöglicht das Verkleinern der Schaltungsdarstellung.
Suchen	Dieser Befehl ermöglicht das Anzeigen einer Liste der Referenzkennungen in der aktuellen Schaltung. Sie können eine oder mehrere Referenzkennungen wählen, die dann im Schaltungsfenster selektiert werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Suchen von Bauelementen in einer Schaltung" auf Seite 3-26.
Farbe	Dieser Befehl ermöglicht die Auswahl bzw. das Ändern des Farbschemas für eine Schaltung. Diese Einstellungen haben Vorrang vor den standardmäßigen Einstellungen im Fenster Optionen/Voreinstellungen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Registerkarte Schaltung" auf Seite 2-7.

<b>Befehl</b>	<b>Beschreibung</b>
Anzeigen	Dieser Befehl ermöglicht die Auswahl der Bauelemente, die im Schaltungsfenster angezeigt werden sollen. Diese Einstellungen haben Vorrang vor den standardmäßigen Einstellungen im Fenster Optionen/Voreinstellungen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Registerkarte Arbeitsbereich" auf Seite 2-9.
Schrift	Dieser Befehl ermöglicht die Auswahl einer Schriftart, eines Zeichenformats und einer Schriftgröße für Bauelementeetiketten, Werte von Bauelementen und für die Namen von Anschlüssen und Knoten.
Leiterbahnenbreite	Dieser Befehl ermöglicht die Auswahl der Leiterbahnenbreite für die aktuelle Schaltung.
Hilfe	Mit diesem Befehl wird die Hilfedatei von Multisim geöffnet.

### 3.14.2 Beim Bearbeiten eines Bauelements oder Instruments

Wenn Sie mit der rechten Maustaste auf ein selektiertes Bauelement oder Instrument im Schaltungsfenster klicken, wird ein Popup-Menü mit entsprechenden Befehlen geöffnet. Hierbei handelt es sich um folgende Befehle:

<b>Befehl</b>	<b>Beschreibung</b>
Ausschneiden	Dieser Befehl ermöglicht das Ausschneiden der gewählten Bauelemente, Schaltungen oder Texte.
Kopieren	Dieser Befehl ermöglicht das Kopieren der gewählten Bauelemente, Schaltungen oder Texte. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Kopieren eines platzierten Bauelements" auf Seite 3-10.
Horizontal spiegeln	Dieser Befehl ermöglicht das Spiegeln des gewählten Objekts in der Horizontalen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Drehen und Spiegeln von Bauelementen" auf Seite 3-18.
Vertikal spiegeln	Dieser Befehl ermöglicht das Spiegeln des gewählten Objekts in der Vertikalen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Drehen und Spiegeln von Bauelementen" auf Seite 3-18.
Um 90° nach rechts drehen	Dieser Befehl ermöglicht das Drehen des gewählten Objekts um 90° im Uhrzeigersinn. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Drehen und Spiegeln von Bauelementen" auf Seite 3-18.

Um 90° nach links drehen	Dieser Befehl ermöglicht das Drehen des gewählten Objekts um 90° entgegen dem Uhrzeigersinn. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Drehen und Spiegeln von Bauelementen" auf Seite 3-18.
Farbe	Dieser Befehl ermöglicht das Ändern der Farbe für die Darstellung des platzierten Bauelements. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Definieren der Bauelementefarbe" auf Seite 3-12.
Hilfe	Mit diesem Befehl wird die Hilfedatei von Multisim geöffnet.

### 3.14.3 Beim Bearbeiten einer Leiterbahn

Wenn Sie mit der rechten Maustaste auf eine ausgewählte Leiterbahn im Schaltungsfenster klicken, wird ein Popup-Menü mit entsprechenden Befehlen geöffnet. Hierbei handelt es sich um folgende Befehle:

Befehl	Beschreibung
Löschen	Dieser Befehl ermöglicht das Löschen der gewählten Leiterbahn.
Farbe	Dieser Befehl ermöglicht das Ändern der Farbe für die Darstellung der gewählten Leiterbahn.
Hilfe	Mit diesem Befehl wird die Hilfedatei von Multisim geöffnet.



# Kapitel 4

## Bauelemente

Dieses Kapitel enthält eine Einführung in die Struktur und Organisation der Bauelementedatenbank von Multisim 2001. In diesem Kapitel ist auch der Zugriff auf die Datenbank und das Suchen nach Informationen in der Datenbank beschrieben.



Einige der in diesem Kapitel beschriebenen Eigenschaften stehen unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 zur Verfügung. Diese Eigenschaften sind mit einem Symbol in der Spalte neben der zugehörigen Beschreibung gekennzeichnet.

### 4.1 Struktur der Bauelementedatenbank

Die Multisim-Bauelementedatenbank enthält die erforderlichen Informationen für die genaue Beschreibung jedes Bauelements. Sie enthält alle Details für die Schaltungserfassung (Symbole), die Simulation (Modelle) und die Leiterplattenentflechtung (Platzbedarf) sowie Informationen über die elektrischen Eigenschaften. Die hohe Leistungsfähigkeit der Multisim-Datenbank basiert auf ihrer Struktur: Mehrere Ebenen, optimal organisierte Bauelementegruppierung und Felder mit Detailinformationen.

#### 4.1.1 Datenbanken

Die Bauelemente sind in drei verschiedenen Datenbanken gespeichert:

- Die Multisim-Hauptdatenbank enthält die Daten der Bauelemente, die ursprünglich von Electronics Workbench definiert und mit Multisim ausgeliefert wurden; diese Daten sind in allen Multisim-Versionen identisch.
- Die Unternehmensdatenbank (diese ist nur in Verbindung mit dem Modul Schaltungsentwicklung im Team verfügbar) enthält die Daten der selektierten Bauelemente, die möglicherweise von einem Benutzer definiert oder geändert wurden; diese Daten stehen allen anderen Benutzern zur Verfügung.



- Die Benutzerdatenbank enthält die Daten der von Ihnen definierten, importierten oder geänderten Bauelemente; diese Daten stehen nur Ihnen selbst zur Verfügung.

Die Benutzer- und die Unternehmensdatenbank enthalten ursprünglich (d.h. beim ersten Starten von Multisim) keine Daten. Sie können die Benutzerdatenbank zum Speichern häufig verwendeter, von der Website Edaparts.com importierter (siehe “Verwenden der Website Edaparts.com” auf Seite 4-26) oder mit dem Bauelemente-Editor generierter Bauelemente (siehe nächstes Kapitel) verwenden.



Die Unternehmensdatenbank (diese ist nur in Verbindung mit dem Modul Schaltungsentwicklung im Team verfügbar) ist in erster Linie für Unternehmen oder Personen vorgesehen, die an Projekten arbeiten, wobei Bauelemente mit bestimmten Attributen gemeinsam von Mitarbeitern innerhalb einer Gruppe oder eines Projekts verwendet werden. Die Unternehmensdatenbank kann von Ihrem Unternehmen oder auf Wunsch von Electronics Workbench generiert werden. Weitere Informationen über diese Dienstleistung erhalten Sie auf Anfrage.

Wenn Sie ein Bauelement ändern und dadurch ein neues Bauelement definieren, müssen Sie dieses entweder in der Benutzerdatenbank oder in der Unternehmensdatenbank speichern. Sie können den Inhalt der Multisim-Hauptdatenbank nicht ändern (hierdurch wird sichergestellt, dass der Inhalt der mit Multisim ausgelieferten Bauelementedatenbank nicht verfälscht werden kann).

Sie können wählen, welche Datenbank angezeigt werden soll, indem Sie auf **Ansicht/Bauelemente-Werkzeuge** klicken, wie in “Anzeigen von Datenbankinformationen” auf Seite 4-3 beschrieben. Für Schulungszwecke können Sie festlegen, dass der Inhalt von Datenbanken und die zugehörigen Bauelementeablagen nicht angezeigt werden. Dies ist durch das Definieren von Einschränkungen möglich. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Verwenden von Einschränkungen” auf Seite 13-4.



## 4.1.2 Anzeigen von Datenbankinformationen

Für jede Datenbank steht eine eigene Bauelemente-Werkzeuggestreife zur Verfügung, mit der Sie eine Schaltung aufbauen können, die aus Bauelementen besteht, die in einer oder mehreren der verfügbaren Datenbanken gespeichert sind. Standardmäßig wird nur die Bauelemente-Werkzeuggestreife der Multisim-Hauptdatenbank angezeigt.

- Wählen Sie die zu öffnende Datenbank, indem Sie die Option **Ansicht/Bauelemente-Werkzeuggestreife** und dann die gewünschte Datenbank wählen.

Die zugehörigen Bauelemente-Werkzeuggestreifen sehen wie folgt aus:

**Die Multisim-Hauptdatenbank und die Benutzerdatenbank sind ausgewählt:**



**Nur die Multisim-Hauptdatenbank ist ausgewählt:**



**Alle Datenbanken sind ausgewählt:**



### 4.1.3 Klassifizierung der Bauelemente in der Datenbank

Multisim untergliedert die Bauelemente in logische Gruppen, wobei jede durch eine Bauelementeablage dargestellt wird. Jede Bauelementeablage enthält Familien ähnlicher Bauelemente. Die Bauelementeablagen sind nachstehend aufgeführt:

- Signalquellen
- Grundlegend
- Dioden
- Transistoren
- Analog-ICs
- TTL-Bausteine
- CMOS-Bausteine
- Verschiedene Digital-ICs
- Hybridbausteine
- Anzeigeelemente
- Verschiedenes
- Bedienelemente
- HF-Bauelemente (für Benutzer, die über das HF-Modul verfügen)
- Elektromechanische Bauelemente



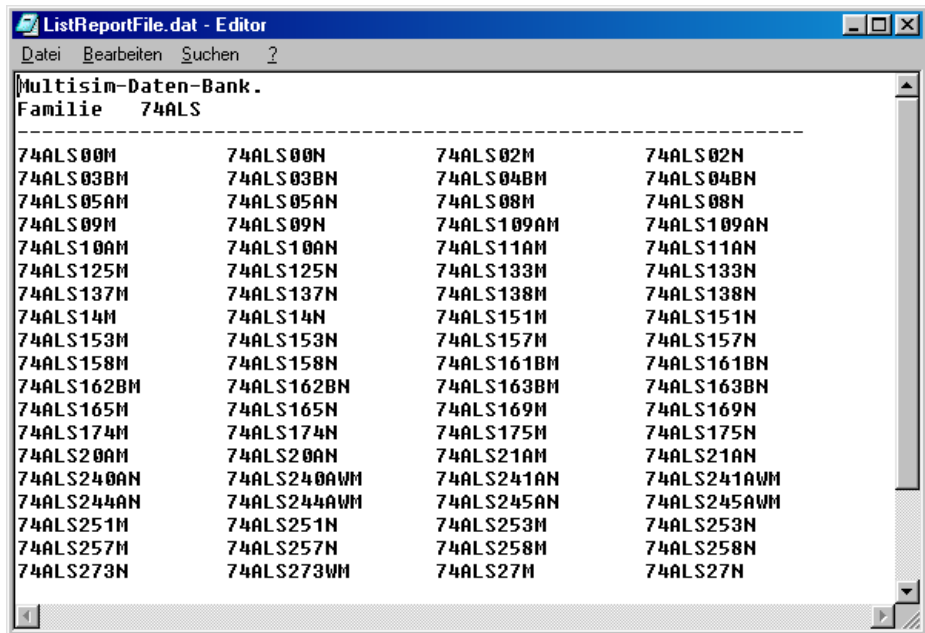
Jede Werkzeugleiste steht in zwei verschiedenen Versionen zur Verfügung: In einer Version nach ANSI (US-Norm) und in einer Version nach DIN (europäische Norm). Diese beiden Normen definieren unterschiedliche Symbole für die Darstellung von Bauelementen. Die beiden Werkzeugleisten sind in den folgenden Unterabschnitten zu sehen.

**Hinweis** Der Inhalt der Werkzeugleisten kann sich mit zunehmender Größe der Datenbank verändern.

- Um zwischen den Symbolsätzen nach ANSI und DIN umzuschalten, müssen Sie **Optionen/Voreinstellungen** wählen. Wählen Sie die gewünschte Norm auf der Registerkarte Bauelementeablage.

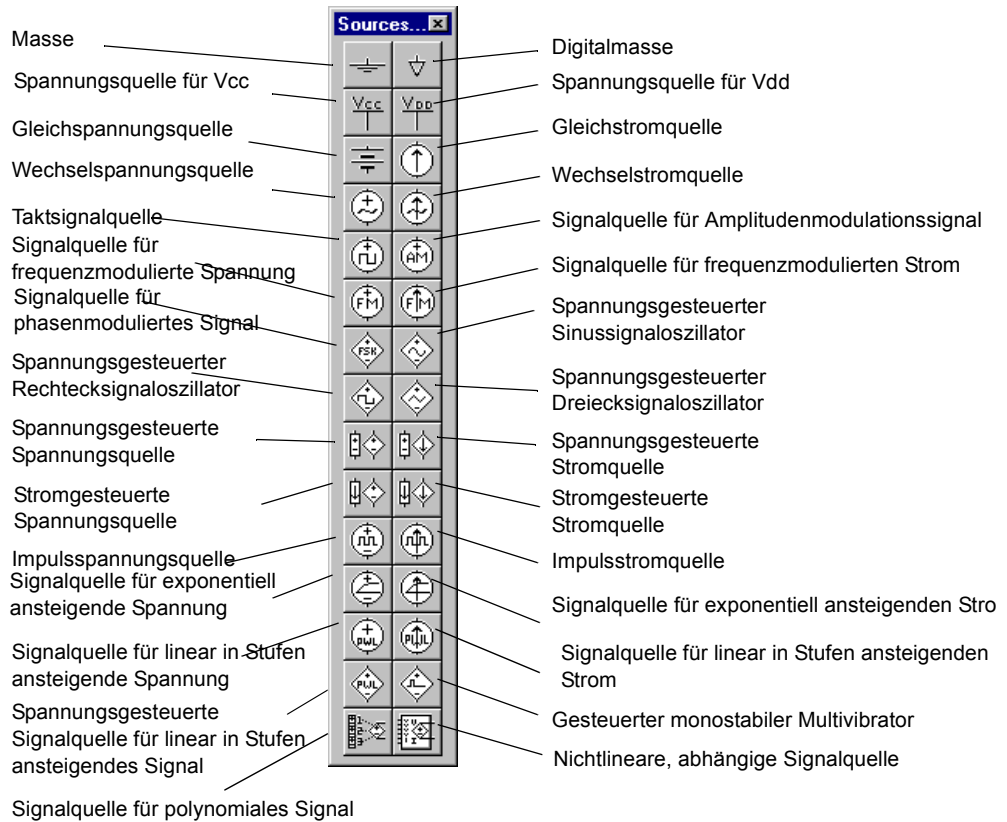
### 4.1.3.1 Liste der Bauelementefamilien

- Gehen Sie wie folgt vor, um die Bauelemente einer Familie anzeigen zu lassen:
  1. Klicken Sie im Browserfenster, das sich beim Platzieren eines Bauelements öffnet, auf **Erweitert**, um das Browserfenster zu maximieren.
  2. Klicken Sie im Kästchen Aktionen auf **Bericht auflisten**.
  3. Nun wird ein Notizblockfenster geöffnet, in dem alle Bauelemente aufgelistet werden, die zur momentan gewählten Bauelementefamilie gehören. Beispiel:



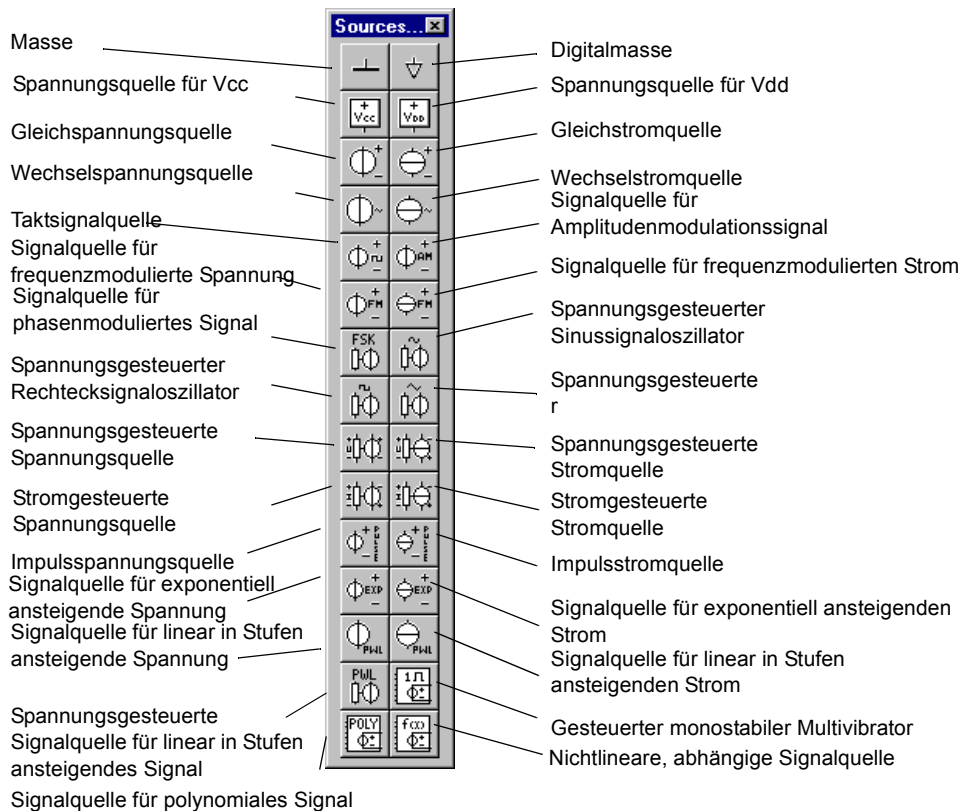
### 4.1.3.2 Werkzeugleiste Signalquellen

**ANSI:**



**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

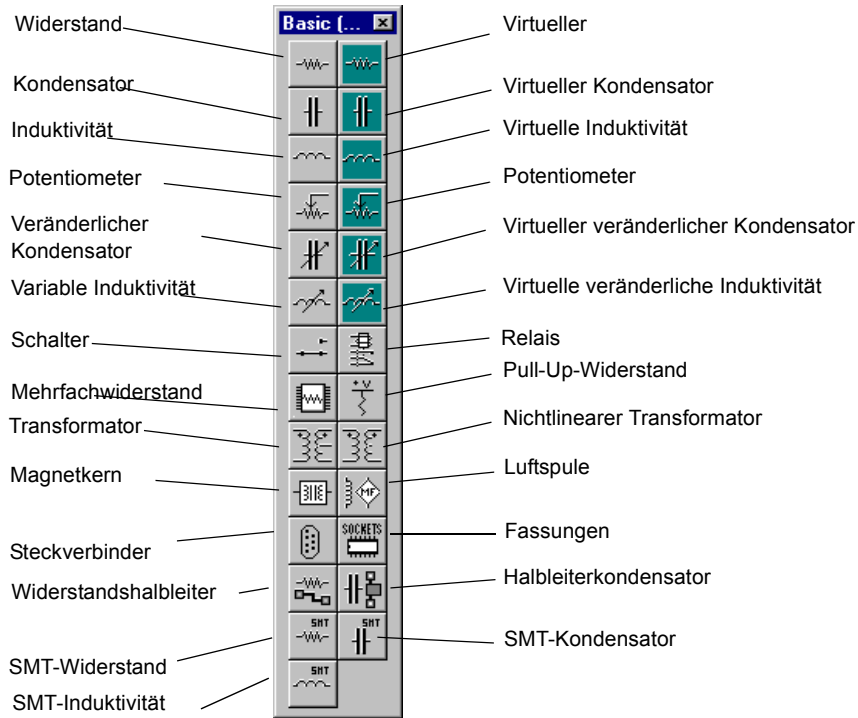
**DIN:**



**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

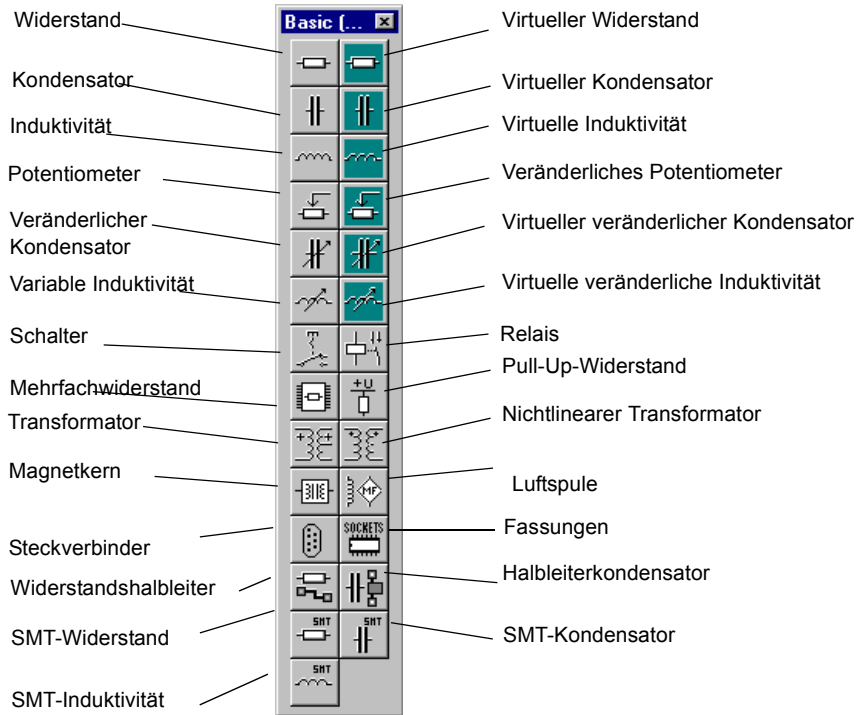
### 4.1.3.3 Standard-Werkzeuggestreife

**ANSI:**



**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

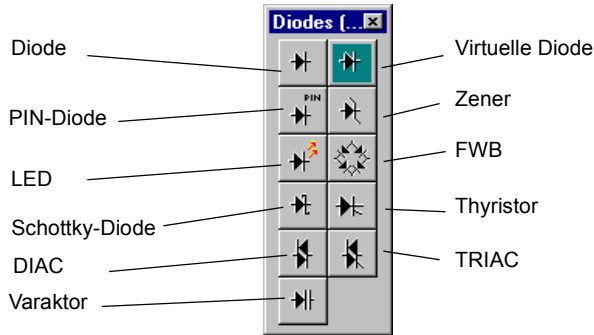
**DIN:**



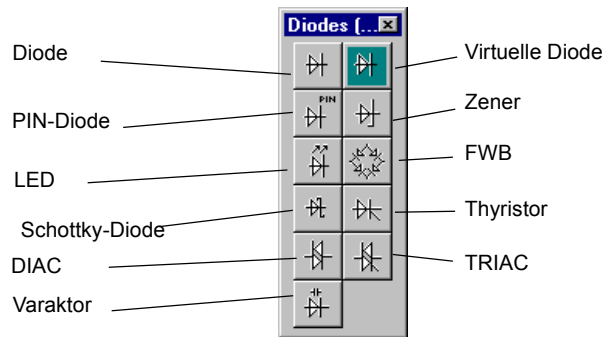
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.4 Dioden-Werkzeugleiste

#### ANSI:



#### DIN:

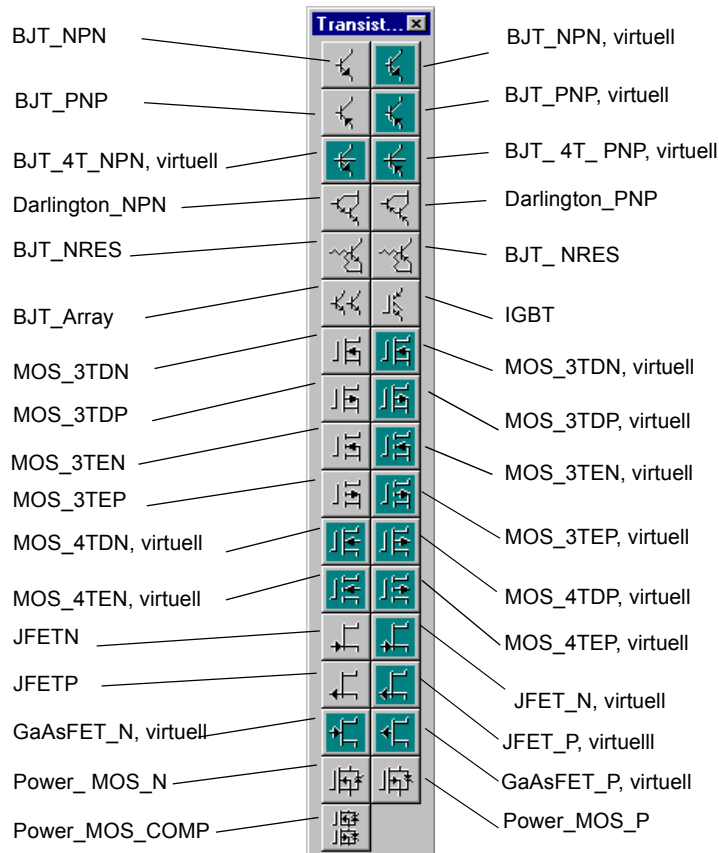


**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).



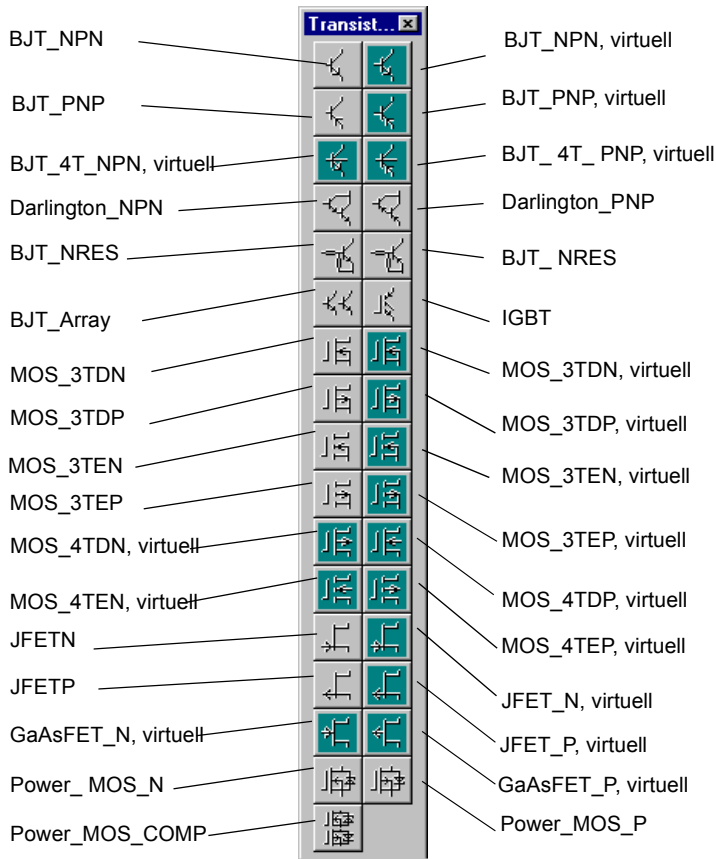
### 4.1.3.5 Transistor-Werkzengleiste

**ANSI:**



**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

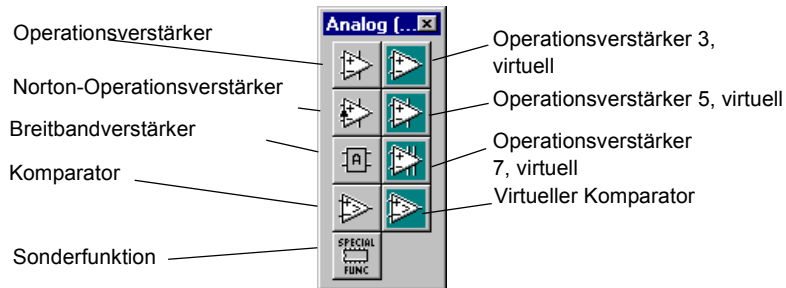
**DIN:**



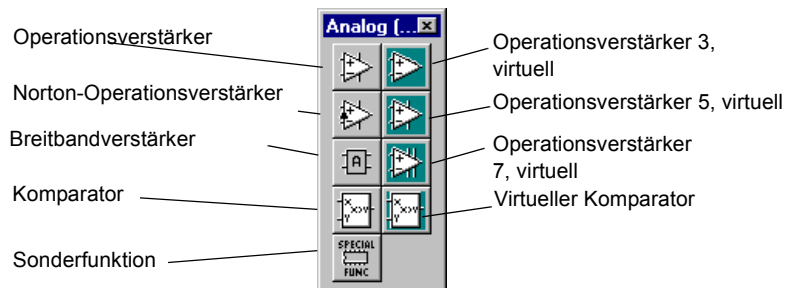
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.6 Werkzeugleiste für analoge Bauelemente

#### ANSI:



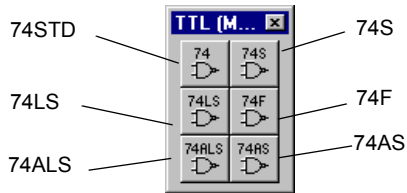
#### DIN:



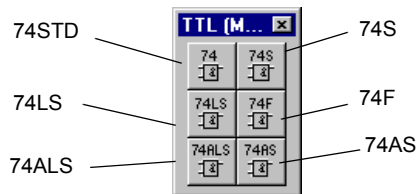
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.7 Werkzeugleiste für TTL-Bausteine

#### ANSI:



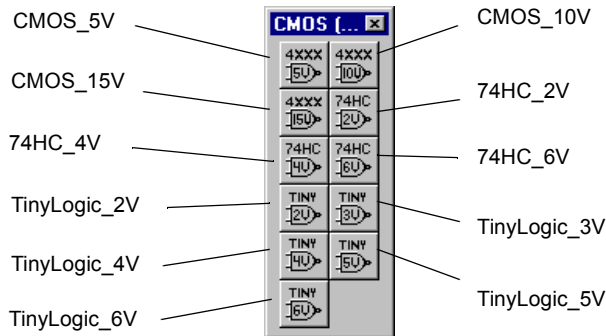
#### DIN:



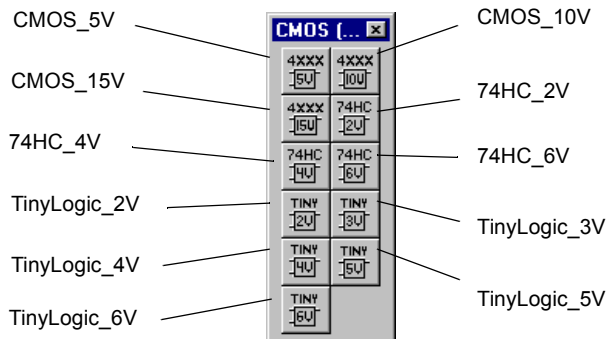
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.8 Werkzeugleiste für CMOS-Bausteine

#### ANSI:



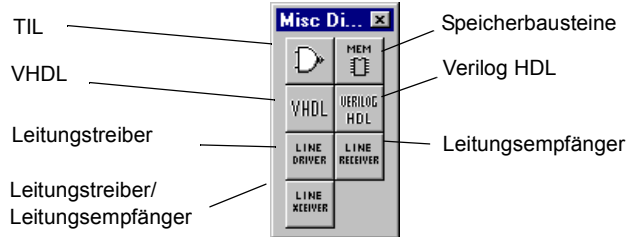
#### DIN:



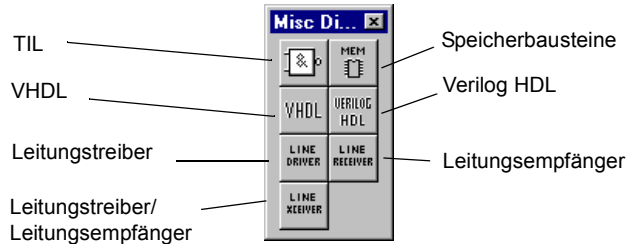
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.9 Werkzeugleiste für verschiedene Digital-ICs

#### ANSI:



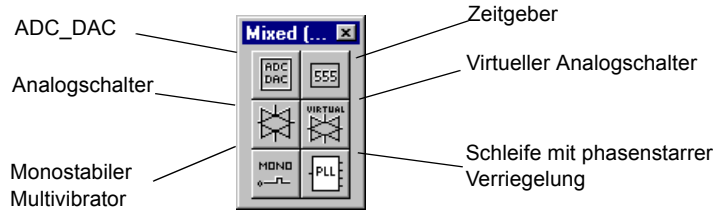
#### DIN:



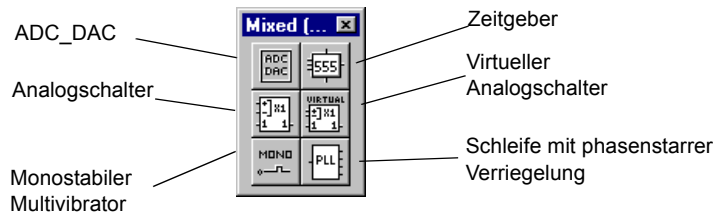
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.10 Werkzeugleiste für Hybridbausteine

#### ANSI:



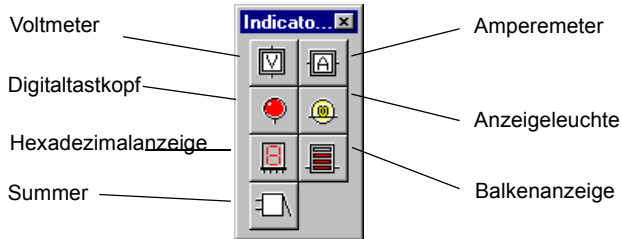
#### DIN:



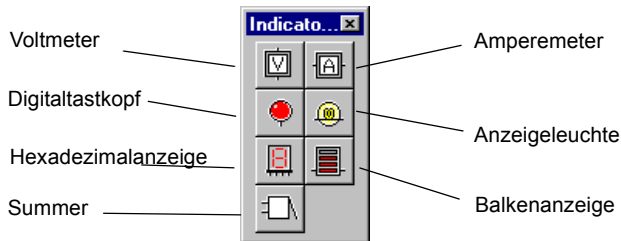
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.11 Werkzeugleiste für Anzeigeelemente

#### ANSI:



#### DIN:

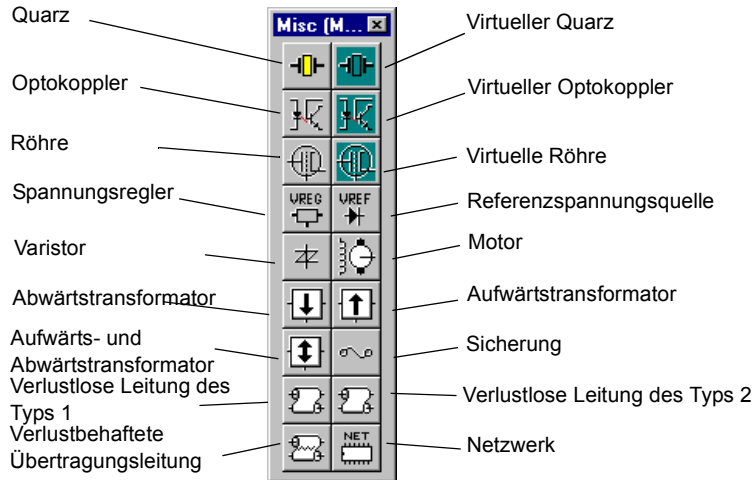


**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

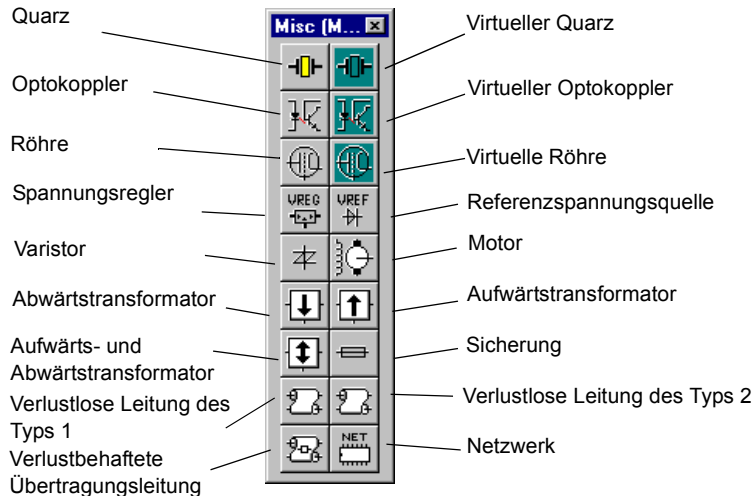


### 4.1.3.12 Werkzeugleiste Verschiedenes

#### ANSI:



#### DIN:



**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.13 Werkzeugleiste für Bedienelemente

#### ANSI:

Frequenzvervielfacher  
 Block für Übertragungsfunktion  
 Spannungsdifferenziator  
 Block für Spannungshysterese  
 Block für Strombegrenzung  
 Block für Spannungsnachlaufgeschwindigkeit

**Controls...**  
 Frequenzteiler  
 Funktionsblock für Spannungsverstärkung  
 Spannungsintegrator  
 Spannungsbegrenzer  
 Spannungsgesteuerter Begrenzer  
 Spannungssummierer mit 3 Eingängen

#### DIN:

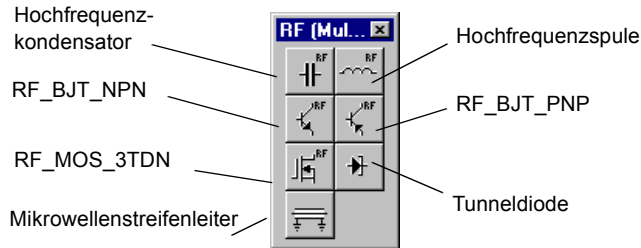
Frequenzvervielfacher  
 Block für Übertragungsfunktion  
 Spannungsdifferenziator  
 Block für Spannungshysterese  
 Block für Strombegrenzung  
 Block für Spannungsnachlaufgeschwindigkeit

**Controls...**  
 Frequenzteiler  
 Funktionsblock für Spannungsverstärkung  
 Spannungsintegrator  
 Spannungsbegrenzer  
 Spannungsgesteuerter Begrenzer  
 Spannungssummierer mit 3 Eingängen

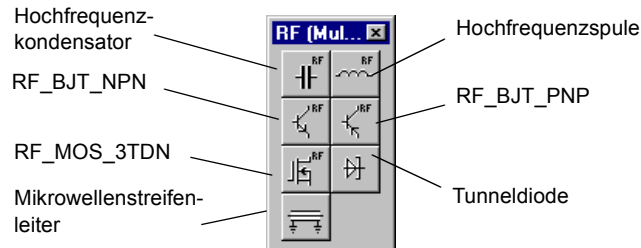
**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.14 Werkzeugleiste für HF-Bauelemente

#### ANSI:



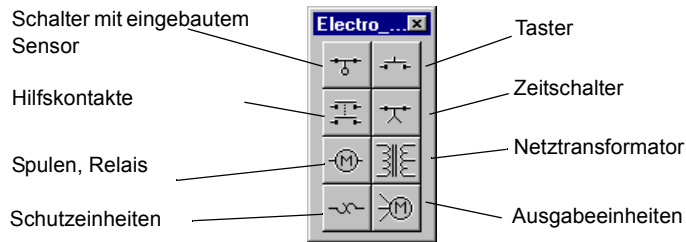
#### DIN:



**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

### 4.1.3.15 Werkzeugleiste für elektromechanische Bauelemente

#### ANSI:



#### DIN:

Wie ANSI.

**Hinweis** Weitere Informationen über diese Bauelementefamilien enthalten die Anhänge im gedruckten Handbuch oder in der PDF-Datei (beides im Lieferumfang von Multisim enthalten).

## 4.2 Suchen von Bauelementen in der Datenbank

Sie können Bauelemente einer bestimmten Bauelementefamilie in einer bestimmten Datenbank finden, indem Sie durch die verfügbaren Daten blättern. Alternativ können Sie nach bestimmten Bauelementekriterien suchen.

### 4.2.1 Durchblättern der Datenbank

Beim Platzieren eines Bauelements können Sie im Browserfenster nach Bauelementen in der Multisim-Datenbank suchen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Wählen eines Bauelements und Verwenden des Browserfensters" auf Seite 3-6.

## 4.2.2 Standardmäßige Suche nach Bauelementen

Multisim wird mit einer leistungsfähigen Suchmaschine geliefert, mit der Sie Bauelemente schnell und einfach finden können, sofern Sie einige Informationen über den Bauelementetyp kennen. Multisim durchsucht die Datenbank nach Bauelementen, die Ihre Kriterien erfüllen, und zeigt die gefundenen Bauelemente an. Dies ermöglicht es Ihnen, das Bauelement auszuwählen, das Ihre Anforderungen für die zu entwickelnde Schaltung am besten erfüllt. Unter Umständen müssen Sie ein Bauelement in einem bestimmten Gehäuse wählen, um es auf der Leiterplatte unterbringen zu können. Ein anderes Kriterium könnte ein Maximalwert für die Wärmeverlustleistung sein, während ein anderes Kriterium spezifische Anforderungen in Bezug auf Eigenschaften wie die Empfindlichkeit gegenüber elektrostatischer Aufladung sein können. Sie können auch Bauelemente von einem bestimmten Hersteller wählen, um die diesbezüglichen Anforderungen zu erfüllen.

- Führen Sie eine Standardsuche in der Datenbank wie folgt durch:
  1. Öffnen Sie das Browserfenster, indem Sie auf die entsprechenden Bauelementeablagen und die Bauelementefamilie klicken, die Sie durchsuchen wollen. Alternativ können Sie die Option **Platzieren/Bauelement platzieren** wählen.
  2. Wählen Sie im Feld **Datenbankname** die gewünschte Datenbank (Multisim-Hauptdatenbank, Unternehmensdatenbank oder Benutzerdatenbank).
  3. Wählen Sie im Feld **Bauelementefamilie** die gewünschte Bauelementefamilie.
  4. Klicken Sie auf **Suchen**. Hierauf wird das Fenster Suchen geöffnet:

**Suchen - BJT\_NPN**

Bauteilname(Textfolge):

Hersteller(Textfolge):

Leiterplattensymbol(Textfolge):

Suchen >

Abbrechen

Hilfe

Allgemeine Parameter

Thermischer Widerstand (J-C):	=		AND	=
Thermischer Widerstand (C):	=		AND	=
Maximale Verlustleistung:	=		AND	=
Leistungsverlust-Knickpunkt:	=		AND	=
Minimale Betriebstemperatur:	=		AND	=
Maximale Betriebstemperatur:	=		AND	=
ESD-Festigkeit(Num):	=		AND	=

Benutzerdefinierte Felder

Vendor(Text):

Status(Text):

Price(Text):

BenutzerFeld4 ist unbenannt:

BenutzerFeld5 ist unbenannt:

In den oben verfügbaren Feldern können Buchstaben und jedes SQL-Symbol (z.B.: \*, ?, etc.) eingegeben werden. Die Zahlenfelder können mit beliebigen Werten gefüllt und mit den Vergleichsfunktionen (=, >, <, >=, <=, <>, !=) verknüpft werden. Im Folgenden drei Beispiele: 1. Hersteller: Hew\* sucht und findet alle Bauteile in dieser Familie, die von einer Firma hergestellt

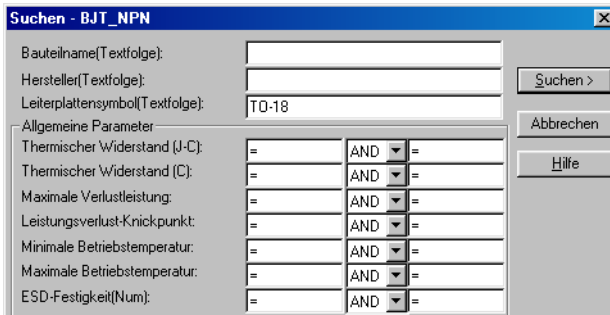
- Geben Sie Ihre Suchkriterien in die gewünschten Felder ein (Sie müssen mindestens ein Suchkriterium eingeben). Geben Sie Text oder Zahlen in wissenschaftlicher Schreibweise ein. Zahlen muss ein Symbol (z.B. "=") vorangestellt werden. Um einen Zahlenbereich zu definieren, können Sie die Symbole ">", "<", ">=" und "<=" verwenden. Bei Text wird Groß- oder Kleinschreibweise nicht berücksichtigt; Sie können auch das Platzhalterzeichen "\*" verwenden.

Ins Feld **Platzbedarf** können Sie z.B. Folgendes eingeben:

- Wenn Sie "CASE646-06" eingeben, wird nur nach der Textzeichenfolge "CASE646-06" gesucht.
- Wenn Sie "\*06" eingeben, wird nach jeder Zeichenfolge gesucht, die mit "06" endet.
- Wenn Sie "CASE\*" eingeben, wird nach jeder Zeichenfolge gesucht, die mit "CASE" beginnt.
- Wenn Sie "\*646\*" eingeben, wird nach jeder Zeichenfolge gesucht, in der die Ziffernfolge "646" enthalten ist.

Weitere Informationen über die Felder im Fenster Suchen finden Sie in "Allgemeine Parameter" auf Seite 4-34.

Das folgende Beispiel zeigt einen Wert, den Sie eingeben müssten, um einen Transistor mit einem Gehäuse des Typs "TO-18" zu finden:



- Um die Suche zu starten, müssen Sie auf **Suchen** klicken. Nach Beendigung der Suche wird das Fenster Suchergebnisse geöffnet.

**Tipp** Je genauer das von Ihnen eingegebene Suchkriterium ist, um so weniger Bauelemente werden gefunden.

- Gehen Sie beim Wählen eines Bauelements aus den Suchergebnissen wie folgt vor:  
Nach Beendigung der Suche wird das Fenster Suchergebnisse geöffnet, in dem Informationen über das erste gefundene Bauelement angezeigt werden. Die Dropdown-Liste **Bauelement** enthält eine Aufstellung aller Bauelemente, die Ihre Kriterien erfüllen. Im oben angegebenen Beispiel werden die Suchergebnisse wie folgt angezeigt:

Anzahl der Bauelemente, von denen die Suchkriterien erfüllt wurden.

Liste der Bauelemente, von denen die Suchkriterien erfüllt wurden.

Details der aus der Liste selektierten Bauelemente.

Suchergebnisse - BJT_NPN		Transistors Parameter:	
Bauteil (23 Gefunden)	2N2221	Vceo:	30
Hersteller/Stufe/Modell-ID:	Motorola-L0-2N2221	Vcbo:	60
Leiterplatensymbol:	TQ-18	Ic(max):	0.5
Common Parameters		hFE(min):	20
Thermischer Widerstand (J-C):	0.00	hFE(max):	120
Thermischer Widerstand (C):	0.00	Ft:	300
Maximale Verlustleistung:	0.80	Pd:	0.8
Leistungsverlust-Knickpunkt:	0.00	Package:	TQ-18
Minimale Betriebstemperatur:	0.00		
Maximale Betriebstemperatur:	0.00		
ESD-Festigkeit:	0.00		
Benutzerdefinierte Felder		Erweiterte Suche >	
Vendor		< Zurück	
Status		OK	
Price		Abbrechen	
BenutzerFeld4 ist unbenannt		Hilfe	
BenutzerFeld5 ist unbenannt			

- Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Bauelement** das gewünschte Bauelement. Wenn Sie Informationen über eines der gefundenen Bauelemente abrufen wollen, müssen Sie es nur aus der Dropdown-Liste wählen, wonach sich der Inhalt der Anzeigefelder entsprechend ändert.
- Um das gewählte Bauelement zu platzieren, müssen Sie auf **OK** klicken. Nun wird wieder das Schaltungsfenster geöffnet, in dem Sie das Bauelement durch Klicken auf die gewünschte Stelle platzieren können.
- Um wieder das Browserfenster zu öffnen, müssen Sie auf **Zurück** oder auf **Abbrechen** klicken.

## 4.3 Verwenden der Website Edaparts.com

Die Website Edaparts.com wurde speziell für Multisim-Benutzer generiert. Auf dieser Website stehen Ihnen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Das Suchen nach Bauelementedefinitionen, die Sie anschließend in Ihre Multisim-Benutzerdatenbank herunterladen können.
- Das Aktualisieren Ihrer Multisim-Hauptdatenbank durch Hinzufügen neuer Bauelementedefinitionen, die speziell für Ihre Version von Multisim generiert wurden.
- Das Durchsuchen der Websites von Bauelementeherstellern nach bestimmten Bauelementen.
- Das Anfordern von Angeboten von Bauelementelieferanten.

Bei Ihrem ersten Besuch auf dieser Website müssen Sie sich mit einem Passwort anmelden.

### 4.3.1 Suchen und Herunterladen von Bauelementedefinitionen

Nachstehend ist beschrieben, wie Sie die Website aus Multisim heraus besuchen und sie dann durchsuchen können, um Bauelementedefinitionen herunterzuladen. Die Website enthält auch eine Anleitung, die Sie Schritt für Schritt durch das Verfahren führt.

#### 4.3.1.1 Suchen von Bauelementedefinitionen

- Gehen Sie beim Suchen und Herunterladen von Bauelementedefinitionen wie folgt vor:

**Hinweis** Von der Website Edaparts.com heruntergeladene Bauelementedefinitionen enthalten keine Simulationsmodelle und unter Umständen auch keine Informationen über ihren Platzbedarf. Um diese Bauelemente zu simulieren, müssen Sie mit Hilfe der Funktion Bauelemente-Editor Modellinformationen hinzufügen. Informationen über den Platzbedarf von Bauelementen können ebenfalls mit Hilfe der Funktion Bauelemente-Editor hinzugefügt werden. Weitere Informationen über das Hinzufügen von Modell- und Platzbedarfsinformationen finden Sie in “Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementemodells” auf Seite 5-29 und “Generieren und Bearbeiten der Layouts von” auf Seite 5-33.




1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Edaparts.com oder wählen Sie die Option **Werkzeuge/ Edaparts.com**. Nun wird der standardmäßige Webbrowser gestartet, in dessen Fenster die Website Edaparts.com erscheint.




Alternativ können Sie wie folgt vorgehen:

Verwenden Sie Ihren Webbrowser, um die Website <http://www.Edaparts.com> zu öffnen.



2. Um nach einem Bauelement zu suchen, müssen Sie auf **FreeTradeZone** klicken. Nun werden Sie aufgefordert, ein Passwort einzugeben.
3. Gehen Sie gemäß den Anweisungen im Anmeldefenster vor, um sich entweder anzumelden (wenn Sie bereits über ein Passwort verfügen) oder sich als neuen Benutzer zu registrieren. Nach dem Anmelden wird ein Fenster mit dem Titel "freetradezone" geöffnet, das in die drei Bereiche mit den Titeln "research it", "find it" und "buy it" untergliedert ist. Weitere Informationen über die Bereiche "find it" und "buy it" dieses Fensters finden Sie in "Suchen und Kaufen von Bauelementen sowie Anfordern von Angeboten" auf Seite 4-32.
4. Um nach Bauelementdefinitionen zu suchen, die Sie anschließend herunterladen können, müssen Sie auf "research it" klicken.
5. Geben Sie in die entsprechenden Felder eine Teilenummer, einen Herstellernamen oder Schlüsselwörter ein, und gehen Sie hierbei gemäß den Anweisungen auf dem Bildschirm vor.
6. Klicken Sie auf **Suchen**. Nun werden die Suchergebnisse angezeigt. Wenn Sie bei Ihrer Suche mehrere Bauelementekategorien gefunden haben, werden diese mit einem Ordnersymbol links von der Kategorie angezeigt.

 Your search criteria found devices in multiple categories. Select one of the categories below to view parts.

Select	Categories
	Integrated Circuit - Analog - Power Supply - Voltage Reference
	Integrated Circuit - Consumer - Radio Receiver Circuit - FM
	Integrated Circuit - Consumer - Remote Control - Transmitter/Encoder

- Wenn Sie bei Ihrer Suche einzelne Bauelemente gefunden haben, werden diese aufgelistet.

<input type="checkbox"/>	<a href="#">LM1875T</a>	Single Audio Amplifier	<a href="#">National Semiconductor Corp</a>	Active			
<input type="checkbox"/>	<a href="#">LM1875T/A+</a>	Single Audio Amplifier	<a href="#">National Semiconductor Corp</a>	Discontinued			
<input type="checkbox"/>	<a href="#">LM1875T/B+</a>	Single Audio Amplifier	<a href="#">National Semiconductor Corp</a>	Discontinued			

- Wenn Ihre Suche ergebnislos verlaufen ist, müssen Sie auf die Schaltfläche **Zurück** klicken und die Suche wiederholen.
7. Wenn Sie bei Ihrer Suche Bauelementekategorien gefunden haben, können Sie die Liste der Bauelemente der jeweiligen Kategorie anzeigen lassen, indem Sie aufs Ordnersymbol neben der gewünschten Kategorie klicken.
  8. Klicken Sie auf die Herstellerteilenummer (blau) des gewünschten Bauelements. Nun werden weitere Detailinformationen zum gewünschten Bauelement angezeigt.

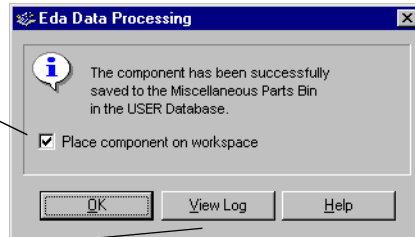
### 4.3.1.2 Herunterladen von Bauelementedefinitionen mit dem Befehl Edaparts.com

- Nach der Auswahl eines Bauelements (siehe oben) können Sie dessen Definitionen herunterladen. Wenn Sie die Website Edaparts.com aus Multisim heraus besucht haben, müssen Sie wie folgt vorgehen:

1. Um die Definitionen des gewählten Bauelements herunterzuladen, müssen Sie auf **In Multisim herunterladen** im unteren rechten Teil des Bildschirms klicken. Nun wird das Fenster Verarbeitung der Eda-Daten geöffnet.

Platzieren Sie das Bauelement im aktiven Multisim-Arbeitsbereich, und speichern Sie es in der Ablage für verschiedene Bauelemente der Benutzerdatenbank.

Nun wird das Fenster Protokoll anzeigen geöffnet, in dem der Download-Status und die Bauelementedaten angezeigt werden.



2. Folgende Optionen sind verfügbar:

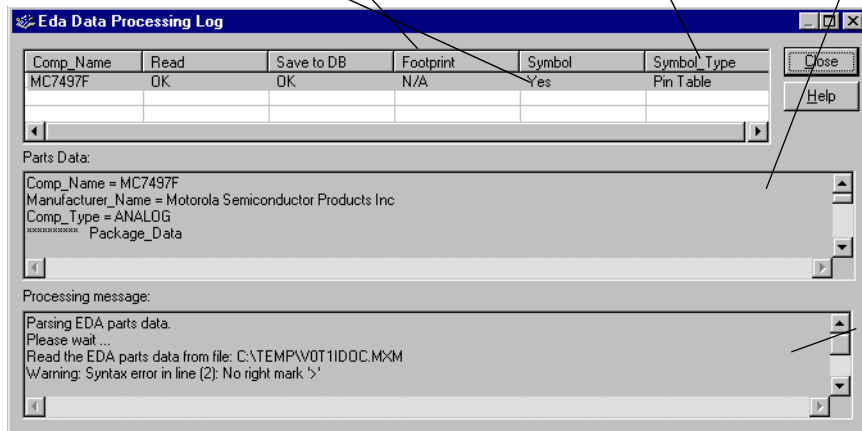
- Um das Bauelement im aktiven Multisim-Arbeitsbereich zu platzieren und in der Ablage für verschiedene Bauelemente der Benutzerdatenbank zu speichern, müssen Sie die Option **Bauelement im Arbeitsbereich platzieren** wählen.
- Um das Bauelement in der Ablage für verschiedene Bauelemente der Benutzerdatenbank zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken.
- Um den Status des Herunterladens der zu speichernden Bauelementedefinitionen anzuzeigen, müssen Sie auf **Protokoll anzeigen** klicken. Nun wird das Fenster Protokoll anzeigen geöffnet (siehe unten):

Hier wird angezeigt, ob das Bauelement Platz auf der Leiterplatte belegt.

Hier wird angezeigt, ob dem Bauelement ein Symbol zugeordnet ist.

Hier wird das Verfahren angezeigt, nach dem das geladene Symbol generiert wird. Hierfür stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: "Anschlussabelle" und "Bauelementtyp" (Multisim ist in der Lage, den Bauelementtyp zu interpretieren).

Dies sind die Bauelementeinformationen, die zusammen mit der Bauelementdefinition geladen wurden.

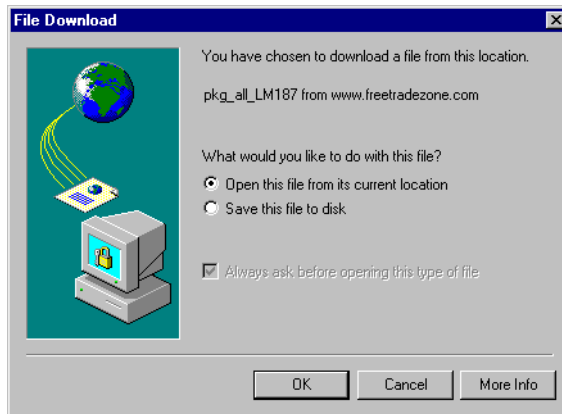


Verarbeiten der Informationen

**Hinweis** Die Bauelementeinformationen werden nicht gespeichert, wenn sie keine Informationen über die Anschlussbelegung oder den Gehäusotyp enthalten.

### 4.3.1.3 Herunterladen von Bauelementedefinitionen mit einem Webbrowser

- Wenn Sie mit Ihrem Browser durch die Website Edaparts.com navigieren, können Sie die ausgewählten Bauelementedefinitionen wie folgt herunterladen:
1. Um die Definitionen des gewählten Bauelements herunterzuladen, müssen Sie auf **In Multisim herunterladen** im unteren rechten Teil des Bildschirms klicken. Nun wird das Windows-Fenster Datei heruntergeladen geöffnet.



2. Um die Bauelementedefinitionen zu speichern und später in Multisim zu laden, müssen Sie die Option **Datei auf Festplatte speichern** wählen. Nun wird das Windows-Fenster Speichern als geöffnet.
  3. Wählen Sie den gewünschten Speicherort für die Bauelementedefinitionen auf einem Computer, auf dem Multisim installiert ist. Die Bauelementedefinitionen werden in einer Datei mit der Dateinamenerweiterung .mxml gespeichert.
- Gehen Sie beim Laden einer gespeicherten Bauelementedatei in die Multisim-Benutzerdatenbank wie folgt vor:
1. Doppelklicken Sie auf eine Bauelementedatei mit der Dateinamenerweiterung .mxml. Nun wird das Multisim-Programm gestartet und das Fenster Verarbeiten der Eda-Daten geöffnet.
  2. Folgende Optionen sind verfügbar:
    - Um das Bauelement im aktiven Multisim-Arbeitsbereich zu platzieren und in der Ablage für verschiedene Bauelemente der Benutzerdatenbank zu speichern, müssen Sie die Option **Bauelement im Arbeitsbereich platzieren** wählen.
    - Um das Bauelement in der Ablage für verschiedene Bauelemente der Benutzerdatenbank zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken.

- Um den Status des Herunterladens der zu speichernden Bauelementedefinitionen anzuzeigen, müssen Sie auf **Protokoll anzeigen** klicken.

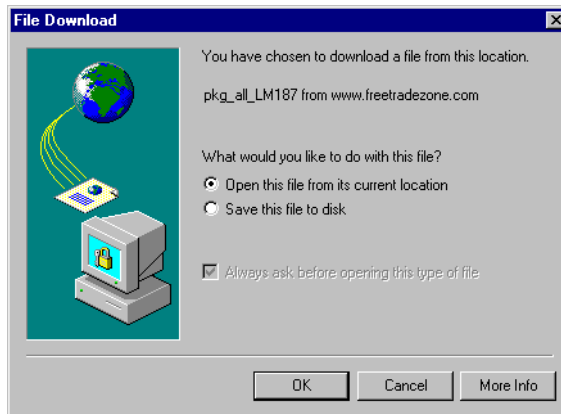
## 4.3.2 Aktualisieren der Multisim-Hauptdatenbank

Nachstehend ist beschrieben, wie Sie Ihre Multisim-Hauptdatenbank aktualisieren können, indem Sie neue Bauelementedefinitionen hinzufügen, die Sie speziell für Ihre Version von Multisim generiert haben.

- Gehen Sie beim Aktualisieren Ihrer Multisim-Hauptdatenbank unter Verwendung der Bauelementedefinitionen von der Website Edaparts.com wie folgt vor:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Edaparts.com oder wählen Sie die Option **Werkzeuge/Edaparts.com**. Nun wird der standardmäßige Webbrowser gestartet, in dem das Fenster Website Edaparts.com geöffnet wird.
2. Klicken Sie auf den Namen Ihrer Version von Multisim (z.B. Professional, Power Professional, Educational, Personal oder Student). Nun wird das Windows-Fenster Datei herunterladen geöffnet.



3. Wählen Sie die Option "Die Datei von ihrem aktuellen Ort öffnen".
4. Klicken Sie auf **OK**. Nun wird das Multisim-Programm gestartet; das Fenster Daten mischen wird geöffnet; die Datenbank wird aktualisiert. Nach Beendigung der Aktualisierung erscheint im Fenster Daten mischen die Meldung "Beendet", worauf das Fenster geschlossen wird.
5. Wenn Sie die Aktualisierung anhalten wollen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken.

### 4.3.3 Suchen und Kaufen von Bauelementen sowie Anfordern von Angeboten

Sie können die Website Edaparts.com auch dazu verwenden, um die Websites von Bauelementelieferanten nach bestimmten Bauelementen zu durchsuchen und Angebote von Bauelementelieferanten einzuholen. Weitere Informationen über diese Funktionen finden Sie in den Anleitungen zu den Bereichen "find it" und "research it" auf der Website Edaparts.com.

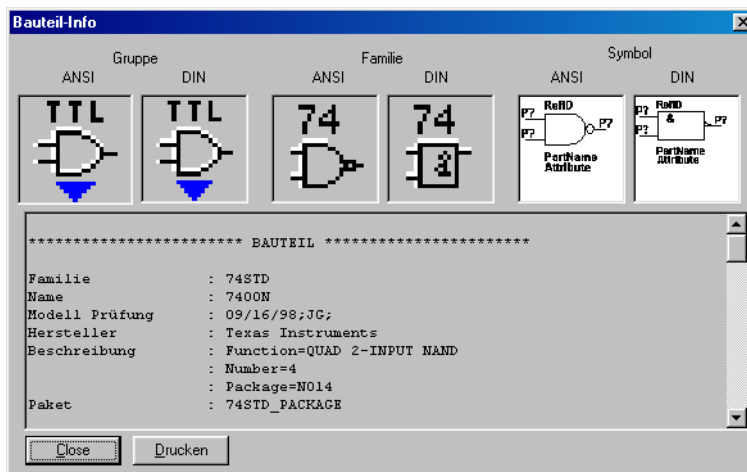
## 4.4 Gespeicherte Bauelementeinformationen

In den Multisim-Datenbanken werden Informationen über Bauelemente in vordefinierten Feldern (d.h. Feldern, die bereits standardmäßig von Multisim ausgefüllt sind) und in vom Benutzer auszufüllenden Feldern (d.h. Feldern, in die Sie Informationen über ein Bauelement eingeben können) gespeichert. Beide Arten von Informationen werden im Browser- und im Suchfenster angezeigt. Die vom Benutzer auszufüllenden Felder werden nur bei der Multisim-Version mit dem Modul Schaltungsentwicklung im Team angezeigt.

Multisim generiert auch einen detaillierten Bericht mit Informationen über Bauelemente, deren Modelle und Gehäuse.

- Gehen Sie wie folgt vor, um diesen Bericht einsehen zu können:

Klicken Sie im Browserfenster auf **Detailbericht**. Nun wird ein Fenster mit einem ausführlichen Bericht geöffnet, der eingesehen und ausgedruckt werden kann. Beispiel:



## 4.4.1 Vordefinierte Felder

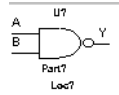
Für jedes Bauelement werden die folgenden Informationen in der Multisim-Hauptdatenbank gespeichert:

- Allgemeine Informationen
- Allgemeine Parameter
- Bauelementespezifische Daten

### 4.4.1.1 Allgemeine Informationen

Im Browserfenster erscheinen nun folgende Felder:

Feld	Beschreibung	Beispiel
Datenbankname	Name der Multisim-Datenbank, in der die Bauelementedefinitionen gespeichert sind.	Multisim-Hauptdatenbank
Bauelementefamilie	Name der Bauelementefamilie, zu der das Bauelement gehört. Hiermit wird bestimmt, welches Werkzeugsymbol beim Platzieren des Bauelements verwendet wird.	74S
Bauelementename	Name des jeweiligen Bauelements.	74S00D
Platzbedarf	Platzbedarf des Bauelements (dies gilt nur für reale Bauelemente). Diese Informationen werden von Ultiboard oder der Leiterplattenentflechtungssoftware anderer Hersteller verwendet.	DO14
Funktion	Beschreibung des Bauelements.	Vierfach-NICHT-UND-Gatter mit zwei Eingängen
Modelldaten	Hierin ist der Modellcode enthalten.	In SPICE
Herstellername	Name des Herstellers des Bauelements. Dieser ist in der Stückliste aufgeführt.	Texas Instruments
Modellebenenkennung	Diese wird während der Simulation verwendet (hierbei könnte es sich z.B. um SPICE-Code, VHDL, Verilog HDL usw. handeln).	L.0

Feld	Beschreibung	Beispiel
Symbol	Verwendetes Symbol (entweder nach ANSI oder DIN) für die Darstellung des Bauelements während der Schaltungserfassung.	

### 4.4.1.2 Allgemeine Parameter

Hierbei handelt es sich um Informationen für die Angabe der Parameterwerte, die für sämtliche Bauelemente gelten. Diese Informationen können unter Verwendung der Funktion für die standardmäßige Suche durchsucht werden; die Suchergebnisse erscheinen im Fenster Suche.

Feld	Beschreibung	Beispiel
Thermischer Widerstand Sperrschicht	Der thermische Widerstand des Bauelements (W oder °C).	0,00
Thermischer Widerstand am Gehäuse	Der thermische Widerstand des gesamten Gehäuses (W oder °C).	0,00
Wärmeverlustleistung	Die Wärmeverlustleistung des gesamten Bauelements (W).	0,08
Oberer Temperaturgrenzwert	Der Punkt, ab dem die Ausgangsleistung des Bauelements abfällt (°C).	0,00
Minimale Betriebstemperatur	Die minimale Betriebstemperatur des Bauelements (in °C).	0,00
Maximale Betriebstemperatur	Die maximale Betriebstemperatur des Bauelements (in °C).	0,70
Elektrostatische Spannung	Die maximale elektrostatische Spannung, mit der das Bauelement aufgeladen werden kann (V).	0,00

### 4.4.1.3 Bauelementespezifische Daten

Hierbei handelt es sich um wichtige elektrische Daten, die sich von Bauelement zu Bauelement unterscheiden. Diese Informationen werden häufig für die erweiterte Suche benötigt. Weitere Informationen hierzu enthält die Bauelementebeschreibung im entsprechenden Anhang.

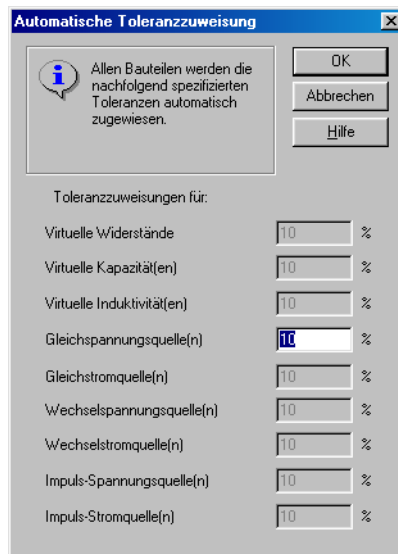


## 4.5 Nominale Parameterwerte und Toleranzen

Multisim verwendet die nominalen Parameterwerte für jedes Bauelement bei der Simulation.

Wenn Sie ein Bauelementverhalten erreichen wollen, das sich näher an der Realität orientiert, können Sie mit Toleranzen arbeiten. Hierbei werden nach einem Pseudozufallsverfahren Toleranzwerte angewandt, um das Verhalten tatsächlicher, physischer Bauelemente zu simulieren. Die Simulationsergebnisse werden durch die angewandten Toleranzwerte beeinflusst. Beispielsweise kann der Wert eines 1-k $\Omega$ -Widerstands mit einer Toleranz von 10 % um 100  $\Omega$  schwanken.

- Wählen Sie die Toleranzen, die auf diese Bauelemente angewandt werden sollen.
1. Wählen Sie die Option **Simulation/Automatische Toleranzzuweisung**. Wenn die Toleranzen undefiniert sind, wird ein Fenster geöffnet, in dem Sie den Prozentwert der Toleranz für jedes Bauelement in der Schaltung angeben können, auf das Toleranzen anwendbar sind. Beispiel:



Nur Bauelementen in der aktiven Schaltung können diesem Fenster Parameterwerte zugeordnet werden.

2. Geben Sie die gewünschten Toleranzwerte ein.
3. Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Um die Toleranzwerte zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken. Das Simulationsprogramm verwendet nun die angegebenen Toleranzwerte nach einem Zufallsverfahren.



# Kapitel 5

## Bauelemente-Editor

In diesem Kapitel wird erklärt, wie Sie ein Bauelement generieren, bearbeiten, kopieren oder löschen, und wie Sie die Bauelementedatenbank von Multisim 2001 verwalten können. In diesem Kapitel wird ferner erklärt, wie Sie von Ihnen entwickelte, gekaufte oder auf andere Weise beschaffte Modelle in die Datenbank von Multisim 2001 laden, und wie Sie die Simulationsmodelle unter Verwendung der Multisim-Modellgeneratoren oder durch Codemodellierung generieren können.



**Hinweis** Einige der in diesem Kapitel beschriebenen Eigenschaften stehen unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 zur Verfügung. Diese Eigenschaften sind mit einem Symbol in der Spalte neben der zugehörigen Beschreibung gekennzeichnet. Einige Menüoptionen und Schaltflächen in der Werkzeugleiste für die Messinstrumenteauswahl für den Bauelemente-Editor werden nicht zur Auswahl angeboten, wenn Sie **Optionen/Vereinfachte Version** gewählt haben. Weitere Informationen über die Optionen der vereinfachten Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

### 5.1 Einführung in den Bauelemente-Editor

Sie können jedes Bauelement in der Multisim-Bauelementedatenbank modifizieren. (Weitere Informationen über diese Datenbank finden Sie in Kapitel 4, “Bauelemente”.) Beispielsweise könnte ein bereits vorhandenes Bauelement in einem neuen Gehäuse (ursprünglich für Durchkontaktierung, nun aber für SMT) zur Verfügung stehen. Sie können die Bauelementeinformationen auch auf einfachste Weise kopieren und nur die Gehäusedetails bearbeiten, um dieses neue Bauelement zu generieren. Sie können auch Ihr eigenes Bauelement generieren und in der Datenbank speichern, oder aber ein Bauelement aus einer anderen Signalquelle laden.

**Hinweis** In der Multisim-Datenbank ist eine Vielzahl von Informationen über Bauelemente gespeichert. Je nach seiner Verwendung ist für das Generieren eines Bauelements eine Vielzahl von Informationen erforderlich. Wir empfehlen, dass Sie ein bereits vorhandenes, ähnliches Bauelement bearbeiten, statt ein neues zu generieren. Wie in Kapitel 4, “Bauelemente” beschrieben, wird jedes Bauelement in der Bauelementedatenbank durch folgende Informationen identifiziert:

- Allgemeine Informationen (z.B. Name, Hersteller, Datum und Autor) finden Sie in “Bearbeiten eines Bauelements, allgemeine Eigenschaften” auf Seite 5-9.
- Symbol (die bildliche Darstellung des Bauelements für die Schaltungsentwicklung); siehe “Bearbeiten und Generieren eines Bauelementesymbols” auf Seite 5-19.
- Modell (Informationen zur Darstellung des Verhaltens des Bauelements während der Simulation) – dies ist nur für Bauelemente erforderlich, die simuliert werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementemodells” auf Seite 5-29.
- Gehäuseabmessungen (hierbei handelt es sich um die Gehäuseabmessungen, die von Multisim verwendet werden, wenn ein Schaltplan, der dieses Bauelement enthält, in ein Softwarepaket für die Leiterplattenentflechtung wie Ultiboard exportiert wird); siehe “Generieren und Bearbeiten der Layouts von” auf Seite 5-33
- Schaltungsparameter des Bauelements; siehe “Bearbeiten eines Bauelements, Schaltungsparameter” auf Seite 5-10.
- Felder mit benutzerspezifischen Daten (diese werden gegebenenfalls für eine genauere Definition der Bauelemente verwendet)

Zusätzlich können alle Bauelemente mit Hilfe der Datenbankverwaltung organisiert werden; diese ermöglicht unter anderem:

- Das Hinzufügen und Entfernen von Bauelementefamilien aus der Benutzerdatenbank
- Das Bearbeiten der Titel benutzerspezifischer Felder für jede beliebige Datenbank
- Das Hinzufügen und Bearbeiten der Symbole von Schaltflächen in der Werkzeugeiste

**Hinweis** Wenn Sie Informationen über ein Bauelement in der Multisim-Hauptdatenbank bearbeiten, müssen Sie die geänderten Informationen in der Benutzerdatenbank ("User") oder Unternehmensdatenbank ("Corporate Library") speichern, um eine Verfälschung der Daten in der Multisim-Hauptdatenbank zu vermeiden.

---

**Achtung:** Wenn Sie Informationen über ein Bauelement in der Unternehmensdatenbank oder der Benutzerdatenbank bearbeiten, werden Sie aufgefordert, für dieses Bauelement einen neuen Namen einzugeben. Wenn Sie das Bauelement nicht mit einem neuen Namen bezeichnen, speichert Multisim die Änderungen im ursprünglichen Datensatz, sodass die ursprünglichen Informationen über dieses Bauelement in der Benutzerdatenbank oder der Unternehmensdatenbank überschrieben werden. Es wird empfohlen, einem Bauelement auch dann einen neuen Namen zuzuweisen, wenn dieses nur geringfügig geändert wurde.

---

Sie können festlegen, dass Bauelementeinformationen nicht von Schulungsteilnehmern geändert werden können. Sie können auch festlegen, dass Schulungsteilnehmer an Bauelementeinformationen nur bestimmte Änderungen durchführen können. (Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Verwenden von Einschränkungen” auf Seite 13-4.)

## 5.2 Datenbankverwaltung

Das Fenster Datenbankverwaltung ermöglicht Ihnen Folgendes:

- Das Hinzufügen und Entfernen von Bauelementegruppen aus der Benutzerdatenbank. Sie können keine Bauelementefamilien zur Multisim-Hauptdatenbank hinzufügen oder aus dieser löschen.
  - Das Bearbeiten der Titel benutzerspezifischer Felder für jede beliebige Datenbank.
  - Das Hinzufügen oder Bearbeiten der Symbole von Schaltflächen in der Werkzeugleiste für Bauelementefamilien in Benutzerdatenbanken oder Unternehmensdatenbanken.
- Öffnen Sie das Fenster Datenbankverwaltung wie folgt:

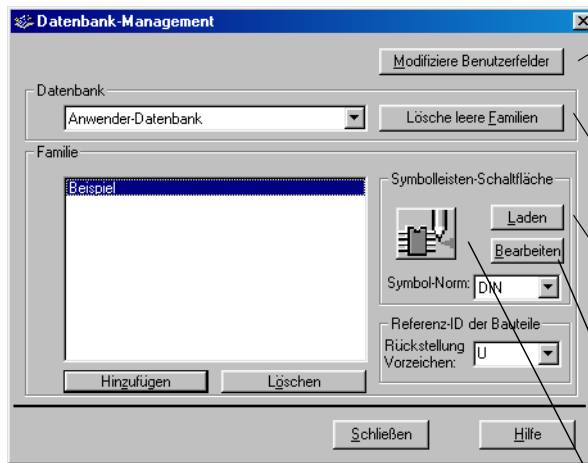
1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Bauelemente-Editor in der Werkzeugleiste und wählen Sie **Datenbankverwaltung** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü.



Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Wählen Sie **Werkzeuge/Datenbankverwaltung**.

Nun wird das Fenster Datenbankverwaltung geöffnet.



In diesem Fenster können Sie die Titel der benutzerspezifischen Felder auf der Registerkarte Benutzerfeld im Fenster Bauelementeeigenschaften für Bauelemente in der ausgewählten Datenbank bearbeiten.

Hier können Sie auch alle leeren Bauelementefamilien in der ausgewählten Datenbank löschen.

In diesem Fenster können Sie einer ausgewählten Bauelementefamilie und einem Symbolsatz eine andere Schaltfläche in der Werkzeugleiste zuordnen.

Sie können auch eine bereits definierte Schaltfläche in der Werkzeugleiste bearbeiten.

Hier wird die Schaltfläche in der Werkzeugleiste angezeigt, die der ausgewählten Bauelementefamilie zugeordnet ist.

- Gehen Sie beim Hinzufügen einer Bauelementefamilie zur Benutzerdatenbank oder zur Unternehmensdatenbank wie folgt vor:
  1. Wählen Sie die gewünschte Datenbank aus der Datenbankliste.
  2. Klicken Sie auf **Hinzufügen**. Nun werden Sie aufgefordert, eine Bauelementefamiliengruppe (z.B. Transistoren, Analogbauelemente) auszuwählen und den Namen der Bauelementefamilie (z.B. Muster) einzugeben.
  3. Klicken Sie auf **OK**. Nun wird wieder das Fenster Datenbankverwaltung geöffnet.
  4. Der neuen Bauelementefamilie wird automatisch das Symbol der Gruppe zugeordnet. Sie können diese Zuordnung wie nachstehend beschrieben bearbeiten.
  5. Die neue Bauelementefamilie erscheint in der Werkzeugleiste der zugehörigen Bauelementefamilie (Gruppe). Eine neue Bauelementefamilie mit der Bezeichnung Muster erscheint z.B. in der Ablage für passive Bauelemente der gewählten Bibliothek.
- Nachstehend ist das Laden einer Schaltfläche für die Bauelemente-Werkzeugleiste beschrieben:
  1. Wenn die gewünschte Bauelementefamilie gewählt ist, müssen Sie auf **Laden** klicken. Nun werden Sie aufgefordert, die gewünschte Datei mit Schaltflächen für Werkzeugleisten zu suchen.

2. Wählen Sie die gewünschte Datei mit Schaltflächen für Werkzeugleisten und klicken Sie auf **Öffnen**.
  3. Die neue Schaltfläche für die Werkzeugleiste erscheint im Fenster Datenbankverwaltung im Bereich der Werkzeugleiste.
- Gehen Sie beim Bearbeiten der standardmäßigen Schaltfläche für die Bauelemente-Werkzeugleiste wie folgt vor:
1. Wenn die gewünschte Bauelementefamilie gewählt ist, müssen Sie auf **Bearbeiten** klicken.
  2. Nun wird das Zeichenprogramm gestartet und die Bitmapdatei mit der Schaltfläche geöffnet.
  3. Bearbeiten Sie die Bitmapdatei wie gewünscht, speichern Sie die Datei und beenden Sie das Zeichenprogramm.
  4. Die geänderte Schaltfläche erscheint nun als Schaltfläche für die Bauelemente-Werkzeugleiste.
- Gehen Sie beim Löschen einer Bauelementefamilie aus der Benutzerdatenbank oder der Unternehmensdatenbank wie folgt vor:
1. Wählen Sie die Datenbank aus der Datenbankliste, aus der Sie die Bauelementefamilie löschen wollen.
  2. Wählen Sie die zu löschende Bauelementefamilie aus der Bauelementefamilienliste.
  3. Klicken Sie auf **Löschen**. Sie werden nun aufgefordert, den Löschvorgang zu bestätigen.
  4. Bestätigen Sie den Löschvorgang durch Klicken auf **OK**. Nun wird wieder das Fenster Datenbankverwaltung geöffnet.
- Gehen Sie beim Bearbeiten der Titel der benutzerspezifischen Felder wie folgt vor:
1. Klicken Sie auf **Bearbeiten der Titel von Benutzerfeldern**. Nun wird das Fenster Bearbeiten der Titel von Benutzerfeldern geöffnet.



Titeländerung der benutzerdefinierten Felder	
Benutzer-Feld 1:	Verfügbarkeit
Benutzer-Feld 2:	Preis
Benutzer-Feld 3:	
Benutzer-Feld 4:	
Benutzer-Feld 5:	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Abbrechen"/>	

2. Geben Sie die gewünschten Informationen in die Titelblöcke ein.
3. Klicken Sie auf **OK**. Nun wird wieder das Fenster Datenbankverwaltung geöffnet.

**Hinweis** Durch das Bearbeiten von Titelblöcken werden nur die Titel für alle Datenbanken geändert; die ausgewählte Datenbank bleibt unverändert. Die Titel der benutzerspezifischen Felder können jederzeit wieder geändert werden.

- Gehen Sie beim Löschen leerer Bauelementefamilien aus der Benutzerdatenbank oder der Unternehmensdatenbank wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf **Löschen leerer Bauelementefamilien**. Nun werden Sie aufgefordert, den Befehl zum Löschen aller leeren Ordner für Bauelementefamilien zu bestätigen.
  2. Fahren Sie fort, indem Sie auf **OK** klicken. Alle leeren Ordner für Bauelementefamilien werden aus der Bauelementefamilienliste im Fenster Datenbankverwaltung für die gewählte Datenbank gelöscht.

## 5.3 Bauelemente-Editor

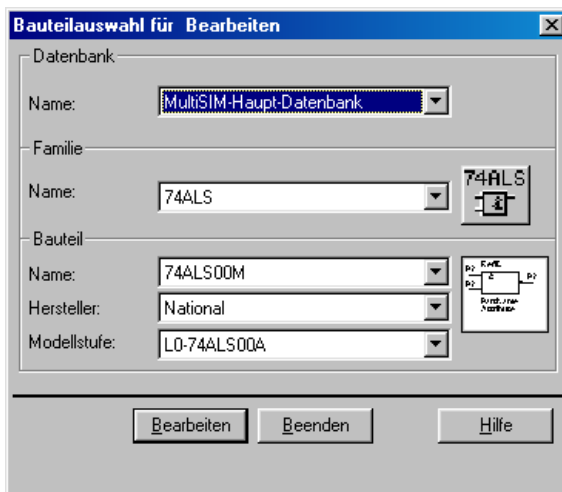
- Gehen Sie beim Bearbeiten eines bereits vorhandenen Bauelements wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Bauelemente-Editor in der Werkzeugleiste und wählen Sie **Bauelement bearbeiten** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü.



Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Wählen Sie **Werkzeuge/Bauelement bearbeiten**.

Das Fenster Bauelementauswahl wird geöffnet:



2. Wählen Sie aus der Liste **Datenbankname** diejenige Datenbank, die das zu ändernde Bauelement enthält.



3. Wählen Sie aus der Liste **Familienname** diejenige Bauelementefamilie, die das zu ändernde Bauelement enthält. Nun erscheint das Symbol der gewählten Bauelementefamilie auf dem Bildschirm.
4. Wählen Sie das zu ändernde Bauelement aus der Liste **Bauelementename**. Nun erscheint das Symbol des gewählten Bauelements auf dem Bildschirm.
5. Wählen Sie bei Bedarf den Hersteller und die **Modellebenenkennung** des zu ändernden Bauelements (dies ist nur erforderlich, wenn mehrere Hersteller oder Modelle vorhanden sind).
6. Fahren Sie fort, indem Sie auf **Bearbeiten** klicken. (Wenn Sie den letzten Befehl widerrufen wollen, müssen Sie auf **Beenden** klicken.) Nun wird das Fenster Bauelementeigenschaften mit mehreren Registerkarten geöffnet:

In jeder Registerkarte können Sie auf **Speichern** klicken, um das geänderte Bauelement zu speichern.

Weitere Informationen über diese Registerkarten finden Sie hier:

- “Bearbeiten eines Bauelements, allgemeine Eigenschaften” auf Seite 5-9
- “Bearbeiten und Generieren eines Bauelementesymbols” auf Seite 5-19
- “Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementemodells” auf Seite 5-29
- “Generieren und Bearbeiten der Layouts von” auf Seite 5-33
- “Bearbeiten eines Bauelements, Schaltungsparameter” auf Seite 5-10



Nun werden Sie aufgefordert, anzugeben, wo das geänderte Bauelement gespeichert werden soll.



Wählen Sie die Datenbank, in der das geänderte Bauelement gespeichert werden soll.

Wählen Sie die Bauelementefamilie, in der das geänderte Bauelement gespeichert werden soll.

Klicken Sie hier, um die neue Bauelementefamilie hinzuzufügen (Sie werden zur Eingabe von Bauelementegruppe und Bauelementename aufgefordert).

## 5.4 Bearbeiten eines Bauelements, allgemeine Eigenschaften

Auf der Registerkarte Allgemeines im Fenster Bauelementeeigenschaften können Sie den Namen und den Hersteller des Bauelements bearbeiten. Die Daten und der Name des Autors werden aus den Systeminformationen extrahiert und können nicht verändert werden.

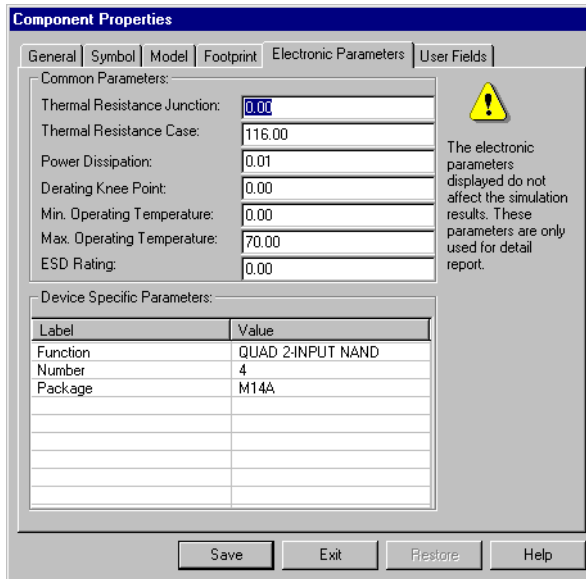
The screenshot shows the 'Bauteil-Eigenschaften' dialog box. The 'Benutzerdefinierte Felder' tab is selected, and the 'Allgemein' sub-tab is active. The 'Bauteil' section contains the following data:

Feld	Wert
Name	74ALS00M
Hersteller	National
Datum	03/23/00 (Monat/Tag/Jahr)
Bearbeiter	JVT

Buttons at the bottom: Speichern, Beenden, Wiederherstellen, Hilfe.

## 5.5 Bearbeiten eines Bauelements, Schaltungsparameter

Das Fenster enthält zwei Sätze von Feldern. Die Schaltungsparameter hängen vom jeweiligen Bauelementtyp ab. Im Anhang dieses Handbuchs (dieses wird nur mit der Version Power Professional als gedrucktes Handbuch ausgeliefert) sind die Schaltungsparameter der Bauelemente aller Familien detailliert beschrieben.



Gemeinsame Schaltungsparameter gelten für alle Bauelemente.

Die Bauelementeparameter sind für jedes Bauelement unterschiedlich.

Die Inhalte der Felder für gemeinsame Schaltungsparameter gelten für alle Bauelemente. Hierbei handelt es sich um folgende:

Feld	Beschreibung
Thermischer Widerstand an der Verbindungsstelle	Geben Sie die thermischen Eigenschaften des Bauelements ein oder ändern Sie diese (d.h. den thermischen Widerstand zwischen der Verbindungsstelle und dem Gehäuse), und zwar in W oder °C.
Thermischer Widerstand am Gehäuse	Geben Sie die thermischen Eigenschaften des gesamten Gehäuses (Bauelements) in W oder °C oder ändern Sie diese.
Wärmeverlustleistung	Geben Sie die Wärmeverlustleistung des Bauelements in W ein oder ändern Sie diese.

Feld	Beschreibung
Oberer Temperaturgrenzwert	Geben Sie die Temperatur ein, bei der die Ausgangsleistung des Bauelements bzw. Gehäuses abfällt, oder ändern Sie diese, um sicherzustellen, dass das Bauelement innerhalb seines zulässigen Temperaturbereichs betrieben wird. Geben Sie den Temperaturwert in °C ein.
Minimal zulässige Betriebstemperatur	Geben Sie die niedrigste Umgebungstemperatur ein, bei der das Bauelement noch zuverlässig arbeitet, oder ändern Sie diese. Geben Sie den Temperaturwert in °C ein.
Maximal zulässige Betriebstemperatur	Geben Sie die niedrigste Umgebungstemperatur ein, bei der das Bauelement noch zuverlässig arbeitet. Geben Sie den Temperaturwert in °C ein.
Parameterwerte für elektrostatische Entladung	Geben Sie die Parameterwerte für elektrostatische Entladung für das Bauelement ein oder ändern Sie diese.

## 5.6 Hinzufügen von Bauelementen

In Multisim ist ein Bauelementeassistent enthalten, der Sie schrittweise durch den Vorgang des Generierens eines Bauelements führt.

➤ Gehen Sie beim Generieren eines Bauelements wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Bauelemente-Editor in der Werkzeugleiste und wählen Sie **Bauelement generieren** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü.



Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Wählen Sie **Werkzeuge/Bauelement bearbeiten**.

Nun wird das Fenster des Assistenten zum Generieren von Bauelementen geöffnet.

Spezifizieren Sie die Bauteilinformationen

Bauteilname:  
test

Herstellername:  
ccc

Bauteiltyp:  
Analog

Bauteil benötigt Simulationsmodell und Leiterplattensymbol (Footprint)

Bauteil benötigt nur Simulationsmodell

Bauteil benötigt nur Leiterplattensymbol (Footprint)

Weiter >      Abbrechen

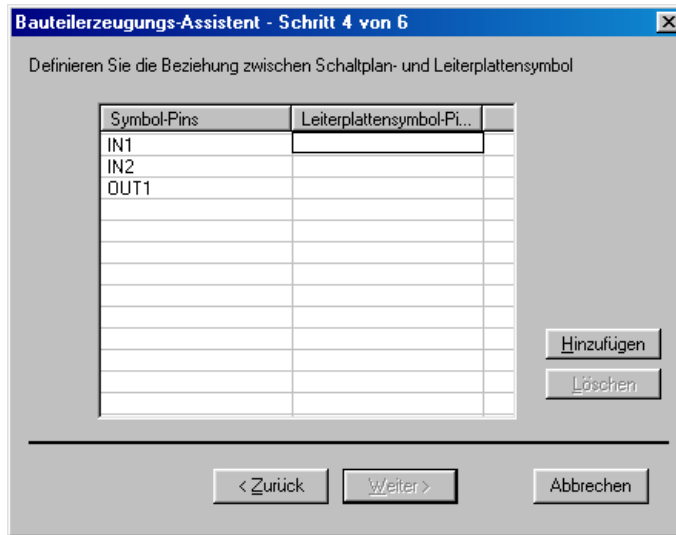
- Geben Sie den Namen, den Hersteller und den Typ des Bauelements ein.
- Wählen Sie die Anforderungen an die Bauelementesimulation und den Platzbedarf des Bauelements auf der Leiterplatte.
- Wenn Sie das Bauelement für die Simulation und die Leiterplattenentflechtung verwenden wollen, müssen Sie **Dieses Bauelement für Simulation und Leiterplattenentflechtung (Modell und Platzbedarf) verwenden** wählen.
- Wenn Sie das Bauelement nur für die Simulation verwenden wollen, müssen Sie **Nur Simulation (Modell)** wählen.
- Wenn Sie das Bauelement nur für die Leiterplattenentflechtung verwenden wollen, müssen Sie **Nur Leiterplattenentflechtung (Platzbedarf)** wählen.

**Hinweis** Die Anzahl der von Ihnen durchzuführenden Schritte hängt von den Anforderungen an die Bauelemente ab, die Sie in Schritt 1 gewählt haben. Wenn das Bauelement nur ein Simulatormodell erfordert, überspringt der Assistent den Schritt 6 für die Zuordnung von Anschlüssen und Modell.

2. Klicken Sie auf **Weiter**. Nun bietet Ihnen der Assistent die Durchführung des Schritts 2 an.

- Geben Sie den Gehäusetyp und die Anzahl der Anschlüsse des Bauelements an. Die von Ihnen eingegebenen Informationen über den Platzbedarf werden auf der Registerkarte Platzbedarf im Fenster Bauelementeeigenschaften angezeigt.
3. Klicken Sie auf **Weiter**. Nun bietet Ihnen der Assistent die Durchführung des Schritts 3 an.

- Das diesem Bauelement zugeordnete Symbol erscheint, wenn das Bauelement im Schaltungsfenster angezeigt wird.
  - Wenn Sie die Symbolinformationen bearbeiten wollen, müssen Sie auf **Bearbeiten** klicken; dadurch wird ein Programm für die Symbolbearbeitung gestartet; siehe “Arbeiten mit dem Symboleditor” auf Seite 5-24.
4. Um die angezeigten Symbolinformationen zu akzeptieren, müssen Sie auf **Weiter** klicken. Nun bietet Ihnen der Assistent die Durchführung des Schritts 4 an.

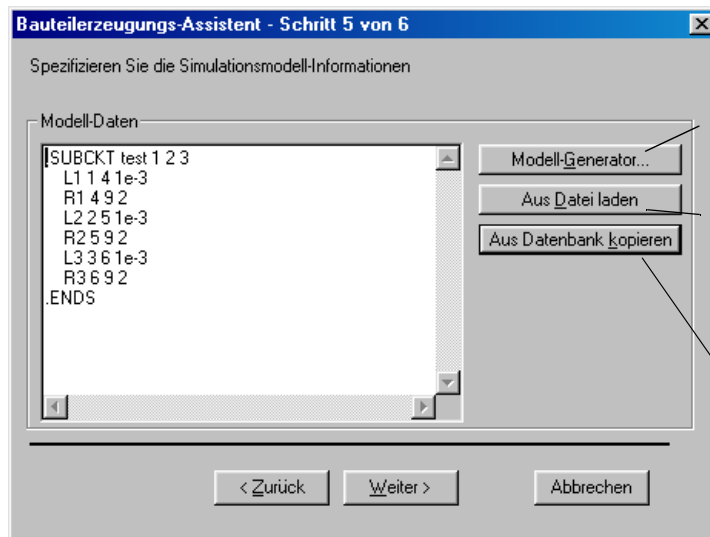


Für das Exportieren in ein Softwarepaket für die Leiterplattenentflechtung werden die logische und die physikalische Zuordnung der Anschlüsse benötigt. Die Beziehungen zwischen den logischen und den physikalischen Anschlüssen müssen gemäß der Syntax im Datenbuch eingegeben werden, damit sie von Multisim verwendet werden können; siehe “Anschlüsse” auf Seite 5-25.

- Für jeden logischen Anschluss müssen Sie einen entsprechenden physikalischen Anschluss eingeben. Die von Ihnen eingegebenen Zuordnungsinformationen werden auf der Registerkarte Platzbedarf im Fenster Bauelementeeigenschaften angezeigt.
- Um logische und physikalische Anschlüsse hinzuzufügen, müssen Sie auf **Hinzufügen** klicken. Hierauf wird ein logischer Anschluss hinzugefügt, den Sie dann direkt in diesem Fenster bearbeiten können.
- Um logische und physikalische Anschlüsse zu löschen, müssen Sie den jeweiligen Anschluss wählen und anschließend auf **Löschen** klicken.



5. Klicken Sie auf **Weiter**. Der Assistent führt den Schritt 5 nur durch, wenn Sie im Schritt 1 angegeben haben, dass dieses Bauelement ein Simulationsmodell erfordert.



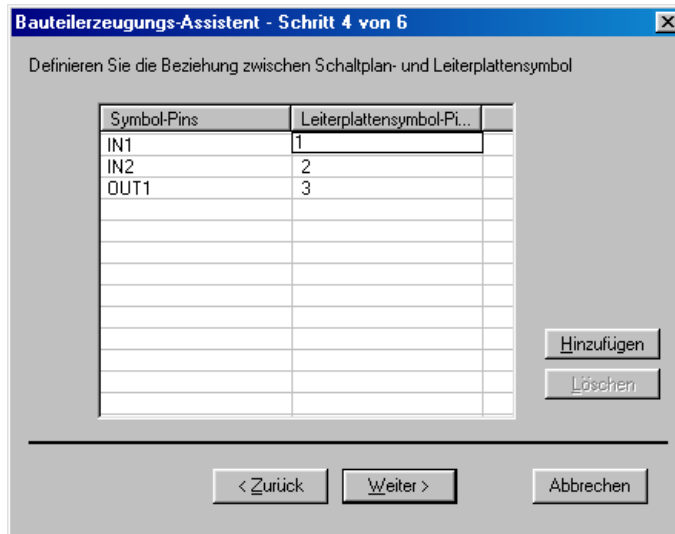
Nun generieren wir ein Modell mit einem Multisim-Modellgenerator.

Zunächst wird ein in einer Datei gespeichertes Modell geladen.

Anschließend werden Daten aus einem anderen Modell kopiert.

- Wählen Sie ein Modell aus der Multisim-Datenbank oder aus Ihren eigenen Dateien, oder generieren Sie ein Modell mit einem Modellgenerator.
- Weitere Informationen über Multisim-Modellgeneratoren finden Sie in “Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementemodells” auf Seite 5-29.
- Weitere Informationen über das Laden eines Modells finden Sie in “Laden eines bereits vorhandenen Modells” auf Seite 5-32.
- Weitere Informationen über das Kopieren von Daten aus einem anderen Modell finden Sie in “Kopieren eines Bauelementemodells” auf Seite 5-31.

6. Klicken Sie auf **Weiter**. Nun bietet Ihnen der Assistent die Durchführung des Schritts 6 an. Wenn Sie in Schritt 1 angegeben haben, dass für dieses Bauelement kein spezifischer Platzbedarf besteht, wird dieser letzte Schritt vom Assistenten übersprungen.



- Für jeden symbolischen Anschluss müssen Sie eine entsprechende Zahl eingeben, um ihn mit den entsprechenden Knoten im Modell zu verbinden. Die von Ihnen eingegebenen Zuordnungsinformationen werden auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeeigenschaften angezeigt. Wenn Sie fertig sind, müssen Sie auf **Beenden** klicken.

Nun wird das mit Informationen ausgefüllte Fenster Bauelementeeigenschaften geöffnet, in dem Sie die Bauelementeigenschaften prüfen können.

- Speichern Sie das neue Bauelement wie folgt:
  1. Klicken Sie auf **Speichern**. Sie werden nun aufgefordert, eine Datenbank und eine Bauelementefamilie auszuwählen, in der das neue Bauelement gespeichert werden soll.
  2. Wählen Sie eine Bauelementefamilie und eine Datenbank, und klicken Sie auf **OK**. Das neue Bauelement wird gespeichert.
- Wenn Sie das Bauelement bearbeiten wollen, lesen Sie bitte die folgenden Unterabschnitte dieses Kapitels durch, die detaillierte Informationen über die Registerkarten im Fenster Bauelementeeigenschaften enthalten:
  - Registerkarte Allgemeines; siehe hierzu “Bearbeiten eines Bauelements, allgemeine Eigenschaften” auf Seite 5-9
  - Registerkarte Symbol; siehe “Bearbeiten und Generieren eines Bauelementesymbols” auf Seite 5-19

- Registerkarte Modell; siehe hierzu “Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementmodells” auf Seite 5-29
- Registerkarte Platzbedarf; siehe hierzu “Generieren und Bearbeiten der Layouts von” auf Seite 5-33
- Registerkarte Schaltungsparameter; siehe hierzu “Bearbeiten eines Bauelements, Schaltungsparameter” auf Seite 5-10

## 5.7 Löschen von Bauelementen

➤ Gehen Sie beim Löschen eines bereits vorhandenen Bauelements wie folgt vor:

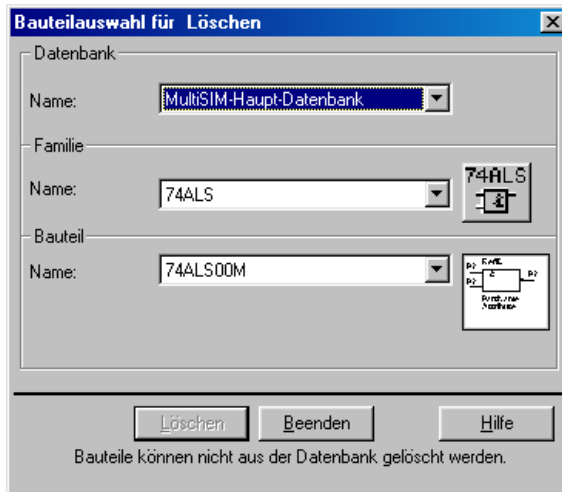
1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Bauelemente-Editor in der Werkzeugleiste und wählen Sie **Bauelement löschen** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü.



Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Wählen Sie **Werkzeuge/Bauelement löschen**.

Das Fenster Bauelement löschen erscheint:



2. Wählen Sie aus der Liste die Datenbank, in der das zu löschende Bauelement enthalten ist (nur Unternehmensdatenbank und Benutzerdatenbank). Aus der Multisim-Hauptdatenbank können keine Bauelemente gelöscht werden.
3. Wählen Sie aus der Liste **Familienname** diejenige Bauelementefamilie, die das zu löschende Bauelement enthält.
4. Wählen Sie das zu löschende Bauelement aus der Liste **Bauelement**.

5. Fahren Sie fort, indem Sie auf **Löschen** klicken. Sie werden nun aufgefordert, den Löschvorgang zu bestätigen. Wenn Sie den letzten Befehl widerrufen wollen, müssen Sie auf **Beenden** klicken.

## 5.8 Kopieren von Bauelementen

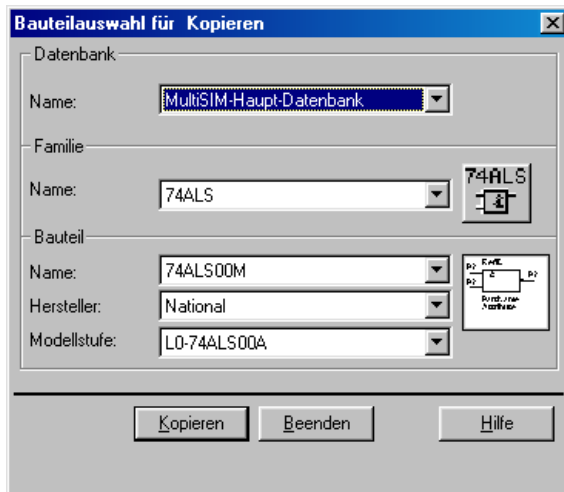
- Gehen Sie beim Kopieren eines bereits vorhandenen Bauelements wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Bauelemente-Editor in der Werkzeugleiste und wählen Sie **Bauelement kopieren** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü.



Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Wählen Sie **Werkzeuge/Bauelement kopieren**.

Das Fenster Bauelement kopieren wird geöffnet:



2. Wählen Sie das zu kopierende Bauelement aus der Dropdown-Liste und klicken Sie auf **Kopieren**. Nun werden Sie aufgefordert, ein Ziel für den Kopiervorgang auszuwählen.
3. Wählen Sie die Bauelementedatenbank und die Bauelementefamilie, in die Sie das Bauelement kopieren wollen, und klicken Sie auf **OK**. Nun wird ein Fenster mit einer Meldung geöffnet, durch die bestätigt wird, dass das Bauelement kopiert wurde.
4. Klicken Sie auf **OK**; hierauf wird wieder das Fenster Bauelement kopieren geöffnet.
5. Wenn Sie das Kopieren von Bauelementen beendet haben, müssen Sie auf **Beenden** klicken.

## 5.9 Bearbeiten und Generieren eines Bauelementesymbols

Auf der Registerkarte Symbol im Fenster Bauelementeigenschaften können Sie Folgendes durchführen:

- Ein Bauelementesymbol bearbeiten
- Einem Bauelement das gleiche Symbol wie einem anderen Bauelement zuordnen.
- Ein Symbol für ein Bauelement generieren.

Das Symbol ist gegebenenfalls diesem Bauelement zugeordnet. Dies sehen Sie, wenn dieses Bauelement im Schaltungsfenster platziert wird.

Dies ist der Symbolsatz gemäß ANSI oder DIN des angezeigten Symbols.

Verwenden Sie diese Registerkarte zum Bearbeiten eines Bauelementesymbols.

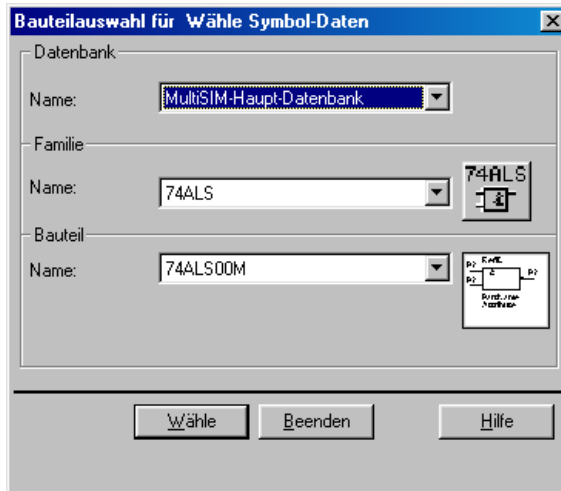
Verwenden Sie diese Registerkarte zum Generieren eines neuen Symbols.

Verwenden Sie diese Registerkarte zum Kopieren eines Symbols von einem Bauelement in ein anderes.

Klicken Sie hierauf, um die Änderungen eines Symbols zu widerrufen und mit dem ursprünglichen Symbol weiterzuarbeiten.

## 5.9.1 Kopieren eines Bauelementesymbols

- Gehen Sie beim Kopieren eines Symbols aus einem anderen Bauelement wie folgt vor:
  1. Klicken Sie im Fenster Bauelementeeigenschaften auf **Aus der Datenbank wählen**. Nun wird das Fenster Symboldaten wählen geöffnet.



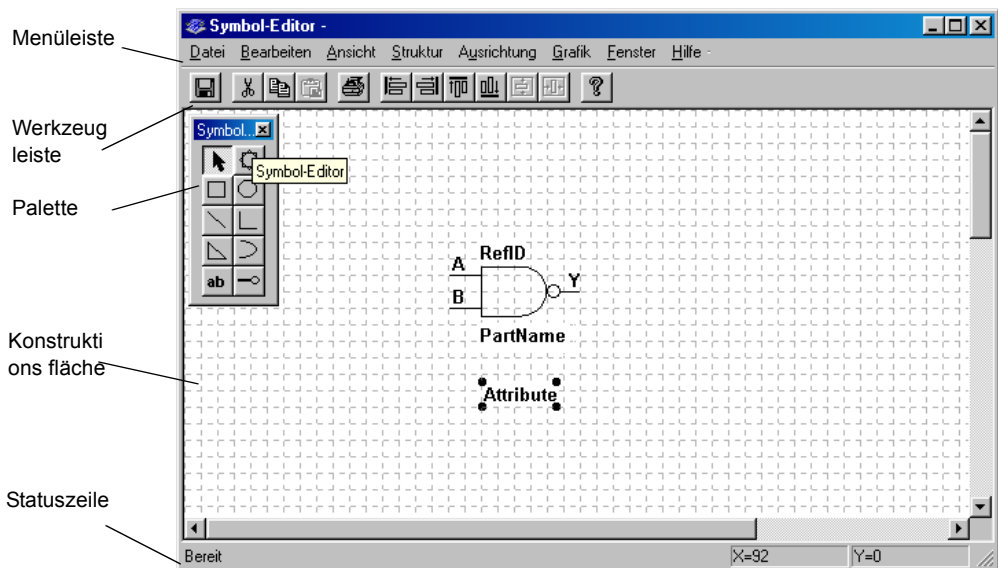
2. Wählen Sie das zu kopierende Bauelement aus der Dropdown-Liste und klicken Sie auf **Kopieren**. (Wenn Sie den letzten Befehl widerrufen wollen, müssen Sie auf **Beenden** klicken.) Nun wird wieder das Fenster Bauelementeeigenschaften geöffnet, in dem das Symbol angezeigt wird, das dem ausgewählten Bauelement zugeordnet wurde.
3. Wenn Sie den Symbolsatz bearbeiten wollen, der diesem Bauelement zugeordnet werden soll, müssen Sie ANSI oder DIN aus der Dropdown-Liste **Symbolsatz** wählen. Das entsprechende Symbol erscheint nun im oberen Teil des Bildschirms.
4. Um die Zuordnung dieses Symbols zum Bauelement zu bestätigen, müssen Sie auf **Speichern** klicken.

Bei Bedarf können Sie auch das kopierte Symbol mit Hilfe des Symboleditors (siehe die Beschreibung in den folgenden Unterabschnitten) bearbeiten.

## 5.9.2 Generieren und Bearbeiten eines Bauelementesymbols mit dem Symboleditor

- Gehen Sie beim Bearbeiten eines Bauelementesymbols wie folgt vor:
  1. Stellen Sie sicher, dass Sie aus der Dropdown-Liste **Symbolsatz** auf der Registerkarte Symbol im Fenster Bauelementeigenschaften den gewünschten Symbolsatz (ANSI oder DIN) gewählt haben, dessen Symbol Sie bearbeiten wollen. Das entsprechende Symbol erscheint nun im oberen Teil des Bildschirms.
  2. Klicken Sie auf **Bearbeiten**. Nun wird der Symboleditor gestartet, in dem das zu bearbeitende Symbol angezeigt wird.
- Wenn Sie ein neues Symbol für das Bauelement generieren wollen, müssen Sie unter der Registerkarte Symbol im Fenster Bauelementeigenschaften auf **Neu** klicken. Nun wird der Symboleditor mit einem leeren Fenster und den drei Bauelementetiketten (siehe “Etiketten” auf Seite 5-24) gestartet.

Die Oberfläche des Symboleditors sieht wie folgt aus:



Das Fenster des Symboleditors enthält folgende Elemente:

- Die **Menüleiste** mit den Menüs und ihren zugehörigen Befehlen.
- Die **Werkzeugleiste** für den schnellen Zugriff auf die am häufigsten verwendeten Werkzeuge.

- Die **Konstruktionsfläche**, in der Sie Symbole generieren oder bearbeiten.
- Die **Palette** für den schnellen Zugriff auf die am häufigsten verwendeten Funktionen des Symboleditors.
- Die **Statuszeile** mit Informationen über das momentan ausgewählte Objekt bzw. die momentan ausgewählte Aktion.

In den nächsten Unterabschnitten sind die Menüs und Paletten detailliert beschrieben.

### 5.9.2.1 Menüs des Symboleditors

Menü	Verwendung
Datei	Verwenden Sie das Menü Datei zum Generieren eines Symbols für ein Bauelement oder zum Öffnen einer bereits vorhandenen Datei mit einem Symbol. Dieses Menü können Sie auch für die Voransicht, zum Speichern und zum Drucken eines Symbols verwenden. Mit diesem Menü können Sie den Symboleditor beenden.
Bearbeiten	Verwenden Sie das Menü Bearbeiten, um ein Symbol zu ändern. Sie können im Fenster des Symboleditors angezeigte Texte oder Grafiken ausschneiden, kopieren, einfügen oder löschen. Dieses Menü enthält ferner Befehle zum Spiegeln und zum Drehen des angezeigten Diagramms.
Ansicht	Verwenden Sie das Menü Ansicht zum Anzeigen oder Verbergen der folgenden, im Fenster angezeigten Elemente: Werkzeugleiste, Statusleiste, Palette, Raster und Blattbegrenzungen. Dieses Menü enthält ferner Befehle zum Bearbeiten des Rasters und zum Vergrößern des Symbols.
Struktur	Verwenden Sie das Menü Struktur zum Gruppieren ausgewählter Elemente und zum Platzieren voreinander oder hintereinander.
Ausrichten	Verwenden Sie das Menü Ausrichten zum Ändern der Positionen ausgewählter Elemente im Fenster in Beziehung aufeinander oder aufs Raster.
Diagramm	Verwenden Sie das Menü Diagramm zum Ändern der Eigenschaften (Farbe, Schriftart, Muster, Zeichenstift oder Pfeile) für das Generieren von Diagrammen und zugehöriger Textetiketten.
Fenster	Verwenden Sie das Menü Fenster, um zwischen den geöffneten Symboldateien im Symboleditor umzuschalten.



## 5.9.2.2 Palette des Symboleditors

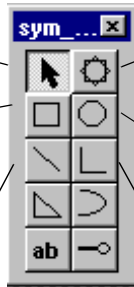
Die Palette des Symboleditors ermöglicht den schnellen Zugriff auf die am häufigsten verwendeten Funktionen des Symboleditors.

Die nachstehenden Abbildungen enthalten Informationen über die Werkzeuge und ihre Funktionen:

Mit dem Auswahlwerkzeug können Sie ein Symbol wählen.

Gehen Sie beim Zeichnen eines Rechteck wie folgt vor: Verwenden Sie das Rechteckwerkzeug; klicken Sie auf die Arbeitsfläche und zeichnen Sie das Rechteck.

Gehen Sie beim Zeichnen einer Linie wie folgt vor: Verwenden Sie das Linienwerkzeug; klicken Sie auf die Arbeitsfläche und zeichnen Sie die Linie.



Mit dem Drehwerkzeug können Sie ein Symbol wählen und entgegen dem Uhrzeigersinn drehen.

Gehen Sie beim Zeichnen eines Kreises oder einer Ellipse wie folgt vor: Verwenden Sie das Ellipsenwerkzeug; klicken Sie auf die Arbeitsfläche und zeichnen Sie den Kreis oder die Ellipse.

Gehen Sie beim Zeichnen einer aus mehreren Segmenten bestehenden Linie wie folgt vor: Verwenden Sie das Segmentlinienwerkzeug; klicken Sie dort, wo ein Segmentpunkt generiert werden soll, und doppelklicken Sie dort, wo die Linie beendet werden soll.

Gehen Sie beim Zeichnen eines Polygons wie folgt vor: Verwenden Sie das Polygonwerkzeug; klicken Sie dort, wo ein Polygonpunkt generiert werden soll, und doppelklicken Sie dort, wo das Polygon beendet werden soll.

Wählen Sie das Textwerkzeug, um Text einzugeben. Klicken Sie auf die Arbeitsfläche, um zu beginnen. Geben Sie den gewünschten Text und anschließend ein Leerzeichen ein, um die Texteingabe zu beenden.



Gehen Sie beim Zeichnen eines Kreisbogens wie folgt vor: Verwenden Sie das Kreisbogenwerkzeug: Klicken Sie auf die Arbeitsfläche und ziehen Sie den Mauszeiger so, dass der gewünschte Kreisbogen entsteht.

Klicken Sie auf das Anschlusswerkzeug, um dem Symbol einen Anschluss für einen Eingang oder Ausgang hinzuzufügen.

### 5.9.2.3 Arbeiten mit dem Symboleditor

Beim Symboleditor handelt es sich im wesentlichen um ein Grafikprogramm mit den hierfür üblichen Funktionen zum Platzieren von Grafiken und zum Ändern von Grafiken, Farben, Größen, Füllmustern usw. Der Symboleditor verfügt jedoch über zusätzliche Funktionen, die ein gewöhnliches Grafikprogramm nicht bietet.

Bevor Sie mit dem Symboleditor arbeiten können, um funktionierende Symbole zu generieren, müssen Sie wissen, wie Symbole mit Multisim generiert werden. Ein Symbol besteht im Wesentlichen aus folgenden Elementen:

- Etiketten
- Form
- Anschlüsse

Diese drei Hauptelemente von Symbolen werden in den folgenden Unterabschnitten detailliert beschrieben.

### 5.9.2.4 Etiketten

Jedes Symbol verfügt über drei Etiketten. Hierbei handelt es sich um Variable, die durch Werte aus dem entsprechenden Bauelementemodell ersetzt werden. Dies ermöglicht die Verwendung des gleichen Symbols für die vielen unterschiedlichen Bauelemente einer Bauelementefamilie. Bei den Variablen handelt es sich um folgende:


- Die Referenzkennung des Bauelements (Darstellung durch die Zeichenfolge "RefID").
- Den Wert oder Teilnamen des Bauelements (Darstellung durch die Zeichenfolge "Partname").
- Das Attribut des Bauelements (Darstellung durch die Zeichenfolge "Attribute").

Jedem Symbol sind diese Variablen zugeordnet. Wenn Sie mit dem Symboleditor ein neues Symbol generieren, werden diese drei Variablen automatisch generiert (allerdings können Sie festlegen, wo die Variablen des Symbols angeordnet werden sollen und z.B. auch, welche Farbe und Schriftart jede Variable haben soll).

Die Informationen für die Generierung der Referenzkennung des Bauelements (Darstellung als "RefID") und des Teilnamens (Darstellung als "PartName") werden aus der Bauelementedatenbank extrahiert und automatisch von Multisim eingegeben. "R1" zeigt z.B. an, dass es sich bei dem betreffenden Bauelement um den ersten Widerstand im Schaltungsfenster handelt. Der Buchstabe "R" wird aus der Bauelementedatenbank extrahiert; die Ziffer "1" ist eine fortlaufende Nummer, die auf dem Bauelement platziert wird. Alle zusätzlich mit Hilfe der Bauelementeablage im Schaltungsfenster platzierten oder ins Schaltungsfenster kopierten Widerstände werden fortlaufend durchnummeriert (Beispiel: R1, R2, R3).

### 5.9.2.5 Form

Ein Symbol muss eine bestimmte Form haben, damit der Benutzer seine allgemeine Funktion erkennen kann. Ein Kondensator hat z.B. die Form  $\text{—}||\text{—}$  und ein Nicht-Und-Gatter die Form.

 Mit Hilfe der Zeichenfunktionen des Symboleditors von Multisim können Sie eine Form generieren, aus der sich die allgemeinen Funktionen des von Ihnen generierten oder geänderten Bauelements ersehen lassen. Am einfachsten ist es, die Form eines bereits vorhandenen Bauelements zu modifizieren. Anschließend müssen Sie die Anschlüsse hinzufügen.

### 5.9.2.6 Anschlüsse

Ein Anschluss besteht aus drei Hauptelementen: dem "logischen Anschluss", dem "physikalischen Anschluss" und der Form.


Der "logische Anschluss" ist der Name eines physikalischen Anschlusses. Die meisten digitalen Bauelemente enthalten Anschlüsse, die mit "Vc" und "GND" bezeichnet sind. Bei diesen Bezeichnungen handelt es sich um die Namen der logischen Anschlüsse zur Identifizierung des physikalischen Anschlusses. Der Name eines logischen Anschlusses kann beliebig gewählt werden. Allerdings wird empfohlen, Namen zu verwenden, aus denen die Funktionen der physikalischen Anschlüsse ersichtlich sind. Sie können z.B. das Akronym "GND" oder die Bezeichnung "Masse" verwenden. Am besten verwenden Sie jedoch Namen für die logischen Anschlüsse, wie sie im Datenbuch für das jeweilige Bauelement angegeben sind.

Der "physikalische Anschluss" bezeichnet die Position des Anschlusses auf dem jeweiligen Bauelement. Wenn Sie z.B. ein Symbol generieren, das über 16 physikalische Anschlüsse verfügt, würden Sie diese normalerweise von 1 bis 16 durchnummerieren. Die Nummerierung der physikalische Anschlüsse wird von der Software für die Leiterplattenentflechtung verwendet, um sicherzustellen, dass die Verbindungen zwischen den einzelnen Bauelementen korrekt hergestellt werden. Wie bereits erwähnt, wird empfohlen, die Namen der logischen Anschlüsse zu verwenden, wie sie im Datenbuch für das jeweilige Bauelement angegeben sind. Für physikalische Anschlüsse *müssen* Sie jedoch exakt die Namen gemäß Datenbuch verwenden, da das Bauelement sonst nicht einwandfrei funktioniert.

**Hinweis** Die Beziehungen zwischen den logischen und den physikalischen Anschlüssen müssen gemäß der Syntax im Datenbuch eingegeben werden, damit sie von Multisim verwendet werden können.

Das dritte Element eines Anschlusses ist seine Form. In Multisim sind 8 verschiedene Formen für Anschlüsse vordefiniert:


- Punkt



Negatives aktives Signal
- Punkt – Taktsignal



Negatives aktives Taktsignal
- Linie




Positives aktives Signal
- Kurzschluss



Positives aktives Signal – Kurzformat
- Länge Null



Anschluss
- Taktsignal



Positives aktives Taktsignal
- Eingangsanschluss



Negatives aktives Eingangssignal (DIN-Symbole)
- Ausgangsanschluss



Negatives aktives Ausgangssignal (DIN-Symbole)

Keine der Formen für Anschlüsse wirkt sich auf die Funktion eines Bauelements aus. Die Formen von Anschlüssen wirken sich jedoch insofern aus, dass der Benutzer die allgemeinen Funktionen eines Bauelements nur auf Grund seiner Form erkennen kann. Es wird empfohlen, die Form eines Anschlusses bei der Generierung eines Symbols für ein Bauelement aus dem zugehörigen Datenbuch zu entnehmen.

Anschlüsse müssen korrekt mit einem Symbol verbunden werden, damit dieses einwandfrei funktionieren kann. Gehen Sie gemäß den nachstehenden Regeln vor:

- Ein Anschluss muss immer so mit einer Leiterbahn verbunden sein, dass Formen, Linien oder Texte keine Behinderung der Verbindung darstellen können. Wenn ein Anschluss blockiert ist, kann er unter Umständen nicht mit einer Leiterbahn verbunden werden.
- Ein Anschluss kann nur am abgelegenen Ende einer Schaltung verbunden werden:



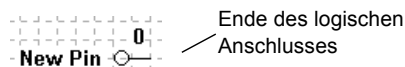
Bei der mit "Neuer Anschluss" bezeichneten Seite handelt es sich um das logische Ende des Anschlusses. Verbinden Sie einen Anschluss am abgelegenen Ende einer Schaltung.

➤ Gehen Sie beim Hinzufügen eines Anschlusses zu einem Symbol wie folgt vor:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Anschluss** in der Palette. Nun erscheint ein Cursor.

**Hinweis** Klicken Sie in den Bereich, in dem der Anschluss erscheinen soll. Nun erscheint ein Platzhalter für einen "neuen Anschluss": Wenn Sie einen Anschluss auf einer

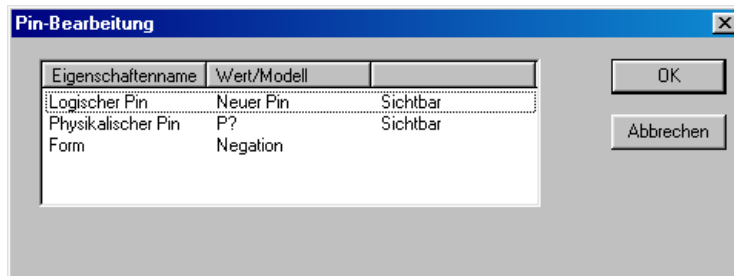


Form platzieren, müssen Sie stets die Seite verwenden, worauf der Name des logischen Anschlusses enthalten ist. Multisim kann keinen Anschluss erkennen, der rückwärts verbunden wurde.

2. Wenn der Anschluss die Form nicht so berührt, wie Sie das haben wollen, müssen Sie entweder auf den Anschluss klicken und ihn in die gewünschte Position ziehen oder eine Linie vom Ende des logischen Anschlusses bis zur Bauelementeform zeichnen.

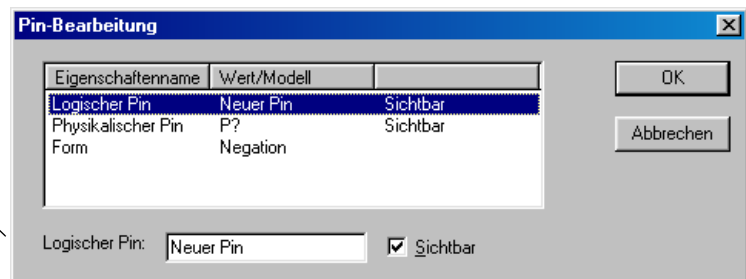
Nachdem Sie den Anschluss in der gewünschten Position platziert haben, können Sie seine Eigenschaften ändern.

- Gehen Sie beim Ändern der Eigenschaften eines Anschlusses wie folgt vor:
1. Doppelklicken Sie auf den Anschluss. Nun wird das Fenster Anschluss ändern geöffnet:



2. Klicken Sie aufs Attribut des Anschlusses (logischer Anschluss, physikalische Anschluss oder Form), das Sie ändern wollen. An der Unterseite des Bildschirms erscheint ein Feld, in das Sie den Wert des logischen Anschlusses eingeben und in dem Sie die Form des Anschlusses ändern können. Beispiel:

In diesem Feld können Sie den Wert der gewählten Eigenschaft definieren.



3. Aktivieren oder nicht aktivieren Sie die Eigenschaft **Sichtbar**, sodass der Wert standardmäßig sichtbar oder verborgen ist.

**Hinweis** Es wird empfohlen, für logische Anschlüsse die Namen gemäß Datenbuch zu verwenden. Physikalische Anschlüsse müssen grundsätzlich gemäß den entsprechenden Angaben im Datenbuch nummeriert werden.

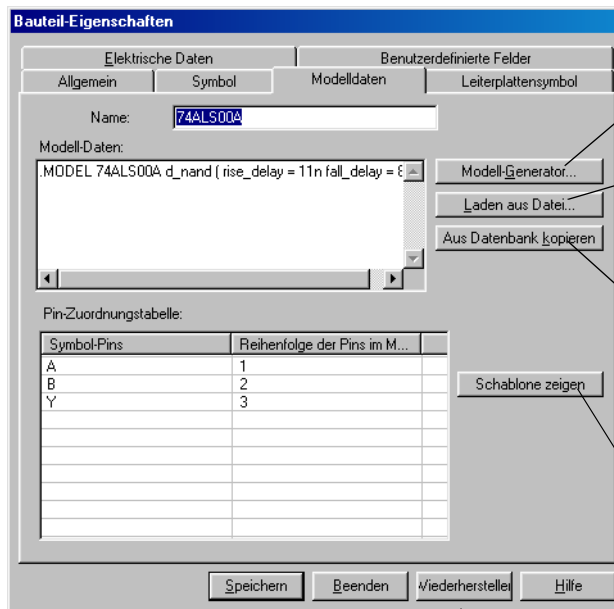
4. Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Um die Änderungen durchzuführen, müssen Sie auf **OK** klicken.

## 5.10 Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementmodells

Einem Bauelement, das sich auf die Funktionsweise der Schaltung auswirkt, *muss* ein Modell zugeordnet sein, wenn dieses Bauelement simuliert werden soll. Bei den einzigen Bauelementen, denen in Multisim keine Modelle zugeordnet sind, handelt es sich um Steckverbinder und andere Verbindungselemente. Diese Bauelemente wirken sich nicht auf die Simulation der Schaltung aus.

Auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeigenschaften werden Ihnen mehrere Optionen angeboten, mit deren Hilfe Sie einem Bauelement ein Modell zuordnen können. Hierbei können Sie Folgendes tun:

- Die Modellinformationen eines Bauelements ändern
- Ein bereits vorhandenen Modells für ein Bauelement laden
- Ein Modell von einem Bauelement in ein anderes kopieren
- Ein Modell für ein Bauelement generieren



Nun generieren wir ein Modell mit einem Multisim-Modellgenerator.

Zunächst wird ein in einer Datei gespeichertes Modell geladen.

Anschließend werden Daten aus einem anderen Modell kopiert.

Nun wird eine Schablone mit Anschlüssen angezeigt, die mit den entsprechenden Knoten im Modell verbunden sind.

Klicken Sie hierauf, um die Änderungen eines Modells zu widerrufen und mit dem ursprünglichen Modell weiterzuarbeiten.

Zunächst können Sie die Daten des existierenden Modells ändern, indem Sie die entsprechenden Daten in den Felder dieses Fensters ändern. Alternativ können Sie neue Daten in diese Felder eingeben. Die Felder **Modelldaten** und Zuordnung von Symbol zu Modellanschluss enthalten die Informationen, die das Modell selbst ausmachen. Bei diesen Informationen handelt es sich um die wichtigsten Daten für Simulationszwecke. Das Feld **Modelldaten** enthält den Modellcode (z.B. in SPICE). Die **Tabelle für die Zuordnung von Anschlüssen** enthält eine Aufstellung der Anschlüsse und der Reihenfolge, in der diese zugeordnet werden. (Weitere Informationen über das Bearbeiten von Modelldaten finden Sie in “Generieren oder Bearbeiten eines Bauelementemodells” auf Seite 5-29.)

**Hinweis** Wenn Sie ein Modell ändern, ändert sich auch das Modell für alle anderen Bauelemente in der gleichen Datenbank, dessen Modell auf dieser Schablone basiert. Wenn Sie ein Modell für ein bestimmtes Bauelement ändern wollen, müssen Sie das geänderte Modell unter einem Namen speichern, der dem Namen des Bauelements ähnelt.

Alternativ können Sie ein Modell kopieren, dessen Schablone die von Ihnen gewünschten Informationen enthält. Weitere Informationen über das Kopieren von Modellen finden Sie in “Kopieren eines Bauelementemodells” auf Seite 5-31.

Sie können auch ein bereits vorhandenes Modell importieren oder laden, indem Sie auf **Modell aus Dateien laden** klicken. Diese Optionen sind detailliert in “Laden eines bereits vorhandenen Modells” auf Seite 5-32 beschrieben.

Je nach Ihrer Version von Multisim können Sie Ihr eigenes Modell generieren. Hierfür stehen Ihnen die Befehle des Multisim-Modellgenerators zur Verfügung. beschrieben.

**Hinweis** Wenn Sie die Daten oder die Schablone eines Modells direkt bearbeiten wollen, müssen Sie beim Eingeben von Informationen vorsichtig vorgehen. Ein einziger Tippfehler oder das Löschen eines Zeichens würde genügen, damit Modell nicht korrekt funktioniert. Wenn Sie noch keine Erfahrung in der Generierung und/oder Bearbeitung von Modellen haben, sollten Sie ein Modell kopieren, dessen Schablone die von Ihnen benötigten Informationen enthält.



## 5.10.1 Kopieren eines Bauelementmodells

- Gehen Sie beim Kopieren der Modelleinformationen aus einem bereits vorhandenen Bauelement wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf **Aus der Datenbank wählen**. Nun wird das Fenster Modelldaten wählen geöffnet.

Wählen Sie die Datenbank, aus der Sie ein Modell selektieren wollen.

Wählen Sie die Bauelementefamilie, den Namen, den Hersteller und die Modellebene des Bauelements aus den entsprechenden Dropdown-Listen.

Nun erscheinen die Modelldaten und die Modellschablone.

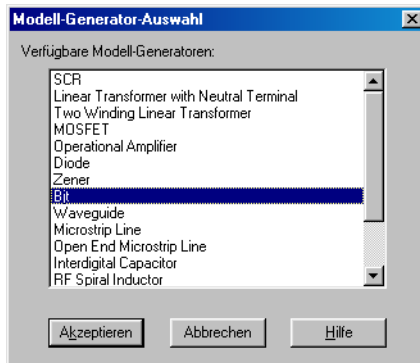
Nun erscheint das Bauelement und dessen Symbol.

2. Wählen Sie eine der verfügbaren Datenbanken aus der Dropdown-Liste **Name**.
3. Wählen Sie aus den Dropdown-Listen **Familie** und **Bauelement** dasjenige Bauelement, dessen Schablone der von Ihnen zu generierenden Bauelementeschablone am ähnlichsten ist.
4. Klicken Sie auf **Wählen**; hierauf wird wieder das Fenster Bauelementeeigenschaften geöffnet.

## 5.10.2 Laden eines bereits vorhandenen Modells

Bauelementemodelle stehen aus den unterschiedlichsten Signalquellen zur Verfügung. Einige dieser Optionen stehen unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim zur Verfügung.

- Gehen Sie beim Laden oder Importieren eines mit Hilfe eines Multisim-Modellgenerators generierten Modells für ein analoges oder digitales Bauelement wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf **Modellgenerator starten**. Nun wird das Fenster Modellgenerator wählen geöffnet.



2. Wählen Sie den gewünschten Modellgenerator.
  3. Klicken Sie auf **Akzeptieren**, um mit der Modellgenerierung fortzufahren. Klicken Sie auf **Abbrechen**; nun wird wieder die Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeigenschaften geöffnet.
  4. Das Arbeiten mit einem spezifischen Modellgenerator für die Generierung analoger Bauelemente ist in den entsprechenden Unterabschnitten dieses Kapitels beschrieben. Detaillierte Informationen über Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen finden Sie in Kapitel 14, "HF".
  5. Nach dem Eingeben aller benötigten Informationen ins Fenster des jeweiligen Modellgenerators müssen Sie auf **OK** klicken. Die Daten für das soeben generierte Modell erscheinen nun in den entsprechenden Feldern der Registerkarte Modell.
- Gehen Sie beim Laden oder Importieren eines bereits vorhandenen VHDL-, Verilog-HDL-, SPICE- oder Code-Modells für das zu generierende Bauelement wie folgt vor:
    1. Klicken Sie auf **Modell aus Datei laden**. Nun wird ein Fenster mit einem standardmäßigen Dateibrowser geöffnet, aus dem Sie den Typ, den Namen und den Speicherort der gewünschten Datei wählen können. Vor dem Laden einer Netzliste müssen Sie wissen, in welchem Ordner diese gespeichert ist. Die meisten Bspice-, Xspice- und Pspice-Netzlisten haben die Dateinamenerweiterung .cir oder .net.

- Wählen Sie die zu ladende Datei und klicken Sie auf **OK**. Die Modelldaten erscheinen nun in den Feldern der Registerkarte Modell.

**Hinweis** Spice ist keine Industriennorm, sondern ein Format des Simulationsprogramms Orcad SPICE. Da einige Hersteller elektronischer Bauelemente die Daten für ihre Bauelemente im Spice-Format zur Verfügung stellen, bietet Multisim eine umfassende Unterstützung von PSpice-Modellen. Es ist jedoch nicht möglich, Spice-Modelle oder Spice-Schaltungen gemeinsam mit anderen SPICE-Benutzern oder SPICE-Programmen zu verwenden.

## 5.11 Generieren und Bearbeiten der Layouts von

Auf der Registerkarte Platzbedarf im Fenster Bauelementeeigenschaften können Sie die Gehäuseinformationen für ein Bauelement angeben oder ändern, und die physikalischen sowie die logischen Anschlüsse eines Bauelements zuordnen. Die Zuordnung der logischen und der physikalischen Anschlüsse ist erforderlich, um eine Schaltung in ein Programm für die Leiterplattenentflechtung exportieren zu können. Die Gruppierung der Anschlüsse und die Typinformation und werden für die Simulation benötigt.

**Bauteil-Eigenschaften**

Elektrische Daten		Benutzerdefinierte Felder	
Allgemein	Symbol	Modelldaten	Leiterplattensymbol
Gehäusetyp:	M14A	Standardleiterplattensymbol	
Anzahl der Anschlüsse:	14		
Anzahl der Sektionen:	4		
Bauteiltechnologie:	74ALS		
Pin-Layout-Liste			
Logische Pin's	Leiterplatten...	Section	Typ
1A	1	A	INPUT
1B	2	A	INPUT
1Y	3	A	ACTIVE DRIVER
2A	4	B	INPUT
2B	5	B	INPUT
2Y	6	B	ACTIVE DRIVER
GND	7	GROUND	GND
3Y	8	C	ACTIVE DRIVER
3a	9	C	INPUT

Geben Sie das Gehäuse und die zugehörigen Daten ein, damit Ihr Bauteil korrekt in das Leiterplatten-System exportiert werden kann. Die Pin-Layout-Liste wird verwendet, um jeden Pin des Symbols die reale Position am Gehäuse zuzuweisen. In der Gruppen-Spalte wird die Zusammengehörigkeit von Pin's definiert, die bei Bauteilen mit mehreren identischen Funktionseinheiten auftreten. Die Typen-Spalte enthält die

Speichern Beenden Wiederherstellen Hilfe

- Gehen Sie beim Ändern oder Eingeben der Gehäuseinformationen wie folgt vor:
  1. Ändern Sie den Gehäusetyp im Feld **Gehäusetyp** oder geben Sie den Gehäusetyp ein (Beispiel: DIP14).
  2. Ändern Sie die Anzahl der Anschlüsse im Feld **Anzahl der Anschlüsse** oder geben Sie die Anzahl ein.
  3. Ändern Sie die Anzahl der Anschlüsse im Feld **Anzahl der Anschlüsse** oder geben Sie die Anzahl ein.
  4. Wählen Sie den Bauelementtyp im Feld **Bauelementtyp** aus der Dropdown-Liste.
  5. Wählen Sie die Bauelementetechnologie im Feld **Bauelementetechnologie** aus der Dropdown-Liste.
- Gehen Sie beim Zuordnen der logischen und der physikalischen Anschlüsse wie folgt vor:
  1. Klicken Sie aufs Feld, dessen Inhalt Sie ändern wollen. Hierauf erscheint ein Rahmen um dieses Feld.
  2. Geben Sie für jeden logischen Anschluss den entsprechenden physikalischen Anschluss am Gehäuse ein.
  3. Geben Sie für jeden Anschluss die Gruppierung ein und verwenden Sie hierfür die in “Konventionen für die Benennung von Anschlussgruppen” auf Seite 5-34 beschriebene Syntax.
  4. Geben Sie für jeden Anschluss den Typ ein und verwenden Sie hierfür die in “Konvention für die Benennung von Anschlussstypen” auf Seite 5-35 beschriebene Syntax.
  5. Um Ihre Eingaben zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken. Wenn Sie den letzten Befehl widerrufen wollen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken.

## 5.11.1 Konventionen für die Benennung von Anschlussgruppen

Verwenden Sie für logische Anschlüsse die folgenden Formate:

<b>Für:</b>	<b>Verwenden Sie:</b>	<b>Wobei:</b>
Anschlüsse, die einem Abschnitt eines Bauelements zugeordnet sind	GRP: <i>n</i>	<i>n</i> ist der Abschnitt
Anschlüsse die mehreren, aber nicht allen Abschnitten zugeordnet sind	GRP: <i>n:m</i>	<i>n</i> and <i>m</i> sind die Abschnitte
Anschlüsse, die allen Abschnitten zugeordnet sind	COM	

Für:	Verwenden Sie:	Wobei:
Anschlüsse, die Spannungen zugeordnet sind	PWR:V0 oder PWR: GRP:n	V0 ist Masse oder n ist eine Spannung
nicht verwendete Anschlüsse (keine Verbindungen)	Nicht verbunden	

## 5.11.2 Konvention für die Benennung von Anschlussstypen

Bei digitalen Bauelementen wird der Anschlussstyp dazu verwendet, um die Eingabe- und Ausgabemodelle des logischen Kerns jedes Bauelements zu verknüpfen. Bei anderen Bauelementefamilien wie analogen Bauelementen, bei denen die Simulationsmodelle autarke Einheiten sind, werden die Anschlussstypen nur für Informationszwecke verwendet.

Verwenden Sie das folgende Format:

TYP: MODUS: MODELL

Hierbei ist:

Typ	entweder A (analog) oder D (digital) ist
Modus	ist entweder: Eingang oder Ausgang Ein-Ausgabe TriState Open_drain Open_source Open_sink I/O_open_drain I/O_open_source I/O_open_sink Input_ECL Output_ECL I/O_ECL Abschlusswiderstand Versorgungsspannung Nicht verbunden
Modell	Name des Anschlussmodells (keiner bei analogen Bauelementen)



## 5.13 Generieren eines Bauelementmodells mit Hilfe eines Modellgenerators

Multisim enthält mehrere hochmoderne Modellgeneratoren, die automatisch Simulationsmodelle auf der Basis der von Ihnen eingegebenen Werte aus einem Datenbuch generieren. Mit den Modellgeneratoren können Sie Zeit sparen, müssen sich aber zuerst mit ihnen vertraut machen.

Für jeden Modellgenerator stehen voreingestellte Werte zur Verfügung, die für ein bestimmtes Modell verwendet werden können. Bei diesen voreingestellten Werten handelt es sich nicht um Standardwerte. Sie können numerische Werte auf der Basis des jeweiligen Bauelements und der entsprechenden Daten in einem Datenbuch verwenden.

Datenbücher enthalten Bauelementeparameter in unterschiedlichen Formaten. Ein Teil der Informationen steht in Form numerischer Werte in Tabellen oder Listen für einen bestimmten Arbeitspunkt zur Verfügung, während andere Informationen in grafischer Form verfügbar sind. Die Multisim-Modellgeneratoren benötigen Informationen in diesen beiden Formaten. Wenn die Informationen in Form von Tabellen oder Listen zur Verfügung stehen, müssen Sie den Arbeitspunkt und den gewünschten Wert eingeben. Wenn die Informationen in grafischer Form zur Verfügung stehen, hängt die Genauigkeit der Parameterwerte des generierten Modells davon ab, mit welcher Genauigkeit Sie die Werte aus den Kurven übernehmen. Wir schlagen Verfahren für die Übernahme von Punkten in Kurven für jeden Multisim-Modellgenerator vor. Die Informationen in Datenbüchern sind normalerweise unabhängig davon, von welchem Hersteller das Bauelement gefertigt wird, identisch. Lediglich die Namen von Beschriftungen und die Beschreibungen von Parametern unterscheiden sich im Allgemeinen.

### 5.13.1 Modell für bipolare Flächentransistoren

1. Klicken Sie auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeeigenschaften auf **Modellgenerator starten**. Nun wird das Fenster Modellgenerator wählen geöffnet.
2. Wählen Sie aus der Liste der Modellgeneratoren das Modell für bipolare Flächentransistoren und klicken Sie auf **Akzeptieren**, um fortzufahren. (Klicken Sie auf **Abbrechen**, um erneut die Registerkarte Modell zu öffnen.) Nun wird das Fenster Modell für bipolare Flächentransistoren geöffnet.
3. Geben Sie ins Fenster Modell für bipolare Flächentransistoren die benötigten Werte ein, wie in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.
4. Klicken Sie nach dem Eingeben aller Werte auf **OK**, um die Generierung des Modells zu beenden. Klicken Sie auf **Abbrechen**, wenn Sie das Modell nicht generieren wollen.

**Hinweis** Im Fenster Modell für bipolare Flächentransistoren werden nun die voreingestellten Werte für das Modell MPS2222A angezeigt.

## Eingeben von allgemeinen Daten und von Tabellendaten

1. Klicken Sie im Fenster Modell für bipolare Flächentransistoren auf die Registerkarte Allgemeine und Tabellendaten:

2. Suchen Sie im Datenbuch nach den Informationen, die Sie im Modell für bipolare Flächentransistoren verwenden wollen.
- Geben Sie die **allgemeinen** Daten wie folgt ein:
1. Geben Sie ins Feld **Typ des bipolaren Flächentransistors** den entsprechenden Transistortyp (npn oder pnp) ein. Normalerweise finden Sie den Transistortyp auf der ersten Seite im Datenbuch.
  2. Geben Sie den **Bauelementenamen** ein. Diesen finden Sie normalerweise in der oberen rechten Ecke des Datenblatts.
  3. Geben Sie ins Feld **Halbleiterbauelement** den Typ des Halbleiterbauelements ein. Diesen finden Sie normalerweise neben der Angabe des Bauelementetyps.
  4. Auf Wunsch können Sie den von Multisim verwendeten Standardwert für die **nominale Temperatur** von +27 °C ändern.



5. Auf Wunsch können Sie den Standardwert für **Basistemperatur für Eingabedaten** ändern. Diesen Standardwert finden Sie normalerweise in der unteren linken Ecke der Tabelle mit den elektrischen Eigenschaften im Datenbuch.
- Geben Sie die Daten der **Maximalwerte** wie folgt ein:
- Suchen Sie im Datenbuch für bipolare Flächentransistoren die Tabelle mit den Angaben der Maximalwerte wie z.B.:

Geben Sie diese Informationen ins Feld **Maximale Emitter-Basis-Spannung** ein.

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	MPS2222	MPS2222A	Unit
Collector–Emitter Voltage	$V_{CEO}$	30	40	Vdc
Collector–Base Voltage	$V_{CBO}$	60	75	Vdc
Emitter–Base Voltage	$V_{EBO}$	5.0	6.0	Vdc
Collector Current — Continuous	$I_C$	600		mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625	5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5	12	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	–55 to +150		$^\circ\text{C}$

- Suchen Sie den Wert für die Emitter-Basis-Spannung und geben Sie ihn ins Feld **Maximale Emitter-Basis-Spannung (VEBO)** ein.
- Geben Sie die Daten für den **Ausgangsscheinleitwert** wie folgt ein:

- Suchen Sie im Datenbuch die Tabelle "Kleinsignaleigenschaften" und in dieser die Werte für den Ausgangsscheinleitwert, also z.B.:

**SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS**

Current-Gain — Bandwidth Product <sup>(2)</sup> ( $I_C = 20 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 20 \text{ V}$ , $f = 100 \text{ MHz}$ )	MPS2222 MPS2222A	$f_T$	250 300
Output Capacitance ( $V_{CB} = 10 \text{ V}$ , $I_E = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )		$C_{obo}$	—
Input Capacitance ( $V_{EB} = 0.5 \text{ V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )	MPS2222 MPS2222A	$C_{ibo}$	— —
Input Impedance ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	MPS2222A MPS2222A	$h_{ie}$	2.0 0.25
Voltage Feedback Ratio ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	MPS2222A MPS2222A	$h_{re}$	— —
Small-Signal Current Gain ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	MPS2222A MPS2222A	$h_{fe}$	50 75
Output Admittance ( $I_C = 1.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ ) ( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	MPS2222A MPS2222A	$h_{oe}$	5.0 25
Collector Base Time Constant ( $I_E = 20 \text{ mA}$ , $V_{CB} = 20 \text{ V}$ , $f = 31.8 \text{ MHz}$ )	MPS2222A	$r_b'C_c$	—
Noise Figure ( $I_C = 100 \mu\text{A}$ , $V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $R_S = 1.0 \text{ k}\Omega$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	MPS2222A	NF	—

Geben Sie diese Daten in die Felder **Ausgangsscheinleitwert** ein.

Wenn diese Daten nicht zur Verfügung stehen, müssen Sie das Kästchen **Prüfen, wenn Daten nicht verfügbar** aktivieren.

- Geben Sie basierend auf den Daten in der Tabelle Folgendes ein:

- **Ausgangsscheinleitwert (hoe)**
- **Kollektorstrom (Ic)**
- **Kollektor-Emitter-Spannung (Vce)**

**Hinweis** Datenbücher enthalten für den Parameter Ausgangsscheinleitwert Maximal- und Minimalwerte. Wählen Sie einen typischen Ausgangsscheinleitwert.

- Geben Sie die Daten für die **Schalteigenschaften** wie folgt ein:

- Suchen Sie im Datenbuch die Tabelle "Schalteigenschaften" wie z.B.:

Geben Sie diese Daten in die Felder **Schalteigenschaften** ein.

**SWITCHING CHARACTERISTICS MPS2222A only**

Delay Time	$(V_{CC} = 30 \text{ V}$ , $V_{BE}(\text{off}) = -0.5 \text{ V}$ , $I_C = 150 \text{ mA}$ , $I_{B1} = 15 \text{ mA}$ ) (Figure 1)	$t_d$	—	10	ns
Rise Time		$t_r$	—	25	ns
Storage Time	$(V_{CC} = 30 \text{ V}$ , $I_C = 150 \text{ mA}$ , $I_{B1} = I_{B2} = 15 \text{ mA}$ ) (Figure 2)	$t_s$	—	225	ns
Fall Time		$t_f$	—	60	ns

1. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .  
2.  $f_T$  is defined as the frequency at which  $|h_{fe}|$  extrapolates to unity.

- Geben Sie basierend auf den Daten in der Tabelle Folgendes ein:

- **Spannungsnachlaufzeit (ts)**
- **Kollektorstrom (Ic)**

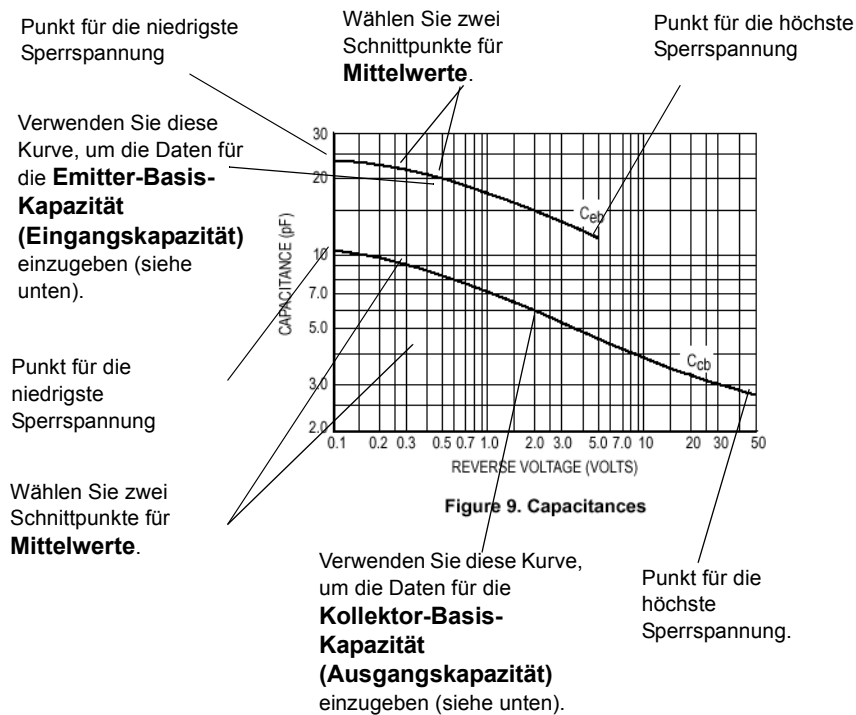
- Basisstrom (Ib1)
- Basisstrom (Ib2)

## Eingeben von Kapazitätsdaten

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Kapazitäten:

Emitter-Basis-Kapazität (Eingangskapazität)		Kollektor-Basis-Kapazität (Ausgangskapazität)	
Kleinste Sperrspannung (Ubc1)	0.1 V	Kleinste Sperrspannung (Ube1)	0.1 V
Kapazität bei Ubc1 (Ceb1)	24 pF	Kapazität bei Ube1 (Ccb1)	11 pF
Kleine Sperrspannung (Ubc2)	0.3 V	Kleine Sperrspannung (Ube2)	0.3 V
Kapazität bei Ubc2 (Ceb2)	22 pF	Kapazität bei Ube2 (Ccb2)	9 pF
Mittlere Sperrspannung (Ubc3)	0.5 V	Mittlere Sperrspannung (Ube3)	0.6 V
Kapazität bei Ubc3 (Ceb3)	20 pF	Kapazität bei Ube3 (Ccb3)	8 pF
Maximale Sperrspannung (Ubc4)	5 V	Maximale Sperrspannung (Ube4)	50 V
Kapazität bei Ubc4 (Ceb4)	14 pF	Kapazität bei Ube4 (Ccb4)	2.5 pF

2. Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Ceb und Ccb in Abhängigkeit von den Sperrspannungen (RV)" wie z.B.:



➤ Geben Sie die Daten für die **Emitter-Basis-Kapazität (Eingangskapazität)** wie folgt ein:

1. Suchen Sie auf der  $C_{eb}$ -Kurve den Punkt für die niedrigste Spannung oder den Anfangspunkt der  $C_{eb}$ -Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um die Werte für Folgendes einzugeben:
  - **Kapazität (Ceb1)**
  - **Niedrigster Wert der Sperrspannung**
2. Suchen Sie auf der gleichen Kurve den Punkt für die maximale Spannung oder den Endpunkt. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um die folgenden Werte einzugeben:
  - **Kapazität (Ceb4)**
  - **Höchster Wert der Sperrspannung**
3. Um die **Mittelwerte** einzugeben, müssen Sie zwei mittlere Punkte in der Nähe der linken Seite des Bereiches der niedrigen Spannung wählen. Stellen Sie sicher, dass die beiden mittleren Punkte nicht zu nahe beieinander liegen, um die Fehler im Modell nicht zu groß werden zu lassen. Verwenden Sie die Koordinatenwerte des ersten und des zweiten Punkts, um die folgenden Werte einzugeben:

- **Kapazität (Ceb2) bei der Sperrspannung**
  - **Kapazität (Ceb3) bei der Sperrspannung**
- Geben Sie die Daten für die **Kollektor-Basis-Kapazität gemäß Diagramm (Ausgangskapazität)** wie folgt ein:
1. Verwenden Sie die Ccb-Kurve im gleichen Diagramm "Ceb und Ccb in Abhängigkeit von den Sperrspannungen (RV)", und wiederholen Sie die vorstehenden Schritte 1 bis 3, um die Werte für Folgendes einzugeben:
    - **Kapazität (Ccb1)**
    - **Niedrigster Wert der Sperrspannung**
    - **Kapazität (Ccb2) bei der Sperrspannung**
    - **Kapazität (Ccb3) bei der Sperrspannung**
    - **Kapazität (Ccb4)**
    - **Höchster Wert der Sperrspannung**

## Eingeben der Daten für den Gleichstromverstärkungsgrad

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Diagramm Gleichstromverstärkungsgrad (hFE und Ic):

Allgemeine und tabellarische Daten		Kapazitäten	
Stromverstärkungs-Kennlinien $h_{fe} = f(I_c)$		Spannungen im Sättigungs- und "Ein"-Bereich, Frequenzwerte	
<b>hFE = f(Ic) bei Nenntemperatur</b>			
Kleinsten Kollektorstrom (Ic1)	0.1 mA	<b>hFE = f(Ic) für zweiten Temperaturwert (T2)</b>	
Gleichstromverstärkung bei I1 (hfe1)	95	Kleinsten Kollektorstrom (Ic1)	0.1 mA
Kleiner Kollektorstrom (Ic2)	0.2 mA	Gleichstromverstärkung bei I1 (hfe1)	185
Gleichstromverstärkung bei I2 (hfe2)	125	Kleiner Kollektorstrom (Ic2)	0.4 mA
Max. Gleichstromverstärkung (hfeM)	215	Gleichstromverstärkung bei I2 (hfe2)	230
Niederer Kollektorstrom bei 50% hfeM (IL)	0.2 mA	Max. Gleichstromverstärkung (hfeM)	360
Hoher Kollektorstrom bei 50% hfeM (Ikf)	270 mA	Niederer Kollektorstrom bei 50% hfeM (IL)	0.3 mA
		Temperatur für zweite Kennlinie (T2)	125 °C

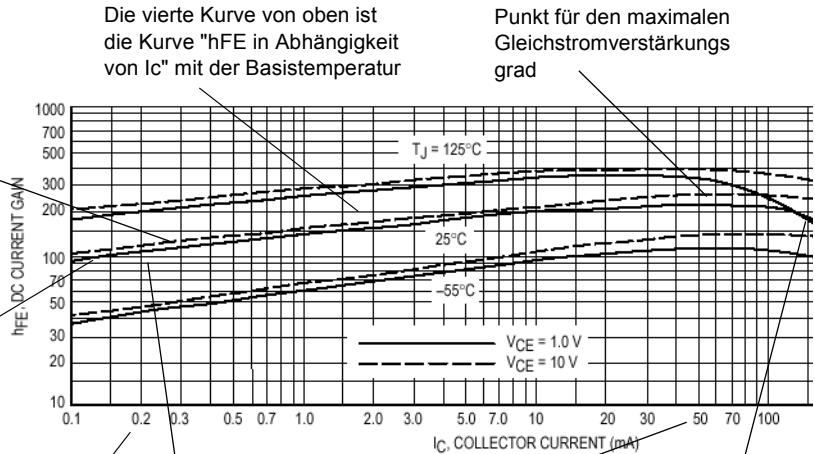
2. Suchen Sie im Datenbuch für bipolare Flächentransistoren nach dem Diagramm "hFE in Abhängigkeit von Ic".

➤ Geben Sie die Daten für den **Gleichstromverstärkungsgrad (hFE) bei der Basistemperatur** wie folgt ein:

1. Wählen Sie aus den Kurven "hFE in Abhängigkeit von Ic" bei der Basistemperatur für den bipolaren Flächentransistor die Kurve, bei denen die Vce dem Arbeitspunkt des Transistors am nächsten kommt. Beispiel:

Wählen Sie einen Punkt für die Darstellung des mittleren Gleichstromverstärkungsgrads im Bereich des niedrigsten Ic-Werts.

Punkt für den minimalen Gleichstromverstärkungsgrad



Punkt der 50 % des maximalen Verstärkungsgrads im Bereich des niedrigsten Ic-Werts entspricht

Ic-Wert für den Punkt, der dem maximalen Verstärkungsgrad entspricht (siehe "Eingeben der Durchschaltspannungen und der Stromverstärkungsbandbreite" auf Seite 5-47).

Punkt für 50 % des maximalen Verstärkungsgrads im Bereich des höchsten Ic-Werts

Ic-Wert für den Punkt, der 50 % des maximalen Verstärkungsgrads im Bereich des niedrigsten Ic-Werts entspricht (siehe "Eingeben der Durchschaltspannungen und der Stromverstärkungsbandbreite" auf Seite 5-47).

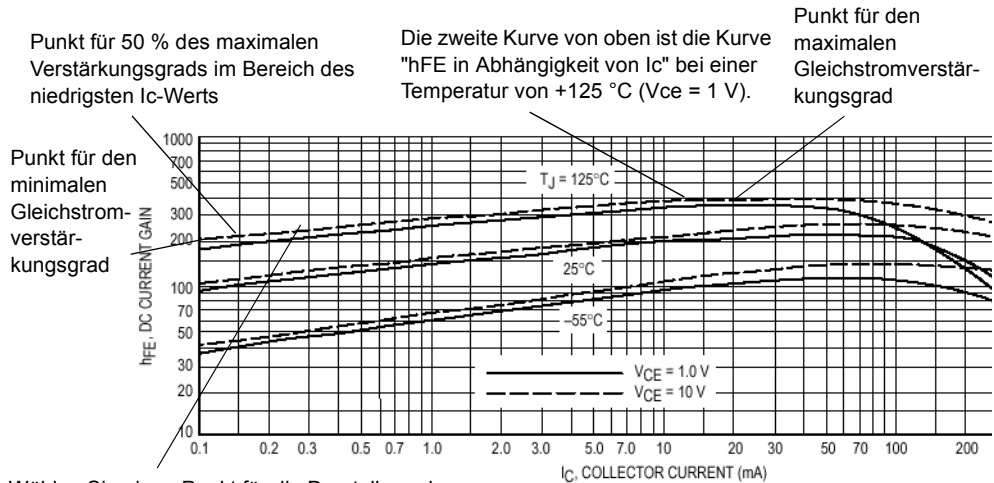
**Hinweis** Sie müssen eine Kurve mit der gleichen Spannung wie in der Ic-Vbe-Kurve wählen, um die Daten in die letzte Registerkarte in diesem Fenster einzugeben (siehe "Eingeben der Durchschaltspannungen und der Stromverstärkungsbandbreite" auf Seite 5-47).

2. Suchen Sie den Punkt auf der Kurve, der dem minimalen Kollektorstrom entspricht. Alternativ können Sie auch den Anfangspunkt der Kurve verwenden. Verwenden Sie die Koordinaten dieses Werts, um Folgendes einzugeben:

- **Gleichstromverstärkungsgrad (hFE1)**
  - **Minimaler Kollektorstrom**
3. Wählen Sie einen Punkt im Bereich des niedrigsten  $I_c$ -Werts der gleichen Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
- **Gleichstromverstärkungsgrad (hFE2)**
  - **Mittelwert des Kollektorstroms (Bereich niedriger Werte)**
4. Suchen Sie den höchsten Punkt auf der Kurve und geben Sie den entsprechenden Gleichstromverstärkungsgrad ins Feld **Maximalwert des Gleichstromverstärkungsgrads (hFE\_Max)** ein.
- Hinweis** Sie müssen den  $I_c$ -Wert dieses Punkts notieren, um die Punkte auf der  $I_c$ -V<sub>be</sub>-Kurve einzeichnen zu können, die Sie benötigen, um die Daten in die letzte Registerkarte dieses Fensters einzugeben (siehe "Eingeben der Durchschaltspannungen und der Stromverstärkungsbandbreite" auf Seite 5-47).
5. Suchen Sie die beiden Punkte, die 50 % des maximalen Gleichstromverstärkungsgrad entsprechen, wobei der eine Punkt im Bereich des niedrigsten  $I_c$ -Werts und der andere im Bereich des höchsten  $I_c$ -Werts liegt. Verwenden Sie diese Punkte, um Folgendes einzugeben:
- **Kollektorstrom (I<sub>L</sub>) bei 50 % des maximalen Gleichstromverstärkungsgrads (Bereich niedriger Werte)**
  - **Kollektorstrom (I<sub>kf</sub>) bei 50 % des maximalen Gleichstromverstärkungsgrads (Bereich hoher Werte)**
- Hinweis** Sie müssen den  $I_c$ -Wert des Punkts im Bereich des niedrigsten  $I_c$ -Werts notieren, um die Punkte auf der  $I_c$ -V<sub>be</sub>-Kurve einzeichnen zu können, die Sie benötigen, um die Daten in die letzte Registerkarte dieses Fensters einzugeben (siehe "Eingeben der Durchschaltspannungen und der Stromverstärkungsbandbreite" auf Seite 5-47).

➤ Geben Sie die Daten für den **Gleichstromverstärkungsgrad (hFE) bei einer anderen Temperatur** wie folgt ein:

1. Verwenden Sie das Diagramm "hFE in Abhängigkeit von  $I_C$ ", um eine Kurve zu finden, deren Temperatur sich von der Basistemperatur unterscheidet. (Hierbei kann es sich um eine beliebige andere Temperatur handeln.) Beispiel:



Wählen Sie einen Punkt für die Darstellung des mittleren Gleichstromverstärkungsgrads im Bereich des niedrigsten  $I_C$ -Werts.

Figure 3. DC Current Gain

2. Geben Sie die Temperatur der gewählten Kurve ins Feld **Andere Temperatur im Diagramm (t2)** ein.
3. Suchen Sie den Punkt auf der Kurve, der dem minimalen Kollektorstrom entspricht. Alternativ können Sie auch den Anfangspunkt der Kurve verwenden. Verwenden Sie die Koordinaten dieses Werts, um Folgendes einzugeben:
  - **Gleichstromverstärkungsgrad (hFE1\_t2)**
  - **Minimaler Kollektorstrom**
4. Wählen Sie einen Punkt im Bereich des niedrigsten  $I_C$ -Werts der gleichen Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Gleichstromverstärkungsgrad (hFE2\_t2)**
  - **Mittelwert des Kollektorstroms (Bereich niedriger Werte)**
5. Suchen Sie den höchsten Punkt auf der Kurve und geben Sie den entsprechenden Gleichstromverstärkungsgrad ins Feld **Maximalwert des Gleichstromverstärkungsgrads (hFE\_Max2)** ein.



- Suchen Sie einen Punkt für 50 % des maximalen Gleichstromverstärkungsgrads im Bereich des niedrigsten  $I_c$ -Werts und geben Sie den Wert dieses Punkts ins Feld **Kollektorstrom ( $I_{L\_t2}$ ) bei 50 % des maximalen Gleichstromverstärkungsgrads (Bereich niedriger Werte)** ein.

## Eingeben der Durchschaltspannungen und der Stromverstärkungsbandbreite

- Klicken Sie auf die Registerkarte Durchschaltspannungen, Stromverstärkungsbandbreite:

**Bipolar Transistor-Modell**

Stromverstärkungs-Kennlinien  $h_{fe} = f(I_c)$  | Spannungen im Sättigungs und "Ein"-Bereich, Frequenzwerte

**Basis-Emitter-Spannung im Ein-Bereich  $U_{be(on)} = f(I_c)$**

Basis-Emitter-Spannung ( $U_{be1}$ ) bei: 0.57 V  
- minimalem Kollektorstrom ( $I_{c1}$ ): 0.1 mA

Basis-Emitter-Spannung ( $U_{be2}$ ) bei: 0.58 V  
- niederem Kollektorstrom bei 50%  $h_{fe}$

Basis-Emitter-Spannung ( $U_{be3}$ ) bei: 0.915 V  
- Kollektorstrom bei  $h_{fe\_max}$

Kollektor-Emitter-Spannung ( $U_{ce}$ )  
(gleicher Wert wie bei  $h_{fe}$ -Kennlinie): 1 V

**Basis-Emitter-Sättigungsspannung  $U_{be(sat)} = f(I_c)$**

Basis-Emitter-Spannung ( $U_{be1}$ ) bei: 0.83 V  
- hohem Kollektorstrom ( $I_{c1}$ ),  $I_c/I_b=10$ : 100 mA

Basis-Emitter-Spannung ( $U_{be2}$ ) bei: 0.95 V  
- maximalem Kollektorstrom ( $I_{c2}$ ): 500 mA

**Transitfrequenz bei maximalem Kollektorstrom**

Maximale Transitfrequenz (FTMAX): 250 MHz

**Temperatur-Koeffizient**

Temperaturkoeffizient  $T_c$ : -2.2 mV/°C  
- bei kleinster Basis-Emitter-Spannung

**Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung  $U_{ce(sat)} = f(I_c)$**

Kollektor-Emitter-Spannung ( $U_{ce1}$ ) bei: 0.1 V  
- hohem Kollektorstrom ( $I_c$ ),  $I_c/I_b=10$ : 180 mA

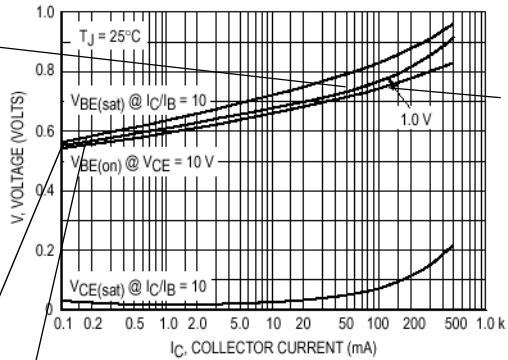
Kollektor-Emitter-Spannung ( $U_{ce2}$ ) bei: 0.21 V  
- maximalem Kollektorstrom ( $I_c$ ),  $I_c/I_b=10$ : 500 mA

OK | Abbrechen | Hilfe

- Suchen Sie im Datenbuch nach dem Diagramm " $I_c$  in Abhängigkeit von  $V_{be}$ ".

- Geben Sie die Daten gemäß dem **Diagramm für Durchschaltspannungen** wie folgt ein:
- Suchen Sie im Diagramm die Kurve mit dem gleichen Wert für  $V_{ce}$  wie demjenigen, der in den hFE-Daten verwendet wurde. Geben Sie den  $V_{ce}$ -Wert ins Feld **Kollektor-Emitter-Spannung für  $V_{be}$  in Abhängigkeit von  $I_c$  (wie bei der hFE-Kurve)** ein. Beispiel:

Die zweite Kurve von oben ist die Kurve "Vbe in Abhängigkeit von  $I_c$ " mit dem gleichen  $V_{ce}$ -Wert wie demjenigen in der Kurve " $I_c$  in Abhängigkeit von hFE". (Siehe "Eingeben der Daten für den Gleichstromverstärkungsgrad" auf Seite 5-43.)



Punkt für den maximalen Gleichstromverstärkungsgrad (Siehe "Eingeben der Daten für den Gleichstromverstärkungsgrad" auf Seite 5-43.)

Punkt für die minimale  $V_{be}$

Punkt für 50 % des maximalen Gleichstromverstärkungsgrads (siehe "Eingeben der Daten für den Gleichstromverstärkungsgrad" auf Seite 5-43).

- Suchen Sie den Punkt auf der Kurve, der dem minimalen  $I_c$ -Wert entspricht. Alternativ können Sie auch den Anfangspunkt der Kurve verwenden. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Durchschaltspannung zwischen Basis und Emitter ( $V_{be1}$ )**
  - **Niedrigster Wert des Kollektorstroms**
- Suchen Sie anhand des Diagramms " $I_c$  in Abhängigkeit von hFE" die Kurve " $I_c$  in Abhängigkeit von hFE", und zwar den Punkt der Basistemperatur, der dazu verwendet wurde, um die Daten in die dritte Registerkarte dieses Fensters einzugeben. Notieren Sie den Koordinatenwert für den Kollektorstrom ( $I_c$ ) am Punkt des maximalen Gleichstromverstärkungsgrads (hFE).
- Suchen Sie im Diagramm " $I_c$  in Abhängigkeit von  $V_{be}$ " den Punkt, der diesem Koordinatenwert für  $I_c$  auf der in den Schritten 1 bis 4 verwendeten Kurve entspricht. Geben Sie die Spannung für diesen Punkt ins Feld **Durchschaltspannung zwischen Basis und Emitter ( $V_{be\_hFE\text{Max}}$ ) beim maximalen Verstärkungsgrad** ein.
- Suchen Sie anhand des Diagramms " $I_c$  in Abhängigkeit von hFE" die Kurve " $I_c$  in Abhängigkeit von hFE", und zwar den Punkt der Basistemperatur, der dazu verwendet wurde, um die Daten in die dritte Registerkarte dieses Fensters einzugeben. Notieren Sie den Koordinatenwert für den Kollektorstrom ( $I_c$ ) am 50%-Punkt des maximalen Gleichstromverstärkungsgrads (hFE).

6. Suchen Sie im Diagramm "Ic in Abhängigkeit von Vbe" den Punkt, der diesem Koordinatenwert für Ic auf der in den Schritten 1 bis 4 verwendeten Kurve entspricht. Geben Sie die Spannung für diesen Punkt ins Feld **Durchschaltspannung zwischen Basis und Emitter (Vbe\_iL) bei 50 % des maximalen Verstärkungsgrads Kollektorstrom (Bereich niedriger Werte)** ein.
- Geben Sie die Daten für **Vbe(sat) - Ic** wie folgt ein:
1. Suchen Sie anhand des Diagramms "Ic in Abhängigkeit von Vbe" die Kurve, bei der  $V_{be(sat)}$  bei  $I_c/I_b = 10$ . Beispiel:

Die obere Kurve ist  $V_{be}$ -Ic, wenn  $V_{be}$  die Sättigungsspannung und  $I_c/I_b = 10$  ist.

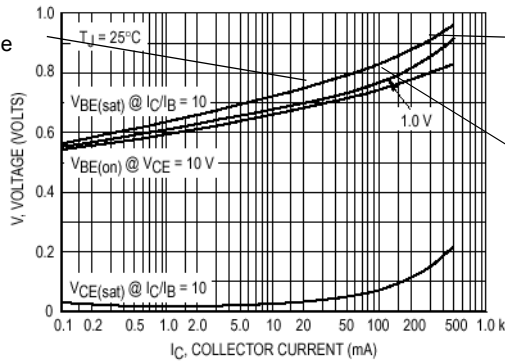


Figure 11. "On" Voltages

2. Suchen Sie den höchsten Punkt auf der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Durchschaltspannung zwischen Basis und Emitter (Vbe2\_sat)**
  - **Höchster Wert des Kollektorstroms**
3. Wählen Sie einen Punkt auf der Kurve im Bereich hoher Werte des Kollektorstroms. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Durchschaltspannung zwischen Basis und Emitter (Vbe1\_sat)**
  - **Kollektorstrom im Bereich hoher Werte**

➤ Geben Sie die Daten für **Vce(sat) - Ic** wie folgt ein:

- Suchen Sie anhand des Diagramms "Ic in Abhängigkeit von Vbe" die Kurve, bei der Vbe(sat) bei  $I_c/I_b = 10$ . Beispiel:

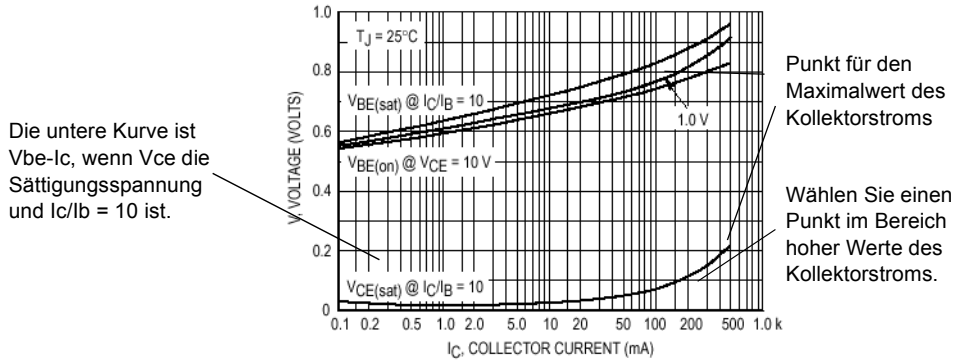


Figure 11. "On" Voltages

- Suchen Sie den höchsten Punkt auf der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Durchschaltspannung zwischen Basis und Emitter (Vce2\_sat)**
  - **Höchster Wert des Kollektorstroms**
- Wählen Sie einen Punkt auf der Kurve im Bereich hoher Werte des Kollektorstroms. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Durchschaltspannung zwischen Basis und Emitter (Vce1\_sat)**
  - **Kollektorstrom im Bereich hoher Werte**

- Geben Sie die Daten für das **Produkt aus Stromverstärkungsgrad und Bandbreite gemäß dem Diagramm (fT)** wie folgt ein:

1. Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Produkt aus Stromverstärkungsgrad und Bandbreite in Abhängigkeit von der Frequenz" wie z.B.:

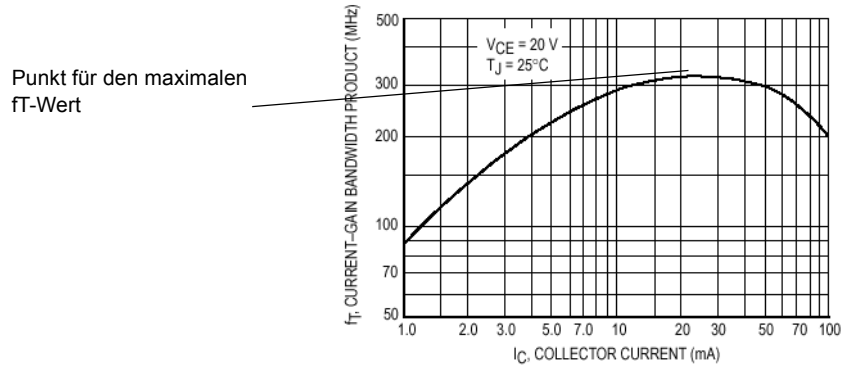


Figure 10. Current-Gain Bandwidth Product

2. Suchen Sie den maximalen fT-Wert oder den höchsten Punkt auf der Kurve. Geben Sie diesen Wert ins Feld **Maximalwert des Produkts aus Stromverstärkungsgrad und Bandbreite** ein.

- Geben Sie die Daten gemäß dem **Diagramm für Temperaturkoeffizienten** wie folgt ein:

1. Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Temperaturkoeffizienten" wie z.B.:

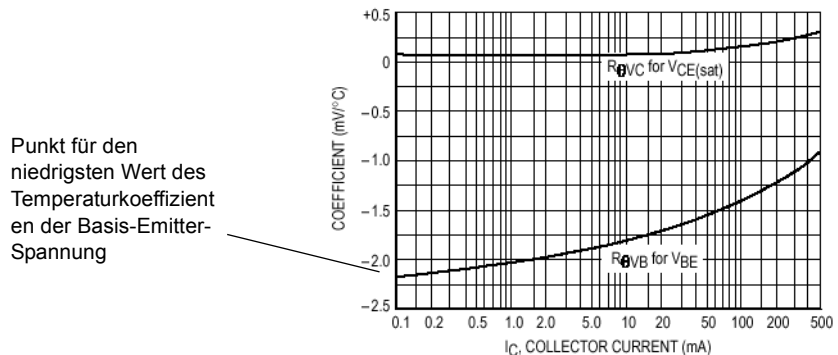


Figure 12. Temperature Coefficients

2. Suchen Sie den Minimalwert oder den niedrigsten Punkt auf der Kurve für den Temperaturkoeffizienten der Basis-Emitter-Spannung und geben Sie diesen Wert ins Feld **Niedrigster Wert des Temperaturkoeffizienten der Basis-Emitter-Spannung** ein.

## 5.13.2 Modellgenerator für Dioden

1. Klicken Sie auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeeigenschaften auf **Modellgenerator starten**. Nun wird das Fenster Modellgenerator wählen geöffnet.
2. Wählen Sie aus der Liste der Modellgeneratoren den Modellgenerator für Dioden und klicken Sie auf **Akzeptieren**, um fortzufahren. (Klicken Sie auf **Abbrechen**, um wieder die Registerkarte Modell anzuzeigen.) Nun wird das Fenster Diodenmodell geöffnet.
3. Geben Sie ins Fenster Diodenmodell die benötigten Werte ein, wie in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.
4. Klicken Sie nach dem Eingeben aller Werte auf **OK**, um die Generierung des Modells zu beenden. Klicken Sie auf **Abbrechen**, wenn Sie das Modell nicht generieren wollen.

**Hinweis** Im Fenster Diodenmodell werden nun die voreingestellten Werte für das Modell IN4001 angezeigt.

### Eingeben von allgemeinen Daten, Maximalwerten sowie Durchlass- und Sperreigenschaften

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Allgemeine Daten, Maximalwerte, Durchlass- und Sperreigenschaften:

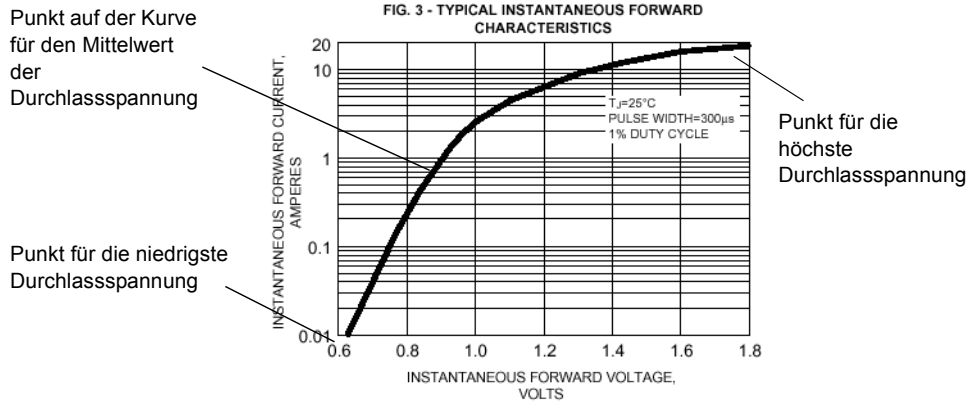
2. Schlagen Sie die Daten für die Diode in einem Datenbuch nach.
- Um die **Allgemeinen** Eigenschaften einzugeben, müssen Sie zuerst den **Bauelementenamen** eingeben. Den Bauelementenamen finden Sie normalerweise oben im Datenblatt.

- Geben Sie die Daten für die **Spereigenschaften** wie folgt ein:
  1. Suchen Sie im Datenbuch die Tabelle "Maximalwerte und elektrische Eigenschaften".
  2. Geben Sie auf der Basis der Informationen in dieser Tabelle die folgenden Werte ein:
    - **Maximale Dauerspitzenperrspannung (VRRM)**
    - **Maximaler Sperrgleichstrom bei der maximal zulässigen Sperrgleichspannung (IR)**
    - **Typische Sperrerrholzeit (trr).**
- Geben Sie die Daten für **Spannungsdurchbruch in Sperrrichtung** wie folgt ein:
  1. Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Sperrstrom in Abhängigkeit von der Sperrspannung".

Wenn diese Daten nicht zur Verfügung stehen, müssen Sie die Option **Daten für Spannungsdurchbruch in Sperrrichtung NICHT verfügbar** aktivieren.
  2. Suchen Sie im Diagramm die Kurve mit der Umgebungstemperatur von +25 °C.
  3. Wählen Sie im Diagramm einen Punkt, der den Mittelpunkt der horizontalen Richtung darstellt (siehe Diagramm).
  4. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um die Werte für Folgendes einzugeben:
    - **Sperrdurchschlagsspannung (BV)**
    - **Sperrdurchschlagsstrom (IBV)**

- Geben Sie die Daten für die **Durchlasseigenschaften unmittelbar nach dem Umschalten auf Durchlass** wie folgt ein:

- Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Typische Durchlasseigenschaften unmittelbar nach dem Umschalten auf Durchlass" wie z.B.:



- Suchen Sie den Punkt der niedrigsten Durchlassspannung am Anfangspunkt der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punktes, um die Werte für Folgendes einzugeben:
  - **Niedrigster Durchlassstrom (IF1)**
  - **Niedrigste Durchlassspannung (VF1)**
- Suchen Sie den Punkt der höchsten Durchlassspannung oder den Endpunkt auf der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punktes, um die Werte für Folgendes einzugeben:
  - **Höchster Durchlassstrom (IFM)**
  - **Höchste Durchlassspannung (VFM).**
- Suchen Sie gegebenenfalls mit Hilfe eines Lineals den zweiten Punkt oder den Mittelpunkt auf der Kurve, der Ihrer Meinung nach den Übergangspunkt auf der Kurve am besten repräsentiert.

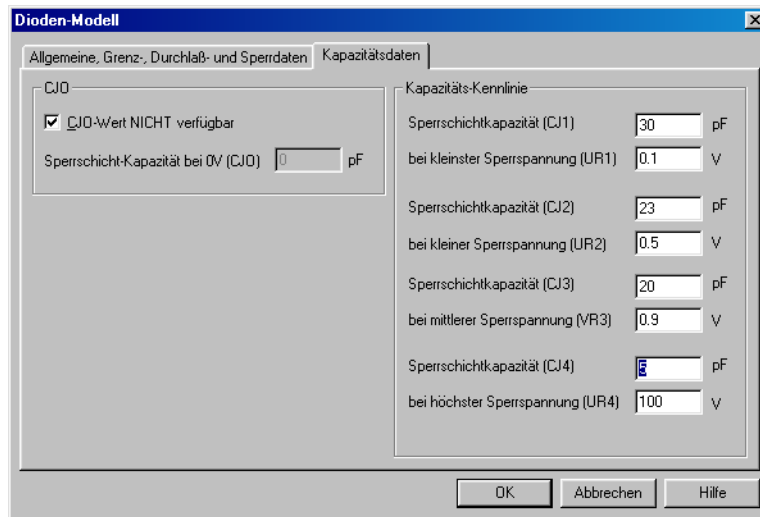
**Hinweis** Die Richtlinien für die Auswahl des Mittelpunkts können in verschiedenen Datenbüchern voneinander abweichen. Wenn das Diagramm logarithmisch skaliert ist, was normalerweise der Fall ist, können Sie diesen Punkt finden, indem Sie ein Lineal an den Anfang der Kurve im Bereich niedriger Spannung anlegen, die nahezu als gerade Linie verläuft. Verwenden Sie denjenigen Punkt als Mittelpunkt, der sich dort befindet, wo die Kurve die vom Lineal gebildete Linie verlässt. Wenn es sich beim Diagramm um ein Liniendiagramm handelt, müssen Sie die Daten logarithmisch skaliert aufzeichnen und das vorstehend beschriebene Verfahren unter Zuhilfenahme des Lineals anwenden.



5. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um die Werte für Folgendes einzugeben:
  - **Mittelwert des Durchlassstroms (IF2)**
  - **Mittelwert der Durchlassspannung (VF2).**

## Eingeben von Kapazitätsdaten

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Kapazitäten:



➤ Geben Sie die Daten für die **Sperrschichtkapazitäten** wie folgt ein:

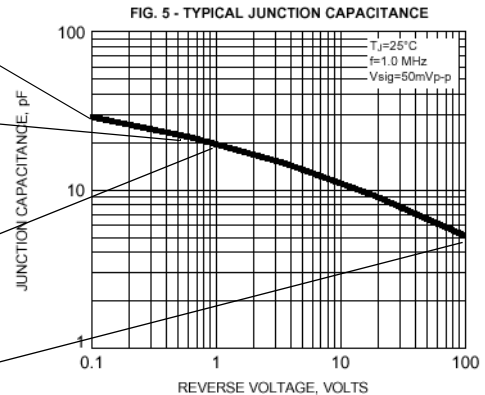
- Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Typische Sperrschichtkapazität" wie z.B.:

Punkt für die niedrigste Sperrspannung

Wählen Sie einen zweiten Punkt auf der Kurve im Bereich niedriger Spannung, um die zweitniedrigste Sperrspannung zu finden.

Wählen Sie einen dritten Punkt auf der Kurve im Bereich niedriger Spannung, um die drittniedrigste bzw. zweithöchste Sperrspannung zu finden.

Punkt für die höchste Sperrspannung



- Suchen Sie die Sperrschichtkapazität bei der Sperrspannung 0 V und geben Sie diesen Kapazitätswert ins Feld **Sperrschichtkapazität bei Sperrspannung Null (CJO)** ein.  
Wenn diese Informationen nicht im Datenbuch enthalten sind, müssen Sie die Option **CJO-Daten NICHT verfügbar** aktivieren.
- Suchen Sie den Punkt der niedrigsten Sperrspannung oder den Anfangspunkt der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um folgende Werte einzugeben:
  - **Sperrschichtkapazität (CJ1)**
  - **Niedrigste Sperrspannung (Vr1)**
- Suchen Sie den Punkt der höchsten Sperrspannung oder den Endpunkt der Kurve, und geben Sie die Koordinatenwerte in die Felder **Sperrschichtkapazität (CJ4)** und **Niedrigste Sperrspannung (Vr4)** ein.
- Wählen Sie zwei zusätzliche mittlere Punkte im Diagramm, deren zugehörige Werte größer als die niedrigste Sperrspannung sind, aber im unteren Bereich der Sperrspannung liegen müssen.
- Verwenden Sie die Koordinatenwerte des zweiten Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Sperrschichtkapazität (CJ2)**
  - **Zweitniedrigste Sperrspannung (Vr2)**
- Verwenden Sie die Koordinatenwerte des dritten Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Sperrschichtkapazität (CJ3)**
  - **Zweithöchste Sperrspannung (Vr3)** (drittniedrigste Sperrspannung)

## 5.13.3 MOSFET-Modellgenerator

1. Klicken Sie auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeigenschaften auf **Modellgenerator starten**. Nun wird das Fenster Modellgenerator wählen geöffnet.
2. Wählen Sie aus der Liste der Modellgeneratoren den MOSFET-Modellgenerator und klicken Sie auf **Akzeptieren**, um fortzufahren. (Klicken Sie auf **Abbrechen**, um wieder die Registerkarte Modell anzuzeigen.) Nun wird das Fenster MOSFET-Modell geöffnet.
3. Geben Sie ins Fenster MOSFET-Modell die benötigten Werte ein, wie in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.
4. Klicken Sie nach dem Eingeben aller Werte auf **OK**, um die Generierung des Modells zu beenden. Klicken Sie auf **Abbrechen**, wenn Sie das Modell nicht generieren wollen.

**Hinweis** Im Fenster MOSFET-Modell werden nun die voreingestellten Werte für das Modell BSS83 angezeigt.

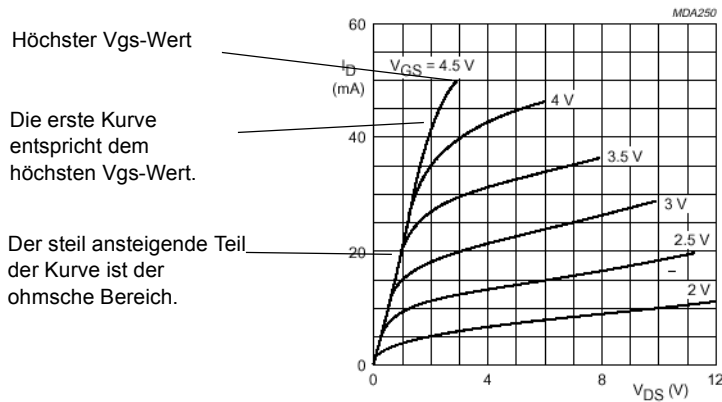
### Eingeben von allgemeinen Daten und von Daten der Ausgangseigenschaften

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Allgemeine Daten, Ausgangseigenschaften:

MOSFET Modell			
Allgemeine Ausgangscharakteristiken   Übertragungscharakteristiken - Option A, B   Übertragungscharakteristik Option C   Kapazitäten			
<b>Allgemein</b>			
Komponentenname	BSS83	Kanaltyp des Moslets	NMOS
		Max. Drainstrom	50 mA
<b>Ausgangscharakteristik im ohmschen Bereich</b>			
Vgs für die Kurve (Vgs_ohmsch)	4.5 V	Drainstrom (IDS_ohmsch)	27 mA
		Vds bei einem Drainstrom von Ids_ohmsch	1.3 V
<b>Ausgangscharakteristiken</b>			
<b>Ids_Vds Kurve 1 (für niedrigste Vgs)</b>		<b>Ids_Vds Kurve 2 (für mittlere Vgs)</b>	
Vgs für diese Kurve (Vgs_f0)	2 V	Vgs für diese Kurve (Vgs_f1)	3 V
Drainstrom (Ids_f00)	5 mA	Drainstrom (Ids_f10)	20 mA
bei Vds_f00(niedrigere)	2 V	bei Vds_f01 (niedrigere)	3 V
Drainstrom (Ids_f01)	10 mA	Drainstrom (Ids_f11)	27 mA
bei Vds_f01 (höhere Vds)	10 V	bei Vds_f11 (höhere Vds)	3 V
<b>Ids_Vds Kurve 3 (für höchste Vgs)</b>			
Vgs für diese Kurve (Vgs_f2)	4.5 V	Vgs für diese Kurve (Vgs_f2)	4.5 V
Drainstrom	40 mA	Drainstrom	40 mA
bei Vds_f20 (niedrigere)	3 V	bei Vds_f20 (niedrigere)	3 V
Drainstrom Ids_f21)	47 mA	Drainstrom Ids_f21)	47 mA
bei Vds_f21 (höhere Vds)	6 V	bei Vds_f21 (höhere Vds)	6 V

2. Schlagen Sie die Daten für den MOSFET in einem Datenbuch nach.

- Geben Sie die **Allgemeinen** Daten wie folgt ein:
  1. Geben Sie den **Bauelementenamen** ein. Den Bauelementenamen finden Sie normalerweise in der oberen rechten Ecke des Datenblatts.
  2. Geben Sie den **Kanaltyp des MOSFETs** ein. Hierbei handelt es sich um den Titel des Datenblatts an dessen Oberseite.
  3. Suchen Sie die Tabelle "Typische Daten" für den MOSFET.
  4. Geben Sie auf der Basis der Daten in der Tabelle den **maximalen Drain-Strom** ein.
- Geben Sie die Daten für die **Ausgangscharakteristik im ohmschen Bereich** ein:
  1. Suchen Sie das Diagramm "Id in Abhängigkeit von Vds" in den MOSFET-Daten wie z.B.:



$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}.$

Fig.3  $V_{SB} = 0$ ; typical values.

2. Suchen Sie die Kurve mit dem höchsten Vgs-Wert. Geben Sie diesen Vgs-Wert ins Feld **Vgs für die Kurve (Vgs\_ohmic)** ein.
3. Suchen Sie einen Punkt im ohmschen Bereich der gleichen Kurve.
4. Geben Sie den Id-Wert dieses Punkts ins Feld **Drain-Strom (Ids\_ohmic)** ein.
5. Geben Sie den Vds-Wert dieses Punkts ins Feld **Vds bei Drain-Strom gleich Ids\_ohmic (Vds\_ohmic)** ein.

➤ Geben Sie die Daten für die **Ausgangskarakteristik im Sättigungsbereich** ein:

- Suchen Sie den Sättigungsbereich der Kurven im gleichen Diagramm wie oben. Im Sättigungsbereich verlaufen die Kurven linear. (Die Kurve mit dem höchsten V<sub>GS</sub>-Wert enthält keinen Sättigungsbereich.) Beispiel:

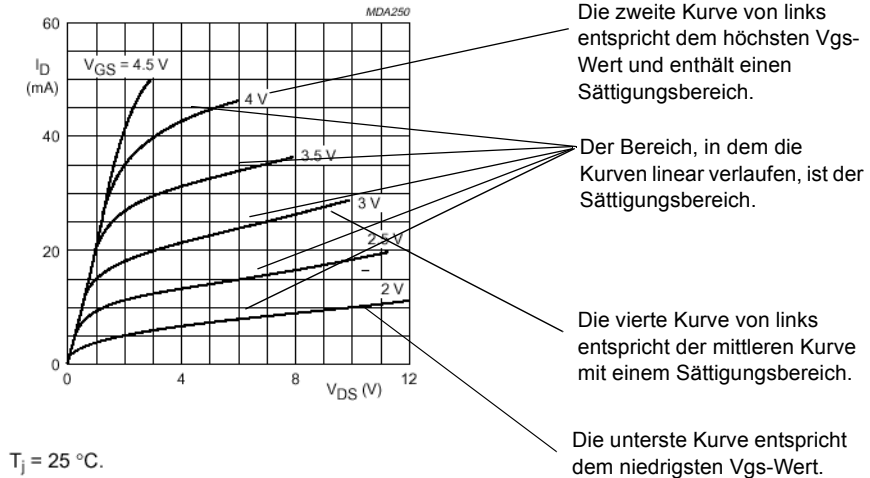


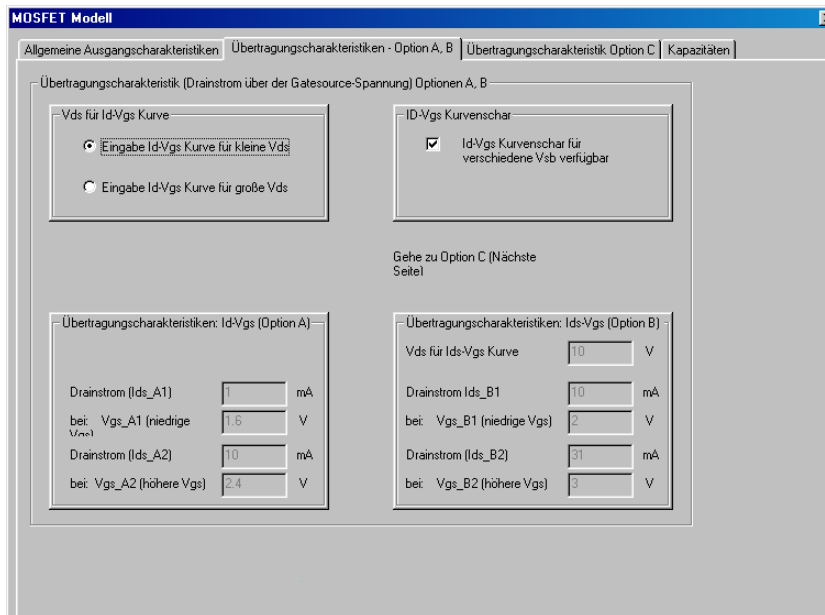
Fig.3  $V_{SB} = 0$ ; typical values.

- Um die Daten in die Felder **Ids\_Vds Kurve 1 (für den niedrigsten V<sub>GS</sub>-Wert)** einzugeben, müssen Sie die Kurve mit dem niedrigsten V<sub>GS</sub>-Wert suchen.
- Geben Sie den V<sub>GS</sub>-Wert dieser Kurve ins Feld **V<sub>GS</sub> für diese Kurve (V<sub>GS\_f0</sub>)** ein.
- Suchen Sie gegebenenfalls mit Hilfe eines Lineals den Anfangs- und den Endpunkt des Sättigungsbereichs oder des Bereichs, in dem die Kurve linear verläuft.
- Verwenden Sie die Koordinatenwerte des Anfangspunkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Drain-Strom (Ids\_f00)**
  - **Vds\_f00 (unterer Vds-Wert)**.
- Verwenden Sie die Koordinatenwerte des Endpunkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Drain-Strom (Ids\_f01)**
  - **Vds\_f01 (hoher Vds-Wert)**.
- Um die Daten in die Felder **Ids\_Vds Kurve 3 (für den höchsten V<sub>GS</sub>-Wert)** einzugeben, müssen Sie die Kurve mit dem höchsten V<sub>GS</sub>-Wert suchen, die noch einen Sättigungsbereich enthält. (Diese Beschreibung bezieht sich nicht auf die oberste Kurve im Diagramm "Id in Abhängigkeit von Vds".)

8. Wiederholen Sie die Schritte 4 bis 7, um die Werte für Folgendes einzugeben:
  - **Vgs für diese Kurve (Vgs\_f2)**
  - **Drain-Strom**
  - **Vds\_f20 (unterer Vds-Wert).**
  - **Drain-Strom (Ids\_f21)**
  - **Vds\_f21 (hoher Vds-Wert).**
9. Um die Daten in die Felder **Ids\_Vds Kurve 2 (für den Mittelwert von Vgs)** einzugeben, müssen Sie die Kurve am mittleren Punkt zwischen den Kurven suchen, der dem niedrigsten Vgs-Wert und dem höchsten Vgs-Wert mit einem Sättigungsbereich entspricht.
10. Wiederholen Sie die Schritte 4 bis 7, um die Werte für Folgendes einzugeben:
  - **Vgs für diese Kurve (Vgs\_f1)**
  - **Drain-Strom (Ids\_f10)**
  - **Vds\_f01 (unterer Vds-Wert).**
  - **Drain-Strom (Ids\_f11)**
  - **Vds\_f11 (hoher Vds-Wert).**

## Eingeben der Daten für die Übertragungseigenschaften

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Übertragungseigenschaften - Optionen 1 und 2:



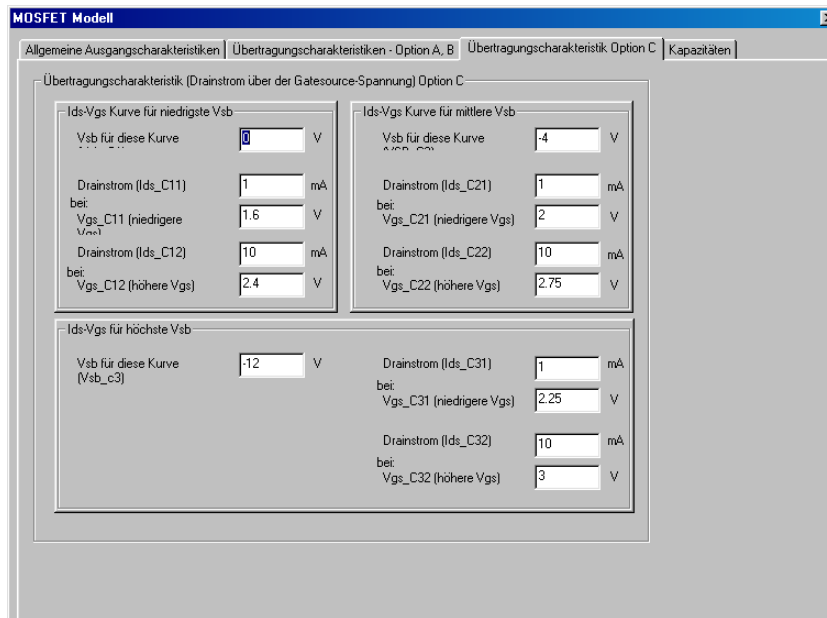
- Wählen Sie die Optionen für die Übertragungseigenschaften wie folgt:
  1. Suchen Sie das Diagramm "Id in Abhängigkeit von Vgs" im Datenbuch. Aktivieren Sie je nach den verfügbaren Daten die Optionen unter **Vds für die Id-Vgs-Kurve** und **Wenn mehrere Id-Vgs-Kurven verfügbar**.

**Hinweis** Wenn das Diagramm mehrere Vsb-Kurven enthält, geht daraus hervor, dass die Source und das Substrat nicht miteinander verbunden sind.

Wenn die letztgenannte Option nicht aktiviert ist, werden Sie aufgefordert, Daten ins Feld **Option A** oder **Option B** im gleichen Fenster einzugeben.

Wenn die letztgenannte Option aktiviert ist (dies ist in unserem Beispiel der Fall), erscheint die Aufforderung **Zur Option C gehen (nächste Seite)**.

2. Um zur Optionen C zu gehen, müssen Sie auf die Registerkarte Übertragungseigenschaften - Option 3 klicken:



- Gehen Sie beim Eingeben der Daten für die **Übertragungseigenschaften (Drain-Strom in Abhängigkeit von der Gate-Source-Spannung)** für alle drei Optionen wie folgt vor:

1. Betrachten Sie die Daten im Diagramm "Ids in Abhängigkeit von Vgs" wie z.B.:

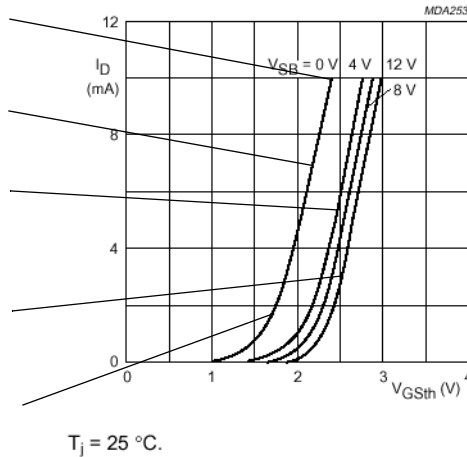
Der höchste Punkt auf den Kurven entspricht dem maximalen Id-Wert.

Die Kurve ganz links entspricht dem niedrigsten Vsb-Wert.

Die zweite Kurve von links entspricht dem Mittelwert von Vsb.

Die Kurve ganz rechts entspricht dem höchsten Vsb-Wert.

Punkt für 10 % des maximalen Id-Werts



Wenn das Diagramm mehrere Vsb-Kurven enthält, bedeutet dies, dass die Source und das Substrat nicht miteinander verbunden sind.

Fig.6  $V_{DS} = V_{GS} = V_{GS(th)}$ .

2. Wenn Sie die Option A verwenden, müssen Sie mit Schritt 4 fortfahren.  
Wenn Sie die Option B verwenden, müssen Sie mit Schritt 3 fortfahren.  
Wenn Sie die Option C verwenden, müssen Sie die Kurve mit dem niedrigsten Vsb-Wert finden, um Daten in die Felder **Ids-Vgs-Kurve für den niedrigsten Vsb-Wert** einzugeben.
3. Wenn Sie die Option B verwenden, müssen Sie den Vds-Wert ins Feld **Vds für die Ids-Vgs-Kurve** eingeben.  
Wenn Sie die Option C verwenden, müssen Sie den Vsb-Wert ins Feld **Vsb für diese Kurve (Vsb\_C1)** eingeben.
4. Suchen Sie den maximalen Id-Wert oder den höchsten Punkt auf der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:  
für die Option A:
  - **Drain-Strom (Ids\_A1)**
  - **Vgs\_A1 (niedrige Vgs)**
 für die Option B:
  - **Drain-Strom Ids\_B1**
  - **Vgs\_B1 (niedrige Vgs)**



für die Option C:

- **Drain-Strom (Ids\_C11)**
- **Vgs-C11 (niedrige Vgs)**

5. Suchen Sie den Punkt auf der Kurve, der 10% des maximalen Id-Werts auf der gleichen Kurve entspricht. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:

für die Option A:

- **Drain-Strom (Ids\_A2)**
- **Vgs\_A2 (hohe Vgs)**

für die Option B:

- **Drain-Strom (Ids\_B2)**
- **Vgs\_B2 (hohe Vgs)**

für die Option C:

- **Drain-Strom (Ids\_C12)**
- **Vgs\_C12 (hohe Vgs)**

6. Um die Dateneingabe ins Fenster für die Option 3 zu vervollständigen und hierzu die Daten ins Feld **Ids-Vgs-Kurve für höchste Vsb** einzugeben, müssen Sie die Kurve mit dem höchsten Vsb-Wert suchen und die vorstehenden Schritte 3 bis 5 wiederholen, um die Daten für folgende Parameter einzugeben:

- **Vbs für diese Kurve (Vsb\_C3)**
- **Drain-Strom (Ids\_C31)**
- **Vgs\_C21 (niedrige Vgs)**
- **Drain-Strom (Ids\_C32)**
- **Vgs\_C22 (hohe Vgs)**

7. Um die Daten in die Felder **Ids-Vgs-Kurve für den Mittelwert von Vsb** einzugeben, müssen Sie die Kurve wählen, die einem Vsb-Wert zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Vsb-Wert entspricht. Wiederholen Sie die Schritte 3 bis 5, um die Werte für Folgendes einzugeben:

- **Vsb für diese Kurve (Vsb\_C2)**
- **Drain-Strom (Ids\_C21)**
- **Vgs\_C21 (niedrige Vgs)**
- **Drain-Strom (Ids\_C22)**
- **Vgs\_C22 (hohe Vgs)**

## Eingeben von Kapazitätsdaten

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Kapazitäten:

- Geben Sie die **Bedingungen** wie folgt ein:

1. Ermitteln Sie, ob das Substrat und die Source des Modells miteinander verbunden sind, und wählen Sie die entsprechende Antwort aus der Dropdown-Liste **Sind Substrat und Source miteinander verbunden?**

**Hinweis** Der Substratzustand kann unter Anwendung zweier unterschiedlicher Verfahren ermittelt werden. Beim ersten Verfahren wird der Schaltplan des Bauelements geprüft, in dem die inneren Verbindungen des MOSFETs gezeigt werden. Beim zweiten Verfahren wird das Diagramm "Id in Abhängigkeit von Vgs" geprüft. Wenn das Diagramm mehrere Vsb-Kurven enthält, geht daraus hervor, dass die Source und das Substrat nicht miteinander verbunden sind.

2. Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Kapazitäten in Abhängigkeit von der Drain-Source-Spannung". Wenn dieses Diagramm zur Verfügung steht, können Sie die Daten in die Felder **Kapazitäten in Abhängigkeit von der Drain-Source-Spannung** eingeben. Wenn dieses Diagramm nicht zur Verfügung steht, müssen Sie die Option **Coss-Vds- und Crss-Vds-Kurven NICHT verfügbar** aktivieren und die Kapazitätswerte an Hand der Informationen im Datenblatt eingeben.

- Geben Sie die **Kapazitätswerte gemäß Datenblatt** wie folgt ein:
1. Suchen Sie im Datenbuch die Tabelle "Eigenschaften".
  2. Geben Sie die Daten in der Tabelle für Folgendes ein:
    - **Rückkopplungskapazität**
    - **Eingangskapazität**
    - **Ausgangskapazität**
    - **Source-Gate-Spannung**

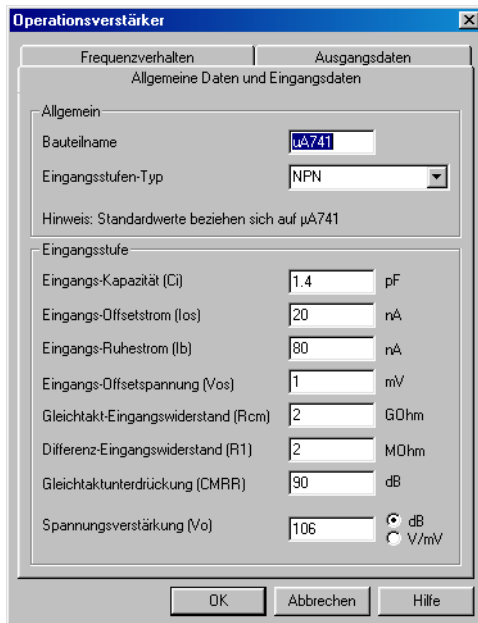
## 5.13.4 Modellgenerator für Operationsverstärker

1. Klicken Sie auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeeigenschaften auf **Modellgenerator starten**. Nun wird das Fenster Modellgenerator wählen geöffnet.
2. Wählen Sie aus der Liste der Modellgeneratoren den Modellgenerator für Operationsverstärker und klicken Sie auf **Akzeptieren**, um fortzufahren. (Klicken Sie auf **Abbrechen**, um wieder die Registerkarte Modell anzuzeigen.) Nun wird das Fenster Operationsverstärkermodell geöffnet.
3. Geben Sie ins Fenster Operationsverstärkermodell die benötigten Werte ein, wie in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.
4. Klicken Sie nach dem Eingeben aller Werte auf **OK**, um die Generierung des Modells zu beenden. Klicken Sie auf **Abbrechen**, wenn Sie das Modell nicht generieren wollen.

**Hinweis** Im Fenster Operationsverstärkermodell werden die voreingestellten Werte für das Modell  $\mu A741$  angezeigt.

## Eingeben von allgemeinen Daten und von Eingangsdaten

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Allgemeine Eingangsdaten:



2. Schlagen Sie die Daten für den Operationsverstärker in einem Datenbuch nach.

➤ Geben Sie die **Allgemeinen** Daten wie folgt ein:

1. Geben Sie den Namen des Bauelements ins Feld **Bauelementename** ein. Den Bauelementenamen finden Sie normalerweise in der oberen rechten Ecke des Datenblatts.
2. Wählen Sie den Typ des in der Eingangsstufe verwendeten Transistors im Feld **Transistortyp in der Eingangsstufe**. Um welchen Transistortyp es sich handelt, ersehen Sie aus dem Schaltbild des Operationsverstärkers.

**Hinweis** Diese Informationen müssen nicht unbedingt eingegeben werden, da das Operationsverstärkermodell auf jedem Typ von Eingangsstufentransistor basieren kann. Wenn der Typ des Eingangstransistors nicht relevant ist, müssen Sie die Option "Unerheblich" wählen.

- Geben Sie die den **Eingang** betreffenden Daten wie folgt ein:
1. Suchen Sie im Datenbuch die beiden Tabellen mit der Beschriftung "Elektrische Eigenschaften bei einer bestimmten Umgebungstemperatur".
  2. Verwenden Sie die Daten in diesen Tabellen, um Folgendes einzugeben:
    - **Eingangskapazität (I)**
    - **Eingangsoffsetstrom (I1o)**
    - **Eingangsstrom (I1b)**
    - **Eingangsoffsetspannung (V1o)**
    - **Gleichtakteingangswiderstand (Rcm)**
    - **Differenzieller Eingangswiderstand (Rcm)**
    - **Gleichtaktunterdrückung**
    - **Spannungsverstärkungsgrad Avd**

**Hinweis** Der Gleichtakteingangswiderstand ist normalerweise sehr hoch. Wenn sein Wert nicht zur Verfügung steht, müssen Sie den Standardwert von 2 GΩ verwenden.

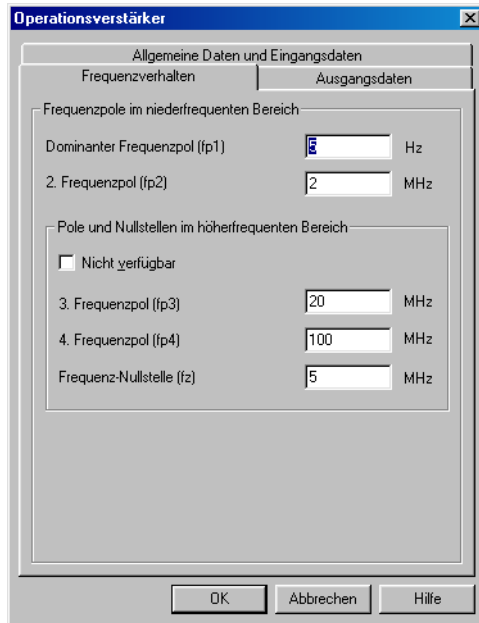
**Hinweis** Die Tabelle "Elektrische Eigenschaften" enthält einen typischen Wert für die Gleichtaktunterdrückung. Die Änderungen der Gleichtaktunterdrückung in Abhängigkeit von der Frequenz sind in einem Diagramm mit dem Titel "Gleichtaktunterdrückung in Abhängigkeit von der Frequenz" aufgeführt. Wenn Sie dieses Diagramm verwenden, müssen Sie den Wert der Gleichtaktunterdrückung bei der niedrigstmöglichen Frequenz verwenden.

**Hinweis** Die Tabelle "Elektrische Eigenschaften" enthält einen typischen Wert für die Großsignalspannungsverstärkung (Avd); diese Information können Sie auch in einem Diagramm mit dem Titel "Großsignaldifferenzspannung ohne Gegenkopplung" finden. Wenn Sie dieses Diagramm verwenden, müssen Sie den AvD-Wert bei der niedrigsten Frequenz verwenden.

**Hinweis** In Datenbüchern ist der Avd-Verstärkungsgrad in dB oder V/mV angegeben. Wenn die Angabe in V/mV erfolgt, können Sie die Daten jedoch auch in dB eingeben. Sie sollten jedoch die numerischen Werte wie folgt umwandeln:  $dB = 20 \lg [1000 * (Wert \text{ in } V/mV)]$

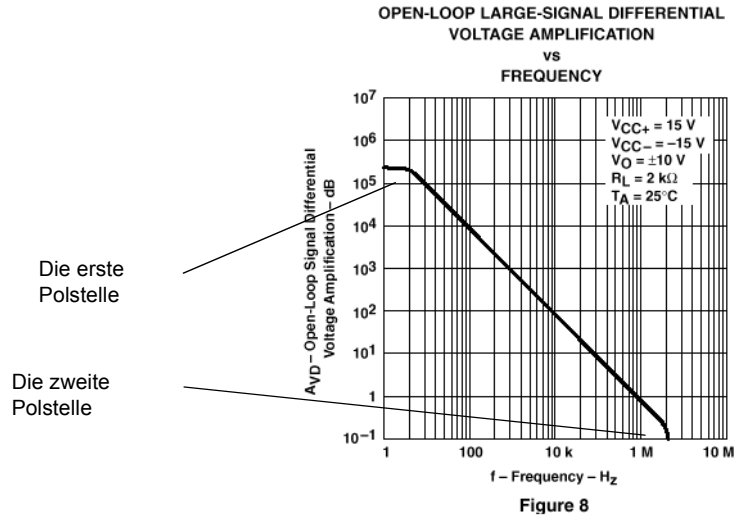
## Eingeben der Daten von Pol- und Nullstellen

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Pol- und Nullstellen:



- Geben Sie die Daten für die **Pol- und Nullstellen in der Kurve Verstärkungsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz** wie folgt ein:

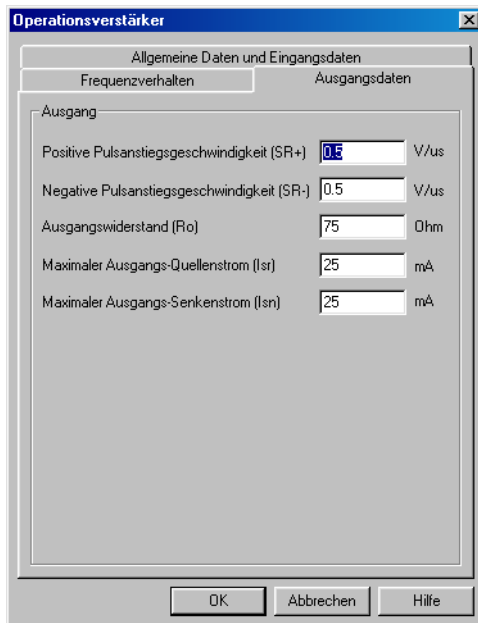
1. Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Spannungsverstärkungsgrad Avd ohne Gegenkopplung in Abhängigkeit von der Frequenz" wie z.B.:



2. Suchen Sie die erste Polstelle auf der Kurve oder den Punkt auf der Kurve, an dem die erste Horizontallinie in eine steil ansteigende Kurve übergeht. Geben Sie den Frequenzwert für diesen Punkt ins Feld **Frequenz bei der Polstelle 1 (fr1)** ein.
  3. Suchen Sie die zweite Polstelle auf der Kurve oder den Punkt auf der Kurve, an dem die ansteigende Kurve beginnt, noch stärker anzusteigen. Geben Sie den Frequenzwert für diesen Punkt ins Feld **Frequenz bei der Polstelle 2 (fr2)** ein.
- Um die Daten für die **Pol- und Nullstellen bei höheren Frequenzen** einzugeben, müssen Sie die Polstellen bei höheren Frequenzen unter Verwendung der nachstehend angegebenen Kurve oder von Informationen auf Websites im Internet oder in Büchern suchen. Wenn diese Informationen nicht zur Verfügung stehen, müssen Sie die Option **Nicht verfügbar** aktivieren.

## Eingeben von Ausgangsdaten

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Ausgang:



2. Suchen Sie im Datenbuch die Tabelle "Betriebseigenschaften".
3. Verwenden Sie die Daten in dieser Tabelle, um Folgendes einzugeben:
  - **Nachlaufgeschwindigkeit (SR+) (ohne Invertierung)**
  - **Nachlaufgeschwindigkeit (SR-) (mit Invertierung)**

**Hinweis** In Datenbüchern finden Sie unter Umständen nur einen gemeinsamen Wert für die Nachlaufgeschwindigkeit mit und ohne Invertierung.

4. Weitere Informationen finden Sie in den Tabellen "Elektrische Eigenschaften" im vorangegangenen Unterabschnitt. Verwenden Sie die Daten in diesen Tabellen, um Folgendes einzugeben:
  - **Ausgangswiderstand (Ro)**
  - **Maximaler Quellstrom (Isr)**
  - **Maximaler Laststrom (Isn)**

**Hinweis** In den Datenbüchern ist normalerweise der Ausgangskurzschlussstrom angegeben. Hierbei handelt es sich um den Maximalwert des Ausgangsstroms, den der Ausgangsknoten liefern kann, wenn er mit der negativen Versorgungsspannung verbunden ist, oder um den Maximalwert des Ausgangsstroms, den er aufnehmen kann, wenn er mit der positiven



Versorgungsspannung verbunden ist. Sie müssen diesen Wert unabhängig von seinem Vorzeichen eingeben.

### 5.13.5 Thyristormodellgenerator

1. Klicken Sie auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeeigenschaften auf **Modellgenerator starten**. Nun wird das Fenster Modellgenerator wählen geöffnet.
2. Wählen Sie aus der Liste der Modellgeneratoren den Thyristormodellgenerator und klicken Sie auf **Akzeptieren**, um fortzufahren. (Klicken Sie auf **Abbrechen**, um erneut die Registerkarte Modell anzuzeigen.). Nun wird das Fenster Thyristormodell geöffnet.
3. Geben Sie ins Fenster Thyristormodell die benötigten Werte ein, wie in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.
4. Klicken Sie nach dem Eingeben aller Werte auf **OK**, um die Generierung des Modells zu beenden. Klicken Sie auf **Abbrechen**, wenn Sie das Modell nicht generieren wollen.

**Hinweis** Im Fenster Thyristormodell werden nun die voreingestellten Werte für das Thyristormodell 2N6504 angezeigt.

## Eingeben der elektrischen Daten und der maximalen Durchlassspannung

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Elektrische Daten, maximale Durchlassspannung:

**Thyristor-Modell**

Elektrische Daten, Durchlaßkennlinie | Dynamische Daten und Grenzdaten

Hersteller (optional)

Bauteilname (Standardwerte für 2N6504)

Elektrische Daten:

Haltestrom (IH)	<input type="text" value="35"/>	mA
Gate Triggerstrom (IGT)	<input type="text" value="25"/>	mA
Gate Triggerspannung (UGT)	<input type="text" value="1"/>	V
Spitzen-Sperstrom in Durchlaßrichtung (IDRM)	<input type="text" value="10"/>	uA
Maximale Vorwärts-Spitzensperspannung (UDRM)	<input type="text" value="50"/>	V
Maximale Rückwärts-Spitzensperspannung (URRM)	<input type="text" value="52.5"/>	V
Kritische Spannungsteilheit (dU/dt)	<input type="text" value="50"/>	V/us

Durchlaßkennlinie im Ein-Bereich:

Durchlaßstrom (IF1) bei:	<input type="text" value="0.1"/>	A
- kleinster Durchlaßspannung (UF1)	<input type="text" value="0.87"/>	V
Durchlaßstrom (IF2) bei:	<input type="text" value="3"/>	A
- mittlerer Durchlaßspannung (UF2)	<input type="text" value="1"/>	V
Durchlaßstrom (IF3) bei:	<input type="text" value="100"/>	A
- maximaler Durchlaßspannung (UF3)	<input type="text" value="2.54"/>	V

OK Abbrechen Hilfe

2. Schlagen Sie die Daten für den Thyristor in einem Datenbuch nach.
3. Geben Sie den Namen der Person ein, die das Modell generiert hat (diese Eingabe ist nicht unbedingt erforderlich).
4. Geben Sie die Typennummer des Bauelements ein. Die Typennummer finden Sie normalerweise in der oberen rechten Ecke des Datenblatts.

➤ Geben Sie die Daten für die **elektrischen Eigenschaften** wie folgt ein:

1. Suchen Sie die Tabelle "Elektrischen Eigenschaften" wie z.B.:

Verwenden Sie die Informationen in dieser Tabelle, um die Daten in die Felder

**Elektrische Eigenschaften**

auf der Registerkarte Elektrische Daten, maximale Durchlassspannung einzugeben.

Verwenden Sie die Informationen in dieser Tabelle, um die Daten in die Felder

**Elektrische Eigenschaften**

auf der Registerkarte Zeitdaten, Maximalwerte einzugeben. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Eingeben von Zeitwerten und Maximalwerten" auf Seite 5-75.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol
*Peak Forward or Reverse Blocking Current ( $V_{AK} = \text{Rated } V_{DRM} \text{ or } V_{RRM}, \text{ Gate Open}$ ) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$	$I_{DRM}, I_{RRM}$
*Forward "On" Voltage <sup>(1)</sup> ( $I_{TM} = 50 \text{ A}$ )	$V_{TM}$
*Gate Trigger Current (Continuous dc) (Anode Voltage = 12 Vdc, $R_L = 100 \text{ Ohms}$ ) $T_C = 25^\circ\text{C}$ $T_C = -40^\circ\text{C}$	$I_{GT}$
*Gate Trigger Voltage (Continuous dc) (Anode Voltage = 12 Vdc, $R_L = 100 \text{ Ohms}, T_C = -40^\circ\text{C}$ )	$V_{GT}$
Gate Non-Trigger Voltage (Anode Voltage = Rated $V_{DRM}$ , $R_L = 100 \text{ Ohms}, T_J = 125^\circ\text{C}$ )	$V_{GD}$
*Holding Current (Anode Voltage = 12 Vdc, $T_C = -40^\circ\text{C}$ )	$I_H$
*Turn-On Time ( $I_{TM} = 25 \text{ A}, I_{GT} = 50 \text{ mAdc}$ )	$t_{gt}$
Turn-Off Time ( $V_{DRM} = \text{rated voltage}$ ) ( $I_{TM} = 25 \text{ A}, I_R = 25 \text{ A}$ ) ( $I_{TM} = 25 \text{ A}, I_R = 25 \text{ A}, T_J = 125^\circ\text{C}$ )	$t_q$
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage (Gate Open, Rated $V_{DRM}$ , Exponential Waveform)	$dv/dt$

\*Indicates JEDEC Registered Data.

1. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

2. Geben Sie basierend auf den Daten in der Tabelle Folgendes ein:

- **Haltestrom**
- **Zündstrom**
- **Zündspannung**
- **Spitzensperrstrom in Durchlassrichtung**
- **Kritische Anstiegsgeschwindigkeit der Sperrspannung**

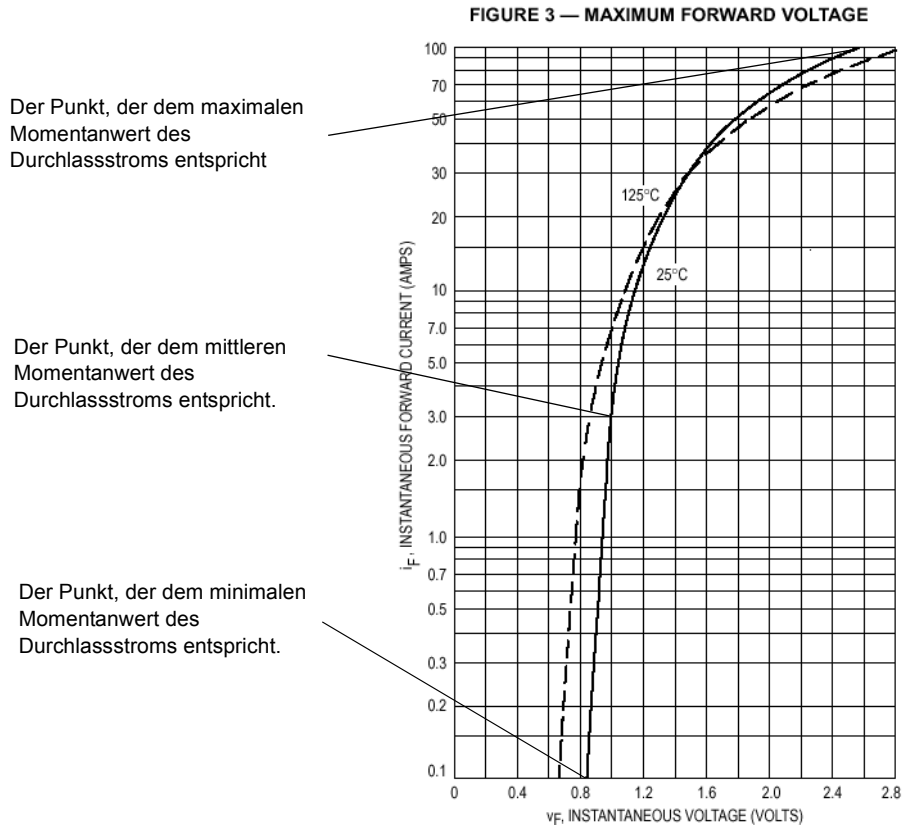
3. Suchen Sie im Datenbuch die Tabelle "Maximalwerte".

4. Geben Sie basierend auf den Daten in der Tabelle den Wert ins Feld **Spitzensperrspannung in Durchlassrichtung** ein.

5. Multiplizieren Sie diesen Wert mit der Zahl 1,05 und geben Sie das Resultat ins Feld **1,05-fache Spitzensperrspannung in Sperrrichtung** ein.

➤ Geben Sie die Daten gemäß dem **Diagramm für maximale Durchlassspannung** wie folgt ein:

- Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Momentanwert des Durchlassstroms in Abhängigkeit vom momentanen Spannungswert" und suchen Sie die  $I_f$ - $V_f$ -Kurve bei einer Temperatur von +25 °C. Beispiel:



- Suchen Sie auf der Kurve den Punkt des Minimalwerts von  $I_f$  oder den Anfangspunkt der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Momentanwert des Durchlassstroms.**
  - **Minimum des momentanen Spannungswerts.**
- Suchen Sie den Punkt beim Maximalwert von  $I_f$  oder den Endpunkt der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Momentanwert des Durchlassstroms.**
  - **Maximum des momentanen Spannungswerts.**

4. Suchen Sie einen Mittelpunkt auf der Kurve, der dem Übergangspunkt entspricht. Da das Diagramm logarithmisch skaliert ist, können Sie dies mit Hilfe eines Lineals tun, indem Sie eine Linie vom Anfangspunkt entlang dem geraden Teil der Kurve im Bereich der niedrigen Spannung ziehen. Verwenden Sie denjenigen Punkt als Mittelpunkt, der sich dort befindet, wo die Kurve die vom Lineal gebildete Linie verlässt. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Momentanwert des Durchlassstroms**
  - **Mittelwert der Momentanspannung**

## Eingeben von Zeitwerten und Maximalwerten

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Zeitdaten, Maximalwerte:

- Um die Daten für die **elektrischen Eigenschaften** einzugeben, müssen Sie in der im vorangegangenen Unterabschnitt erwähnten Tabelle "Elektrische Eigenschaften" nachschlagen und die Daten in die Felder **Durchschaltzeit** und **Sperrzeit** eingeben.
- Geben Sie die Daten der **Maximalwerte im Diagramm** wie folgt ein:
  1. Weitere Informationen finden Sie in der Tabelle "Maximalwerte" im vorangegangenen Unterabschnitt.

2. Suchen Sie den Wert für den Durchlassstrom und geben Sie ihn ins Feld **Durchlassstrom** ein.
3. Suchen Sie den Wert des Sperrstroms (IRC) im Sperrzustand und geben Sie ihn ins Feld **Sperrstrom** ein. Wenn dieser Wert nicht in der Tabelle enthalten ist, müssen Sie die Ziffer 0 eingeben.
4. Suchen Sie den Wert der Sperrspannung (VRC) im Sperrzustand und geben Sie ihn ins Feld **Sperrspannung** ein. Wenn dieser Wert nicht in der Tabelle enthalten ist, müssen Sie die Ziffer 0 eingeben.
5. Geben Sie ins Feld **Kennung** die Ziffer 1 ein, wenn die Werte für den Sperrstrom und die Sperrspannung zur Verfügung stehen. Geben Sie die Ziffer 0 ein, wenn diese Werte nicht verfügbar sind.
6. Geben Sie ins erste Feld **Parameterwerte für Sperrzustand** die Ziffer 0 ein, wenn die Werte für den Sperrstrom und Sperrspannung zur Verfügung stehen. Geben Sie den Wert für den Durchlassstrom ein, wenn diese Werte nicht verfügbar sind.
7. Geben Sie ins zweite Feld **Parameterwerte für Sperrzustand** die Ziffer 0 ein, wenn die Werte für den Sperrstrom und Sperrspannung zur Verfügung stehen. Geben Sie den Wert für die Spitzensperrspannung in Sperrrichtung ein, wenn diese Werte nicht verfügbar sind.

## 5.13.6 Modellgenerator für Zener-Dioden

1. Klicken Sie auf der Registerkarte Modell im Fenster Bauelementeeigenschaften auf **Modellgenerator starten**. Nun wird das Fenster Modellgenerator wählen geöffnet.
2. Wählen Sie aus der Liste der Modellgeneratoren den Modellgenerator für Zener-Dioden und klicken Sie auf **Akzeptieren**, um fortzufahren. (Klicken Sie auf **Abbrechen**, um wieder die Registerkarte Modell anzuzeigen.) Nun wird das Fenster Modell für Zener-Dioden geöffnet.
3. Geben Sie ins Fenster Modell für Zener-Dioden die benötigten Werte ein, wie in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.
4. Klicken Sie nach dem Eingeben aller Werte auf **OK**, um die Generierung des Modells zu beenden. Klicken Sie auf **Abbrechen**, wenn Sie das Modell nicht generieren wollen.

**Hinweis** Im Fenster Modell für Zener-Dioden werden nun die voreingestellten Werte für das Modell IN4728A angezeigt.

## Eingeben der Daten für die elektrischen Eigenschaften

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Elektrische Eigenschaften:

**Zener-Dioden Modell**

Elektrische Eigenschaften | Temperaturkoeffizient, Kapazitäten

Name der Komponente: **1N4728A**  
(Voreingestellt ist 1N4728A)

**Rückwärts Charakteristik**

- Nominelle Zenerspannung (Vz) bei: **3.3** V
- Zener Teststrom (Izt) bei: **76** mA
- Nominelle Zenerimpedanz bei Vz und Izt (Zzt): **4** Ohms
- Leckstrom (I<sub>r</sub>) bei: **100** µA
- Rückwärts Testspannung: **1** V
- Zener Impedanz nahe dem Durchbruchsknick (Zzk): **300** Ohms
- Zenerstrom nahe dem Durchbruchsknick (Izk): **1** mA

**Vorwärts Charakteristik**

- Vorwärtsstrom (If1) bei: **1** mA
- niedrigste Vorwärtsspannung (Vf1): **0.73** V
- Vorwärtsstrom (If2) bei: **10** mA
- mittlere Vorwärtsspannung (Vf2): **0.8** V
- Höchster Vorwärtsstrom (Ifm) bei: **200** mA
- Höchste Vorwärtsspannung: **1.05** V

OK Abbrechen Hilfe

2. Schlagen Sie die Daten für die Zener-Diode in einem Datenbuch nach.
3. Suchen Sie im Datenbuch die Tabelle "Elektrische Eigenschaften" wie z.B.:

\*ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted) V<sub>F</sub> = 1.2 V Max, I<sub>F</sub> = 2I

Geben Sie diese Daten in dieser Tabelle in die Felder **Sperreigenschaften** ein.

JEDEC Type No. (Note 1)	Nominal Zener Voltage V <sub>Z</sub> @ I <sub>ZT</sub> Volts (Notes 2 and 3)	Test Current I <sub>ZT</sub> mA	Maximum Zener Impedance (Note 4)			Lea I <sub>F</sub> µA
			Z <sub>ZT</sub> @ I <sub>ZT</sub> Ohms	Z <sub>ZK</sub> @ I <sub>ZK</sub> Ohms	I <sub>ZK</sub> mA	
1N4728A	3.3	76	10	400	1	10
1N4729A	3.6	69	10	400	1	10
1N4730A	3.9	64	9	400	1	50
1N4731A	4.3	58	9	400	1	10
1N4732A	4.7	53	8	500	1	10
<b>1N4733A</b>	<b>5.1</b>	<b>49</b>	<b>7</b>	<b>550</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>1N4734A</b>	<b>5.6</b>	<b>45</b>	<b>5</b>	<b>600</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>1N4735A</b>	<b>6.2</b>	<b>41</b>	<b>2</b>	<b>700</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>1N4736A</b>	<b>6.8</b>	<b>37</b>	<b>3.5</b>	<b>700</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
1N4737A	7.5	34	4	700	0.5	10
<b>1N4738A</b>	<b>8.2</b>	<b>31</b>	<b>4.5</b>	<b>700</b>	<b>0.5</b>	<b>10</b>

4. Geben Sie den Namen des Bauelements ins Feld **Bauelementename** ein.

- Geben Sie die Daten der **Sperreigenschaften** unter Verwendung der Informationen in der Tabelle in die folgenden Felder ein:

- **Nominale Zener-Spannung ( $V_{zt}$ )**
- **Zener-Prüfstrom ( $I_{zt}$ )**
- **Nominale Zener-Impedanz bei  $Z_{zt}$  und  $I_{zt}$  ( $Z_{zt}$ )**
- **Leckstrom ( $I_r$ )**
- **Prüfsperrspannung ( $V_r$ )**
- **Zener-Impedanz in der Nähe des Durchschlagpunkts ( $Z_{zk}$ )**
- **Zener-Strom in der Nähe des Durchschlagpunkts ( $I_{zk}$ )**

**Hinweis** In diesem Beispiel enthält das Datenbuch nur einen Wert für die maximale Zener-Impedanz. Um einen typischen Wert für  $Z_{zk}$  zu ermitteln, müssen Sie den 0,75-fachen Maximalwert von  $Z_{zk}$  verwenden. Um den typischen Wert von  $Z_{zt}$  zu ermitteln, können Sie das Diagramm "Zz in Abhängigkeit von  $I_z$ " verwenden. Suchen Sie eine Kurve bei der nominalen Zener-Spannung in der Tabelle oder schätzen Sie einen entsprechenden Wert, und wählen Sie den Punkt, der dem Prüfstrom in der Tabelle entspricht. Verwenden Sie den Zz-Koordinatenwert dieses Punkts als typischen Wert.

- Geben Sie die Daten für die **Durchlasseigenschaften** wie folgt ein:

1. Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm " $I_f$  in Abhängigkeit von  $V_f$ " und die Maximalkurve bei einer Temperatur von  $+25\text{ °C}$  wie z.B.:

Die sechste Kurve von links ist die Maximalkurve bei einer Temperatur von  $+25\text{ °C}$ .

Punkt entsprechend der maximalen Durchlassspannung

Punkt entsprechend der mittleren Durchlassspannung

Punkt entsprechend der minimalen Durchlassspannung

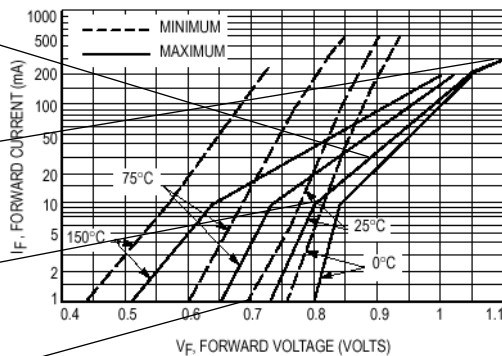


Figure 10. Typical Forward Characteristics

2. Suchen Sie den Punkt auf der Kurve mit der niedrigsten Durchlassspannung oder den Anfangspunkt. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:

- **Durchlassstrom ( $I_{f1}$ )**
- **Niedrigste Durchlassspannung ( $V_{f1}$ )**



3. Suchen Sie den Punkt auf der Kurve, an dem sich ihre Steigung abrupt ändert. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Durchlassstrom (If2)**
  - **Mittelwert der Durchlassspannung (Vf2)**
4. Suchen Sie den Punkt der höchsten Durchlassspannung oder den höchsten Punkt auf der Kurve. Verwenden Sie die Koordinatenwerte dieses Punkts, um Folgendes einzugeben:
  - **Höchster Durchlassstrom (Ifm)**
  - **Höchste Durchlassspannung (Vfm)**

## Eingeben des Temperaturkoeffizienten und der Kapazitätsdaten

1. Klicken Sie auf die Registerkarte Temperaturkoeffizient, Kapazität:

**Zener-Dioden Modell**

Elektrische Eigenschaften | Temperaturkoeffizient, Kapazitäten

Name der Komponente  
[Voreingestellt ist 1N4728A] **1N4728A**

Rückwärts Charakteristik		Vorwärts Charakteristik	
Nominelle Zenerspannung (Vzt) bei:	3.3 V	Vorwärtsstrom (If1) bei:	1 mA
Zener Teststrom (Izt)	76 mA	niedrigste Vorwärtsspannung (Vf1)	0.73 V
Nominelle Zenerimpedanz bei Vzt und Izt (Zzt)	4 Ohms	Vorwärtsstrom(If2) bei:	10 mA
Leckstrom (Itr) bei:	100 uA	mittlere Vorwärtsspannung (Vf2)	0.8 V
Rückwärts Testspannung	1 V	Höchster Vorwärtsstrom (Ifm) bei:	200 mA
Zener Impedanz nahe dem Durchbruchs-Knick (Zzk)	300 Ohms	Höchste Vorwärtsspannung	1.05 V
Zenerstrom nahe dem Durchbruchs-Knick (Izk)	1 mA		

OK Abbrechen Hilfe

Geben Sie den **Temperaturkoeffizienten** wie folgt ein:

- Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Temperaturkoeffizient in Abhängigkeit von der Zener-Spannung" wie z.B.:

Punkt entsprechend dem Temperaturkoeffizienten bei der nominalen Zener-Spannung

Suchen Sie  $V_Z$  und den entsprechenden Punkt auf der Kurve, um den Temperaturkoeffizienten zu ermitteln.

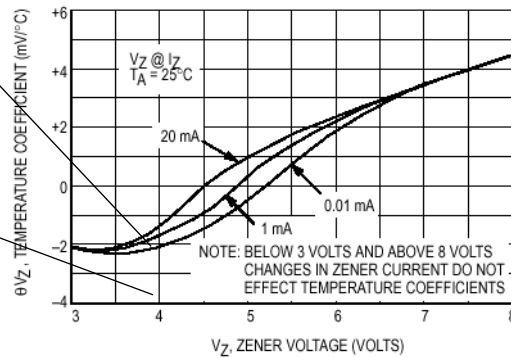


Figure 4. Effect of Zener Current

- Suchen Sie die Kurve entsprechend dem Prüfstrom des Modells gemäß der Tabelle "Elektrische Eigenschaften". (Wenn das Diagramm diese Kurve nicht enthält, müssen Sie ihre Position schätzen.)
  - Suchen Sie den Punkt entsprechend der  $V_Z$  des Modells gemäß der Tabelle "Elektrische Eigenschaften". Geben Sie den Temperaturkoeffizienten für diesen Punkt ins Feld **Temperaturkoeffizient bei der nominalen Zener-Spannung (THETA\_vz)** ein.
- Geben Sie die Daten für **Kapazität in Abhängigkeit von der Vorspannung** wie folgt ein:
- Suchen Sie im Datenbuch das Diagramm "Kapazität in Abhängigkeit von der nominalen  $V_Z$ " wie z.B.:

Kapazitäten bei drei verschiedenen Vorspannungen

Suchen Sie die  $V_Z$  und zeichnen Sie die Punkte auf den Kurven ein, um die Kapazitätswerte zu ermitteln.

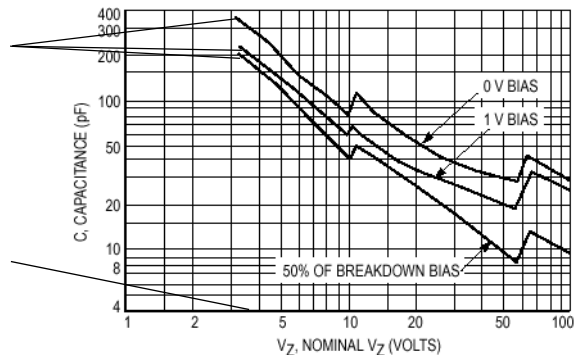


Figure 9. Typical Capacitance versus  $V_Z$

- Suchen Sie auf jeder der drei Kurven im Diagramm den Punkt, der der  $V_Z$  in der Tabelle "Elektrische Eigenschaften" entspricht.

3. Verwenden Sie für die Kurve für eine Vorspannung von 0 V diesen Punkt, um den Kapazitätswert ins Feld **Kapazität bei der Vorspannung 0 V (CJ1)** einzugeben.
4. Geben Sie die Vorspannung für die mittlere Kurve ins Feld **Mittlere Vorspannung** und den Kapazitätswert für den markierten Punkt ins Feld **Kapazität (CJ2)** ein.
5. Geben Sie die Vorspannung für die Kurve mit der höchsten Spannung ins Feld **Höchste Spannung** ein. (In diesem Beispiel beträgt dieser Wert 50 % der nominalen Zener-Spannung ( $V_{zt}$ ) des Modells gemäß der Tabelle "Elektrische Eigenschaften".) Geben Sie den Kapazitätswert für den markierten Punkt ins Feld **Kapazität (CJM)** ein.

## 5.14 Generieren eines Modells unter Verwendung der Codemodellierung



In diesem Unterabschnitt ist beschrieben, wie ein Bauelementmodell unter Verwendung der höheren, branchenüblichen Programmiersprache C generiert wird. Das Bauelement kann dann in die Multisim-Datenbank aufgenommen werden. Für die Codemodellierung benötigen Sie einen C-Compiler wie Microsoft Visual C++, Version 4.1 oder neuer, und müssen über Kenntnisse in der Programmierung mit C und in der Kompilierung von C-Quellcode verfügen. Dieser Unterabschnitt ist nicht für Multisim-Benutzer ohne Programmiererfahrung gedacht.

In Multisim sind Modelle für die meisten Bauelementtypen integriert, jedoch können nicht für alle denkbaren Bauelemente Modelle zur Verfügung gestellt werden. Das Verhalten einiger Bauelemente ist unter Umständen nur unter Schwierigkeiten als Gruppe von SPICE-Elementen nachzubilden, lässt sich aber durch Gleichungen, die das Verhalten beschreiben, in einer höheren Programmiersprache ausdrücken. Auf diese Weise kann das Verhalten dieser Bauelemente durch Codemodellierung nachgebildet werden.

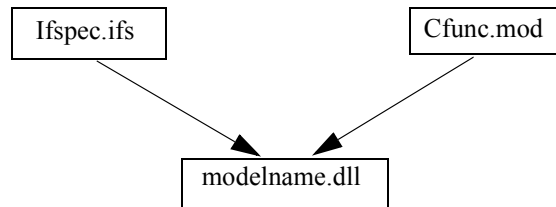
### 5.14.1 Was ist Codemodellierung?

Codemodellierung ist die Abbildung des Verhaltens elektronischer Bauelemente, das durch mathematische Gleichungen beschrieben werden kann.

**Hinweis** Dieser Unterabschnitt enthält eine einfache Anleitung zur Codemodellierung sowie einige nützliche Beispiele. Codemodellierung ist ein komplexer Vorgang. Das Erlernen dieses Verfahrens ist ziemlich zeitaufwendig.

Ein Codemodell besteht aus einem Satz von Schnittstellendefinitionen und einer C-Funktion zur Beschreibung des Bauelementeverhaltens. Die Benennung und die Speicherorte der entsprechenden Dateien sind von großer Bedeutung. Ein Codemodell wird durch Kombinieren zweier Dateien (`Ifspec.ifs` und `Cfunc.mod`) generiert. Die daraus

resultierende Datei, die den gleichen Namen wie der Ordner mit den Quellcodedateien haben muss, wird im Ordner `codemodl` gespeichert.



## 5.14.2 Generieren eines Codemodells

- Gehen Sie beim Generieren eines Codemodells wie folgt vor:
  1. Definieren Sie die Umgebungsvariablen für Microsoft Visual C++, indem Sie `VcVars32.bat` starten (diese Datei befindet sich normalerweise im Ordner `c:\Program Files\DevStudio\VC\Bin`). Dieser Schritt sollte nach jedem Starten Ihres Computers wiederholt werden, bevor Sie damit beginnen, ein Codemodell zu generieren.
  2. Legen Sie im Ordner `codemodl` einen neuen Ordner an (d.h. in dem Ordner, in dem Sie Multisim installiert haben). Geben Sie diesem neuen Ordner den Namen des zu generierenden Modells. Beispielsweise können Sie im Unterverzeichnis `codemodl` einen Ordner mit dem Pfadnamen `C:\Program Files\EWB\codemodl\testmodl` anlegen.
  3. Generieren Sie im angelegten Ordner eine Schnittstellendatei mit dem Namen `Ifspec.ifs`. Die Schnittstellendatei enthält Informationen über die Anzahl und die Arten von Verbindungen und Parametern des Bauelements. Beispielsweise können Sie eine Datei mit dem Pfadnamen `C:\Program Files\EWB\codemodl\testmodl\Ifspec.ifs` generieren.
  4. Generieren Sie im Unterverzeichnis eine Implementationsdatei mit dem Namen `Cfunc.mod`. Die Implementationsdatei enthält die Gleichungen für die Beschreibung des Bauelementeverhaltens. Beispielsweise können Sie eine Datei mit dem Pfadnamen `C:\Program Files\EWB\codemodl\testmodl\Cfunc.mod` generieren.

- Um die Dateien als DLL-Dateien (Dynamically Linked Library = dynamisch gebundene Bibliothek) zu kompilieren, müssen Sie zum Ordner `codemodl` wechseln und den Befehl `MakeDev "Ordner"` ausführen lassen, wobei "Ordner" der Name des Ordners ist, in dem sich die Dateien mit den Dateinamenerweiterungen `.ifs` und `.mod` befinden. Geben Sie z.B. Folgendes ein:

```
C:/Program Files/EWB/codemodl
cd
MakeDev "testing"
```

Unter Umständen erscheinen Fehlermeldungen auf dem Bildschirm.

- Speichern Sie die resultierende Datei mit der Dateinamenerweiterung `.dll`, die den gleichen Namen wie der Ordner mit den Quellcodedateien hat, im Ordner `codemodl` (d.h. in dem Ordner, der den Ordner enthält, dessen Name mit dem Namen des Modells identisch ist). Beispielsweise könnte die generierte Datei den Namen `C:/Program Files/EWB/codemodl/testing.dll` haben.

**Hinweis** Alle Dateien für die Codemodellierung unterliegen der Syntax der Programmiersprache C. Einen Überblick über die allgemeinen Regeln der C-Syntax finden Sie in jedem Handbuch zu dieser Programmiersprache.

### 5.14.3 Die Schnittstellendatei (Ifspec.ifs)

Die Schnittstellendatei definiert in ihren Tabellen die vom Modell verwendeten Namen, die elektrischen Verbindungen mit den Bauelementen (Anschlüssen) und die vom Benutzer definierten Variablen (Parameter), mit denen das Verhalten des Modells so exakt wie möglich beschrieben wird. Dieser Unterabschnitt entfällt eine Beschreibung dieser Tabellen und Beispiele für jede Tabelle. Ein Beispiel für eine Schnittstellendatei finden Sie in "Beispiel für eine Schnittstellendatei" auf Seite 5-88. Die Schnittstellendatei und die Implementationsdatei müssen als DLL-Datei kompiliert werden, um das Codemodell zu generieren.

#### 5.14.3.1 Namenstabelle

Die Namenstabelle enthält den Modellnamen, den Beschreibungstext und den Namen der C-Funktion zur Beschreibung des Bauelementeverhaltens. Der Modellname muss mit dem Namen des Ordners identisch sein, der die Dateien des Codemodells enthält. Es wird empfohlen, dem Codemodell einen Namen aus 8 (acht) Zeichen zu geben.

Die Syntax der Namenstabelle ist wie folgt:

NAME\_TABLE:

C\_Function\_Name: function\_name

Spice\_ModelName: model\_name

Beschreibung: "Text"

Hierbei ist:

function\_name ist ein gültiger C-Identifikator; bei diesem handelt es sich um den Namen des Haupteinspringpunkts (Funktion) fürs Codemodell. Der Name kann mit dem Namen des SPICE-Modells identisch sein. Um Namenskonflikte zu vermeiden, sollte das vom Benutzer definierte Codemodell mit dem Vorsatz "UCM\_" oder einer vorangestellten Abkürzung des Benutzernamens bezeichnet werden. Die folgenden Vorsätze werden vom XSPICE-Simulatorkern verwendet und sollten nicht für vom Benutzer generierte Codemodelle verwendet werden:

A2VERI	D_NOR	EW_RES	N1
A2VHDL	D_OPEN_C	EW_SCR	NCO
ADC_BRDG	D_OPEN_E	EW_SWTCH	ONESHOT
ASRC	D_OR	EW_VLT	POLY
ASWITCH	D_OSC	FTE	POT
BJT	D_PULLDN	GAIN	PPT
BSIM	D_PULLUP	HLP	PWL
CAP	D_RAM	HYST	R_2_V
CCCS	D_SOURCE	ICM	RDELAY
CCVS	D_SFFF	IDN	RES
CKT	D_SRLATC	ILIMIT	RGAIN
CLIMIT	D_STATE	IND	S_XFER
CM	D_TFF	INDUCTOR	SINE
CMETER	D_TRISTA	INP	SLEW
CORE	D_VERI	INT	SMP
CP	D_VHDL	IPC	SQUARE
CSW	D_WGEN	ISRC	SUMMER
D_2_R	D_XNOR	JFET	SW
D_AND	D_XOR	LCOUPLE	TRA
D_BUFFER	DAC_BRDG	LIMIT	TRIANGLE
D_CHIP	DAC_HIZ	LMETER	URC
D_DFF	DEV	MES	VCCS
D_DLATCH	DIO	MFB	VCVS
D_DT	DIVIDE	MIF	VERIZA
D_FDIV	ENH	MOS1	VHDL2A
D_INV	EVT	MOS2	VSRC
D_JKFF	EW_CAP	MOS3	XCAP
D_NAND	EW_IND	MULT	ZENER

model\_name ist ein gültiger SPICE-Identifikator, der für Datensätze des Typs SPICE deck .model verwendet wird, um sich auf dieses Codemodell zu beziehen. Der Name kann mit dem Namen der C-Funktion identisch sein.

Text ist eine Zeichenfolge zur Beschreibung von Zweck und Funktion des Codemodells.

Beispiel:

NAME\_TABLE:

```
Spice_Model_Name: Kondensator
C_Function_Name: cm_capacitor
Beschreibung: "Kondensator mit Anfangsladespannung"
```

### 5.14.3.2 Anschlusstabelle

Die Anschlüsse des Bauelements sind in den Anschlusstabellen definiert. Die Syntax der Anschlusstabelle sieht wie folgt aus:

PORT\_TABLE:

```
Port_Name:      Name
Beschreibung:   Text
Default_Type:   Standardwert
Allowed_Type:   [Typ Typ Typ]
Vektor:         Vektor
Vector_Bounds: Größe
Richtung:       Datenfluss
Null_Allowed:   Null
```

Hierbei ist:

- Name Ist ein gültiger SPICE-Identifikator für den Anschlussnamen.
- Text Ist eine Zeichenfolge zur Beschreibung von Zweck und Funktion des Anschlusses.
- Standardwert Spezifiziert den Typen für den Anschluss, wenn ein Typ nicht ausdrücklich spezifiziert ist. Hierbei muss es sich um eines der Objekte handeln, das unter "Typ" aufgeführt ist.
- Typ Listet die zulässigen Typen auf, mit denen der Anschluss verbunden sein darf, wobei die Namen durch Kommas oder Leerzeichen getrennt sein müssen (Beispiel: [d, g, h]).

Typname	Gültige Datenflussrichtungen	Beschreibung
d	in, out	digital
g	in, out	Leitwert (Spannungseingang, Stromausgang)
gd	in, out	Differenzieller Leitwert (Spannungseingang, Stromausgang)

	h	in, out	Widerstand (Stromeingang, Spannungsausgang)
	hd	in, out	Differenzieller Widerstand (Stromeingang, Spannungsausgang)
	i	in, out	Strom
	id	in, out	Differenzieller Strom
	v	in, out	Spannung
	vd	in, out	Differenzielle Spannung
	vnam	in	Strom durch bezeichnete Spannungsquelle
Vektor	Spezifiziert, ob es sich beim Anschluss um einen Vektor handelt und er als Bus betrachtet werden kann. Wählen Sie Folgendes:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja - dieser Anschluss ist ein Vektor</li> <li>• Nein - dieser Anschluss ist kein Vektor</li> </ul>		
Größe	Spezifiziert für Anschlüsse, bei denen sich nur um Vektoren handelt, die obere und die untere Grenze der Vektorgröße. Die untere Grenze spezifiziert die minimale Anzahl und die obere Grenze die maximale Anzahl der Elemente. Wenn der Bereich nicht beschränkt sein soll oder es sich um Anschlüsse handelt, die keine Vektoren sind, müssen Sie einen Bindestrich ("-") verwenden.		
Datenfluss	spezifiziert die Richtung des Datenflusses durch den Anschluss. Wählen Sie:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in</li> <li>• out</li> <li>• inout</li> </ul>		
Null	spezifiziert, ob das Nichtverbinden des Anschlusses als Fehler behandelt wird. Wählen Sie:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja - dieser Anschluss darf unbelegt bleiben</li> <li>• Nein - dieser Anschluss muss verbunden werden</li> </ul>		

Beispiel:

PORT\_TABLE:

```

Port_Name:      cap
Beschreibung:   "Kondensatoranschlüsse"
Richtung:      inout
Default_Type:   hd
Allowed_Types:  [hd]
Vektor:        Nein
Vector_Bounds: -
Null_Allowed:   Nein
    
```



### 5.14.3.3 Parametertabelle

Die Bauelementeparameter sind in den Parametertabellen definiert. Die Syntax der Parametertabelle lautet wie folgt:

PARAMETER\_TABLE:

```
Parameter_Name: Name
Beschreibung: Text
Data_Type: Typ
Vektor: Vektor
Vector_Bounds: Größe
Default_Value: Standardwert
Grenzwerte: Bereich
Null_Allowed: Null
```

Hierbei ist:

Name	ein gültiger SPICE-Identifikator, der für Karten des Typs SPICE deck .model verwendet wird, um sich auf diesen Parameter zu beziehen.
Text	eine Zeichenfolge zur Beschreibung von Zweck und Funktion des Parameters.
Typ	der Parameterdatentyp. Entspricht dem zugrunde liegenden C-Datentyp (z.B. "double") und nicht dem konzeptuellen Parametertyp (z.B. "Spannung"). Wählen Sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• boolesch, wenn der C-Datentyp "Boolean_t" mit den gültigen Werten MIF_TRUE und MIF_FALSE ist</li> <li>• komplex, wenn der C-Datentyp "Complex_t" mit den "double"-Datensatztypen real und imag ist</li> <li>• int, wenn der C-Datentyp "int" ist</li> <li>• real, wenn der C-Datentyp "double" ist</li> <li>• string, wenn der C-Datentyp "char" ist</li> <li>• pointer, wenn der C-Datentyp "void*" ist</li> </ul>
Vektor	spezifiziert, ob der Parameter vektoriell oder skalar ist. Wählen Sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja - der Parameter ist vektoriell.</li> <li>• Nein - der Parameter ist skalar.</li> </ul>
Größe:	spezifiziert für Parameter, bei denen sich nur um Vektoren handelt, die obere und die untere Grenze der Vektorgröße. Die untere Grenze spezifiziert die minimale Anzahl und die obere Grenze die maximale Anzahl der Elemente. Wenn der Bereich unbegrenzt sein soll oder es sich um Parameter handelt, die keine Vektoren sind, müssen Sie einen Bindestrich ("-") verwenden. Alternativ wird der Name des Anschlusses angegeben, dessen Vektorgröße für diesen Parameter verwendet werden soll.
Standardwert	wenn Null_Allowed gleich "Ja" ist, muss ein Standardwert verwendet werden, wenn in der Zeile SPICE deck .model kein Parameterwert enthalten ist. Der Wert muss dem Data_Type (numerisch, boolesch, komplex oder Zeichenkettenliteral) entsprechen.

- Bereich ist ein begrenzter Wertebereich (nur für Parameter der Typen "int" und "real").
- Null spezifiziert, ob der Parameterwert gleich Null sein darf. Wählen Sie:
- Ja - auf der entsprechenden Karte SPICE deck .model kann ein Wert für diesen Parameter weggelassen werden; statt dessen wird der Standardwert verwendet. Wenn kein Standardwert vorhanden ist, wird ein undefinierter Wert vom Codemodell übernommen.
  - Nein - diesem Parameter muss ein Wert zugeordnet sein. XSPICE gibt eine Fehlermeldung aus, wenn die entsprechende Karte SPICE deck .model keinen Wert für diesen Parameter enthält.

Beispiel:

PARAMETER\_TABLE:

Parameter_Name:	c	ic
Beschreibung:	"Kondensator"	"Anfangsladespannung"
Data_Type:	real	real
Default_Value:	-	0,0
Grenzwerte:	-	-
Vektor:	Nein	Nein
Vector_Bounds:	-	-
Null_Allowed:	Nein	Nein

### 5.14.3.4 Beispiel für eine Schnittstellendatei

Dies ist ein Beispiel für eine Schnittstellendatei:

```

/* =====
DATEI    ifspec.ifs
DATENSATZ VON process XSPICE
Copyright 1991
Georgia Tech Research Corporation
Atlanta, GA 30332, U.S.A.
Alle Rechte vorbehalten.

PROJEKT A-8503

AUTOREN
    12.09.91  Bill Kuhn

ÄNDERUNGEN
    <Datum> <Name> <Art der Änderungen>

ZUSAMMENFASSUNG
Diese Datei enthält die Definition eines Kondensator-Codemodells mit
Bedingungen für die Anfangsladespannung.
```

SCHNITTSTELLEN

Keine.

REFERENZDATEIEN

Keine.

NICHT STANDARDMÄSSIGE EIGENSCHAFTEN

Keine.

===== \*/

NAME\_TABLE:

Spice_Model_Name:	Kondensator
C_Function_Name:	cm_capacitor
Beschreibung:	"Kondensator mit Anfangsladespannung"

PORT\_TABLE:

Port_Name:	cap
Beschreibung:	"Kondensatoranschlüsse"
Richtung:	inout
Default_Type:	hd
Allowed_Types:	hd]
Vektor:	Nein
Vector_Bounds:	-
Null_Allowed:	Nein

PARAMETER\_TABLE:

Parameter_Name:	c	ic
Beschreibung:	"Kondensator"	"Anfangsladespannung"
Data_Type:	real	real
Default_Value:	-	0,0
Grenzwerte:	-	-
Vektor:	Nein	Nein
Vector_Bounds:	-	-
Null_Allowed:	Nein	Nein

## 5.14.4 Die Implementationsdatei (Cfunc.mod)

Bei jedem Simulationsdurchgang für eine Schaltung unter Verwendung des Codemodells ruft die XSpice-Simulationsmaschine von Multisim die Implementationsdatei auf. Ein Beispiel für eine Implementationsdatei finden Sie in “Beispiel für eine Implementationsdatei” auf Seite 5-101. Die Implementationsdatei und die Schnittstellendatei müssen als DLL-Datei kompiliert werden, um das Codemodell zu generieren.

Die Codemodellfunktion generiert anschließend die codemodellierte Ausgabe des Bauelements. Die Ausgabe basiert auf Folgendem:

- Der Eingabe von XSpice in die Codemodellfunktion.
- Dem Zustand des Modells, der gespeichert und von XSpice zurückgegeben wird.

Der Implementationsdatei, die einen oder mehrere der in “C-Makrobefehle in der Implementationsdatei” auf Seite 5-91 gezeigten Makrobefehle enthält, die von der API (Application Programming Interface = Programmierschnittstelle) zwischen XSpice und dem Codemodell zur Verfügung gestellt wird.

In diesem Unterabschnitt sind die Makrobefehle aufgeführt, die Ihnen zur Auswahl zur Verfügung stehen. Die in “Beispiel für eine Implementationsdatei” auf Seite 5-101 gezeigte Beispieldatei veranschaulicht, wie ein Makrobefehl implementiert wird. Die Implementationsdatei und die Schnittstellendatei müssen als DLL-Datei kompiliert werden, um das Codemodell zu generieren.

## 5.14.4.1 C-Makrobefehle in der Implementationsdatei

### AC\_GAIN(outputname, inputname)

<b>Typ</b>	Complex_t
<b>Args</b>	y[], x[]
<b>Dies gilt:</b>	Nur für die Codemodelle analoger Bauelemente (ereignisgesteuerte Codemodelle oder die Codemodelle digitaler Bauelemente werden bei einer Wechselspannungsanalyse nicht berücksichtigt).
<b>Beschreibung</b>	Hierbei wird diesem Makrobefehl ein Wert zugewiesen, um den Verstärkungsgrad zwischen "outputname" und "inputname" bei der aktuellen Frequenz zu spezifizieren. Die Codemodellfunktion wird für jeden simulierten Frequenzpunkt einmal aufgerufen.

### ANALYSE

<b>Typ</b>	enum
<b>Args</b>	Keine
<b>Dies gilt:</b>	Für alle Codemodelle, da sich deren Verhalten typischerweise in Abhängigkeit von der durchgeführten Analyse ändert, und dieser Makrobefehl dazu verwendet werden kann, um die entsprechenden Ausgabemakrobefehle zu spezifizieren.
<b>Beschreibung</b>	Das Resultat ist die Art der durchgeführten Analyse: MIF_AC für Wechselspannungsanalyse MIF_DC für die Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts MID_TRAN für die Impulsanalyse

### ARGS

<b>Typ</b>	Mif_Private_t
<b>Args</b>	Keine
<b>Dies gilt:</b>	Für alle Codemodelle.
<b>Beschreibung</b>	Die Parameterliste der Codemodellfunktion. Diese muss vorhanden und unverändert sein.

**CALL\_TYPE**

<b>Typ</b>	enum
<b>Args</b>	Keine
<b>Dies gilt:</b>	Nur für Codemodelle aus einer Mischung von analogen und ereignisgesteuerten oder digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Wenn der analoge Bestandteil des Simulators den Aufruf des Codemodells erforderte, muss auf MIF_ANALOG gesetzt werden. Wenn der digitale Bestandteil des Simulators den Aufruf des Codemodells erforderte, muss auf MIF_EVENT gesetzt werden. Dies ist notwendig, wenn der Aufwand für die Berechnung des Codemodells auf der Basis des Typs des durchgeführten Aufrufes reduziert werden kann.

**INIT**

<b>Typ</b>	Boolean_t
<b>Args</b>	Keine
<b>Dies gilt:</b>	Für alle Codemodelle.
<b>Beschreibung</b>	Wenn dies der erste Aufruf der Codemodellfunktion während der aktuellen Analyse oder eines Stapels von Analysen ist, muss auf MIF_TRUE gesetzt werden. Andernfalls muss auf MIF_FALSE gesetzt werden. Dies ist notwendig, damit das Codemodell die Startaktivitäten (z.B. die Speicherzuordnung) nur beim Start der Simulation durchführt.

**INPUT(inputname)**

<b>Typ</b>	double oder void *
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von analogen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur Analogeingänge sind zulässig (für ereignisgesteuerte Eingänge müssen INPUT_STATE und INPUT_STRENGTH verwendet werden). Das Resultat ist der Wert am Knoten oder Zweig, der mit "inputname" verknüpft ist. Der Typ bzw. die Einheiten des Eingabewerts werden spezifiziert, wenn der Eingabetyp in der Datei lfspec.lfs spezifiziert ist.

### INPUT\_STATE(inputname)

<b>Typ</b>	enum
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitaleingänge sind zulässig (für Analogeingänge muss INPUT verwendet werden). Das Resultat ist der Digitalwert (ZERO, ONE oder UNKNOWN) am Knoten bei "inputname". Wenn ein einzelner Ausgang mit diesem Knoten verbunden ist, gibt der Ausgang den Wert des letzten Ausgabeereignisses aus. Wenn mehrere Ausgänge miteinander verbunden sind, wird eine Konfliktbearbeitung durchgeführt.

### INPUT\_STRENGTH(inputname)

<b>Typ</b>	enum
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitaleingänge sind zulässig (für Analogeingänge muss INPUT verwendet werden). Das Resultat ist die digitale Signalstärke (STRONG, RESISTIVE, HI_IMPEDANCE oder UNDETERMINED) des Knotens bei "inputname". Wenn ein einzelner Ausgang mit diesem Knoten verbunden ist, gibt der Ausgang die Signalstärke des letzten Ausgabeereignisses aus. Wenn mehrere Ausgänge miteinander verbunden sind, wird eine Konfliktbearbeitung durchgeführt.

**INPUT\_TYPE(inputname)**

<b>Typ</b>	char *
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für alle Codemodelle.
<b>Beschreibung</b>	Alle Eingänge sind zulässig. Das Resultat ist die Zeichenfolge für den Eingangstyp (d.h. "v" für Spannung, "i" für digital, "hd" für differenziellen Leitwert usw.), wodurch die momentane Verwendung von "inputname" beschrieben wird. Wird zur Unterscheidung zwischen der "Simulationszeit" für einen Eingang oder Ausgang mit mehr als einem zulässigen Typ benötigt. Beispielsweise ist dies für einen Eingang erforderlich, dem die zulässigen Typen [v, i] zugewiesen wurden und der sich unterschiedlich verhält, wenn es sich beim Eingangssignal um Spannung oder Strom handelt.

**LOAD(inputname)**

<b>Typ</b>	double
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitaleingänge sind zulässig. Weisen Sie LOAD einen Wert zu, um die Eingangsbelastung auf Grund von "inputname" am verbundenen Knoten zu definieren. Die Belastung wird als Kapazität (normalisiert für einen Widerstand von 1 Ω) angegeben, die mit allen anderen Belastungen am ereignisgesteuerten Knoten summiert wird, um die gesamte Verzögerungszeit des Knotens zu ergeben.



### MESSAGE(outputname)

<b>Typ</b>	char *
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitalausgänge sind zulässig. Eine Meldungszeichenfolge, die an einem ereignisgesteuerten Knoten platziert werden soll, kann MESSAGE zugewiesen werden. Dies ermöglicht einem Codemodell die Ausgabe einer Meldung, die mit einem Knoten verknüpft ist.

### OUTPUT(outputname)

<b>Typ</b>	double oder void *
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von analogen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur Analogausgänge sind zulässig (für ereignisgesteuerte Ausgänge müssen OUTPUT_STATE und OUTPUT_STRENGTH sowie OUTPUT_DELAY verwendet werden). Hiermit wird dem Knoten oder Zweig, der mit "outputname" verknüpft ist, ein Wert zugewiesen. Der Typ bzw. die Einheiten des Ausgabewerts werden spezifiziert, wenn der Ausgabety in der Datei lfspec.lfs spezifiziert ist.

**OUTPUT\_CHANGED(outputname)**

<b>Typ</b>	Boolean_t
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitaleingänge sind zulässig. Setzen Sie standardmäßig auf MIF_TRUE. Weisen Sie MIF_FALSE zu, um anzugeben, dass an diesem Ausgang keine Änderung erfolgt. Dies ermöglicht es dem Codemodell, zu spezifizieren, dass sich der ereignisgesteuerte Ausgang nicht änderte, wodurch die Simulation beschleunigt wird.

**OUTPUT\_DELAY(outputname)**

<b>Typ</b>	Keine
<b>Args</b>	double
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitalausgänge sind zulässig (für Analogausgänge muss OUTPUT verwendet werden). Definiert die Verzögerungszeit, nach der das von OUTPUT_STATE spezifizierte Schaltereignis auftritt.

### OUTPUT\_STATE(outputname)

<b>Typ</b>	Keine
<b>Args</b>	Digital_State_t
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitalausgänge sind zulässig (für Analogausgänge muss OUTPUT verwendet werden). Weist dem Knoten bei "outputname" den Digitalwert (ZERO, ONE oder UNKNOWN) zu, indem ein Ereignis definiert wird, bei dem es sich um ein Umschalten auf diesen Wert handelt. Wenn ein einzelner Ausgang mit diesem Knoten verbunden ist, gibt der Ausgang den Wert des letzten Ausgabeereignisses aus. Wenn mehrere Ausgänge miteinander verbunden sind, wird eine Konfliktbearbeitung durchgeführt.

### OUTPUT\_STRENGTH(outputname)

<b>Typ</b>	Keine
<b>Args</b>	Digital_State_t
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Nur ereignisgesteuerte Eingänge und Digitalausgänge sind zulässig (für Analogausgänge muss OUTPUT verwendet werden). Weist dem Knoten bei "outputname" die digitale Signalstärke (STRONG, RESISTIVE, HI_IMPEDANCE oder UNDETERMINED) zu. Wenn ein einzelner Ausgang mit diesem Knoten verbunden ist, gibt der Ausgang die Signalstärke des letzten Ausgabeereignisses aus. Wenn mehrere Ausgänge miteinander verbunden sind, wird eine Konfliktbearbeitung durchgeführt.

**OUTPUT\_TYPE(inputname)**

<b>Typ</b>	char *
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von digitalen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Alle Ausgänge sind zulässig. Das Resultat ist die Zeichenfolge für den Eingangstyp (d.h. "v" für Spannung, "i" für digital, "hd" für differentiellen Leitwert usw.), wodurch die momentane Verwendung von "outputname" beschrieben wird. Wird zur Unterscheidung zwischen der "Simulationszeit" für einen Eingang oder Ausgang mit mehr als einem zulässigen Typ benötigt. Beispielsweise ist dies für einen Eingang erforderlich, dem die zulässigen Typen [v, i] zugewiesen wurden und der sich unterschiedlich verhält, wenn es sich beim Eingangssignal um Spannung oder Strom handelt.

**PARAM(paramname)**

<b>Typ</b>	CD
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für jedes Codemodell.
<b>Beschreibung</b>	Dies gilt für alle Parameter. Das Resultat ist der Parametername des Werts. Dieser wird für den Zugriff auf die in der Netzliste angegebenen Modellparameter benötigt.

**PARAM\_NULL(paramname)**

<b>Typ</b>	Boolean_t
<b>Args</b>	name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Nur Parameter dürfen unspezifiziert sein (in der Parametertabelle der Datei lfspec.lfs darf für Null "Ja" angegeben sein).
<b>Beschreibung</b>	Das Resultat ist MIF_TRUE, wenn der Parametername nicht in der Netzliste spezifiziert wurde, und MIF_FALSE, wenn er spezifiziert wurde. Ermöglicht dem Codemodell die Aussage, ob ein Parameterwert gleich seinem Standardwert ist, da dieser spezifiziert wurde.

### PARAM\_SIZE(paramname)

<b>Typ</b>	int
<b>Args</b>	Name
<b>Dies gilt:</b>	Nur für Parameter des Typs Vektor.
<b>Beschreibung</b>	Das Resultat ist die Anzahl der Elemente in einem Parameter des Typs Vektor. Dies ist notwendig, um eine Iteration über den Vektorparameter durchzuführen, wenn die Anzahl der Vektorelemente variabel ist.

### TEILWEISE

<b>Typ</b>	double
<b>Args</b>	y[i], x[i]
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von analogen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Teilweise Ableitung des Ausgabewerts y beim Eingabewert x.

### PORT\_NULL

<b>Typ</b>	Boolean_t
<b>Args</b>	Name [i]
<b>Dies gilt:</b>	Für jedes Codemodell.
<b>Beschreibung</b>	Wurde dieser Anschluss als unbelegt spezifiziert?

### PORT\_SIZE

<b>Typ</b>	int
<b>Args</b>	Name
<b>Dies gilt:</b>	Für jedes Codemodell.
<b>Beschreibung</b>	Größe des Anschlussvektors.

**RAD\_FREQ**

<b>Typ</b>	double
<b>Args</b>	<Keine>
<b>Dies gilt:</b>	Für Codemodelle von analogen sowie analogen und digitalen Bauelementen.
<b>Beschreibung</b>	Aktuelle Analysefrequenz in rad/s.

**T (<n>)**

<b>Typ</b>	double
<b>Args</b>	<Keine>
<b>Dies gilt:</b>	Für alle Codemodelle.
<b>Beschreibung</b>	Verlauf der vorangegangenen n-ten Analyseperiode (TIME = T[0]). Maximal 8.

**TEMPERATUR**

<b>Typ</b>	double
<b>Args</b>	<Keine>
<b>Dies gilt:</b>	Für alle Codemodelle.
<b>Beschreibung</b>	Aktuelle Analysetemperatur.

**ZEIT**

<b>Typ</b>	double
<b>Args</b>	<Keine>
<b>Dies gilt:</b>	Für alle Codemodelle.
<b>Beschreibung</b>	Aktuelle Analyseperiode (wie T[0]).

## 5.14.4.2 Beispiel für eine Implementationsdatei

Dies ist ein Beispiel für eine Implementationsdatei:

```

/* =====
DATEI      cfunc.mod

DATENSATZ VON process XSPICE

Copyright 1991
Georgia Tech Research Corporation
Atlanta, GA 30332, U.S.A.
Alle Rechte vorbehalten.

PROJEKT A-8503

AUTOREN
    12.09.91  Bill Kuhn

ÄNDERUNGEN
    <Datum> <Name> <Art der Änderungen>

ZUSAMMENFASSUNG
    Diese Datei enthält die Definition eines Kondensator-Codemodells
    mit Bedingungen für die Anfangsladespannung.

SCHNITTSTELLEN
    cm_capacitor()

REFERENZDATEIEN
    Keine.

NICHT STANDARDMÄSSIGE EIGENSCHAFTEN
    Keine.

===== */

#define VC  0

void cm_capacitor (ARGS)
{
    Complex_t  ac_gain;
    double     partial;
    double     ramp_factor;
    double     *vc;

```

```
/* Holen des Rampenfaktors aus der .option ramptime */
ramp_factor = cm_analog_ramp_factor(MIF_INSTANCE);

/* Initialisieren der bzw. Zugriff auf die instanzspezifische
Kondensatorladungshaltung voltage */
if(INIT) {
    cm_analog_alloc(MIF_INSTANCE,VC, sizeof(double));
    vc = cm_analog_get_ptr(MIF_INSTANCE,VC, 0);
    *vc = PARAM(ic) * cm_analog_ramp_factor(MIF_INSTANCE);
}
else {
    vc = cm_analog_get_ptr(MIF_INSTANCE,VC, 0);
}

/* Berechnen des Ausgabewerts */
if(ANALYSIS == DC) {
    OUTPUT(cap) = PARAM(ic) * ramp_factor;
    PARTIAL(cap, cap) = 0,0;
}
else if(ANALYSIS == AC) {
    ac_gain.real = 0,0;
    ac_gain.imag = -1,0 / RAD_FREQ / PARAM(c);
    AC_GAIN(cap, cap) = ac_gain;
}
else if(ANALYSIS == TRANSIENT) {
    if(ramp_factor < 1,0) {
        *vc = PARAM(ic) * ramp_factor;
        OUTPUT(cap) = *vc;
        PARTIAL(cap, cap) = 0,0;
    }
    else {
        cm_analog_integrate(MIF_INSTANCE,INPUT(cap) / PARAM(c),
        vc, &partial);
        partial /= PARAM(c);
        OUTPUT(cap) = *vc;
        PARTIAL(cap, cap) = partial;
    }
}
}
```



### 5.14.4.3 Zusätzliche Beispieldatei ifspec

```
/* =====
DATEI    ifspec.ifs

DATENSATZ VON process XSPICE

Copyright 1991
Georgia Tech Research Corporation
Atlanta, GA 30332, U.S.A.
Alle Rechte vorbehalten.

PROJEKT A-8503

AUTOREN
12.09.91  Bill Kuhn

ÄNDERUNGEN
<Datum> <Name> <Art der Änderungen>

ZUSAMMENFASSUNG
Diese Datei enthält die Definition eines Kondensator-Codemodells mit
Bedingungen für die Anfangsladespannung.

SCHNITTSTELLEN
Keine.

REFERENZDATEIEN
Keine.

NICHT STANDARDMÄSSIGE EIGENSCHAFTEN
Keine.

===== */

NAME_TABLE:

Spice_Model_Name:      Kondensator
C_Function_Name:       cm_capacitor
Beschreibung:          "Kondensator mit Anfangsladespannung"

PORT_TABLE:

Port_Name:             cap
Beschreibung:          "Kondensatoranschlüsse"
```

Richtung: inout  
Default\_Type: hd  
Allowed\_Types: [hd]  
Vektor: Nein  
Vector\_Bounds: -  
Null\_Allowed: Nein

PARAMETER\_TABLE:

Parameter_Name:	c	ic
Beschreibung:	"Kondensator"	"Anfangsladespannung"
Data_Type:	real	real
Default_Value:	-	0,0
Grenzwerte:	-	-
Vektor:	Nein	Nein
Vector_Bounds:	-	-
Null_Allowed:	Nein	Nein

/\* \$Id: cfunc.tpl,v 1.1 91/03/18 19:01:04 bill Exp \$ \*/

/

\*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7  
.....8

=====  
Zusätzliche Beispieldatei cfunc  
FILE d\_jkff/cfunc.mod

Copyright 1991  
Georgia Tech Research Corporation, Atlanta, GA 30332, U.S.A.  
Alle Rechte vorbehalten.

PROJEKT A-8503-405

AUTOREN

21. Juni 1991 Jeffrey P. Murray

ÄNDERUNGEN

12. August 1991 Jeffrey P. Murray  
30. September 1991 Jeffrey P. Murray  
29. Januar 1992 Jeffrey P. Murray

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Datei enthält die Funktionsbeschreibung des Codemodells d\_jkff.

### SCHNITTSTELLEN

DATEI	AUFGERUFENE ROUTINE
CMutil.c	void cm_toggle_bit();

CMevt.c	void *cm_event_alloc(MIF_INSTANCE)
	void *cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE)

### REFERENZDATEIEN

Eingaben von und Ausgaben auf die ARGS-Struktur.

### NICHT STANDARDMÄSSIGE EIGENSCHAFTEN

KEINE

====\*/

/\*=== INCLUDE-DATEIEN =====\*/

/\*=== KONSTANTEN =====\*/

/\*=== MAKROBEFEHLE =====\*/

/\*=== LOKALE VARIABLE UND TYPDEFINITIONEN =====\*/

/\*=== FUNKTION PROTOTYPDEFINITIONEN ===\*/

/\*=====

FUNKTION cm\_toggle\_bit()

### AUTOREN

27. September 1991 Jeffrey P. Murray

### ÄNDERUNGEN

KEINE

### ZUSAMMENFASSUNG

Ändert den Zustand einer weitergegebenen digitalen Variablen in deren Komplement. Aus diesem Grund ändert sich ein ONE in ein ZERO. Ein ZERO ändert sich in ein ONE, während ein UNKNOWN unverändert bleibt.

SCHNITTSTELLEN

DATEI

AUFGERUFENE ROUTINE

Nicht zutreffend

Nicht zutreffend

AUSGEGEBENER WERT

Kein ausgegebener Wert. Der auf eine Variable weitergegebene  
Absolutzeiger wird verwendet,  
um den Variablenwert neu zu definieren.

GLOBALE VARIABLE

KEINE

NICHT STANDARDMÄSSIGE EIGENSCHAFTEN

KEINE

====\*/

/\*=== CM\_TOGGLE\_BIT ROUTINE ===\*/

static void cm\_toggle\_bit(Digital\_State\_t \*bit)

```
{
    /* Umschalten des Bitwerts von ONE auf ZERO oder umgekehrt, sofern
       der Bitwert nicht UNKNOWN ist. Im letzteren Fall erfolgt eine
       Ausgabe ohne Änderung des Bitwerts. */
```

```
    if ( UNKNOWN != *bit ) {
        if ( ONE == *bit ) {
            *bit = ZERO;
        }
        else {
            *bit = ONE;
        }
    }
}
```

}

/\*=====

FUNKTION cm\_eval\_jk\_result

AUTOREN

30. September 1991 Jeffrey P. Murray

ÄNDERUNGEN

KEINE

ZUSAMMENFASSUNG

Wertet die J- und K-Eingangszustände und den letzten Zustand des Flipflops aus, und gibt den erwarteten Ausgabewert aus.

SCHNITTSTELLEN

DATEI	AUFGERUFENE ROUTINE
CMutil.c	void cm_toggle_bit();

AUSGEBEBENER WERT

Ein Digital\_State\_t.

GLOBALE VARIABLE

KEINE

NICHT STANDARDMÄSSIGE EIGENSCHAFTEN

KEINE

====\*/

/\*=== ROUTINE CM\_EVAL\_JK\_RESULT ===\*/

```
static Digital_State_t cm_eval_jk_result(Digital_State_t j_input,  
    Digital_State_t k_input,  
    Digital_State_t old_output)
```

```
{  
    Digital_State_t    output; /* Ausgebener Wert */
```

```
    switch (j_input) {
```

```
        case ZERO:
```

```
            switch (k_input) {
```

```
                case ZERO:
```

```
                    output = old_output;
```

```
                    break;
```

```
                case ONE:
```

```
                    output = ZERO;
```

```
                    break;
```

```
                case UNKNOWN:
```

```
                    output = UNKNOWN;
```

```
        break;
    }
    break;

case ONE:
    switch (k_input) {
    case ZERO:
        output = ONE;
        break;
    case ONE:
        output = old_output;
        cm_toggle_bit(&output);
        break;
    case UNKNOWN:
        output = UNKNOWN;
        break;
    }
    break;

case UNKNOWN:
    output = UNKNOWN;
    break;
}

return output;
}

/*=====
FUNKTION cm_d_jkff()

AUTOREN
21. Juni 1991      Jeffrey P. Murray

ÄNDERUNGEN
12. August 1991   Jeffrey P. Murray
30. September 1991 Jeffrey P. Murray
29. Januar 1992   Jeffrey P. Murray

ZUSAMMENFASSUNG
Diese Funktion implementiert das Codemodell d_jkff.

SCHNITTSTELLEN
DATEI                AUFGERUFENE ROUTINE
```

```

CMutil.c          void cm_toggle_bit();

CMevt.c           void *cm_event_alloc(MIF_INSTANCE)
                  void *cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE)
    
```

AUSGEBEBENER WERT

Ausgabe von Ein- und Ausgabedaten über die ARGS-Struktur.

GLOBALE VARIABLE

KEINE

NICHT STANDARDMÄSSIGE EIGENSCHAFTEN

KEINE

====\*/

```
/*=== ROUTINE CM_D_JKFF ===*/
```

```

/*****
*      Dies ist das Modell für den          *
*      digitalen J-K-Flipflop fürs System   *
*      ATE SSE, Version 2.0.                *
*                                           *
*      Generiert am 21.06.91                J.P.Murray *
*****/
    
```

```
void cm_d_jkff(ARGS)
```

```

{
/* Generischer Schleifenzählerindex */
  int i;
  /* Aktueller Wert von clk */
  Digital_State_t*clk,
    /* Vorheriger Wert von clk */
    *clk_old,
  /* Aktuell gesetzter Wert von dff */
  *set,
  /* Vorher gesetzter Wert von dff */
  *set_old,
  /* Aktuell zurückgesetzter Wert von dff */
    
```

```
    *reset,
    /* Vorher zurückgesetzter Wert von dff */
    *reset_old,
    /* Aktueller Ausgabewert von dff */
    *out,
    /* Vorheriger Ausgabewert von dff */
    *out_old,
    /* Aktueller J-Eingabewert */
    j_input,
    /* Aktueller K-Eingabewert */
    k_input,
    /* Zwischenspeicherung von Zustandswerten */
    temp;

/** Die Einstellung erforderte Zustandsvariable ***/

if(INIT) { /* initial pass */

    /* Speicher zuordnen */
    cm_event_alloc(MIF_INSTANCE,0,sizeof(Digital_State_t));
    cm_event_alloc(MIF_INSTANCE,1,sizeof(Digital_State_t));
    cm_event_alloc(MIF_INSTANCE,2,sizeof(Digital_State_t));
    cm_event_alloc(MIF_INSTANCE,3,sizeof(Digital_State_t));

    clk = clk_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,0,0);
    set = set_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,1,0);
    reset = reset_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,2,0);
    out = out_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,3,0);

    /* Deklarieren der zu ladenden Werte */
    LOAD(j) = PARAM(jk_load);
    LOAD(k) = PARAM(jk_load);
    LOAD(clk) = PARAM(clk_load);
    if ( !PORT_NULL(set) ) {
        LOAD(set) = PARAM(set_load);
    }
    if ( !PORT_NULL(reset) ) {
        LOAD(reset) = PARAM(reset_load);
    }
}
```



```

    }
    else { /* Zurückholen der vorherigen Werte */

        /* Zurückholen der gespeicherten Werte für die Ausgabe */
        clk = (Digital_State_t *) cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,0,0);
        clk_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,0,1);
        set = (Digital_State_t *) cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,1,0);
        set_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,1,1);
        reset = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,2,0);
        reset_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,2,1);
        out = (Digital_State_t *) cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,3,0);
        out_old = (Digital_State_t *)
cm_event_get_ptr(MIF_INSTANCE,3,1);
    }

    /****** Laden der aktuellen Eingabewerte, wenn die Set- oder
Reset-Eingänge unbelegt sind, auf Null setzen ... *****/
    *clk = INPUT_STATE(clk);
    if ( PORT_NULL(set) ) {
        *set = *set_old = ZERO;
    }
    else {
        *set = INPUT_STATE(set);
    }
    if ( PORT_NULL(reset) ) {
        *reset = *reset_old = ZERO;
    }
    else {
        *reset = INPUT_STATE(reset);
    }

    /****** Ermitteln der Analyseart und Ausgeben der geeigneten
Werte *****/

    /****** Gleichspannungsanalyse ... Ausgabe ohne Verzögerung *****/
    if (0,0 == TIME) {
        temp = PARAM(ic);

        /** Ändern des Ausgabewerts, wenn der Set- oder Reset-Eingang
aktiv ist **/
        if ( (*set==ONE) && (*reset==ZERO) ) temp = ONE;
    }

```

```
if ( (*set==ZERO) && (*reset==ONE) ) temp = ZERO;
if ( (*set==ONE) && (*reset==ONE) ) temp = UNKNOWN;

*out = *out_old = temp;

if ( !PORT_NULL(out) ) {
    OUTPUT_STATE(out) = temp;
}

cm_toggle_bit(&temp);

if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
    OUTPUT_STATE(Nout) = temp;
}

}

else {          /****** Impulsanalyse *****/

                /****** Suchen des geänderten Eingabewerts ... *****/

                /***** Prüfen des gesetzten Werts auf Änderung *****/

/* entweder Setzen oder Freigabe des gesetzten Werts */
if ( *set != *set_old ) { switch ( *set ) {

    case ONE:
        if ( ONE != *reset) {

            /* Durch den Wert am Set-Eingang wird der Ausgabewert geändert
*/
            if (*out_old != ONE) {

                /* Der Ausgabewert ändert sich in ONE */
                *out = ONE;

                if ( !PORT_NULL(out) ) {
                    OUTPUT_STATE(out) = ONE;
                    OUTPUT_DELAY(out) = PARAM(set_delay);
                }
                if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
                    OUTPUT_STATE(Nout) = ZERO;
                    OUTPUT_DELAY(Nout) = PARAM(set_delay);
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        else {

/* Der Ausgabewert ist bereits gesetzt */
        *out = *out_old;
            if ( !PORT_NULL(out) ) {
                OUTPUT_CHANGED(out) = FALSE;
            }
            if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
                OUTPUT_CHANGED(Nout) = FALSE;
            }
        }
    }
    else {
        if (*out_old != UNKNOWN) { /* Durch den Wert am
Set-Eingang wird der Ausgabewert geändert */
            /* Der Ausgabewert ändert sich in UNKNOWN */
            *out = UNKNOWN;

            if ( !PORT_NULL(out) ) {
                OUTPUT_STATE(out) = UNKNOWN;
                OUTPUT_DELAY(out) = PARAM(set_delay);
            }
            if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
                OUTPUT_STATE(Nout) = UNKNOWN;
                OUTPUT_DELAY(Nout) = PARAM(set_delay);
            }
        }
    }
    else {
        *out = *out_old; /* Der Ausgabewert ist
bereits output UNKNOWN */
        if ( !PORT_NULL(out) ) {
            OUTPUT_CHANGED(out) = FALSE;
        }
        if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
            OUTPUT_CHANGED(Nout) = FALSE;
        }
    }
}
break;

case ZERO:
    if ( ONE != *reset) {
        /* Der Ausgabewert bleibt momentan unverändert */
        *out = *out_old;
        if ( !PORT_NULL(out) ) {
            OUTPUT_CHANGED(out) = FALSE;

```

```
    }
    if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
        OUTPUT_CHANGED(Nout) = FALSE;
    }
}
else {
    if (*out_old != ZERO) { /* Durch den Wert am Set-
Eingang wird der Ausgabewert geändert */
        /* Der Ausgabewert ändert sich wieder in den Zustand beim
Zurücksetzen */
            *out = ZERO;

            if ( !PORT_NULL(out) ) {
                OUTPUT_STATE(out) = ZERO;
                OUTPUT_DELAY(out) = PARAM(set_delay);
            }
            if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
                OUTPUT_STATE(Nout) = ONE;
                OUTPUT_DELAY(Nout) = PARAM(set_delay);
            }
        }
    }
    else {
        *out = *out_old; /* Der Ausgabewert ist
bereits zurückgesetzt */
        if ( !PORT_NULL(out) ) {
            OUTPUT_CHANGED(out) = FALSE;
        }
        if ( !PORT_NULL(Nout) ) {
            OUTPUT_CHANGED(Nout) = FALSE;
        }
    }
}
break;

case UNKNOWN:

    if ( ONE == *reset ) {
        /* Der Ausgabewert ändert sich in ZERO */
        *out = ZERO;

        if ( !PORT_NULL(out) ) {
            OUTPUT_STATE(out) = ZERO;
            OUTPUT_DELAY(out) = PARAM(set_delay);
        }
    }
}
```

# Kapitel 6

## Messinstrumente

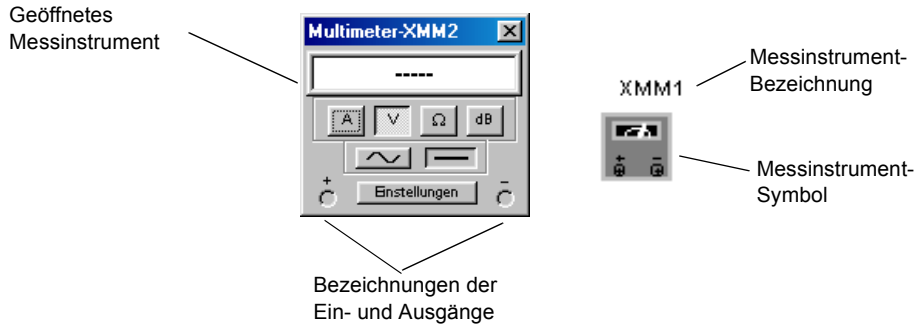
Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den verschiedenen Messinstrumenten von Multisim 2001. Hier wird erklärt, wie Sie Messinstrumente in die Schaltung integrieren und konfigurieren können. Außerdem wird die Verwendung der einzelnen Instrumente näher erklärt.

Einige der hier beschriebenen Funktionen sind unter Umständen nicht in allen Versionen von Multisim 2001 verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol neben der Beschreibung gekennzeichnet.

### 6.1 Einführung in die Messinstrumente von Multisim

Multisim verfügt über zahlreiche „virtuelle“ Messinstrumente für Schaltungen. Sie ermöglichen es Ihnen, das Verhalten einer Schaltung zu messen. Alle Instrumente werden wie reale Messinstrumente eingestellt, verwendet und abgelesen. Sie sind in der Lage, mit ihnen wie mit Laborgeräten zu arbeiten. Durch den Einsatz dieser virtuellen Geräte kann Ihre Schaltung einfach und schnell getestet werden; die Simulationsergebnisse können sofort angezeigt werden. Die Messinstrumente können praktisch überall in eine Schaltung oder eine untergeordnete Schaltung eingebunden werden. Information zu Teilschaltungen finden Sie in ). Die Instrumente sind jedoch nur in der aktiven Schaltung oder Teilschaltung zu verwenden.

Messinstrumente werden auf zwei Arten angezeigt: Als Symbol innerhalb der Schaltung oder als geöffnetes Instrument, wenn Sie Einstellungen durchführen oder die Instrumentenanzeige betrachten wollen.

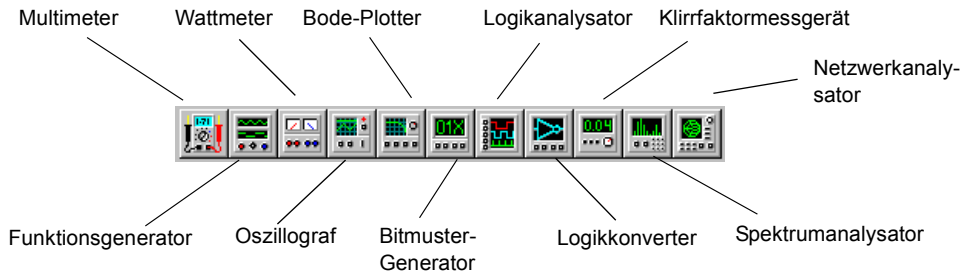


Das Symbol des Instruments zeigt an, wie das jeweilige Messinstrument angeschlossen ist. Nach der ersten Simulation erscheint innerhalb der Symbole für die Ein- und Ausgänge ein schwarzer Punkt zur Bestätigung, dass das Instrument mit einem Knoten verbunden ist.

➤ Integration eines Messinstruments in eine Schaltung:



1. In der standardmäßigen Einstellung wird die Werkzeugleiste Messinstrumente im Hauptfenster angezeigt. Ist dies nicht der Fall, müssen Sie auf die Schaltfläche Messinstrumente in der Werkzeugleiste klicken. Die Werkzeugleiste Messinstrumente erscheint. Jedes Instrument wird dabei durch ein Symbol dargestellt.



2. Klicken Sie auf der Werkzeugleiste Messinstrumente aufs Symbol des Messinstruments, das Sie einsetzen wollen.
3. Bewegen Sie den Cursor anschließend in die Position im Schaltungsfenster, um das Messinstrument durch Klicken mit der linken Maustaste zu platzieren. Das Instrument wird so ausgerichtet, dass die Anschlüsse auf dem Raster liegen.

Das Messinstrument wird als Symbol mit Bezeichnung dargestellt. Die Bezeichnung dient zur Identifikation des Typs und der Instanz. So wird z.B. das erste Multimeter, das Sie verwenden, mit XMM1, das zweite mit XMM2 usw. bezeichnet. Diese Nummerierung ist jeweils schaltungsspezifisch; dies bedeutet, dass die Bezeichnung in einer zweiten Schaltung auch mit XMM1 beginnt und wie oben beschrieben, durchnummeriert wird.

**Hinweis** Nicht alle Versionen von Multisim unterstützen die Verwendung mehrerer Instanzen eines Messinstruments.

- Um das Instrument anzuschließen, müssen Sie auf einen Symbolkontakt klicken und eine Leitung zur gewünschten Stelle in der Schaltung (Anschluss, Leitung oder Verbindung) ziehen. Alle Regeln für die Verdrahtung, die in Kapitel 3, "Schaltungserfassung" beschrieben werden, gelten auch für die Messinstrumente.

**Hinweis** Zur Änderung der Symbolfarbe, müssen Sie mit der rechten Maustaste aufs entsprechende Symbol klicken und die Option **Farbe** aus dem sich öffnenden Popup-Menü wählen. Wählen Sie anschließend die gewünschte Farbe und klicken Sie auf **OK**.

Für Ausbildungszwecke ist es unter Umständen erforderlich, dass Schulungsteilnehmer in der Lage sind, Messinstrumente in die Schaltung zu integrieren. Der Zugang zur Werkzeugleiste Messinstrumente kann für Schulungsteilnehmer beschränkt werden und wird in "Verwenden von Einschränkungen" auf Seite 13-4 näher erläutert.

#### ➤ Verwendung eines Messinstruments

- Um die Darstellung des Messinstruments aufzurufen oder zu modifizieren, doppelklicken Sie auf das Symbol. Die Kontrollfunktionen des Messinstruments werden aufgerufen. Stellen Sie das Messinstrument so wie ein reelles Messinstrument ein. Die Steuerung ist von Instrument zu Instrument unterschiedlich. Sind Sie damit nicht vertraut oder benötigen Sie Hilfe, konsultieren Sie die entsprechenden Hinweise zu dem Instrument in diesem Kapitel.

Es ist *wichtig*, dass die Einstellungen für diese Schaltung angemessen sind. Ist dies nicht der Fall, können die Resultate falsch oder schwierig zu interpretieren sein.

**Hinweis** Nicht alle Bereiche eines geöffneten Instruments können geändert werden. Falls eine Kontrollfunktion änderbar ist, zeigt das Cursorzeichen dies durch ein Handsymbol an.



- Um die Schaltung zu "aktivieren", klicken Sie in der Werkzeugleiste auf die Schaltfläche Simulation und wählen anschließend **Start** in dem sich öffnenden Popup-Menü. Multisim simuliert das Verhalten der Schaltung und zeigt die entsprechenden Signale, die an den Testpunkten ermittelt werden, an.

Die Resultate der Simulation hängen vom Aufbau der Schaltung ab. Während der Simulation werden Ergebnisse und Probleme im Fehlerprotokoll/Prüfpfad aufgezeichnet. Das Protokoll erscheint automatisch, sobald die Simulation gestoppt wird. Falls Sie während der Simulation alle Meldungen kontrollieren wollen, kann das Protokoll während

des Simulationsvorganges eingeblendet werden. Hierzu wählen Sie aus dem Menü **Ansicht Fehlerprotokoll Simulation/Prüf-Pfad** anzeigen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 7, “Simulation”. Sie können auch bei laufender Simulation die Einstellungen Ihres Messinstruments verändern. Die Schaltungen können nicht durch neue Werteingaben geändert werden (außer bei variablen Bauelementen), außerdem können keine schematischen Anzeigen, wie Bauelemente drehen oder austauschen, realisiert werden.

- Um die Simulation zu unterbrechen oder fortzufahren, müssen Sie in der Werkzeugleiste auf die Schaltfläche Simulation klicken und anschließend **Pause** im sich öffnenden Popup-Menü wählen. Die Simulation wird unterbrochen, bis eine erneute Befehlseingabe erfolgt.
- Um die Simulation zu unterbrechen, müssen Sie in der Werkzeugleiste auf die Schaltfläche Simulation klicken und anschließend **Start** im sich öffnenden Popup-Menü wählen. Die Simulation wird beendet. Das Ergebnis erscheint auf der Anzeige des Messinstruments und im Prüfprotokoll.

Sie können die Simulation auch starten, unterbrechen oder fortfahren, indem Sie die entsprechenden Befehle im Menü **Simulation** wählen.

## 6.2 Arbeiten mit mehreren Messinstrumenten

Sie können in einer Schaltung mit mehreren Messinstrumenten und bei einigen Versionen von Multisim auch mit mehreren Instanzen des gleichen Messinstruments arbeiten. Zusätzlich kann in jedem Schaltungsfenster mit einer unterschiedlichen Kombinationen von Instrumenten gearbeitet werden. Bei der Integration verschiedener Messinstrumente oder mehrerer Instanzen eines Messinstruments müssen Sie genau so wie bei der Einrichtung eines Instruments vorgehen.

Bei Messinstrumenten, die über eine bestimmte Zeit Messdaten erfassen, muss als Simulation eine Impulsanalyse gewählt werden. Wenn Sie mehrere Instrumente einsetzen, wird gleichzeitig lediglich eine der Impulsanalysen ausgeführt. Die Vorgaben für diese Analyse werden unter Berücksichtigung aller Instrumente und der erforderlichen Einstellungen ermittelt. Verwenden Sie z.B. zwei Oszilloskopen mit verschiedenen Zeittakten, so synchronisiert Multisim den Oszilloskopen mit der höheren Frequenz und der höheren Auflösung. Als Resultat arbeiten beide Oszilloskopen mit einer höheren Auflösung als sie einzeln aufweisen würden.

Die Ergebnisse beider Instrumente werden unabhängig voneinander ins Prüfprotokoll eingetragen.



## 6.3 Standardeinstellungen der Instrumente

Bei Multisim können Sie Voreinstellungen für Messinstrumente, welche die Impulsanalyse verwenden (z.B. Oszillografen, Spektrumanalysatoren oder Logikanalysatoren), durchführen.

- Um die Standardeinstellungen einzustellen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Wählen Sie **Simulation/Standardeinstellungen Instrumente**. Ein reduziertes Fenster mit den Standardeinstellungen der Instrumente wird geöffnet, in dem die am häufigsten eingesetzten Funktionen angezeigt werden.
  2. Klicken Sie auf **Mehr**. Jetzt steht Ihnen der gesamte Funktionsumfang zur Verfügung:

Einstellung der Startbedingungen: Null, Benutzerdefiniert, Berechne Gleichspannungsarbeitspunkt oder Automatisch ermittelte Startbedingungen

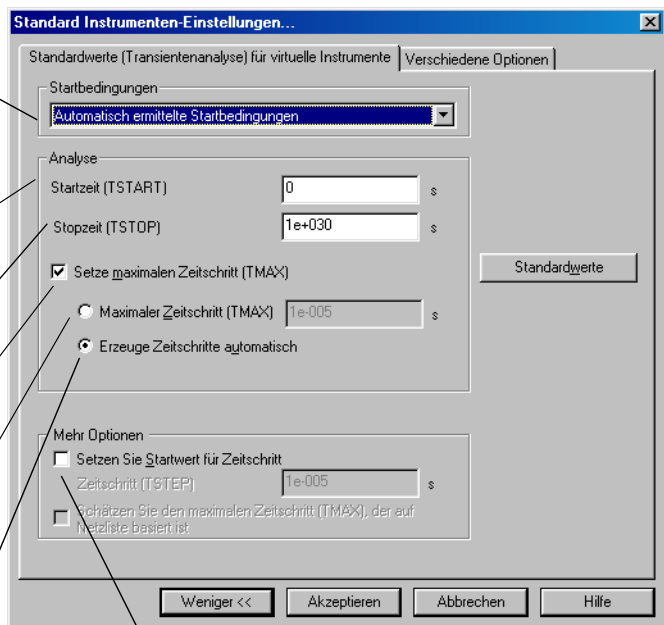
Die Startzeit (TSTART) der Impulsanalyse muss größer oder gleich Null und kleiner als die Stopzeit (TSTOP) sein.

Die Stopzeit der Impulsanalyse muss größer als die Startzeit sein.

Aktivieren Sie das Kontrollkästchen, um den maximalen Zeitschritt der Simulation vorzugeben.

Aktivieren Sie das Optionsfeld, um den Zeitpunkt manuell vorzugeben.

Aktivieren Sie das Optionsfeld, damit der Zeitpunkt automatisch bestimmt wird.



Aktivieren Sie das Kontrollkästchen, um ein Zeitintervall für die Simulationsausgabe und die Balkengrafik vorzugeben.

3. Geben Sie die gewünschten Voreinstellungen ein, und klicken Sie auf **Akzeptieren** oder auf **Abbrechen**, um Ihre Eingaben zu widerrufen. Diese Einstellungen werden bei der nächsten Simulation verwendet.

Sie können die unterschiedlichen Aspekte einer Simulation wie Fehlertoleranzen, Simulationstechniken und Anzeige der Ergebnisse steuern. In Abhängigkeit von den Optionen, die Sie auswählen, bestimmen Sie die Effektivität der Simulation. Weitere Informationen zu den Analyseoptionen und deren Standardwerte finden Sie in

“Analyseoptionen” auf Seite 8-80. Diese Optionen werden über die Registerkarte Verschiedenes eingestellt.

## 6.4 Voltmeter

Das Voltmeter bietet verglichen mit dem Multimeter Vorteile, wenn die Spannungen in einer Schaltung gemessen werden sollen. Der Vorteil liegt darin begründet, dass Sie eine unbegrenzte Anzahl von Voltmetern verwenden und deren Anschlüsse so drehen können, dass sie in Ihre Schaltung passen. Der Minuspol befindet sich auf der Seite, die den dickeren Rand aufweist.

### 6.4.1 Widerstand (1.0 $\Omega$ - 999.99 T $\Omega$ )

Das Voltmeter ist auf einen hohen Innenwiderstand voreingestellt (1 M $\Omega$ (+)), sodass es im Allgemeinen keinen Einfluss auf die Schaltung hat. Wenn Sie eine Schaltung testen, die selbst einen sehr hohen Eigenwiderstand hat, kann es erforderlich sein, den Innenwiderstand des Voltmeters zu erhöhen. (Trotzdem können bei der Verwendung eines Voltmeters mit hohem Widerstand in einer Schaltung mit niedrigem Eigenwiderstand Rundungsfehler auftreten.)

### 6.4.2 Modus (Gleich- oder Wechselspannung)

Das Voltmeter misst Gleich- und Wechselspannungen. Im Gleichspannungsmodus werden Wechselspannungsanteile eines Signals nicht berücksichtigt und nur die Gleichspannungsanteile des Signals gemessen. Im Wechselspannungsmodus werden alle Gleichspannungsanteile ausgefiltert und nur die Wechselspannungsanteile gemessen. In diesem Modus zeigt das Voltmeter den Effektivwert (quadratischen Mittelwert) des Signals an.

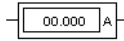
### 6.4.3 Anschließen des Voltmeters

Schließen Sie das Voltmeter parallel zur Ladung an, indem Sie es mit beiden Polen der Ladung, die Sie messen wollen, verbinden. Wird die Simulation der Schaltung gestartet, zeigt das Voltmeter die an den Testpunkten anliegende Spannung an. (Das Voltmeter kann auch Zwischenwerte anzeigen, bis der Balancezustand erreicht ist.)

**Hinweis** Wird das Voltmeter nach der Simulation an anderer Stelle angeschlossen, müssen Sie die Simulation neu starten, um wieder eine Anzeige zu erhalten.

## 6.5 Amperemeter

Das Amperemeter bietet gegenüber dem Multimeter Vorteile, wenn der Strom in einer



Schaltung gemessen werden soll. Der Grund hierfür ist, dass Sie eine unbegrenzte Anzahl von Amperemetern verwenden können und die jeweiligen Anschlüsse so drehen können, dass sie in Ihre Schaltung passen. Der Minuspol befindet sich auf der Seite, die den dickeren Rand aufweist.

### 6.5.1 Widerstand (1.0 pΩ - 999.99 Ω)

Der Innenwiderstand des Amperemeters beträgt 1 mΩ und stellt so für die Schaltung nur einen sehr geringen Widerstand dar. Testen Sie eine Schaltung mit einem sehr geringen Eigenwiderstand, so können Sie den Innenwiderstand des Amperemeters noch weiter reduzieren, um eine präzise Messung zu erhalten. (Dennoch können bei der Verwendung eines Amperemeters mit sehr niedrigem Widerstand in einer Schaltung mit sehr hohem Eigenwiderstand Rundungsfehler auftreten.)

### 6.5.2 Modus (Gleich- oder Wechselspannung)

Das Amperemeter ist auf Gleichspannungsmodus voreingestellt, in dem nur der Gleichstromanteil eines Signals gemessen wird. Soll der Strom einer Wechselstromquelle gemessen werden, muss der Wechselspannungsmodus eingestellt werden. In diesem Modus zeigt das Amperemeter den Effektivwert (quadratischen Mittelwert) des Wechselstromsignals an.

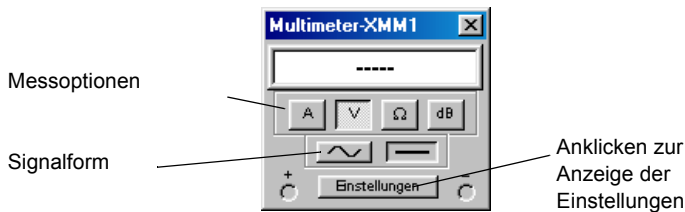
### 6.5.3 Anschließen des Amperemeters

Wie bei einem echten Amperemeter muss auch das simulierte Amperemeter in Reihe mit den zu messenden Knoten geschaltet werden. Der Minuspol befindet sich auf der Seite, die den dickeren Rand aufweist. Wird das Amperemeter nach der Simulation an anderer Stelle angeschlossen, müssen Sie die Simulation neu starten, um wieder eine Anzeige zu erhalten.

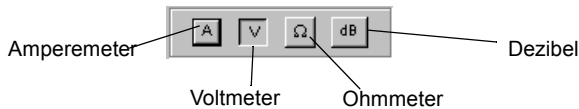
## 6.6 Multimeter



Mit dem Multimeter können Sie Wechsel- und Gleichspannungen oder Ströme, Widerstände oder Verluste zwischen zwei Knoten einer Schaltung messen. Sie müssen keinen Messbereich vorwählen, da das Multimeter den erforderlichen Messbereich automatisch wählt. Der voreingestellte Innenwiderstand und der Strom liegen nahe an den Idealwerten und können wie in “Gerätevorgaben” auf Seite 6-12 beschrieben geändert werden.



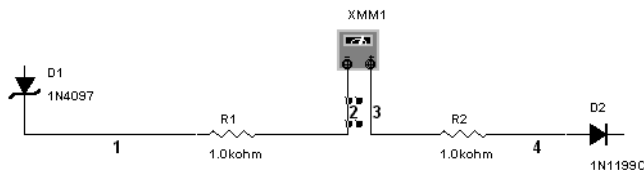
### 6.6.1 Messoptionen



### 6.6.1.1 Amperemeter

Diese Option ermöglicht das Messen des Stroms zwischen zwei Knoten.

Schalten Sie das Multimeter wie ein echtes Amperemeter mit der Ladung in Reihe, um den Stromfluss wie mit einem richtigen Amperemeter zu messen (siehe dazu das nachstehende Diagramm).

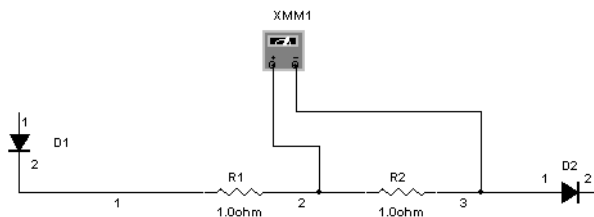


- Um den Strom an einer anderen Stelle der Schaltung zu messen, müssen Sie ein weiteres Multimeter mit dieser Ladung in Reihe schalten und die Simulation neu starten. Wenn das Multimeter als Amperemeter benutzt wird, weist es einen sehr niedrigen Innenwiderstand von  $1\text{ n}\Omega$  auf.
- Um den Innenwiderstand zu ändern, müssen Sie auf **Einstellungen** klicken. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Gerätevorgaben” auf Seite 6-12.



### 6.6.1.2 Voltmeter

Diese Option ermöglicht das Messen von Spannungen zwischen zwei Knoten. Wählen Sie **V** und schalten Sie das Voltmeter parallel zur zu messenden Ladung (siehe nachstehende Abbildung).

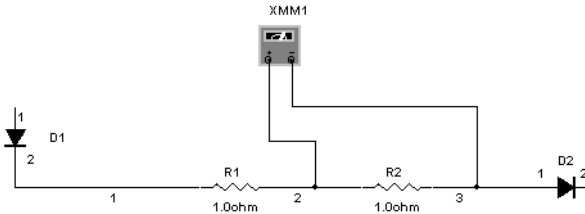


Wird das Multimeter als Voltmeter verwendet, weist es einen hohen Innenwiderstand von  $1\text{ M}\Omega$  auf. Sie können diesen ändern, indem Sie auf **Einstellungen** klicken. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Gerätevorgaben” auf Seite 6-12.

### 6.6.1.3 Ohmmeter



Diese Option ermöglicht das Messen des Widerstands zwischen zwei Knoten. Die Knoten und alles, was zwischen diesen liegt, wird als “Bauelementenetzwerk” bezeichnet. Um Widerstände zu messen, müssen Sie diese Option wählen und das Multimeter parallel zum Bauelementenetzwerk schalten (siehe nachstehende Abbildung).



Um ein genaues Messergebnis zu erzielen, beachten Sie bitte Folgendes:

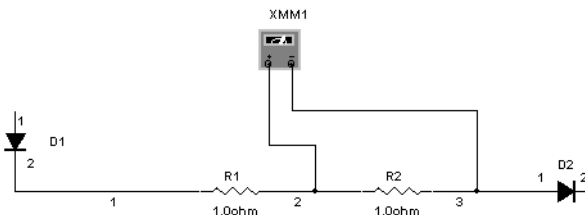
- Innerhalb des Bauelementenetzwerks ist keine Stromquelle vorhanden;
- das Bauelement oder das Bauelementenetzwerk ist geerdet;
- das Multimeter ist auf Gleichspannungsmessung geschaltet (weitere Informationen hierzu finden Sie in “Signalform (Gleich- oder Wechselspannung)” auf Seite 6-11);
- parallel zum Bauelement oder Bauelementenetzwerk sind keine anderen Elemente geschaltet.

Das Ohmmeter liefert einen Strom von 1 mA. Sie können diese Einstellung ändern, indem Sie auf **Einstellungen** klicken. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Gerätevorgaben” auf Seite 6-12. Wenn das Ohmmeter an mehrere Knoten angeschlossen wurde, müssen Sie die Schaltung reaktivieren, um eine Anzeige zu erhalten.

### 6.6.1.4 Dezibel



Mit dieser Option können Sie den Spannungsabfall zwischen zwei Knoten messen. Wählen Sie hierzu diese Option und schalten Sie das Multimeter parallel zum Bauelementenetzwerk (siehe nachstehende Abbildung).



Als Standardwert für die Berechnung des Spannungsabfalls in dB wurde 1 V eingestellt. Sie können diese Einstellung ändern, indem Sie auf **Einstellungen** klicken. Weitere

Informationen hierzu finden Sie in “Gerätevorgaben” auf Seite 6-12. Der Spannungsabfall wird wie folgt berechnet:

$$dB = 20 * \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

## 6.6.2 Signalform (Gleich- oder Wechselspannung)



Mit der Schaltfläche **Sinuskurve** kann der Effektivwert (quadratische Mittelwert) der Spannung oder des Stroms eines Wechselstromsignals gemessen werden. Die Gleichstromelemente des Signals werden nicht berücksichtigt und nur die Wechselstromelemente des Signals gemessen.



Mit der Schaltfläche **Linear-Kurve** wird die Spannung oder der Strom eines Gleichstromsignals gemessen.

**Hinweis** Um den Effektivwert (quadratischen Mittelwert) einer Spannung in einer Schaltung mit Wechselspannungs- und Gleichspannungsanteilen zu messen, müssen Sie zwei Voltmeter an die entsprechenden Knoten anschließen. Schalten Sie das eine Voltmeter auf Wechsel- und das andere auf Gleichspannungsmessung, wodurch beide Spannungen angezeigt werden.

In diesem Fall kann die Effektivwertspannung mit folgender Gleichung berechnet werden. Diese Gleichung darf nur für Multisim und nicht als allgemein gültige Gleichung verwendet werden.

$$\text{RMS voltage} = \sqrt{(V_{dc}^2 + V_{ac}^2)}$$

## 6.6.3 Gerätevorgaben

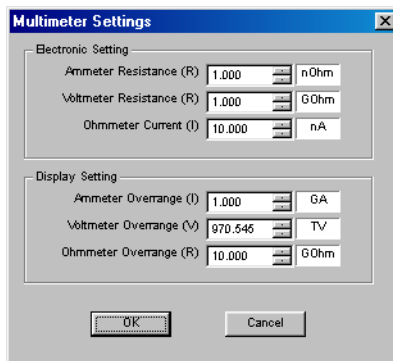
ein ideales Messinstrument hat keinen Einfluss auf die zu messende Schaltung. Ein ideales Voltmeter hat einen unendlichen Innenwiderstand, sodass während der Messung kein Strom durch das Instrument fließt. Im Gegensatz dazu weist ein ideales Amperemeter einen Innenwiderstand von Null auf. Dies ist bei realen Messinstrumenten nicht der Fall. Der von diesen angezeigte Wert entspricht deshalb nie genau dem mathematisch ermittelten Wert.

Das in Multisim integrierte Multimeter ist annähernd ideal, wie ein reales Multimeter. Um Werte, die nahe bei den Idealwerten liegen, in einer Schaltung zu messen, werden sehr niedrige Werte von annähernd gleich Null und sehr hohe Zahlenwerte (unendlich) eingesetzt. In Sonderfällen kann von diesen Werten abgewichen werden. Die Werte müssen jedoch größer als Null sein.

Wenn Sie z.B. die Spannung einer Schaltung mit einem hohem Innenwiderstand messen wollen, müssen Sie den Widerstand des Voltmeters vergrößern. Wenn Sie den Strom einer Schaltung mit sehr geringem Eigenwiderstand messen wollen, müssen Sie den Innenwiderstand des Amperemeters zusätzlich verringern.

**Hinweis** Ein sehr niedriger Innenwiderstand des Amperemeters kann bei Schaltungen mit sehr hohem Eigenwiderstand zu Rundungsfehlern führen.

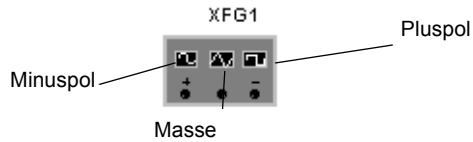
- Um das Fenster mit den Standardwerten zu öffnen und die Einstellungen zu ändern, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Klicken Sie auf **Einstellungen**. Das Fenster Multimetereinstellungen erscheint.



2. Ändern Sie die gewünschten Einstellungen.
3. Um Änderungen zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken. Um sie zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken.

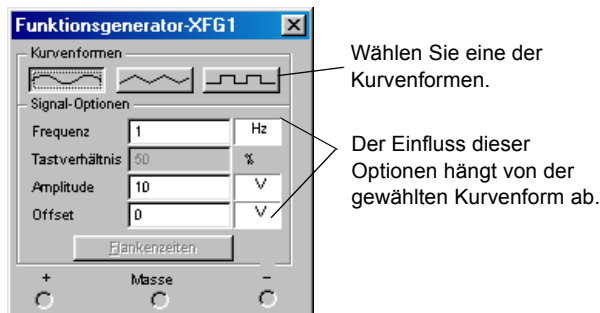


## 6.7 Funktionsgenerator



Der Funktionsgenerator erzeugt eine Sinus-, Dreieck- oder Rechteckspannung und bietet Ihnen so die Möglichkeit, Ihre Schaltung auf einfache und realistische Art mit Impulsen zu versorgen. Sie können zwischen den unterschiedlichen Signalformen wählen und Frequenz, Amplitude, Tastverhältnis und Offset einstellen. Der Frequenzbereich ist so ausgelegt, dass Sie sowohl konventionelle Wechselspannungssignale als auch nieder- oder hochfrequente Signale erzeugen können.

Der Funktionsgenerator ist mit drei Anschlüssen ausgestattet, mit denen Signale in Schaltungen eingespeist werden können. Die Masse liefert dabei den Referenzpegel für das Signal.



Wählen Sie eine der Kurvenformen.

Der Einfluss dieser Optionen hängt von der gewählten Kurvenform ab.

- Verbinden Sie den Masseanschluss mit Masse, um den Referenzpegel für das Signal festzulegen.

Der Pluspol (+) des Generators erzeugt einen Impuls in positiver Richtung in Bezug auf Masse. Der Minuspol (-) erzeugt einen Impuls in negativer Richtung in Bezug auf Masse.

### 6.7.1 Auswahl der Kurvenform

Sie können zwischen drei verschiedenen Kurvenformen wählen.

- Klicken Sie hierzu auf die Schaltfläche Sinus-, Dreieck- oder Rechteckspannung.

## 6.7.2 Signalooptionen

### 6.7.2.1 Frequenz (1 Hz bis 999 MHz)

Diese Option ermöglicht das Einstellen der Frequenz des vom Funktionsgenerator erzeugten Signals.

### 6.7.2.2 Tastverhältnis (1 bis 99 %)

Damit legen Sie das Verhältnis zwischen den Ein- und Ausphasen fest. Das Tastverhältnis beeinflusst die Form der Dreieck- und Rechtecksignale. Die Einstellung des Tastverhältnisses wirkt sich nicht auf Sinussignal aus.

### 6.7.2.3 Amplitude (1 $\mu$ V — 999 kV)

Diese Option ermöglicht das Messen der Spannung des Signals von Null bis zum vorgegebenen Höchstwert. Wenn der Generator mit Masse sowie Plus- oder Minuspol verbunden ist, entspricht die Spannung zwischen den Höchstwerten der Amplitude mal 2. Ist der Generator mit dem Plus- und dem Minuspol verbunden, wird der Wert aus der Amplitude, multipliziert mit 4, ermittelt.

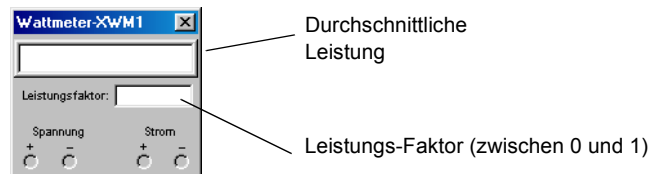
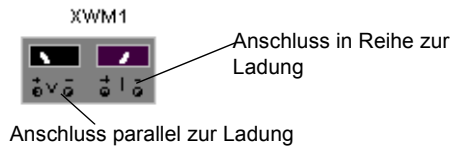
### 6.7.2.4 Offset (-999 und 999 kV)

Diese Option ermöglicht das Verschieben des Signals nach oben oder nach unten. Beträgt der Offset 0, verläuft das Signal entlang der X-Achse des Oszillografen (wenn die Einstellung für Y POS = 0 ist). Bei einem positiven Offset wird das Signal nach oben verschoben, während ein negativer Offset eine Verschiebung der Kurve nach unten bewirkt. Die Einheiten des Offsets entsprechen den Einheiten für die Amplitude.

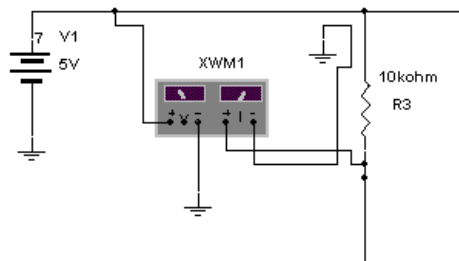
## 6.7.3 Flankenzeit

Mit dieser Option geben Sie vor, in welcher Zeit eine Rechteckspannung aufgebaut wird (und dadurch natürlich auch den Winkel der Kurve). Diese Option steht nur für die Rechteckspannung zur Verfügung.

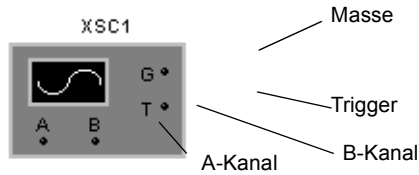
## 6.8 Wattmeter



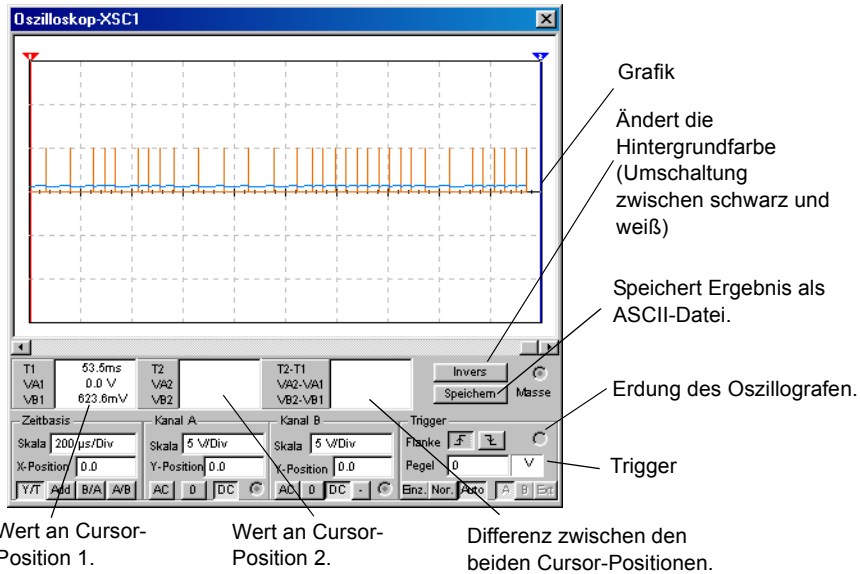
Mit dem Wattmeter wird die Leistung gemessen. Es misst den Umfang der aktiven Leistung, der sich aus dem Produkt der Spannungsdifferenz und dem durch die Anschlüsse in einer Schaltung fließenden Strom ergibt. Das Ergebnis wird in Watt angezeigt. Zusätzlich kann das Wattmeter auch den Leistungsfaktor anzeigen. Hierzu wird die Differenz zwischen Spannung und Strom gemessen und anschließend miteinander multipliziert. Der Leistungsfaktor ist der Kosinus des Phasenwinkels von Strom und Spannung.



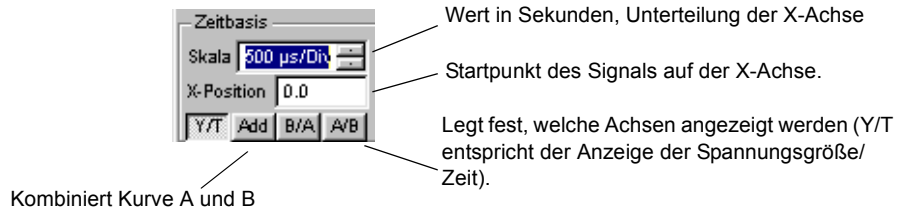
## 6.9 Oszillograf



Der Zweikanal-Oszillograf zeigt die Amplituden- und Frequenzänderungen eines Signals an. Er stellt entweder die Stärke von einem oder von zwei Signalen über eine bestimmte Zeit dar oder ermöglicht es, zwei verschiedene Wellenarten miteinander zu vergleichen.



## 6.9.1 Zeitbasis (0.1 ns/Div — 1s/Div)



Mit der Zeitbasis steuern Sie den Maßstab der Horizontal- oder X-Achse bei der Y/T-Einstellung.

- Um die Anzeige gut lesen zu können, justieren Sie die Zeitbasis umgekehrt proportional zur Frequenzeinstellung des Funktionsgenerators oder der Wechselstromquelle. Je höher die Frequenz ist, desto niedriger sollte die Zeitbasis eingestellt sein.

Wenn Sie z.B. den Zyklus eines 1 kHz Signals betrachten wollen, sollte die Zeitbasis auf etwa 1 Millisekunde eingestellt sein.

### 6.9.1.1 X-Position (-5.00 — 5.00)

Mit dieser Vorgabe legen Sie fest, an welcher Position der X-Achse die Aufzeichnung des Signals beginnt. Ist die **X-Position** gleich 0, beginnt die Aufzeichnung an der linken Kante der Anzeige. Ein positiver Wert (z.B. 2.00) verschiebt diesen Punkt nach rechts. Ein negativer Wert (z.B. -3,00) verschiebt den Punkt nach links.

### 6.9.1.2 Achsen (Y/T, A/B, und B/A)

Die Achsen des Oszillosgrafen sind umschaltbar. So kann neben der Darstellung von Amplitude und Zeit (Y/T) auch ein Eingangskanal gegen den anderen verglichen werden (A/B oder B/A). Mit diesen Einstellungen werden Frequenz und Phasenverschiebung, bekannt als Lissajous-Kurve, oder die Hysterese dargestellt. Vergleichen Sie Kanal A mit Kanal B (A/B), wird der Maßstab der X-Achse durch die Angabe in dem Skala-Feld (V/Div) von Kanal B bestimmt (und umgekehrt).

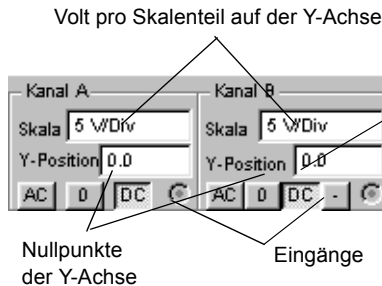
**Tipp** Zur Analyse der Kurvenform unterbrechen Sie die Simulation mit der entsprechenden Schaltfläche in der Werkzeugleiste. Setzen Sie die anschließend die Simulation fort.

## 6.9.2 Erdung

Wenn die Schaltung geerdet ist, ist es nicht erforderlich, den Oszillografen zu erden.

## 6.9.3 Einstellungen Kanal A und Kanal B

### 6.9.3.1 Volt pro Grafikteil (10 $\mu$ V/Div — 5 kV/Div)



Bei ausschließlicher Verwendung wird die Kurve im 180° invertiert, von.....nach.....

Bei Verwendung im Zusammenhang mit der Schaltfläche Zeitbasis hinzufügen, wird die Kurve B von Kurve A subtrahiert.

Mit dieser Einstellung legen Sie die Skalierung der Y-Achse fest. Zusätzlich wird die Skalierung der X-Achse kontrolliert, wenn A/B oder B/A eingestellt ist.

Um eine gut lesbare Darstellung zu erhalten, justieren Sie die Skalierung entsprechend der zu erwartenden Spannung. Haben Sie beispielsweise ein Wechselspannungssignal von 3 Volt, wird die Anzeige des Oszillografen von der Kurve vollständig ausgefüllt, wenn die Voreinstellung 1V/Skalenteil beträgt. Wenn Sie diesen Wert vergrößern, wird die Kurvendarstellung kleiner. Beim Verkleinern des Werts, werden die Spitzen der Amplitude nicht mehr angezeigt.

### 6.9.3.2 Y Position (-3,00 — 3,00)

Mit dieser Einstellung legen Sie den Nullpunkt auf der Y-Achse fest. Wenn Sie für die **Y-Position** die Einstellung 0,00 verwenden, fällt der Nullpunkt mit der X-Achse zusammen. Erhöhen Sie den Wert der **Y-Position** auf 1,00, wird der Nullpunkt auf die erste Unterteilung der X-Achse nach oben verschoben. Verringern Sie den Wert der **Y-Position** auf -1,00, verschiebt sich der Nullpunkt um eine Unterteilung der X-Achse nach unten.

Durch eine Änderung der **Y-Position** für die Kanäle A und B ist es oft einfacher, die beiden Kurvenformen miteinander zu vergleichen.

### 6.9.3.3 Eingangskopplung (Wechselspannung, 0, und Gleichspannung)

Bei einer Wechselspannungskopplung werden nur die Wechselstromelemente eines Signals dargestellt. Der Effekt wäre der gleiche, wenn Sie einen Kondensator mit dem Oszillografenschalter in Reihe schalten. Der erste Zyklus ist, wie bei einem realen Oszillografen mit einer Wechselspannungskopplung, ungenau. Wenn das Gleichstromelement des Signals im ersten Zyklus einmal berechnet und eliminiert wird, ist die Kurvendarstellung danach genau.

Bei einer Gleichspannungskopplung wird die Summe der Gleich- und Wechselstromelemente des Signals angezeigt. Wählen Sie 0, so wird, ausgehend von der Nullposition, die Sie in **Y-Position** eingestellt haben, ein gerade Linie gezeichnet.

**Hinweis** Schalten Sie keinen Koppel-Kondensator mit dem Oszillografenschalter in Reihe. Der Oszillograf bietet keinen Durchgang für den Strom und die Analyse erkennt den Kondensator als falsch angeschlossen. Wählen Sie anstelle des Koppelkondensators die Option Wechselspannungskopplung.

## 6.9.4 Trigger



Mit diesen Einstellungen legen Sie fest, wie die Darstellung eines Signals angezeigt werden soll.

### 6.9.4.1 Trigger Flanke

- Soll die Darstellung mit der positiven Flanke oder dem ansteigenden Signal beginnen, klicken Sie auf die Schaltfläche "ansteigende Flanke".
- Soll sie mit der negativen Flanke oder dem abfallenden Signal beginnen, klicken Sie auf "absteigende Flanke".

### 6.9.4.2 Trigger-Pegel (-999kV — 999 kV)

Der Trigger-Pegel gibt den Punkt auf der Y-Achse vor, den die Kurve schneiden muss, bevor sie angezeigt wird.

**Tipp** Eine flache Kurve kann den Trigger-Pegel nicht schneiden. Um trotzdem eine Kurve sehen zu können, schalten Sie das Trigger-Signal auf **Auto**.

### 6.9.4.3 Trigger-Signal

Die Triggerung kann intern auf der Basis des Signals von Kanal A oder B erfolgen. Außerdem besteht die Möglichkeit, am Anschluss für den externen Trigger, der sich unterhalb des Oszillografensymbols unterhalb des Masseanschlusses auf befindet, ein externes Signal aufzuschalten. Falls Sie ein flaches Signal erwarten oder  $i$  das Signal so schnell wie möglich angezeigt werden soll, dann wählen Sie die Option **Auto**.

Mit der Schaltfläche **Sing** geben Sie vor, dass der Oszillograf für einen Durchgang getriggert wird, sobald der Trigger-Pegel erreicht ist. Klicken Sie **Sing** erneut, damit die Kurve neu beschrieben wird.

Mit der Schaltfläche **Nor** geben Sie vor, dass die Anzeige immer dann neu aufgebaut wird, wenn der Trigger-Pegel erreicht wird.

## 6.9.5 Verwendung von Cursor und Anzeigen

- Um den exakten Wert einer Kurve zu bestimmen, ziehen Sie den vertikalen Cursor in die gewünschte Position.

In den Feldern unterhalb der Anzeige finden Sie für die Abgreifpunkte des Tastkopfs sowohl Zeit als auch Spannung an der Position der Kurve, auf der der Cursor steht. Verwenden Sie beide Cursoren, wird die Differenz zwischen den beiden Positionen zusätzlich angezeigt.

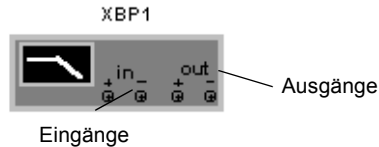
Durch Betätigen des Simulationsschalters wird das Verhalten der Schaltung simuliert. Sie können den Tastkopf des Oszillografen an andere Knoten anschließen, ohne dabei die Simulation neu starten zu müssen. Durch das Umstecken der Tastköpfe wird die Kurve für die neuen Knoten automatisch aktualisiert. Wenn Sie während oder nach einer Simulation Feineinstellungen am Oszillografen vornehmen, erfolgt auch eine automatische Aktualisierung der Anzeige.

**Hinweis** Werden die Voreinstellungen des Oszillografen oder der Analyse so geändert, sodass mehr Details angezeigt werden, kann es vorkommen, dass die Kurvenform abgehackt und uneben dargestellt wird. Ist dies der Fall, starten Sie die Simulation neu. Eine weitere Möglichkeit die Genauigkeit der Kurve zu verbessern, können Sie mit dem Menübefehl Standardeinstellungen Instrumente erzielen. Vergrößern

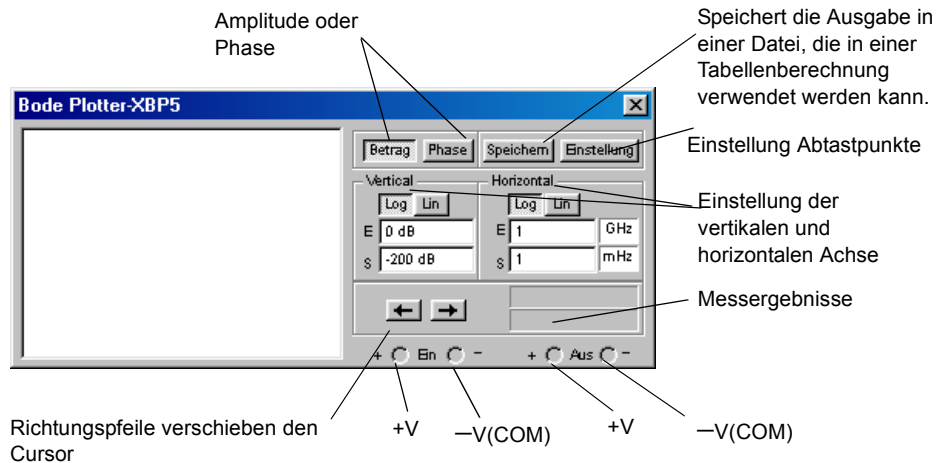


Sie den Zeitpunkt, wie in “Standardeinstellungen der Instrumente” auf Seite 6-5 beschrieben.

## 6.10 Bode-Plotter



Der Bode-Plotter stellt den Frequenzgang der Schaltung grafisch dar und ist zur Analyse von Filterschaltungen nützlich. Er misst die Spannungsverstärkung und Phasenverschiebung des Signals. Verbinden Sie einen Bode-Plotter mit der Schaltung, wird eine Spektrumanalyse durchgeführt.



Der Bode-Plotter erzeugt Frequenzen über ein festgelegtes Spektrum. Frequenzen einer Wechselstromquelle innerhalb der Schaltung wirken sich nicht auf den Plotter aus. Für die Funktion des Plotters ist jedoch zumindest eine Wechselspannungsquelle irgendwo in der Schaltung erforderlich.

Der Start- und der Endwert der vertikalen und horizontalen Skalierung werden jeweils auf den Maximalwert voreingestellt. Die Werte können geändert werden, um die Ausgabe in unterschiedlichen Maßstäben zu betrachten. Werden Skalierung oder Basis nach Beendigung einer Simulation verändert, kann es erforderlich sein, die Simulation neu zu starten, um alle Einzelheiten erkennen zu können. Anders als bei den meisten anderen Messinstrumenten

sollte die Simulation der Schaltung neu gestartet werden, wenn der Bode-Plotter an andere Knoten angeschlossen wird, um dadurch ein fehlerfreies Ergebnis zu erhalten.

## 6.10.1 Amplitude oder Phase

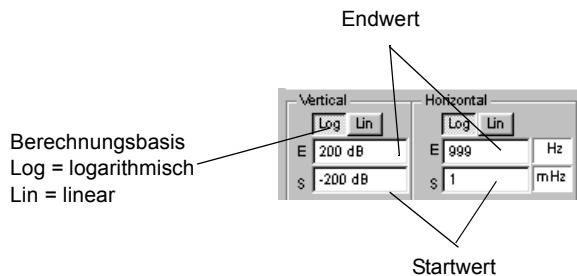
Mit Amplitude wird das Verhältnis der Amplituden, V+ und V- (Spannungsverstärkung in Dezibel), zwischen zwei Knoten gemessen.

Mit Phase wird die Phasenverschiebung (in Grad) zwischen zwei Knoten gemessen.

Beide Werte werden gegen die Frequenz (in Hertz) dargestellt.

- Wenn V+ und V- einzelne Punkte in einer Schaltung sind:
  1. Schließen Sie die Plotteranschlüsse + EIN und + AUS an V+ und V- an.
  2. Verbinden Sie -EIN und -AUS mit der Masse.
- Falls es sich bei V+ (oder V-) um die Amplitude oder Phasenverschiebung durch ein Bauelement handelt, schließen Sie beide Eingänge (+ EIN und - EIN) oder beide Ausgänge (+AUS und -AUS) auf beiden Seiten des Bauelements an.

## 6.10.2 Einstellung der vertikalen und horizontalen Achse



### 6.10.2.1 Einstellung der Berechnungsbasis

Wenn die Werte, die verglichen werden sollen, einen großen Bereich umfassen, was bei dieser Art von Analysen im Allgemeinen der Fall ist. Wenn Sie z.B. die Spannungsverstärkung des Signals messen, wird der dB-Wert nach folgender Gleichung berechnet:

$$dB = 20 * \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Die Basis kann auf linear umgeschaltet werden, ohne die Simulation neu zu starten. (Nur bei Auswahl der logarithmischen Funktion kann die Darstellung mit der eines realen Bode-Plotters verglichen werden.)

### 6.10.2.2 Skalierung der horizontalen Achse (1 mHz — 999.9 GHz)

Auf der horizontalen oder auch X-Achse wird immer die Frequenz angezeigt. Ihr Maßstab richtet sich nach den Voreinstellungen in den Feldern Start (S) und Ende (E). Da für eine Frequenzganganalyse ein großer Frequenzbereich erforderlich ist, wird hier meistens die logarithmische Einteilung verwendet.

**Hinweis** Achten Sie darauf, wenn Sie die Werte für die X-Achse eingeben, dass die Startfrequenz (S) kleiner ist als die Endfrequenz (E). Multisim ist so programmiert, dass Sie in S keinen größeren Wert eingeben können als in E.

### 6.10.2.3 Skalierung der vertikalen Achse

Wie anhand der nachfolgenden Tabelle veranschaulicht wird, richten sich Einheit und Skalierung der vertikalen Achse nach der Art der Messung und Berechnungsbasis.

Messung	Berechnungsbasis	Kleinster Startwert	Größter Endwert
Amplitude (Verstärkung)	logarithmisch	-200 dB	200 dB
Amplitude (Verstärkung)	linear	0	10e+09
Phasenverschiebung	linear	-720°	720°

Bei der Messung der Spannungsverstärkung wird auf der senkrechten Achse das Verhältnis der Ausgangsspannung der Schaltung zum Strom dargestellt. Bei einer logarithmischen Berechnungsbasis werden als Einheiten Dezibel verwendet. Bei einer linearen

Berechnungsbasis wird das Verhältnis der Ausgangs- zur Eingangsspannung dargestellt. Wird die Phasenverschiebung gemessen, erscheint auf der vertikalen Achse immer die Verschiebung in Grad. Unabhängig von den Maßeinheiten können Sie den Start- (S) und den Endwert (E) für die Achsen in den entsprechenden Felder voreinstellen.

**Hinweis** Achten Sie darauf, wenn Sie die Werte für die vertikale Achse eingeben, dass die Startfrequenz (S) kleiner sein muss, als die Endfrequenz (E). Multisim ist so programmiert, dass Sie keinen größeren Wert als E eingeben können.

### 6.10.3 Messergebnisse

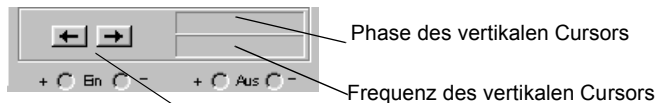
Um das Ergebnis für die Frequenz und Amplitude oder für die Phasenverschiebung an einer Stelle der Grafik zu überprüfen, verschieben Sie den vertikalen Cursor an die gewünschte Position. Der vertikale Cursor befindet sich auf der linken Seite der Grafikanzeige.

➤ Um den vertikalen Cursor zu verschieben:

- Klicken Sie auf die Richtungspfeile des Bode-Plotters  
oder

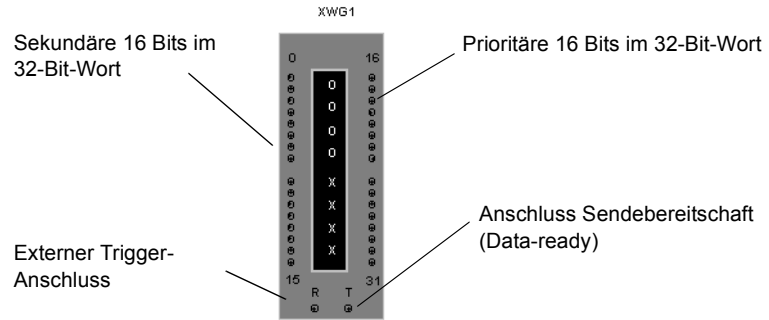
- ziehen Sie den vertikalen Cursor mit der Maus von der linken Seite des Bode-Plotters an die gewünschte Stelle, wo die Messung durchgeführt werden soll.

In dem Feld neben den Richtungspfeilen werden anschließend die Werte für Amplitude (oder Phase) und Frequenz am Schnittpunkt des Cursors und der Grafik angezeigt.



Klicken Sie auf einen der Pfeile, um den vertikalen Cursor zu verschieben.

# 6.11 Bitmuster-Generator



Mit dem Bitmuster-Generator versenden Sie digitale Worte oder Bitmuster als Auslöseimpuls für digitale Bauteile in der Schaltung.

Erzeugt für die Ausgabe eine Wortgruppe

The screenshot shows the 'Bitmuster-Generator XWG1' window with the following elements and labels:
 

- Output List:** A list of 32-bit words, currently showing '00000000'. A label points to it: 'Hex-Wert der Ausgabe des 32 Bit-Wortes'.
- Address:** Fields for 'Bearbeiten' (0000), 'Aktuell' (0000), 'Start' (0000), and 'Ende' (FFFE).
- Trigger:** Buttons for 'Intern', 'Extern', and a square wave icon.
- Frequenz:** Set to '1 kHz'.
- Steuerung:** Buttons for 'Zyklisch', 'Tabelle', 'Schritt', 'Haltepunkt', and 'Muster'. A label points to 'Speichert Bitmuster oder erzeugt vorgegebene Muster'.
- Hexadezimalwert des vorliegenden Wortes:** A field showing '00000000'.
- ASCII-Wert des vorliegenden Wortes:** A field showing '0000'.
- Binär-Wert des vorliegenden Wortes:** A field showing '00000000000000000000000000000000'.
- Output Pins:** A row of 32 circles at the bottom, labeled 'Ausgänge, entsprechen den Ausgängen auf dem Symbol des Bitmuster-Generators.'
- Symbol:** A small symbol at the bottom left, labeled '\* Symbol für einen Haltepunkt' and 'Rollen Sie die Anzeige, um sich die anderen Wörter des Musters einzusehen.'

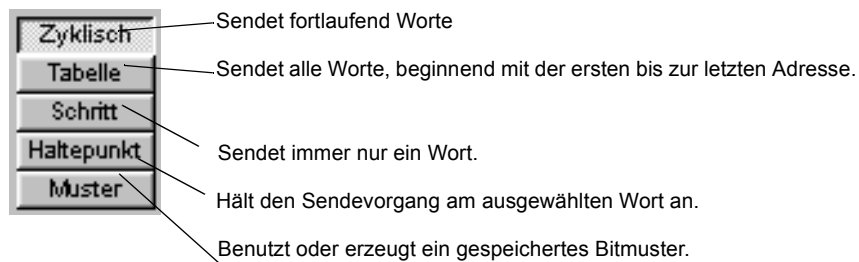
## 6.11.1 Eingabe eines Wortes

Auf der linken Seite des Bitmuster-Generators sehen Sie Reihen mit 8-stelligen Hexadezimal-Zahlen von 00000000 bis FFFFFFFF (0 bis 4.294.967.265, dezimal). Jede horizontale Reihe steht für ein 32-Bit Wort. Wird der Bitmuster-Generator aktiviert, wird eine Bit-Reihe parallel zu den entsprechenden Ausgängen am unteren Rand des Instruments gesendet.

- Wollen Sie den Wert eines Wortes ändern, klicken Sie auf die entsprechende Reihe, und geben Sie anschließend den neuen Wert in das Feld **Hex**, **ASCII** oder **Binär** ein. Achten Sie dabei auf die jeweiligen Formate.

Wenn die Worte durch den Bitmuster-Generator übertragen werden, erscheint der Wert jedes einzelnen Bits in den Kreisen, die an der Unterseite des Instruments den jeweiligen Ausgang darstellen.

## 6.11.2 Steuerung



- Um ein 32-Bit-Wort in eine Schaltung zu senden, klicken Sie auf **Schritt**, **Tabelle** oder **Zyklisch**. Das aktuelle Wort erscheint im Feld **Aktuell**.
- Um jeweils nur ein Wort zur Schaltung zu senden, klicken Sie auf **Schritt**.
- Um alle Worte der Reihe nach zu senden, klicken Sie auf **Tabelle**. Wenn Sie auf **Zyklisch** klicken, werden ununterbrochen Worte gesendet. Um diesen Vorgang zu stoppen, klicken Sie ein weiteres Mal auf **Zyklisch** oder drücken Sie die Tastenkombination CTRL+T.  
Wenn Sie den Sendevorgang an einer bestimmten Stelle anhalten und anschließend wieder weiterführen wollen, verwenden Sie die Funktion **Haltepunkt**.
- Um einen Haltepunkt einzufügen, klicken Sie auf das entsprechende Wort, bei dem Sie anhalten wollen und anschließend auf **Haltepunkt**. Haltepunkte werden in der Liste mit dem Sternsymbol gekennzeichnet.
- Um einen Haltepunkt zu löschen, klicken Sie auf einen Haltepunkt (\*) in der Liste und anschließend auf die Schaltfläche **Haltepunkt**.

Sie können selbstverständlich mehrere Haltepunkte definieren. Haltepunkte arbeiten mit den Funktionen **Zyklisch** und **Tabelle**.

### 6.11.3 Erstellen, Speichern und Wiederverwenden von Bitmustern

Klicken Sie auf die Schaltfläche **Muster**, um ein Fenster aufzurufen, das Ihnen die Möglichkeit bietet, Bitmuster zu speichern oder gespeicherte Bitmuster zu laden. Mit dieser Funktion lassen sich außerdem allgemein gebräuchliche Muster laden oder Wortlisten löschen.

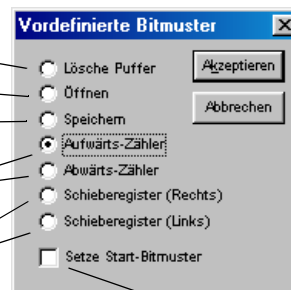
Ändert alle Worte in hex 0000.

Öffnet eine gespeicherte Datei.

Speichert das aktuelle Bitmuster.

Erzeugt eine Wortfolge, indem zu jedem Word 1 addiert oder von jedem Word 1 subtrahiert wird.

Erzeugt ein Muster, in dem in den Worten eine 1 nach rechts oder links verschoben wird.



Ist das Kontrollkästchen aktiviert, werden Sie dazu aufgefordert einen Anfangswert einzugeben.

### 6.11.4 Adressierung

Ändert die Adresse des ersten Wortes.

Ändert die Adresse des letzten Wortes.

Adresse	
Bearbeiten	0000
Aktuell	0000
Start	0000
Ende	0000

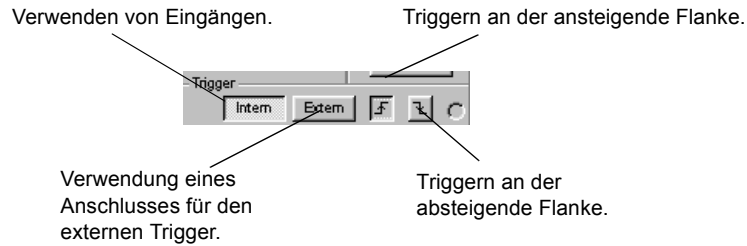
Zeigt die Adresse des Wortes, das aus der Rollliste ausgewählt worden ist.

Zeigt die Adresse des aktuellen Wortes an.

Jedes Word in der Liste hat eine Adresse, die durch eine 4-stellige Hexadezimalzahl bestimmt wird. Während ein Wort aus der Liste geändert wird, erscheint seine Adresse im Feld **Bearbeiten**. Wird ein Wort durch den Bitmuster-Generator gesendet, erscheint die jeweilige Adresse im Feld **Aktuell**.

- Wenn Sie eine ganze Gruppe von Wörtern senden wollen, geben Sie die Start- und Endadresse in die Felder **Start** und **Ende** ein.

## 6.11.5 Triggern



- Um den internen Zeitgeber des Bitmuster-Generators zur Triggerung der Übertragung zur Schaltung zu verwenden, klicken Sie auf **Intern**. Wenn Sie eine externe Quelle verwenden wollen, so dass bei jedem Triggerimpuls ein Wort übermittelt wird, klicken Sie auf **Extern**. Um festzulegen, ob der Bitmuster-Generator an der aufsteigenden oder absteigenden Flanke getriggert werden soll, klicken Sie auf eine der Schaltflächen.

## 6.11.6 Frequenz und Sendebereitschaft



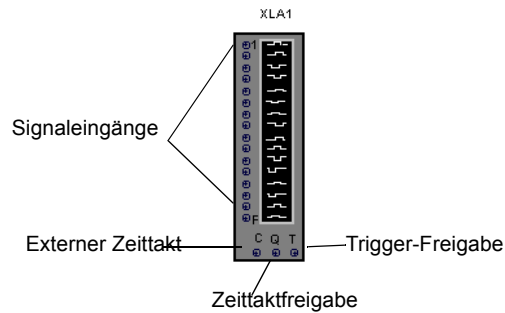
Stellen Sie hier den Zeittakt des Bitmuster-Generators in Hz, kHz oder MHz ein. Jedes Wort bleibt dann für einen Zeittakt am Ausgang.



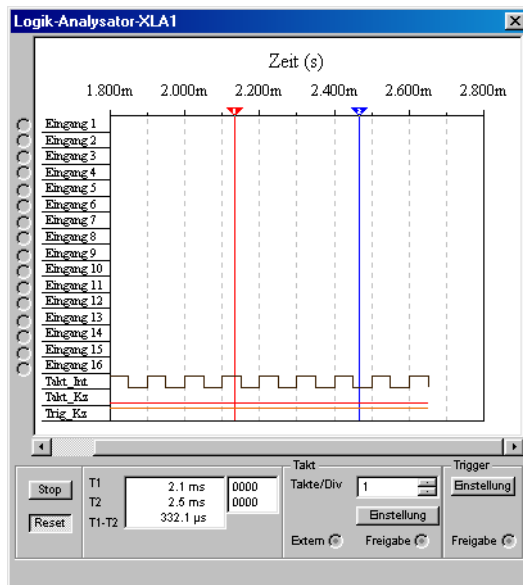
Die Aktivierung dieses Ausgangs, zeigt der Schaltung an, dass der Bitmuster-Generator zum Senden der Daten bereit ist.



## 6.12 Logikanalysator



Der Logikanalysator zeigt den Pegel von bis zu 16 digitalen Signalen einer Schaltung an. Er wird zur schnellen Erfassung logischer Zustände und zur Taktanalyse bei der Entwicklung großer Systeme sowie zur Fehlersuche eingesetzt.



Die 16 Kreise auf der linken Seite des Symbols entsprechen den Anschlüssen und horizontalen Zeilen des Gerätes. Ist ein Anschluss mit einem Knoten verbunden, wird dies durch einen schwarzen Punkt im Kreis angezeigt. Außerdem werden Knotenname und -farbe angezeigt. Nicht angeschlossene Kontakte werden ohne schwarzen Punkt dargestellt.

Wird die Simulation gestartet, zeichnet der Logikanalysator die eingehenden Werte auf. Sobald das Triggersignal erkannt wird, erscheinen die Daten vor und nach dem Triggern. Die Darstellung erfolgt als Rechteckspannung über die Zeit. In der ersten Reihe werden die Werte für den Kanal 0 angezeigt (im Allgemeinen ist dies das erste Bit eines digitalen Wortes), anschließend folgt die Zeile für den Kanal 1 usw. Der Binärwert eines Bits des momentanen Wortes wird auf der linken Seite der Darstellung neben den Anschlüssen angezeigt. Die obere Achse der Anzeige dient als Zeitachse. Unten in der Darstellung finden Sie die Zeilen für den internen Zeittakt, den externen Zeittakt und das externe Freigabesignal.

- Um festzulegen wie hoch die Abtastrate vor und nach dem Triggern sein soll, klicken Sie auf **Einstellung** im Feld **Takt** oder verwenden Sie hierzu den Befehl Standardinstrumenteneinstellung aus dem Menü Simulation, wie in “Standardeinstellungen der Instrumente” auf Seite 6-5 erklärt.

Der Logikanalysator zeichnet die Daten auf, bis er die vorgegebene Anzahl an Messungen durchgeführt hat. Danach ignoriert eingehende Daten, sofern solche übertragen werden, bis er ein Triggersignal erkennt. Nach der Signalerkennung werden die Daten bis zum Wert der Nach-Trigger-Abtastungen gespeichert.

In den Felder T1 und T2 werden automatisch die Positionen beider Cursor auf der Zeitachse angezeigt, wenn die Messung stoppt. Hierbei fährt der Cursor T1 automatisch auf den Nullpunkt der Zeitachse.

- Wenn Sie die Schwellenspannung verändern wollen, verwenden Sie den Befehl Standardinstrumenteneinstellung aus dem Menü Simulation, wie in “Standardeinstellungen der Instrumente” auf Seite 6-5 erläutert.

### 6.12.1 Stop und Nullstellung

Klicken Sie auf **Simulation/Pause** während die Simulation abläuft, werden sowohl die Simulation als auch der Logikanalysator angehalten. Wurde der Logikanalysator nicht zurückgesetzt, können Sie sich mit Hilfe der horizontalen Bildlaufleiste die Ergebnisse vom Beginn der Aufzeichnung bis zu jedem gewünschten Zeitpunkt anschauen. Wurde das Messinstrument zurückgesetzt, sind diese Werte nicht mehr verfügbar und Sie sehen nur noch das Ergebnis vom Zeitpunkt des Zurücksetzens und des Erreichens der Triggervorgabe.

- Um den Analysator neu zu starten, klicken Sie auf **Reset**. Hierdurch werden alle Informationen gelöscht und die grafische Darstellung beginnt wieder, wenn die Triggervorgaben erreicht sind, nach dem Klicken auf **Reset**.
- Um die Daten zu löschen, wenn der Logikanalysator nicht getriggert ist, klicken Sie auf **Stop**. Ist er jedoch bereits getriggert, so wird er durch Klicken auf **Stop** angehalten, während die Simulation weiter läuft. Haben Sie das Messinstrument gestoppt, müssen Sie es mit **Reset** zurücksetzen, damit es wieder Daten aufzeichnet.

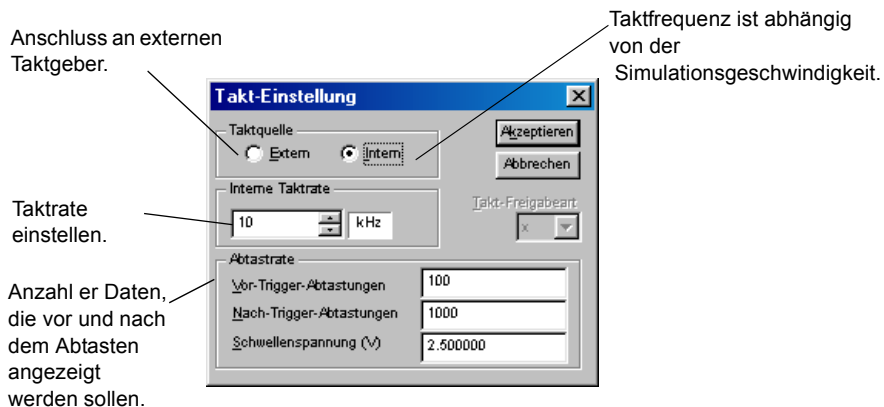
- Um die Anzeige zu löschen, klicken Sie zunächst auf **Stop** und anschließend auf **Reset**. Hierdurch wird die Simulation selbst nicht beeinflusst. Nachdem Sie Reset gedrückt haben, zeichnet der Logikanalysator die Simulationsdaten wieder auf, sobald die Triggervorgaben erreicht werden.

## 6.12.2 Takt

Die Takteinstellung gibt vor, wann ankommende Daten gelesen werden sollen. Sie können hierzu den internen oder einen externen Taktgeber verwenden.

- Einstellung des Takts:

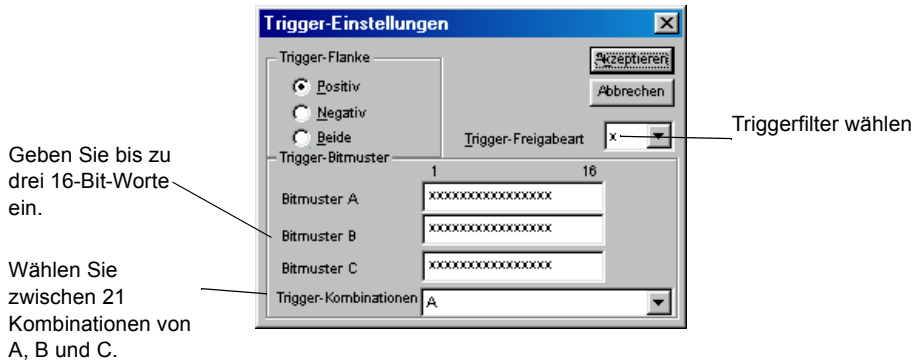
1. Klicken Sie auf **Einstellen** im Bereich **Takt** im unteren Teil des Logikanalysators. Es öffnet sich das Fenster Takteinstellung..



2. Wählen Sie zwischen einer externen oder der internen Taktquelle.
3. Stellen Sie die interne Taktrate ein. Bei der Taktfreigabe handelt es sich um ein Signal, das den Zeittakt filtert. Durch die Vorgabe "x" wird er deaktiviert, und das Taktsignal bestimmt, wann eine Abtastung erfolgt. Durch die Vorgaben "1" und "0" erfolgt nur dann eine Abtastung, wenn das Taktsignal der Taktfreigabe entspricht.
4. Geben Sie vor, wie viele Daten vor (**Vor-Trigger-Abtastungen**) und nach (**Nach-Trigger-Abtastungen**) der Abtastung gelesen werden sollen..
5. Klicken Sie auf **Akzeptieren**.

## 6.12.3 Triggern

Der Logikanalysator kann so eingestellt werden, dass er beim Lesen eines bestimmten Wortes, einer Wortkombination oder an der aufsteigenden bzw. absteigenden Flanke des Zeittaktes getriggert wird.



- Um die drei Worte oder Wortkombinationen zum Triggern einzugeben, gehen Sie wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf **Einstellen** im Bereich **Triggern** unten rechts im Logikanalysator.
  2. Wählen Sie **Positiv**, **Negativ** oder **Beide** positive und negative Trigger-Flanke.
  3. Klicken Sie in eins der Eingabefelder mit den Bezeichnungen **Bitmuster A**, **Bitmuster B**, oder **Bitmuster C** und geben Sie ein binäres Wort ein. Ein "x" bedeutet sowohl 1 als auch 0.
  4. Wählen Sie in der Dropdown-Liste der **Trigger-Kombinationen** die gewünschte Kombination der Bitmuster. (Eine Liste der Kombinationen finden Sie weiter unten.)
  5. Wählen Sie in der Dropdown-Liste der **Trigger-Freigabeart** das gewünschte Freigabesignal. Bei der Taktfreigabe handelt es sich um ein Signal, das den Zeittakt filtert. Bei Einstellung auf "x" wird diese Option deaktiviert und das Triggersignal bestimmt, wann der Logikanalysator getriggert wird. Bei "1" oder "0" wird das Messinstrument nur dann getriggert, wenn das Signal dem Filter entspricht.
  6. Klicken Sie auf **Akzeptieren**.

Folgende Trigger-Kombinationen sind möglich:

A	B	C
A oder B	A oder C	B oder C
A ODER B ODER C	A UND B	A UND C
B UND C	A UND B UND C	NICHT B
A NICHT C	B NICHT C	A DANN B
A DANN C	B DANN C	(A ODER B) DANN C
A DANN (B ODER C)	A DANN B DANN C	A DANN (B OHNE C)

## 6.13 Logikkonverter

Mit Hilfe des Logikkonverters können verschiedene logische Funktionen oder digitale Signale in einer Schaltung umgewandelt werden. Der Konverter ist ein hilfreiches Werkzeug bei der Analyse digitaler Schaltungen, besitzt aber kein reales Gegenstück. Er kann an eine Schaltung angeschlossen werden, um eine Wahrheitstabelle oder einen Booleschen Ausdruck zu erzeugen, oder er kann aus einer Wahrheitstabelle oder einem Booleschen Ausdruck eine Schaltung generieren.



Eingänge

Wahrheitstabelle der definierten Eingänge

Boolescher Ausdruck

Anklicken, um zwischen 0, 1 oder X umzuschalten. Einzelheiten dazu finden Sie in "6.13.3 Eingabe und Umwandlung eines Booleschen Ausdrucks" auf Seite 6-35.

Umwandlungsoptionen

- Klicken Sie auf die Kreise oder die darunter liegenden Bezeichnungen, um den jeweiligen Eingang anzuzeigen.


## 6.13.1 Ableiten einer Wahrheitstabelle aus einer Schaltung

- Um eine Wahrheitstabelle abzuleiten, gehen Sie wie folgt vor:
  1. Schließen Sie die Eingänge des Logikkonverters bis zu 8 Knoten der Schaltung an.
  2. Schließen Sie den Ausgang der Schaltung an das Ausgangssymbol im **Logikkonverter** an.
  3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Schaltung zu Wahrheitstabelle**.



In der Anzeige des Logikkonverters wird die Wahrheitstabelle aufgebaut.

## 6.13.2 Eingabe und Umwandlung einer Wahrheitstabelle

- Um eine Wahrheitstabelle zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:
  1. Klicken Sie oben im Logikkonverter von A bis H auf die Eingangskanäle, die zur Verfügung stehen sollen. Die Anzeige unterhalb vervollständigt sich mit den erforderlichen Kombinationen aus 1 und 0, um die Eingangszustände zu simulieren. Die Werte in der Ausgabespalte rechts, sind standardmäßig auf Null eingestellt.
  2. Editieren Sie die Ausgangsspalte, um die gewünschte Ausgabe für jede Eingabebedingung zu definieren.
- Um die Ausgangswerte zu ändern, klicken Sie auf eine der drei folgenden verfügbaren Einstellungen: “0”, “1” und “x” (ein “x” bedeutet, dass sowohl 0 als auch 1 akzeptiert werden).
- Um die Wahrheitstabelle in einen Booleschen Ausdruck umzuwandeln, klicken Sie auf die Schaltfläche **Wahrheitstabelle zu Booleschem Ausdruck**.  Der Boolesche Ausdruck wird anschließend in der Zeile unten auf dem Logikkonverter angezeigt.
- Um eine Wahrheitstabelle oder einen Booleschen Ausdruck in einen vereinfachten Booleschen Ausdruck umzuwandeln, klicken Sie auf die Schaltfläche **Vereinfachen**.



Anstelle der bekannteren Karnaugh-Methode verwendet Multisim die Methode nach Quine-McCluskey. Die Karnaugh-Methode arbeitet nur bei einer geringen Anzahl an Variablen und erfordert menschliches Eingreifen, während die Quine-McCluskey-Methode für eine beliebige Anzahl von Variablen funktioniert, aber für die manuelle Verarbeitung zu umständlich ist.

**Hinweis** Zur Vereinfachung eines Booleschen Ausdruck ist ausreichend Speicherplatz erforderlich. Ist dies nicht der Fall, kann es vorkommen, dass Multisim kein Ergebnis errechnen kann.

## 6.13.3 Eingabe und Umwandlung eines Booleschen Ausdrucks

Ein Boolescher Ausdruck kann als Product-of-Sums oder als Sum-of-Products unten in die Zeile eingegeben werden.

- Um einen Booleschen Ausdruck in eine Wahrheitstabelle umzuwandeln, klicken Sie auf die Schaltfläche **Boolescher Ausdruck zu Wahrheitstabelle**. 

- Um einen Booleschen Ausdruck in eine Schaltung umzuwandeln, klicken Sie auf die

Schaltfläche **Boolescher Ausdruck zu Schaltung**.



Im Schaltungsfenster wird anschließend ein logisches Gatter für diesen Ausdruck eingeblendet. Das Bauteil ist markiert, d.h. Sie können es an eine andere Stelle des Schaltungsfensters verschieben oder in eine untergeordnete Schaltung einbinden. Klicken Sie auf eine freie Stelle im Schaltungsfenster, wird die Auswahl aufgehoben.

- Um sich eine Schaltung anzuschauen, die den Booleschen Ausdruck nur aus NAND-Gattern erzeugt, klicken Sie auf die Schaltfläche **Boolescher Ausdruck zu NAND**



## 6.14 Klirrfaktormessgerät

**Hinweis** Wird die vereinfachte Version gewählt, so wird die das Klirrfaktormessgerät verborgen. Weitere Details zur vereinfachten Version finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

XDA1



Mit Hilfe des Klirrfaktormessgeräts können Sie Signale, einschließlich Audiosignale, im Bereich von 20Hz bis 100 kHz messen.

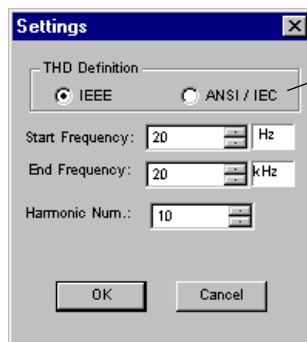
Bezeichnung wechselt mit der Art der Messung.



Einheiten des Resultats.



Sie können zwischen den Messmethoden THD und SINAD wählen. Um die Darstellungsform beider Messmethoden einzurichten, klicken Sie auf **Einstellungen**.



Nur bei THD-Messungen - wählen Sie die Einstellung. Die Definition durch IEEE unterscheidet sich leicht von der ANSI/IEC-Methode.

## 6.14.1 Harmonische Verzerrung

Eine harmonische Verzerrung erzeugt Oberwellen der Testfrequenz. So können beispielsweise bei einem Signal von 1 kHz die Oberwellen bei 2, 3, 4 kHz usw. liegen.

Zur Messung der harmonischen Verzerrung ist ein sehr steiler, einstellbarer Sperrfilter erforderlich. Der Filter wird z.B. auf 1 kHz eingestellt und filtert das 1 kHz Signal aus, während die Oberwellen und die Verzerrung passieren können. Die harmonische Verzerrung wird gemessen und mit der Amplitude des Testsignals verglichen.

## 6.14.2 SINAD

Bei dieser Methode wird das Verhältnis Signal + Rauschen und Verzerrung/Rauschen und Verzerrung gemessen.

## 6.15 Spektrumanalysator

**Hinweis** Wird die vereinfachte Version gewählt, so wird die Werkzeugleiste verborgen. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in "Vereinfachte Version" auf Seite 13-6.

Der Spektrum-Analysator misst die Frequenz im Verhältnis zur Amplitude. Er arbeitet als Basis mit den Frequenzen ähnlich wie ein Oszillograf mit der Zeit. Hierbei durchläuft er einen Frequenzbereich. Die Amplitude am Eingang wird gegen die Frequenz des Signals

gezeichnet. Das Messinstrument ist in der Lage, die Stärke des Signals bei verschiedenen Frequenzen zu messen und hilft so, die Frequenzkomponenten eines Signals festzustellen.

Der Spektrumanalysator ist Bestandteil des RF-Moduls. Weitere Einzelheiten dazu finden Sie im entsprechenden Kapitel.

## 6.16 Netzwerkanalysator

**Hinweis** Wird die vereinfachte Version gewählt, so wird die Werkzeugleiste verborgen. Weitere Einzelheiten über die vereinfachte Version finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.

Der Netzwerkanalysator misst die Streuparameter einer Schaltung im Allgemeinen bei Schaltungen, die mit höheren Frequenzen arbeiten. Diese Parameter werden verwendet, um mit anderen Multisim Analysen gleiche Zellen zu finden. Der Analysator misst außerdem H-, Y- und Z-Parameter.

Die Schaltung wird dabei als ein Netzwerk mit zwei Ausgängen angesehen. Um den Netzwerkanalysator nutzen zu können, müssen Ein- und Ausgänge der Schaltung offen sein. Während der Analyse vervollständigt das Messinstrument die Schaltung, indem es untergeordnete Schaltungen integriert. Bevor Sie andere Analysen und Simulationen ausführen, müssen Sie diese Schaltungen wieder entfernen.

Der Netzwerkanalysator ist Bestandteil des RF-Moduls. Details dazu finden Sie in Kapitel 14, “HF”.

# Kapitel 7

## Simulation

In diesem Kapitel sind die unterschiedlichen Simulationsarten von Multisim 2001, die für jede Anwendung geeignete Simulationsart, die Durchführung der Simulation durch Verwenden einzelner oder mehrerer kombinierter Simulationsarten und die Prinzipien der in Multisim 2001 implementierten Simulation beschrieben.

Einige der hier beschriebenen Funktionen sind unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol neben der Beschreibung gekennzeichnet.

### 7.1 Einführung in die Simulation

Bei der Simulation handelt es sich um ein mathematisches Verfahren für die Nachbildung des Verhaltens einer elektronischen Schaltung. Mit Hilfe der Simulation können Sie das Verhalten einer elektronischen Schaltung ermitteln, ohne die Schaltung selbst entwickeln oder reale Messinstrumente verwenden zu müssen. Obwohl die Schaltungssimulation mit Multisim sehr einfach und auf intuitive Weise durchgeführt werden kann, basiert sie auf einer extrem komplexen Technologie, die dafür sorgt, dass der Simulation sehr schnell und mit hoher Genauigkeit durchgeführt wird. Aus diesem Grund kann die Arbeitsweise der Multisim-Schaltungssimulation nicht im Rahmen dieses Handbuchs erklärt werden.

#### 7.1.1 Welche Simulationsart soll ich verwenden?

Welche Simulationsart für eine bestimmte Schaltung geeignet ist, hängt von der Art der Schaltung und der Art ihrer geplanten Realisierung ab. Beispielsweise werden Schaltungen, die aus analogen, digitalen und hybriden Bauelementen bestehen und in Form einer Flachbaugruppe realisiert werden, im Allgemeinen am besten mit einer SPICE-Simulation simuliert. Rein digitale Schaltungen, die aus programmierbaren Logikbausteinen aufgebaut sind, werden im Allgemeinen auf der Ebene einer ihr Verhalten beschreibenden Sprache, also

üblicherweise mit VHDL oder Verilog HDL, simuliert. (Weitere Informationen hierüber finden Sie in Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik”.)

Für die Simulation sehr komplexer Digitalbausteine (z.B. LSI- oder VLSI-Bausteine) wie Mikroprozessoren oder Speicherbausteine eignen sich SPICE-Modelle nicht optimal. In diesen Fällen wird die Simulation häufig mit VHDL oder Verilog HDL durchgeführt.

### 7.1.2 Welche Simulationsarten werden von Multisim unterstützt?

Multisim bietet Ihnen mehrere Simulationsarten, die für Verwendung in Verbindung mit unterschiedlichen Schaltungskonzepten und Implementierungen optimiert wurden. Unter anderem sind in Multisim folgende Simulationsarten implementiert:

- SPICE (einschließlich einer speziellen HF-Simulation)
- VHDL
- Verilog HDL
- Kombination der drei vorgenannten Simulationsarten

Bei der Entwicklung von Schaltungen unter Verwendung programmierbarer Logikbausteine wie FPGAs (Field Programmable Gate Arrays = vom Benutzer programmierbare Gatteranordnungen) oder CPLDs (Complex Programmable Logic Devices = komplexe programmierbare Logikbausteine) konnten sich VHDL- und Verilog-HDL-Simulatoren separat voneinander und von SPICE in der Praxis bewähren. Diese in Multisim integrierten Simulatoren können auch kombiniert eingesetzt werden. Wenn z.B. eine mit dem Funktionsblock Schaltungserfassung von Multisim entwickelte Flachbaugruppe simuliert werden soll, verwendet Multisim überwiegend SPICE (d.h. die Bauelemente werden durch ihre SPICE-Modelle repräsentiert) und VHDL oder Verilog HDL für die Modellierung der komplexesten digitalen Schaltungsbestandteile (einschließlich programmierbarer Logikbausteine), wobei all diese Simulationsarten in einem Kombinationsmodus verwendet werden. Die Multisim-Simulationsfunktion prüft, welche Simulationsart (SPICE, VHDL, Verilog HDL, usw.) auf Grund der Angaben in der Bauelementedatenbank verwendet werden soll und ruft den entsprechenden Simulator auf. Anschließend kommunizieren diese unterschiedlichen Simulatoren automatisch miteinander, sodass jeder Simulator die für ihn benötigten Informationen erhält.

Bei der Simulation einer Flachbaugruppe oder eines kompletten Systems werden diese Simulatoren kombiniert eingesetzt. Dies bedeutet z.B., dass ein Logikbaustein, der unter Verwendung von VHDL oder Verilog HDL modelliert wird (bei diesem Logikbaustein kann es sich um einen CPLD/FPGA oder um einen komplexen Digitalbaustein wie einen Mikrosteuerbaustein handeln) Bestandteil einer Flachbaugruppenschaltung sein kann. Multisim simuliert den größten Teil der Flachbaugruppenschaltung unter Verwendung von

SPICE, schaltet aber automatisch auf VHDL- oder Verilog-HDL-Simulation um, sodass der mit Hilfe von VHDL oder Verilog HDL modellierte Bauelemente simuliert werden kann. Diese Kosimulation wird in diesem Kapitel beschrieben. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Simulatoren ist bei der Kosimulation äußerst komplex, wovon der Multisim-Benutzer jedoch nichts merkt. Die Ergebnisse jeder einzelnen Simulation werden kombiniert und durch gemeinsam verwendete Messinstrumente und Analysewerkzeuge angezeigt, sodass der Eindruck entsteht, dass alle Bauelemente unter Verwendung der gleichen Technologie simuliert wurden.

## 7.2 Verwenden der Multisim-Simulation

In diesem Kapitel ist die Simulation von Flachbaugruppenschaltungen beschrieben. Hierfür wird standardmäßig in erster Linie der in Multisim integrierte SPICE-Simulator verwendet. In Fällen, bei denen eine Flachbaugruppe komplexe Digitalbausteine enthält, die unter Verwendung von VHDL oder Verilog HDL modelliert wurden (einschließlich programmierbarer Logikbausteine), simuliert Multisim diese Digitalbausteine automatisch unter Verwendung des geeigneten VHDL- oder Verilog-HDL-Simulators. Die einzelnen Simulationsarten werden automatisch während der Simulation der Flachbaugruppenschaltung aufgerufen und gleichzeitig mit der SPICE-Simulation durchgeführt, ohne dass der Benutzer hiervon Kenntnis erhält.

Um die Ergebnisse Ihrer Simulation zu sehen, benötigen Sie entweder ein virtuelles Messinstrument oder müssen eine Analyse durchführen (siehe nächstes Kapitel). Bei den Simulationsergebnissen handelt es sich um eine Kombination der von allen Multisim-Simulatoren (SPICE, VHDL, Verilog HDL) gelieferten Ergebnisse, die zusammen in leicht verständlicher Form durch virtuelle Messinstrumente oder im Diagrammfenster angezeigt werden.

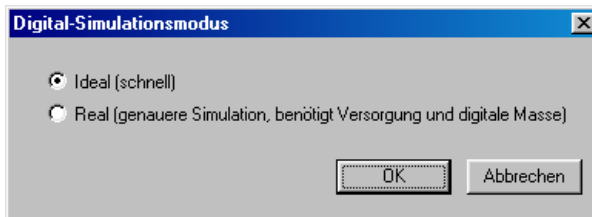
**Hinweis** Weitere Informationen über die Dateneingabe, Simulation und Programmfehlerbeseitigung beim Quellcode von VHDL- oder Verilog-HDL-Modellen von Bauelementen (d.h. nicht kompletter Flachbaugruppenschaltungen) im Rahmen der Entwicklung programmierbarer Logikbausteine finden Sie in “VHDL-Simulation” auf Seite 7-15 und “Verilog-HDL-Simulation” auf Seite 7-16. In Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik” finden Sie eine Beschreibung der Vorgehensweise bei der Schaltungsentwicklung unter Verwendung von VHDL und Verilog HDL.

## 7.2.1 Simulieren von Schaltungen mit Digitalbausteinen

Beim Simulieren von Schaltungen mit Digitalbausteinen können Sie wählen, ob die Simulation möglichst schnell oder möglichst genau durchgeführt werden soll. Wenn Sie die Option "Ideal" wählen, wird die Schaltungssimulation mit hoher Geschwindigkeit durchgeführt, indem Änderungen der Versorgungsgleichspannung für die digitalen Logikbausteine und interne Toleranzen unberücksichtigt bleiben. Die Zeit für die Simulation digitaler Bauelemente ist kürzer, worunter allerdings die Genauigkeit der Simulation leidet.

Bei Verwendung der Option "Real" erfolgt die Schaltungssimulation mit maximaler Genauigkeit, indem sämtliche Varianzen berücksichtigt werden. Hierdurch verringert sich jedoch die Geschwindigkeit der Schaltungssimulation. Bei Simulationseinstellungen im Realmodus müssen Sie Ihre Schaltung mit der Versorgungsspannungsquelle für den digitalen Schaltungsteil und mit Digitalmasse verbinden.

- Wählen Sie die gewünschten Optionen für die Simulation einer Digitalschaltung wie folgt:
1. Wählen Sie **Simulation/Einstellungen für Digitalschaltungssimulation**.



2. Wählen Sie je nachdem, ob Sie hohe Simulationsgeschwindigkeit oder hohe Genauigkeit bevorzugen, den Modus Ideal (schneller) oder Real (genauer).
3. Klicken Sie auf **OK**.

## 7.2.2 Simulation starten/stoppen/unterbrechen



- Um die Schaltung zu aktivieren, müssen Sie in der Werkzeug-Werkzeugleiste auf die Schaltfläche Simulation klicken und dann **Start** aus dem sich öffnenden Popup-Menü wählen. Multisim beginnt nun mit der Simulation des Verhaltens der Schaltung.

Während der Simulation werden die Simulationsergebnisse und etwaige Fehlermeldungen ins Prüfprotokoll geschrieben. Das Prüfprotokoll wird nach dem Stoppen der Simulation automatisch angezeigt. Wenn Sie die Simulation verfolgen wollen, können Sie das Prüfprotokoll während der Simulation anzeigen lassen. Wählen Sie dazu aus dem Menü **Ansicht** die Option **Anzeigen/Prüfprotokoll**.



- Um die Simulation vorübergehend anzuhalten, müssen Sie auf die Schaltfläche Simulation in der Werkzeug-Werkzeugleiste klicken und dann die Option **Unterbrechung** aus dem nun erscheinenden Popup-Menü wählen. Wenn Sie nach der Unterbrechung der Simulation ab dem Punkt fortfahren wollen, an dem sie unterbrochen wurde, müssen Sie auf die Schaltfläche Simulation klicken und dann erneut die Option **Unterbrechung** wählen.
- Wenn Sie die Simulation stoppen wollen, müssen Sie auf die Schaltfläche Simulation in der Werkzeug-Werkzeugleiste klicken und dann die Option **Start** aus dem sich öffnenden Popup-Menü wählen. Wenn Sie nach dem Stoppen der Simulation mit derselben fortfahren wollen, wird sie von Anfang an gestartet (im Gegensatz zur Verwendung der Option **Unterbrechung**, die es ermöglicht mit der Simulation ab dem Punkt fortzufahren, an dem sie vorübergehend angehalten wurde).
- Alternativ können Sie eine Simulation wie vorstehend beschriebenen unter Verwendung der Optionen **Start** und **Unterbrechung** im Menü **Simulation** starten.



- Eine weitere Möglichkeit zum Starten und Stoppen von Simulationen bietet der entsprechende Simulationsschalter. Wählen Sie aus dem Menü **Ansicht** die Option **Simulationsschalter anzeigen**, sodass ein Schalter zum Aktivieren Ihrer Schaltung angezeigt wird. Mit diesem Schalter können Sie die Simulation starten, stoppen oder vorübergehend anhalten.

## 7.2.3 Interaktive Simulation

Multisim verfügt über einzigartige Funktionen zur interaktiven Durchführung von Simulationen. Dies ermöglicht es Ihnen, die Werte "interaktiver" Bauelemente (hierbei handelt es sich um Bauelemente, deren Verhalten über die Tastatur gesteuert werden kann) zu verändern und die entsprechenden Simulationsergebnisse sofort zu sehen. Interaktive Bauelemente sind z.B. Potentiometer, veränderliche Kondensatoren, veränderliche Spulen und Schalter mit mehreren Schaltstellungen. So können Sie z.B. an Stelle eines 100-k $\Omega$ -Widerstands einen Widerstand mit dem nächstkleineren Wert verwenden, wobei sich die Simulationsergebnisse jedoch unter Umständen stärker als gewünscht verändern. Multisim ermöglicht für derartige Fälle die Verwendung eines veränderlichen Widerstands, dessen Wert schrittweise verändert werden kann, wobei Sie die Änderungen der Simulationsergebnisse kontinuierlich verfolgen können. Auf diese Weise lassen sich die gewünschten Ergebnisse problemlos erreichen.

## 7.2.4 Prüfung auf Schaltungskonsistenz

Wenn Sie eine Schaltung simulieren oder eine Analyse durchführen, wird eine Prüfung auf Schaltungskonsistenz durchgeführt, um zu ermitteln, ob die Schaltung korrekt arbeitet (z.B. ob die Schaltung mit Masse verbunden ist). Unter Umständen aufgetretene Fehler werden ins Prüfprotokoll geschrieben. Die Prüfung auf Schaltungskonsistenz beschleunigt den Simulationsvorgang, da Sie über Zustände informiert werden, die Simulationsfehler zur Folge haben können. Dies ermöglicht es Ihnen, diese Zustände zu korrigieren, bevor die Simulation gestartet wird. Hierzu ist anzumerken, dass die durch die Prüfung auf Schaltungskonsistenz gefundenen Probleme Simulationsfehler bewirken. Durch die Prüfung auf Schaltungskonsistenz kann jedoch nicht sichergestellt werden, dass die Schaltung die an sie gestellten Anforderungen erfüllt.



## 7.2.5 Verschiedene Funktionen für die SPICE-Simulation

Multisim bietet folgende SPICE-spezifische Simulationsmöglichkeiten.

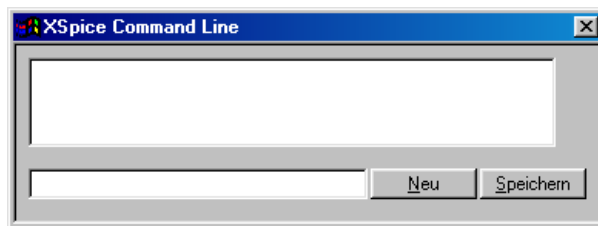
### 7.2.5.1 Bauelementetoleranzen

Wie in "Nominale Parameterwerte und Toleranzen" auf Seite 4-35 beschrieben, ermöglicht Multisim die Verwendung "realer" Bauelemente mit Varianzen, um das Verhalten realer Bauelemente zu simulieren. Die Einstellungen für reale Bauelemente basieren auf Bauelementetoleranzen, sodass die Werte der Bauelemente von den Nominalwerten abweichen. Hierdurch werden die Simulationsergebnisse beeinflusst. Beispielsweise kann der Wert eines 1-k $\Omega$ -Widerstands mit einer Toleranz von 10 % um  $\pm 100 \Omega$  schwanken.

### 7.2.5.2 Menügesteuerte Simulation von Netzlistendaten (ohne Schaltplan)

Sie können eine Simulation auch durch Befehlszeileneingabe starten.

- Um ein Fenster für die Befehlszeileneingabe zu öffnen, müssen Sie die Option **Ansicht/ Fenster für Befehlszeileneingabe** anzeigen wählen. Hierauf wird das nachstehend gezeigte Fenster geöffnet:



In dieses Fenster können Sie Befehle direkt eingeben. Die wichtigsten Befehle sind: SOURCE, PLOT, OP, SAVE, WRITE, TAN, SET und ANAC.

## 7.3 Multisim-SPICE-Simulation: Technische Details

In diesem Unterabschnitt sind die wesentlichen technischen Prinzipien der Schaltungssimulation mit einem auf SPICE basierenden Simulator beschrieben. Dieser Unterabschnitt enthält auch eine Kurzbeschreibung der einzelnen Phasen der Schaltungssimulation und eine Erklärung der mathematischen Gleichungen, auf denen die Simulation elektronischer Schaltungen basiert. Das Verständnis dieser Informationen ist für das Arbeiten mit Multisim-Simulatoren nicht unbedingt erforderlich, aber unter Umständen für Sie von Interesse. Weitere technische Informationen über vom Benutzer durchführbare Einstellungen für die Simulation finden Sie in “Benutzereinstellungen: Maximale Integrationsordnung” auf Seite 7-13.

Um die in diesem Unterabschnitt enthaltenen Informationen verstehen zu können, sollten Sie über Kenntnisse der Theorie der Simulation elektronischer Schaltungen verfügen und auch die hierfür erforderlichen Mathematikkenntnisse haben.

### 7.3.1 Unterstützung von BSpice/XSpice

In Multisim sind Funktionen für SPICE3F5- und XSpice-Simulation integriert, wobei diese Funktionen von Electronics Workbench um spezifische Funktionen für die Optimierung der Simulation von Schaltungen mit digitalen und hybriden Schaltungsbestandteilen erweitert wurden. Sowohl SPICE3F5 als auch XSpice sind von der Elektronikindustrie bestens akzeptierte Normen für die Simulation elektronischer Schaltungen, bei denen es sich im Gegensatz zu nicht genormten Simulationen wie PSPICE urheberrechtlich gesehen um Allgemeingut handelt. SPICE3F5 ist die neueste Version von SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis = Simulationsprogramm unter besonderer Berücksichtigung integrierter Schaltungen), das ursprünglich von der University of California in Berkeley entwickelt wurde. SPICE3F5 hat sich nach und nach aus dem ursprünglichen, im Jahre 1972 veröffentlichten Programm entwickelt. Es wird im Allgemeinen als BSpice bezeichnet. XSpice ist ein Satz von Erweiterungen von SPICE, die im Auftrag der Luftwaffe der Vereinigten Staaten von Amerika vorgenommen wurden. Hierzu gehört auch eine Erweiterung um spezifische Modellierungssysteme.

### 7.3.2 Mechanismus der Schaltungssimulation

Nach dem Entwickeln eines Schaltplans und dem Starten der Simulation übernimmt der Simulator die Auflösung der Schaltung und die Generierung von Daten, wie sie z.B. auf dem Bildschirm eines Oszillografen zu sehen sind. Genauer gesagt, ist der Simulator derjenige

Teil von Multisim, der eine numerische Auflösung der mathematischen Darstellung der von Ihnen entwickelten Schaltung durchführt.

Um diese Berechnungen durchführen zu können, muss jedes Bauelement einer Schaltung durch ein mathematisches Modell repräsentiert werden. Mathematische Modelle verknüpfen das Schaltbild im Schaltungsfenster mit der mathematischen Darstellung zum Zwecke der Simulation. Die Genauigkeit der Bauelementemodelle ist eines der wichtigsten Elemente, das bestimmt, wie weit die Simulationsergebnisse mit den tatsächlichen Eigenschaften der realen Schaltung übereinstimmen.

Die mathematische Darstellung einer elektronischen Schaltung besteht aus mehreren, gleichzeitig aufzulösenden, nichtlinearen Differenzialgleichungen. Die wichtigste Aufgabe des Simulators besteht darin, diese Gleichungen mit numerischen Ergebnissen aufzulösen. Ein auf SPICE basierender Simulator wandelt die nichtlinearen Differenzialgleichungen in einen Satz nichtlinearer algebraischer Gleichungen um. Diese Gleichungen werden dann nach einem modifizierten Newton-Raphson-Verfahren linearisiert. Der resultierende Satz linearer algebraischer Gleichungen wird mit großer Effizienz, unter Verwendung der Verarbeitung einer schwach besetzten Matrix mit LU-Faktorisierung aufgelöst.

### 7.3.3 Die vier Phasen der Schaltungssimulation

Wie von jedem anderen Simulator für universellen Einsatz wird die Multisim-Simulation ebenfalls in vier Hauptphasen durchgeführt: Eingabe, Einstellungen, Analyse und Ausgabe (diese Phasen sind nachstehend beschrieben).

Phase	Beschreibung
Eingabe	Der Simulator liest die Informationen über Ihre Schaltung ein, nachdem Sie einen Schaltplan generiert, Werte zugewiesen und eine Analyse gewählt haben.
Einstellungen	Der Simulator generiert und prüft einen Satz von Datenstrukturen, die eine vollständige Beschreibung Ihrer Schaltung enthalten.
Analyse	Nun wird die während der Eingabephase spezifizierte Schaltungsanalyse durchgeführt. Diese Phase ist sehr rechenaufwändig und eigentlich das zentrale Element der Schaltungssimulation. Während der Analysephase werden die Schaltungsgleichungen für die spezifizierten Analysen formuliert und aufgelöst, und die Daten für die direkte Ausgabe oder die Nachverarbeitung zur Verfügung gestellt.
Ausgabe	Nun werden die Simulationsergebnisse angezeigt. Sie können die Simulationsergebnisse auf dem Bildschirm eines Oszillografen, in während der Analyse dargestellten Diagrammen oder im Prüfprotokoll sehen.

## 7.3.4 Gleichungsformulierung

In einer Schaltung wird jeder gemeinsame Schnittpunkt von Drähten und Steckverbindern als Knoten bezeichnet. Der Simulator berechnet die Spannung an jedem Knoten. Durch jeden Zweig, der zwei Knoten miteinander verbindet, fließt ein bestimmter Strom.

Um eine Schaltungsgleichung aufzulösen, wird die Schaltung intern als Gleichungssystem in folgender Form dargestellt:

$$A X = B$$

Hierbei ist:

- A = die modifizierte Knotenscheinleitwertmatrix mit der Dimension  $n \times n$
- X = der Vektor der Unbekannten mit der Dimension  $n$
- B = der Vektor von Konstanten, ebenfalls mit der Dimension  $n$
- n = die Anzahl der Unbekannten

Das Gleichungssystem wird unter Verwendung eines allgemeinen Schaltungsanalyseverfahrens formuliert, das als MNA (Modified Nodal Approach = modifizierte Knotenannäherungslösung) bezeichnet wird.

Die Unbekannten ( $n$ ) umfassen jede Knotenspannung (mit Ausnahme von Masse) sowie die von Spannungsquellen gelieferten Ströme. B enthält die Spannungs- und Stromquellenkonstanten. Die Eintragungen in der Scheinleitwertmatrix (A) werden durch das ohmsche Gesetz und die Kirchhoffschen Gesetze für Spannung und Strom bestimmt.

Die modifizierte Knotenscheinleitwertmatrix wird als schwach besetzt betrachtet, da sie mehr Nullen als von Null abweichende Werte enthält. Unter Verwendung einer verknüpften Liste kann die Auflösung der Schaltungsgleichungen nur durch Anwenden von Termen durchgeführt werden, die keine Nullen enthalten. Dieses Verfahren wird als Verarbeitung unter Verwendung einer schwach besetzten Matrix bezeichnet. Im Allgemeinen erfordert die Verarbeitung unter Verwendung einer schwach besetzten Matrix weniger Hauptspeicherkapazität und ermöglicht gleichzeitig eine schnellere Simulation.

## 7.3.5 Gleichungsauflösung

Multisim löst Schaltungsgleichungen für lineare und nichtlineare Schaltungen unter Verwendung eines einheitlichen Algorithmus. Die Lösung einer Gleichung für eine lineare Gleichspannungsschaltung ist ein Sonderfall allgemeiner nichtlinearer Gleichspannungsschaltungen.

Die LU-Faktorisierung wird angewandt, um das bereits beschriebene System schwach besetzter modifizierter Knotenmatrixgleichungen (hierbei handelt es sich um einen Satz gleichzeitig aufzulösender linearer Gleichungen) aufzulösen. Hierbei muss die Matrix  $A$  in zwei Dreiecksmatrizen (eine untere Dreiecksmatrix  $L$  und eine obere Dreiecksmatrix  $U$ ) zerlegt werden, wonach die beiden Matrixgleichungen durch Vorwärts- und Rückwärtssubstitution aufgelöst werden müssen.

Hierbei werden mehrere effiziente Algorithmen verwendet, um numerische Probleme auf Grund der modifizierten Knotenformulierung zu vermeiden, die Genauigkeit der numerischen Berechnungen zu verbessern und die Lösungseffizienz zu optimieren. Zu diesen Algorithmen gehören:

- Ein Algorithmus für Teilpivotisierung, durch den der Rundungsfehler auf Grund der LU-Faktorisierung verringert wird.
- Ein Algorithmus für die Vorsortierung, durch den die Matrixbedingung verbessert wird.
- Ein Algorithmus für die Nachsortierung, durch den Terme mit Werten von ungleich Null für die Gleichungsauflösung minimiert werden.

Eine nichtlineare Schaltung wird aufgelöst, indem sie bei jeder Iteration in eine linearisierte Ersatzschaltung umgewandelt, und die lineare Schaltung unter Verwendung des vorstehend beschriebenen Verfahrens iterativ aufgelöst wird. Nichtlineare Schaltungen werden in lineare Schaltungen umgewandelt, indem alle nichtlinearen Elemente der Schaltung unter Verwendung des modifizierten Newton-Raphson-Verfahrens linearisiert werden.

Eine allgemeine nichtlineare, dynamische Schaltung wird aufgelöst, indem sie zu jedem Zeitpunkt in eine diskretisierte, nichtlineare Ersatzschaltung umgewandelt wird und unter Verwendung des vorstehend beschriebenen Verfahrens für die Auflösung nichtlinearer Gleichspannungsschaltungen aufgelöst wird. Eine dynamische Schaltung wird in eine Gleichspannungsschaltung umgewandelt, in dem alle dynamischen Elemente der Schaltung unter Verwendung einer geeigneten Regel für die numerische Integration diskretisiert werden.

## 7.3.6 Numerische Integration

Für die Annäherung des Werts des Integrals der Differenzialgleichungen, die für die Zeitdomänenlösung verwendet wurden, verwendet Multisim optional zwei Verfahren für die numerische Integration:

- Die Trapezintegration (Standardverfahren)
- Das Gear-Verfahren (Sortieren von 1 bis 6)

Bei Anwendung des Verfahrens der Trapezintegration wird die folgende Annäherung verwendet, um die Differenzialgleichungen zu diskretisieren:

$$V_{n+1} - V_n = \frac{h}{2} \left( \frac{dV_{n+1}}{dt} + \frac{dV_n}{dt} \right)$$

Hierbei ist:

- $V_{n+1}$  = ein momentan unbekannter Spannungswert
- $V_n$  = die vorangegangene Zeitpunktauflösung
- $h$  = die Schrittbreite in der Zeitachse
- $n$  = das Zeitintervall

Bei der Gear-Integration erster Ordnung wird das populäre eulersche Rückwärtsverfahren angewandt. Die Gleichung für die Gear-Integration zweiter Ordnung mit variabler Schrittbreite lautet wie folgt:

$$\frac{dV_{n+1}}{dt} = \frac{2h_n + h_{n-1}}{h_n(h_n + h_{n-1})} V_{n+1} + \frac{h_n + h_{n-1}}{h_n - h_{n-1}} V_n + \frac{h_n}{h_{n-1}(h_n + h_{n-1})} V_{n-1}$$

Hierbei ist:

- $V_{n+1}$  = eine momentan unbekannte Auflösung
- $V_n$  = die vorangegangene erste Zeitpunktauflösung
- $V_{n-1}$  = die vorangegangene zweite Zeitpunktauflösung
- $h_n$  = die momentane Schrittbreite in der Zeitachse
- $h_{n-1}$  = die vorangegangene Schrittbreite in der Zeitachse

### 7.3.7 Benutzereinstellungen: Maximale Integrationsordnung

Sie können die maximale Ordnung für das Integrationsverfahren unter Verwendung der Analyseoption MAXORD (siehe "Analyseoptionen" auf Seite 8-80) ändern. Bei Anwendung der Gear-Integration einer höheren Ordnung (der 3. bis 6. Ordnung) werden genauere Resultate erreicht, worunter jedoch die Geschwindigkeit der Simulation leidet. Bitte beachten Sie, dass die maximale Ordnung des Integrationsverfahrens die maximale Ordnung ist, die überhaupt verwendet werden könnte. Der Simulator wählt jedoch automatisch die geeignetste Ordnung auf der Basis der Schaltung.

Auf Grund der Natur nichtlinearer Bauelemente muss die Scheinleitwertmatrix unter Umständen für jeden Zeitpunkt mehrmals aufgelöst werden, bevor eine praktikable Lösung erreicht wird. Die Lösung für die Zeitpunkte wird erreicht, wenn die Differenz zwischen aufeinanderfolgenden Spannungswerten geringer ist als die intern berechnete Toleranz in Form absoluter und relativer Toleranzen, die mit Hilfe der Analyseoptionen spezifiziert wurden.

### 7.3.8 Algorithmus für die Unterstützung beim Erreichen von Konvergenz

Multisim verwendet zwei modifizierte Newton-Raphson-Fortsetzungsalgorithmen (schrittweise Variation des Gmin-Werts und Quellspannungswerten), um die Lösung während einer Gleichspannungsarbeitspunktanalyse allgemeiner nichtlinearer Schaltungen zu finden.

#### 7.3.8.1 Schrittweise Variation des Gmin-Werts

Beim Verfahren der schrittweisen Variation des Gmin-Werts wird ein Algorithmus mit mehreren Iterationen und Schrittbreiten angewandt. Dieser Algorithmus fügt einfach einen Leitwert Gmin zu den diagonalen Elementen der modifizierten Knotenscheinleitwertmatrix hinzu, sodass eine konvergierende Lösung innerhalb kürzester Zeit gefunden werden kann. Das Grundprinzip besteht darin, die Matrix optimal zu konditionieren.

Anfangs wird ein großer Gmin-Wert verwendet und innerhalb kürzester Zeit eine angenäherte Lösung gefunden. Der Anfangswert wird durch den Gmin-Wert, multipliziert mit  $10^{\text{GminSteps}}$  Gmin bestimmt. Der Gmin-Wert wird aus der Analyseoption GMIN (Gmin = minimaler Leitwert) und die Anzahl der Schritte aus der Option GMINSTEPS übernommen (weitere Informationen über diese beiden Optionen finden Sie in "Analyseoptionen" auf Seite 8-80). Der Leitwert wird dann um den Faktor 10 reduziert, wonach die Schaltung erneut aufgelöst wird, indem das Resultat der vorangegangenen Auflösung als geschätzter Anfangswert für die

nächste Iteration verwendet wird. Bei Reduzierung des Gmin-Werts auf Null wird eine endgültige Auflösung der Schaltung durchgeführt, woraus das Endergebnis resultiert. Hierdurch wird eine Einzelschrittauflösung der einfachen nichtlinearen Iteration in eine Mehrschrittauflösung untergliedert, wobei der gleiche Algorithmus verwendet wird, der jedoch in mehreren kleineren Schritten durchgeführt wird.

### **7.3.8.2 Schrittweise Variation von Quellspannungswerten**

Die schrittweise Variation von Quellspannungswerten ist ein Verfahren unter Verwendung eines Algorithmus für die Unterstützung beim Erreichen von Konvergenz. Dieser Algorithmus löst das Problem einer nichtlinearen Schaltung, indem ein Bruchteil des Quellspannungsvektors als Parametervariable verwendet wird, um die Konvergenz der Auflösung der Gleichungen für eine Gleichspannungsschaltung zu erreichen. Bei der schrittweisen Variation von Quellspannungswerten wird ähnlich wie beim Verfahren der schrittweisen Variation des Gmin-Werts ein einzelnes Problem einer nichtlinearen Schaltung in ein in mehreren Schritten zu lösendes Problem einer nichtlinearen Schaltung überführt. Beginnend mit einem Quellspannungsvektor gleich Null wird der Quellspannungsvektor langsam bis zu seinem maximalen Gleichspannungswert erhöht. Bei jeder Veränderung des Quellspannungswerts wird eine Iteration zur Auflösung einer einfachen nichtlinearen Schaltung durchgeführt. Die Geschwindigkeit der Veränderung des Quellspannungswerts wird durch die Einstellung der Option SRCSTEPS (Steps in source stepping algorithm = Algorithmus mit schrittweise Variation des Quellspannungswerts) bestimmt; weitere Informationen hierüber finden Sie in "Analyseoptionen" auf Seite 8-80.

## **7.4 HF-Simulation**

Die HF-Simulation steht in der Version Power Professional von Multisim und als Bestandteil der Version Professional Edition in einem optionalen HF-Modul zur Verfügung. Dieser Unterabschnitt enthält eine kurze Einführung in den Simulationsteil des HF-Moduls.

Eine HF-Schaltung wird auf die gleiche Weise wie eine Schaltung auf Flachbaugruppen- oder Systemebene simuliert, wie in "Verwenden der Multisim-Simulation" auf Seite 7-3 beschrieben. Der Grund hierfür ist, dass das HF-Modul von Multisim Hochfrequenzschaltungen unter Verwendung eines optimierten SPICE-Simulators (im Gegensatz zu VHDL, Verilog HDL usw.) simuliert. Es ist nicht notwendig, Multisim darüber zu informieren, dass es sich bei Ihrer Schaltung um eine Hochfrequenzschaltung handelt. Für die HF-Simulation wird der SPICE-Simulator verwendet, der jedoch optimiert wurde, um Schaltungen auch bei höheren Arbeitsfrequenzen oder höheren Taktfrequenzen (hierbei wird eine Schaltung unter ähnlichen Bedingungen wie eine Hochfrequenzschaltung betrieben) simulieren zu können. Um diese Optimierung zu erreichen, wurde der SPICE-Simulator um



spezielle Funktionsblöcke erweitert, um auch bei höheren Frequenzen eine genaue Simulation durchführen zu können.

Weitere Informationen über die HF-Simulation und das HF-Modul finden Sie in Kapitel 14, "HF".

## 7.5 VHDL-Simulation

Multisim verwendet einen spezialisierten VHDL-Simulator, der Schaltungen im Gegensatz zu einem SPICE-Simulator nicht während der Eingabe der Schaltplandaten, sondern auf der Ebene einer das Verhalten der Schaltung beschreibenden Sprache simuliert. VHDL ist eine der beiden am meisten verwendeten Sprachen zum Beschreiben des Verhaltens elektronischer Schaltungen und wird allgemein für die Entwicklung und Modellierung elektronischer Schaltungen verwendet:

- programmierbare Logikbausteine wie CPLDs und FPGAs
- komplexe Digitalbausteine wie Speicherbausteine, Mikroprozessoren, Mikrosteuerbausteine und andere Bauelemente, die von einem SPICE-Simulator nicht korrekt modelliert werden können.

Auch wenn Sie derzeit keine derartigen Bauelemente einsetzen, ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, dass Sie dies irgendwann einmal tun werden. Multisim stellt die perfekte Umgebung für erfahrene und weniger erfahrene VHDL-Anwender zur Verfügung.

Der Multisim-VHDL-Simulator kann auf zwei unterschiedliche Arten eingesetzt werden:

- Im Rahmen der Entwicklung von Flachbaugruppe oder Systemen, wenn die Bauelemente unter Verwendung von VHDL an Stelle von SPICE modelliert werden. Multisim ruft automatisch den VHDL-Simulator auf, wenn dieser benötigt wird (dies wird als Kosimulation bezeichnet). Bei diesem Verfahren müssen Sie nicht über spezielle VHDL-Kenntnisse verfügen, sondern können die Vorteile der umfangreicheren Bibliothek simulierbarer Modelle für komplexe Digitalbausteine nutzen.

Wenn Sie über die Funktionen für die VHDL-Simulation verfügen, wird dieser automatisch von Multisim aufgerufen, nachdem Sie die Simulation gestartet haben (siehe hierzu "Verwenden der Multisim-Simulation" auf Seite 7-3), sofern ein Bauelement Ihrer Schaltung mit Hilfe von VHDL modelliert wurde.

Bei dieser Kosimulation wird genauso wie bei der Simulation von Bauelementen vorgegangen, bei denen es sich ausschließlich um mit SPICE modellierte Bauelemente handelt. Starten Sie die Simulation wie gewöhnlich; Multisim kümmert sich um alles andere und erkennt, wenn Ihre Schaltung Bauelemente enthält, die mit Hilfe von VHDL modelliert wurden. In diesem Fall ruft Multisim automatisch den VHDL-Simulator auf.

- Im Rahmen der Entwicklung programmierbarer Logikbausteine schreiben und simulieren und debuggen Sie VHDL-Quellcode. Dies ist ein wesentlicher aufwändigerer Vorgang, für den spezielle Kenntnisse der VHDL-Sprache erforderlich sind. Weitere Informationen

über diese Art der VHDL-Simulation finden Sie in Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik”.

## 7.6 Verilog-HDL-Simulation

Multisim verwendet einen spezialisierten Verilog-HDL-Simulator, der Schaltungen im Gegensatz zu einem SPICE-Simulator nicht während der Eingabe der Schaltplandaten, sondern auf der Ebene einer das Verhalten der Schaltung beschreibenden Sprache simuliert. Verilog HDL ist zusammen mit VHDL eine der beiden am meisten verwendeten Sprachen zum Beschreiben des Verhaltens elektronischer Schaltungen und wird allgemein für die Entwicklung und Modellierung elektronischer Schaltungen verwendet:

- programmierbare Logikbausteine wie CPLDs und FPGAs
- komplexe Digitalbausteine wie Speicherbausteine, Mikroprozessoren, Mikrosteuerbausteine und andere Bauelemente, die von einem SPICE-Simulator nicht korrekt modelliert werden können.

Auch wenn Sie derzeit keine derartigen Bauelemente einsetzen, ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, dass Sie dies irgendwann einmal tun werden. Multisim stellt die perfekte Umgebung für erfahrene und weniger erfahrene Verilog-HDL-Anwender zur Verfügung.

Der Multisim-Verilog-HDL-Simulator kann auf zwei unterschiedliche Arten eingesetzt werden:

1. Im Rahmen der Entwicklung von Flachbaugruppen oder Systemen, wenn die Bauelemente unter Verwendung von Verilog HDL an Stelle von SPICE modelliert werden. Multisim ruft automatisch den Verilog-HDL-Simulator auf, wenn dieser benötigt wird (dies wird als Kosimulation bezeichnet). Bei diesem Verfahren müssen Sie nicht über spezielle Verilog-HDL-Kenntnisse verfügen, sondern können die Vorteile der umfangreicheren Bibliothek simulierbarer Modelle für komplexe Digitalbausteine nutzen.

Wenn Sie über die Verilog-HDL-Simulation verfügen, wird diese automatisch von Multisim aufgerufen, nachdem Sie die Simulation gestartet haben (siehe hierzu “Verwenden der Multisim-Simulation” auf Seite 7-3), sofern ein Bauelement Ihrer Schaltung mit Hilfe von Verilog HDL modelliert wurde.

Weitere Informationen über die Verilog-HDL-Simulation finden Sie in Kapitel 10, “HDLs und programmierbare Logik”. Bei dieser Kosimulation wird genauso wie bei der Simulation von Bauelementen vorgegangen, bei denen es sich ausschließlich um mit SPICE modellierte Bauelemente handelt. Starten Sie die Simulation wie gewöhnlich; Multisim kümmert sich um alles andere und erkennt, wenn Ihre Schaltung Bauelemente enthält, die mit Hilfe von Verilog HDL modelliert wurden. In diesem Fall ruft Multisim automatisch den Verilog-HDL-Simulator auf.

2. Im Rahmen der Entwicklung programmierbarer Logikbausteine schreiben und simulieren Sie Verilog-HDL-Quellcode und führen daran Programmfehlerbeseitigung durch. Weitere

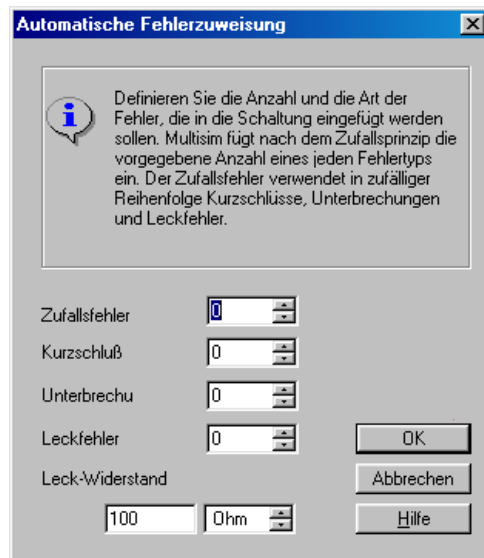
Informationen über diese Art der Verilog-HDL-Simulation finden Sie in Kapitel 10, "HDLs und programmierbare Logik".

## 7.6.1 Verwenden der automatischen Fehlerzuweisung

Bei Verwendung der automatischen Fehlerzuweisung geben Sie die Anzahl der Fehler (oder optional die Anzahl der Fehler pro Fehlerart) an, die Multisim den platzierten Bauelementen in der Schaltung zuweisen soll.

➤ Verwenden Sie die automatische Fehlerzuweisung wie folgt:

1. Wählen Sie **Simulation/Automatische Fehlerzuweisung**. Hierdurch wird das Fenster Automatische Fehlerzuweisung geöffnet:



2. Verwenden Sie die Pfeiltasten oder geben Sie die numerischen Werte direkt in die Felder **Kurzschluss**, **Unterbrechung** und **Nebenschlusswiderstand** ein, oder geben Sie ins Feld **Zufallsfehler** einen Wert ein, sodass Multisim die Fehlerart nach einem Pseudozufallsverfahren zuweisen kann.
3. Wenn Sie eine Anzahl von Nebenschlussfehlern zuweisen, müssen Sie eine Zahl und eine Maßeinheit in die Felder **Nebenschlusswiderstand angeben** eingeben.
4. Klicken Sie auf **OK**, um die Fehlerzuweisung zu bestätigen, oder auf **Abbrechen**, um den Befehl zu widerrufen und wieder das Schaltungsfenster zu öffnen.



# Kapitel 8

## Analysen

In diesem Kapitel wird erklärt, wie die verschiedenen Analysen von Multisim 2001 verwendet werden. Es wird gezeigt, wie im Allgemeinen mit den Analysen gearbeitet wird, erläutert die spezifischen Einstellungen und Optionen und zeigt wie die Analyseergebnisse dargestellt und manipuliert werden können.

Einige der hier beschriebenen Funktionen sind unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol neben der Beschreibung gekennzeichnet.

### 8.1 Einführung in die Multisim-Analysen

Multisim bietet Ihnen eine Vielzahl Analysen an. Alle wenden dabei eine Simulation an, um die Daten für die von Ihnen gewünschte Analyse zu generieren. Diese Analysen können sehr einfacher Natur, aber auch extrem kompliziert sein. Oft ist es erforderlich, dass eine Analyse automatisch als Teil einer anderen ausgeführt wird.

Bei jeder Analyse müssen Sie sich für einige Einstellungen entscheiden, die Multisim mitteilen, was die Analyse tun soll.

Zusätzlich zu den mitgelieferten Analysen können Sie, basierend auf den SPICE-Befehlen, eigene Analysen definieren.

Wenn Sie eine Analyse aktivieren, werden die Ergebnisse im Diagrammfenster von Multisim angezeigt (wenn nicht anders spezifiziert; in “Anzeigen der Analyseergebnisse: Diagrammfenster” auf Seite 8-65 finden Sie weitere Informationen zum Diagrammfenster) und gespeichert, sodass sie im Postprozessor verwendet werden können (nicht in allen Multisim-Versionen verfügbar; siehe hierzu Kapitel 9, “Postprozessor” für mehr Informationen). Einige Ergebnisse werden auch ins Prüfprotokoll geschrieben, das angezeigt werden kann (in “Anzeigen der Analyseergebnisse: Prüfprotokoll” auf Seite 8-64 finden Sie weitere Informationen).

Zu Schulungszwecken können Sie wählen, welche der Analysen für eine Schaltung von Schulungsteilnehmern ausgeführt werden können. (Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Verwenden von Einschränkungen” auf Seite 13-4.) Wenn Sie in den Allgemeinen Einschränkungen die vereinfachte Version gewählt haben, werden einige Analyseoptionen nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

## 8.2 Arbeiten mit Analysen

Sie müssen wissen, wie Sie grundsätzlich mit Analysen arbeiten und die spezifischen Optionen der einzelnen Analysen einsetzen können. Für jede Analyse können Sie Folgendes definieren:

- die Analyseparameter (alle haben Standardvorgaben)
- wie mit Ausgabevariablen verfahren werden soll (erforderlich)
- einen Titel für die Analyse (optional)
- eigene Werte für die Analyseoptionen (optional).

Die Analyseeinstellungen werden in der jeweiligen Schaltung gespeichert.

Der nächste Abschnitt beschreibt die generelle Vorgehensweise, um eine Analyse auszuführen. Die danach folgenden Abschnitte beschreiben die Details jeder Analyse separat.

### 8.2.1 Allgemeine Anleitungen



➤ Ausführen einer Analyse:

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Analysen in der Werkzeugleiste oder wählen Sie **Simulation/Analysen**. Ein Menü mit der Liste der verfügbaren Analysen wird geöffnet. Wenn Sie die Option Vereinfachte Version gewählt haben, werden nur die grundlegenden Analysen angezeigt. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Vereinfachte Version” auf Seite 13-6.
2. Wählen Sie die gewünschten Analysen. Abhängig von der ausgewählten Analyse, erscheinen im sich nun öffnenden Fenster einige oder alle der folgenden Registerkarten:
  - die Registerkarte Analyseparameter, in der Sie die Parameter der Analyse einstellen
  - die Registerkarte Ausgabevariable, in der Sie festlegen, wie die Analyseergebnisse ausgegeben werden sollen (nicht bei allen Analysen verfügbar)
  - die Registerkarte Verschiedenes, in der Sie einen Titel für den Plot der Analyseergebnisse festlegen und eigene Werte für Analyseoptionen eingeben können
  - die Registerkarte Zusammenfassung, in der Sie eine Übersicht aller Analyseeinstellungen sehen können

Standardmäßig zeigen die meisten Registerkarten eine eingeschränkte Version mit den am häufigsten genutzten Feldern. Klicken Sie auf **Mehr** im Analysefenster, damit alle verfügbaren Optionen angezeigt werden. Die verfügbaren Optionen und Einstellungen dieser Registerkarten werden in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels beschrieben. Die Beispiele in diesen Abschnitten werden in Vollbildschirmdarstellung angezeigt.

- Um die Einstellungen als Standardeingaben für zukünftige Verwendung zu speichern, klicken Sie auf **Akzeptieren**.
- Um die Simulation mit den aktuellen Einstellungen zu starten, klicken Sie im Fenster auf **Simulation**.
- Informationen, wie Sie mehrere Analysen im Stapelmodus starten, finden Sie in “Analysen per Stapelprogramm” auf Seite 8-61.

**Tipp** Um eine Analyse zu stoppen, drücken Sie die Taste ESC.

## 8.2.2 Registerkarte Analyseparameter

Die Optionen, die Ihnen auf der Registerkarte Analyseparameter zur Verfügung stehen, sind für jede Analyse unterschiedlich und werden daher in einzelnen Unterabschnitten für jede Analyse beschrieben. Jede Beschreibung enthält Anleitungen für die normale und die fortgeschrittene Analyse.

Einige Listen enthalten als zusätzlichen Befehl die Schaltfläche **Angezeigte Variable filtern**. Hiermit können Sie Bauelemente, die in der Liste angezeigt werden, filtern und wählen, ob interne Knoten, Untermodule, offene Anschlüsse und Bauelementeparameter eingeschlossen werden sollen.

## 8.2.3 Registerkarte Ausgabevariablen

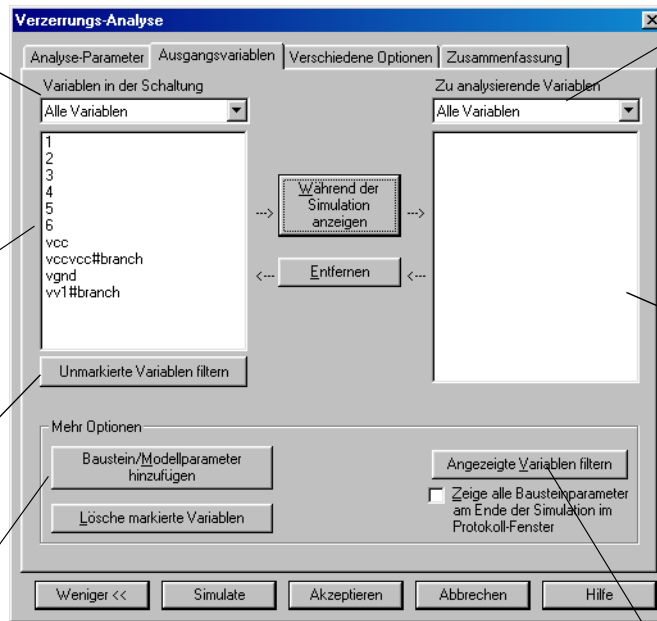
Diese Registerkarte zeigt auf der linken Seite alle möglichen Ausgabevariablen der aktiven Schaltung. Wählen Sie alle Variablen aus, die Sie in der Analyse verwenden wollen. Standardmäßig zeigt die Registerkarte die am häufigsten genutzten Felder an. Klicken Sie auf **Mehr**, um den Vollbildschirm wie im nachfolgend dargestellten Beispiel mit allen zur Verfügung stehenden Optionen anzuzeigen.

Wählen Sie die anzuzeigenden Ausgabevariablenarten.

Mögliche Ausgabevariable (des ausgewählten Typs) für die Schaltung.

Filterarten für die angezeigte Variable.

Fügt einen Parameter eines speziellen Bauelements oder eines Modells zur Variablenliste hinzu.



Wählen Sie die in der Analyse zu verwendenden Variablenarten.

Ausgabevariable für die Analyse.

Filtert die angezeigten Variablen, um interne Knoten, offene Anschlüsse und Ausgabevariable einzubeziehen



### 8.2.3.1 Auswahl der Verarbeitung der Ausgabevariablen

- Damit eine Ausgabevariable angezeigt wird, wählen Sie in der Liste auf der linken Seite die gewünschte Variable und klicken anschließend auf **Während der Simulation plotten**.
- Um mehrere Variable auszuwählen, drücken Sie beim Anklicken der Variablen gleichzeitig die SHIFT-Taste und anschließend auf **Während der Simulation plotten**.
- Um eine Variable aus der Liste auf der rechten Seite zu entfernen, wählen Sie diese aus und klicken anschließend auf **Entfernen**.

Zusätzlich zu den Grundfunktionen bietet Ihnen die Registerkarte Ausgabevariable die Möglichkeit, die Variablenliste sowie die anzuzeigenden Variablen zu filtern und eine große Auswahl an Bauelemente- und Modellparametern hinzuzufügen.

Standardmäßig werden zunächst alle verfügbaren Variablen in die Liste **Schaltungsvariable** aufgenommen.

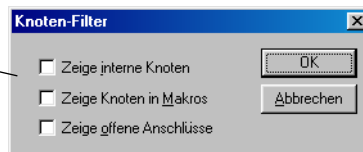
### 8.2.3.2 Filtern der Variablenliste

- Um Variable, die in der Variablenliste enthalten sind, zu filtern, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Klicken Sie auf die Dropdown-Liste **Schaltungsvariable**.
  2. Klicken Sie auf Allgemeine Variable (das sind Variable wie Spannungen, Ströme, Bauelemente-/Modellparameter), um sie in die Liste aufzunehmen.

Sie können die angezeigten Variablen filtern, um so interne Knoten (Knoten in Transistorschaltungen oder SPICE-Teilschaltungen), offene Anschlüsse sowie Ausgabevariablen von jedem beliebigen Untermodul der Schaltung einzubeziehen.

- Gehen Sie hierbei wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf **Markierte Variable filtern**. Das Fenster Knoten filtern wird geöffnet:

Aktivieren Sie die gewünschten Einstellungen.

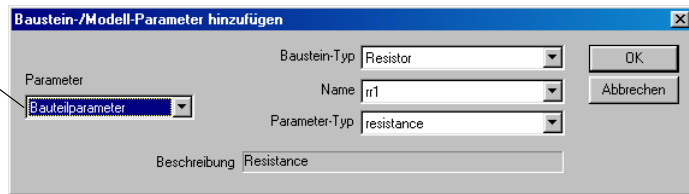


2. Aktivieren Sie eine oder mehrere Einstellungen.
3. Klicken Sie auf **OK**.

### 8.2.3.3 Aufnehmen von Parametern in eine Variablenliste

- Um Parameter eines speziellen Bauelements oder eines Modells in die Variablenliste aufzunehmen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Klicken Sie auf **Bauelemente-/Modellparameter hinzufügen**. Das Fenster Bauelemente-/Modellparameter hinzufügen wird geöffnet. Sie können nun wählen, welche Parameter hinzugefügt werden sollen. Zum Beispiel:

Wählen Sie zwischen Bauelemente- und Modellparametern.



2. Aus der Liste **Parametertyp** wählen Sie zwischen Bauelemente- und Modellparameter. Durch diese Auswahl bestimmen Sie, wie verschiedene interne Parameter eines Bauelements oder Modell sich während einer Analyse ändern.
3. Aus der Dropdown-Liste **Bauelementtyp** wählen Sie einen der Bauelementtypen, die in der Schaltung vorhanden sind.
4. Aus der Dropdown-Liste **Name** wählen Sie die von ihnen gewünschte Instanz des Bauelementtyps.
5. Aus der Dropdown-Liste **Parameter** wählen Sie einen der verfügbaren Bauelemente-/Modellparameter aus. Im Feld **Beschreibung** wird eine Kurzbeschreibung des ausgewählten Parameters angezeigt.
6. Klicken Sie auf **OK**, um den ausgewählten Parameter in die Liste **Schaltungsvariable** einzufügen. Die Variable kann nun in der Analyse verwendet werden.
7. Um die Änderung zu speichern, klicken Sie **Akzeptieren**. Um sie zu widerrufen, klicken Sie auf **Abbrechen**.

Der Parameter erscheint in der linken Liste unterhalb der Registerkarte Ausgabevariable, die so eingestellt ist, dass lediglich die Bauelemente-/Modellparameter angezeigt werden.

- Um einen Parameter, den Sie auf die beschriebene Art eingefügt haben zu löschen, klicken Sie auf den Parameter und anschließend auf **Markierte Variable löschen**.
- Um die Werte aller Elemente und Modelle der Schaltung am Ende der Simulation anzuzeigen, aktivieren Sie das Kontrollkästchen **Alle Ausgangsparameter am Ende der Simulation im Prüfprotokoll anzeigen**.

## 8.2.4 Registerkarte Verschiedenes

Die Optionen dieser Registerkarte bieten Ihnen noch mehr Flexibilität. Für diese Analyse ist es jedoch nicht erforderlich, diese Optionen zu verwenden. Verwenden Sie die Registerkarte, um einen Titel für die Analyseresultate zu definieren, um zu prüfen, ob die Schaltung analysiert werden kann, und um benutzerspezifische Analyseoptionen einzustellen. Standardmäßig zeigt die Registerkarte die am häufigsten genutzten Felder an. Klicken Sie auf **Mehr**, um alle zur Verfügung stehenden Optionen im Fenster anzuzeigen (siehe folgendes Beispiel).

Um benutzerdefinierte Optionen verwenden zu können, aktivieren Sie dieses Kontrollkästchen und wählen eine Option aus der Liste.

Parameter	Beschreibung	Wert
acct	Simulations-Statistik ausgeben	Nicht verwende
gmin	Kleinster Leitwert	Verwende St
reltol	Relative Fehlertoleranz	Verwende St
abstol	Absolute Fehlertoleranz	Verwende St
vntol	Spannungs-Fehlertoleranz	Verwende St
ltol	Transienten Fehlertoleranz-Faktor	7
chgtol	Ladungs-Fehlertoleranz	Verwende St
niytol	Absolutes Pivotalverhältnis	Verwende St

Um zu prüfen, ob die Schaltung analysiert werden kann, aktivieren Sie diese Option.

Der Titel erscheint im Analysefenster und im Protokollfenster.

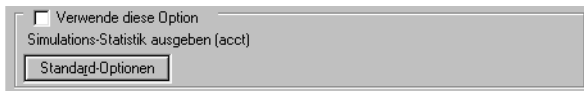
- Um zu prüfen, ob die Schaltung analysiert werden kann, aktivieren Sie **Konsistenzprüfung vor der Analyse durchführen**. Diese Option erkennt automatisch Fehler in der Schaltung wie offene Kondensatoren, leere Schaltungsdateien und nicht geerdete Schaltungen.

Im Normalfall arbeiten die Analysen jetzt ohne weitere Eingriffe. Wenn eine Analyse nicht so ausgeführt wird, wie Sie es erwarten, kann es erforderlich sein, benutzerdefinierte Optionen einzustellen.

- Um den standardmäßigen Analysenamen zu ändern, geben Sie den gewünschten Namen ins Feld **Analysetitel** ein.

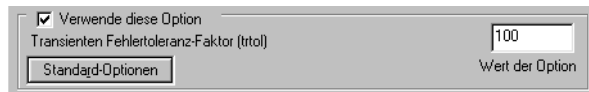
- Um benutzerdefinierte Analyseoptionen einzustellen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
1. Aktivieren Sie das Kontrollkästchen **Benutzerdefinierte Analyseoptionen verwenden**.  
**Hinweis** Sie sollten Grundkenntnisse über SPICE-Simulationstreiber haben, wenn Sie Voreinstellungen durchführen wollen.
  2. Wählen Sie aus der Liste der Analyseoptionen (die blau dargestellten Optionen sind standardmäßig nicht auf den SPICE-Wert eingestellt) die zu ändernden Optionen. Die Bildschirmanzeige an unteren Rand der Liste ändert sich und zeigt die verfügbaren Auswahlmöglichkeiten an.

Bei den Analyseoptionen, die Sie lediglich ein- und ausschalten können, sieht die Anzeige wie folgt aus:



Um zu prüfen, ob die Option wirksam ist, müssen Sie das Kontrollkästchen **Diese Option verwenden** der betreffenden Option aktivieren oder deaktivieren. Um die Option auf die Standardeinstellung zurückzusetzen, klicken Sie auf **Standardeinstellung Option**.

Bei den Analyseoptionen, deren Werte Sie definieren können, sieht die Anzeige wie folgt aus:



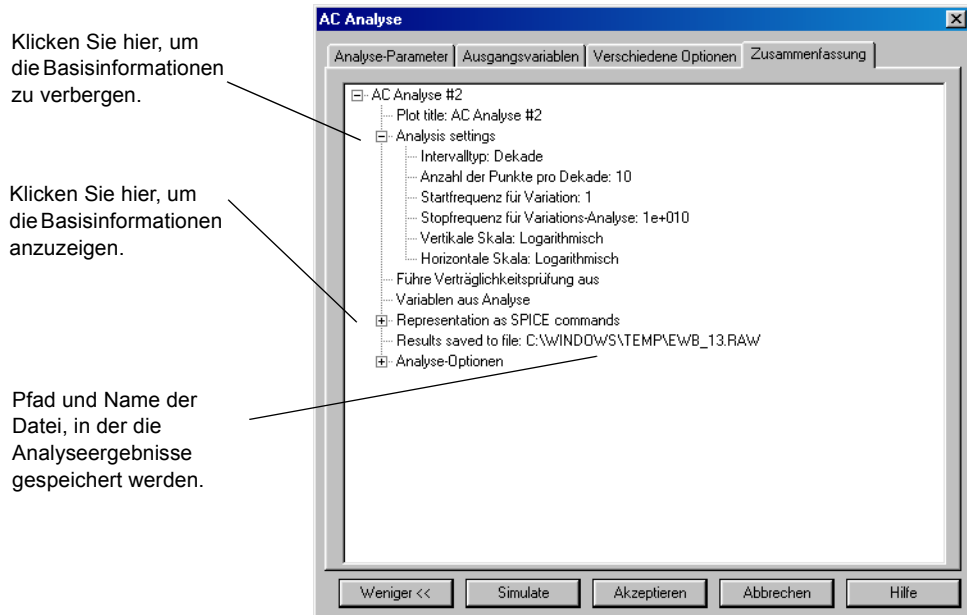
Um den Standardwert zu verwenden, aktivieren Sie **Standardwert verwenden**. Um einen eigenen Wert vorzugeben, aktivieren Sie **Standardwert verwenden** und geben einen Wert in das Feld **Wert der Option** ein. Um den eingegebenen Wert auf den Standardwert zurückzusetzen, klicken Sie auf **Standard-Optionen**.

3. Um die Änderungen zu speichern, klicken Sie auf **OK**. Um das Fenster zu schließen, ohne die Änderungen zu speichern, klicken Sie auf **Abbrechen**.

Eine vollständige Liste der verfügbaren Optionen finden Sie in "Analyseoptionen" auf Seite 8-80.

## 8.2.5 Registerkarte Zusammenfassung

Diese Registerkarte bietet Ihnen eine schnelle Übersicht über die Analyseeinstellungen. Hierfür ist es nicht notwendig, Optionen einzustellen. Sie können diese Registerkarte jedoch dazu verwenden, um die Zusammenfassung Ihrer Analyse zu sehen. Standardmäßig zeigt die Registerkarte die am häufigsten genutzten Felder an. Klicken Sie auf **Mehr**, um alle zur Verfügung stehenden Optionen im Fenster anzuzeigen (siehe folgendes Beispiel).



Navigieren Sie in diesem Fenster wie im Windows Explorer. Ein Pluszeichen (+) zeigt an, dass es noch zusätzliche Information gibt, die angezeigt wird, wenn Sie aufs Pluszeichen (+) klicken. Ein Minuszeichen (-) neben einer Position besagt, dass alle enthaltenen Informationen angezeigt werden. Diese Informationen können durch Klicken aufs Minuszeichen (-) wieder verborgen werden.

Außerdem zeigt Ihnen das Fenster auch die Umsetzung Ihrer Optionen in einer SPICE-Darstellung sowie den Dateinamen an, unter dem die Analyseergebnisse gespeichert werden (.raw Datei). Diese Datei wird für den Postprozessor benötigt.

## 8.2.6 Unvollständige Analysen

Aus den unterschiedlichsten Gründen kann es vorkommen, dass der Simulator von Multisim nicht in der Lage ist, eine Simulation oder Analyse zu beenden.

Multisim verwendet das Newton-Raphson-Verfahren, um nichtlineare Schaltungen aufzulösen. Enthält eine Schaltung nichtlineare Bauelemente, wird versucht die Nichtlinearität durch Iterationen mehrerer linearer Gleichungen zu berechnen. Der Simulator schätzt zunächst die Spannung am Knoten und berechnet dann die Ströme an den Verzweigungen auf der Basis der Leitwerte in der Schaltung. Die Ströme an den Verzweigungen werden dazu genutzt, um die Spannung am Knoten zu berechnen und den Zyklus zu wiederholen. Der Zyklus wird so lange fortgesetzt, bis alle Spannungen an den Knoten und Ströme an den Verzweigungen innerhalb der benutzerdefinierten Toleranzen liegen und somit Konvergenz erreicht ist. Sie können für die Analyse die erforderlichen Toleranzen und Iterationsgrenzen festlegen, wie in “Analyseoptionen” auf Seite 8-80 beschrieben.

Wenn sich nach der vorgegebenen Anzahl der Iterationen keine Konvergenz für Spannungen oder Ströme erreichen lässt, erscheint eine Fehlermeldung und die Simulation wird abgebrochen.

## 8.3 Gleichspannungsarbeitspunktanalyse

### 8.3.1 Über die Gleichspannungsarbeitspunktanalyse

Mit Hilfe der Gleichspannungsarbeitspunktanalyse wird der Gleichspannungsarbeitspunkt einer Schaltung bestimmt. Bei der Gleichspannungsanalyse werden Wechselspannungsquellen auf Null gesetzt und ein Balancezustand angenommen, sodass Kondensatoren als Unterbrechungen und Spulen als Kurzschlüsse betrachtet werden. Die Ergebnisse einer Gleichspannungsanalyse dienen meist nur als Zwischenergebnisse für nachfolgende Analysen. So generiert z.B. die Gleichspannungsarbeitspunktanalyse für alle nichtlinearen Bauelemente (z.B. Dioden und Transistoren) lineare Kleinsignalmodelle für die Frequenzanalyse.

**Annahmen** Digitale Bauelemente werden wie hohe Widerstände nach Masse behandelt. Zu den Ergebnissen gehören die Gleichspannungen an den Knoten und die Ströme der Verzweigungen.

**Hinweis** Außerdem können Sie für Knoten spezifisch festlegen, ob eine bestimmte Leiterbahnenbreite in die Analyse einbezogen werden soll. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Ändern von Knotennummern” auf Seite 3-29.

## 8.3.2 Einstellen der Parameterwerte für die Gleichspannungsarbeitspunktanalyse

Für diese Analyse müssen keine speziellen Parameter eingestellt werden.

## 8.3.3 Fehlerbeseitigung bei der Gleichspannungsarbeitspunktanalyse

Es können verschiedene Gründe vorliegen, wenn eine Gleichspannungsanalyse zu keiner Konvergenz führt. Die geschätzten Knotenspannungen können zu stark abweichen, die Schaltung ist instabil oder bistabil (die Gleichungen haben mehr als eine mögliche Lösung), im Modell bestehen Unterbrechungen oder die Schaltung enthält unrealistische Impedanzen.

**Hinweis** Alle Fehler, die während der Analyse auftreten, werden im Prüfprotokoll angezeigt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Anzeigen der Analyseergebnisse: Prüfprotokoll” auf Seite 8-64.

Um mehrere Konvergenzprobleme zu lösen und Analysefehler zu beseitigen, sollten Sie wie folgt vorgehen. Bevor Sie fortfahren, müssen Sie prüfen, welche Analyse die Probleme verursacht (die Gleichspannungsarbeitspunktanalyse wird meistens vor weiteren Analysen durchgeführt). Beginnen Sie bei jeder der folgenden Lösungen mit Schritt 1. Danach führen Sie die untergeordneten Schritte aus, bis das Problem gelöst ist.

1. Prüfen Sie die Struktur und die Verbindungen der Schaltung. Stellen Sie sicher, dass:
  - Die Schaltung korrekt verdrahtet ist und keine nicht angeschlossene Knoten oder parasitäre Bauelemente enthält;
  - Sie keine Null mit dem Buchstaben O verwechselt haben;
  - Ihre Schaltung einen Masseknoten hat und jeder Knoten einen Gleichstrompfad nach Masse aufweist. Stellen Sie sicher, dass es innerhalb der Schaltung keine Bereiche gibt, die durch Transformatoren, Kondensatoren usw. von Masse isoliert sind;
  - Kondensatoren und Spannungsquellen nicht parallel geschaltet sind;
  - Spulen und Stromquellen nicht in Serie geschaltet sind;
  - Für alle Bauelemente und Signalquellen die richtigen Werte eingestellt wurden;
  - Alle von anderen Faktoren abhängigen Verstärkungsgrade korrekt sind;
  - Ihre Modelle/Teilschaltungen korrekt eingegeben wurden
2. Erhöhen Sie die maximale Anzahl der Iterationsschritte auf 200 bis 300. Hierdurch führt die Analyse mehr Iterationen durch, bevor sie abgebrochen wird.
3. Reduziert den RSHUNT-Wert um den Faktor 100.
4. Erhöhen Sie den Gmin-Wert für den kleinsten Leitwert um den Faktor 10.
5. Aktivieren Sie die Option **Auf Null setzen**.

## 8.4 Wechselspannungsanalyse

### 8.4.1 Über die Wechselspannungsanalyse

Bei der Frequenzanalyse wird zunächst der Gleichspannungsarbeitspunkt ermittelt, um für alle nichtlinearen Bauelemente lineare Kleinsignalmodelle zu generieren. Anschließend wird eine komplexe Matrix aus realen und imaginären Bauelementen generiert. Um diese Matrix zu generieren, wird Gleichspannungsquellen der Wert Null zugewiesen.

Wechselspannungsquellen, Kondensatoren und Induktivitäten werden durch die entsprechenden Gleichstrommodelle dargestellt. Nichtlineare Bauelemente werden durch die linearen Kleinsignalmodelle repräsentiert, die aus der Gleichspannungsarbeitspunktanalyse abgeleitet wurden. Für alle Wechselspannungen wird angenommen, dass sie sinusförmig sind. Die Frequenz wird hierbei ignoriert. Wurde der Funktionsgenerator auf Rechteck- oder Dreiecksignal eingestellt, wird er für die Analyse automatisch auf Sinusspannung umgeschaltet. Die Frequenzanalyse berechnet anschließend die Reaktion der Schaltung als Funktion der Frequenz.

**Annahmen** Durch eine analoge Kleinsignalschaltung. Digitale Bauelemente werden wie hohe Widerstände nach Masse behandelt.

### 8.4.2 Einstellen der Parameterwerte für die Frequenzanalyse

Bevor Sie mit der Analyse beginnen, prüfen Sie Ihre Schaltung und entscheiden Sie, welche Knoten in die Analyse einbezogen werden sollen. Sie können die Amplitude und die Phase eines Quellsignals für eine Frequenzanalyse über die Parameterwerte der platzierten Bauelemente definieren, wie in “Festlegung der Art, in der ein platziertes Bauelement im Rahmen der Analyse verwendet wird” auf Seite 3-23 beschrieben.



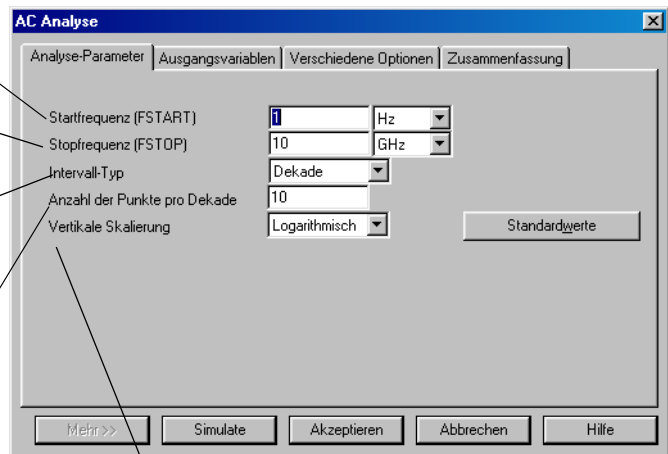
Die Frequenzparameter werden wie folgt eingestellt:

Geben Sie die Startfrequenz des Intervalls ein.

Geben Sie die Stoppfrequenz des Intervalls ein.

Wählen Sie eine Skalierungsart: Dekade, Linear oder Oktave. Die Einstellung definiert, wie die zu berechnenden Punkte über den Frequenzbereich verteilt werden.

Geben Sie die zu berechnende Anzahl von Punkten ein. Für ein lineares Intervall wählen Sie die Anzahl der Punkte zwischen Start und Ende.



Wählen Sie eine vertikale Skalierung: Linear, Logarithmisch, Dezibel oder Oktave. Diese Einstellung steuert den Maßstab der Y-Achse bei der Ausgabe.

**Hinweis** Um alle Parameter auf ihre Standardwerte zurückzusetzen, klicken Sie auf **Standardwerte**.

Das Ergebnis der Frequenzanalyse wird in zwei Teilen angezeigt: Verstärkungsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz und Phase in Abhängigkeit von der Frequenz.

Wenn ein Bode-Plotter angeschlossen ist und Sie die Schaltung aktivieren, wird eine ähnliche Analyse durchgeführt.

## Einstellen der Parameterwerte (normale Verwendung)

In den meisten Fällen müssen Sie nur die beiden folgenden Parameter definieren:

- **Startfrequenz (FSTART)**
- **Stoppfrequenz (FSTOP)**

## Einstellen der Parameterwerte (erweiterte Funktionen)

Zusätzlich zum Frequenzbereich können Sie folgende Einstellungen durchführen:

- Sie können aus der Dropdown-Liste **Intervall-Art** zwischen Dekade, Linear oder Oktave wählen.
- Sie können ins Feld **Anzahl der Punkte pro Dekade** die Anzahl der zu berechnenden Punkte eingeben.
- Sie können aus der Dropdown-Liste **Vertikale Skalierung** wählen, wie die Y-Achse skaliert werden soll.

**Hinweis** Je größer die Anzahl der zu berechnenden Punkte ist, um so genauer wird das Ergebnis. Hierdurch erhöht sich jedoch die Simulationsdauer entsprechend.

## 8.5 Impulsanalyse

### 8.5.1 Über die Impulsanalyse

Während der Impulsanalyse, die auch als zeitbestimmte Impulsanalyse bezeichnet wird, wird das Verhalten der Schaltung als Funktion der Zeit verarbeitet. Jeder Eingabezyklus wird in Intervalle aufgeteilt und für jeden Zeitpunkt im Zyklus wird eine Gleichspannungsanalyse durchgeführt. Die Auflösung der Kurvenform der Spannung am Knoten wird durch den Wert dieser Spannung bei jedem Zeitpunkt während des ganzen Zyklus bestimmt.

Gleichspannungsquellen haben konstante, Wechselspannungsquellen zeitabhängige Werte. Kondensatoren und Spulen werden durch Energiespeichermodelle repräsentiert. Um die Menge der transferierten Energie über ein Zeitintervall zu berechnen, wird numerische Integration verwendet.

Anfangseinstellung	Arbeitsweise
Automatisch ermittelte Anfangsbedingungen	Multisim versucht die Simulation mit Hilfe des Gleichspannungsarbeitspunkts als Anfangsbedingung zu starten. Schlägt die Simulation fehl, verwendet Multisim benutzerdefinierte Anfangsbedingungen.
Berechnen des Gleichspannungsarbeitspunkts	Multisim berechnet zunächst den Gleichspannungsarbeitspunkt der Schaltung und verwendet diesen Wert dann als Anfangsbedingung für die Impulsanalyse.
Auf Null setzen	Die Impulsanalyse startet mit der Anfangsbedingung Null.
Benutzerdefiniert	Die Analyse startet mit den Werten, die Sie im Fenster Impulsanalyse vorgegeben haben.

**Annahmen** Keine

## 8.5.2 Einstellen der Parameterwerte für die Impulsanalyse

Bevor Sie mit der Analyse beginnen, prüfen Sie Ihre Schaltung und entscheiden Sie, welche Knoten in die Analyse einbezogen werden sollen.

Die Analyseparameter werden wie folgt eingestellt:

**Hinweis** Wenn Ihr Fenster nicht dem Fenster in der Abbildung entspricht, klicken Sie auf **Mehr**, um auf alle Optionen zugreifen zu können.

Anfangsbedingungen einstellen:  
Auf Null setzen, Benutzerdefiniert, Gleichspannungsarbeitspunkt berechnen oder Automatisch ermittelte Anfangsbedingungen.

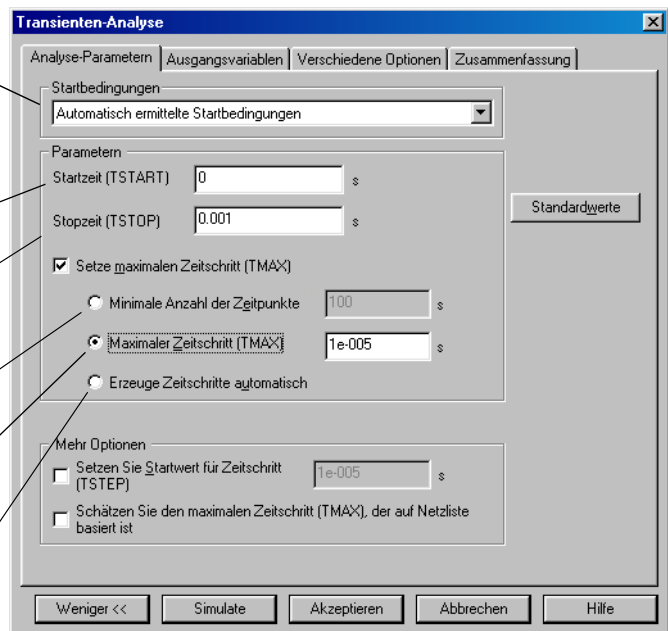
Die Startzeit (TSTART) der Impulsanalyse muss größer oder gleich Null und kleiner als die Stoppzeit (TSTOP) sein.

Die Stoppzeit der Impulsanalyse muss größer als die Startzeit sein.

Aktivieren Sie das Optionsfeld, um die Mindestanzahl der Zeitpunkte (Anzahl der Punkte zwischen Start- und Stoppzeit) einzugeben.

Aktivieren Sie das Optionsfeld, um den maximalen Zeitpunkt für die Simulation vorzugeben.

Aktivieren Sie das Optionsfeld, damit der Zeitpunkt automatisch bestimmt werden kann.



Als Ergebnis liefert die Impulsanalyse eine Berechnung der Spannung in Abhängigkeit von der Zeit.

Wenn Sie einen Oszillografen an Ihre Schaltung angeschlossen haben und die Schaltung aktivieren, wird eine ähnliche Analyse durchgeführt.

**Hinweis** Um alle Parameter auf die Standardwerte zurückzusetzen, klicken Sie auf **Standardwerte**.

## Einstellen der Parameterwerte (normale Verwendung)

Die Standardeinstellungen sind für normale Verwendung ausreichend. Das Ergebnis ist die Sprungantwort der Ausgabevariablen in einem Zeitraum von 0 Sekunden bis 1 ms (0,001 s). Bei Bedarf können Sie:

- die Startzeit ändern, indem Sie einen Wert ins Feld **Startzeit (TSTART)** eingeben, der größer als 0, aber kleiner als die Stoppzeit ist;
- die Stoppzeit ändern, indem Sie ins Feld **Stoppzeit (TSTOP)** einen Wert eingeben, der größer als die Startzeit ist.

## Einstellen der Parameterwerte (erweiterte Funktionen)

Zusätzlich können Sie folgende Einstellungen durchführen:

- die Anfangsbedingungen zum Zeitpunkt 0 definieren, indem Sie aus der Dropdown-Liste **Anfangsbedingungen** Anfangsbedingung (Auf Null setzen, Benutzerdefiniert, Gleichspannungsarbeitspunkt berechnen oder Automatisch ermittelte Anfangsbedingungen) wählen.

Sie können alle Anfangsbedingungen auf Null setzen oder die Werte der Schaltung nach Erreichen des Balancezustands übernehmen. Während oder auch nach der Entwicklung Ihrer Schaltung können Sie Spannungen für Knoten festlegen. Diese vorgegebenen Werte können dann ebenfalls als Anfangsbedingungen definiert werden.

**Hinweis** Wenn Sie "Automatisch ermittelte Anfangsbedingungen" wählen, verwendet Multisim die Werte im Balancezustand für die Analyse. Führt dies nicht zum Erfolg, setzt Multisim die Anfangsbedingungen auf Null. Ist eine Simulation immer noch nicht möglich, verwendet Multisim die benutzerdefinierten Bedingungen.

- Um den maximalen Zeitpunkt vorzugeben, aktivieren Sie das Optionsfeld **Maximaler Zeitpunkt (TMAX)** und geben den gewünschten Wert ein.
- Um die Mindestanzahl der Zeitpunkte vorzugeben, aktivieren Sie das Optionsfeld **Mindestanzahl Zeitpunkte** und geben ein, wie viele Zeitpunkte mindestens berechnet werden sollen.

**Hinweis** Der Wert für TMAX wird berechnet, indem das Intervall zwischen Start- und Stoppzeit durch die festgelegte Mindestanzahl der Zeitpunkte dividiert wird.

- Indem Sie das Kontrollkästchen **Startwert für Zeitpunkt setzen (TSTEP)** aktivieren, können Sie einen Wert eingeben, der niedriger sein muss, als der Wert für den maximalen Zeitpunkt wie im Feld **Maximaler Zeitpunkt (TMAX)** definiert. Wenn die Voraussetzungen stimmen, beginnen die Zeitpunkte während der Simulation mit dem Wert des Startschritts und stoppen, wenn der vorgegebene Wert für den maximalen Zeitpunkt erreicht ist.

## 8.5.3 Fehlerbeseitigung bei der Impulsanalyse

Wird mit den vorgegebenen Zeitpunkten während der Analyse kein Ergebnis erzielt, so wird der Zeitpunkt automatisch reduziert und der Zyklus wiederholt. Muss der Zeitpunkt soweit reduziert werden, dass es zu der Fehlermeldung ('Zeitpunkt zu klein') kommt, wird die Simulation abgebrochen. Versuchen Sie in diesem Fall Folgendes:

- Prüfen Sie die Struktur und die Verbindungen der Schaltung (siehe Schritt 1 von "Fehlerbeseitigung bei der Gleichspannungsarbeitspunktanalyse" auf Seite 8-11).
- Stellen Sie die relative Fehlertoleranz auf 0,01 ein. Wird der Toleranzwert angehoben, sind weniger Iterationen nötig, um ein Ergebnis zu erhalten, sodass die Simulation schneller beendet wird.
- Erhöhen Sie die Anzahl der Iterationsschritte auf 100. Hierdurch erreichen Sie, dass für jeden Zeitpunkt mehr Iterationen ausgeführt werden, bevor die Impulsanalyse abgebrochen wird.
- Verringern Sie die absolute Spannungsfehler-Toleranz, wenn die Spannungen dies zulassen. In Ihrer Schaltung sind eventuell Auflösungen von bis zu 1  $\mu\text{V}$  oder 1 pA nicht erforderlich. Sie sollten aber Voreinstellungen wählen, die mindestens um eine Größenordnung unter den niedrigsten Spannungen und Strömen liegen, die Sie in Ihrer Schaltung erwarten.
- Entwickeln Sie Ihre Schaltung realitätsbezogen. Bauen Sie realistische Störeffekte ein, indem Sie z.B. Kapazitäten an den Verbindungen vorsehen. Beschalten Sie Dioden mit Tiefpassfiltern (RC-Gliedern). Ersetzen Sie Bauelementemodelle durch Teilschaltungen (insbesondere HF-Schaltungen und Leistungsstufen).
- Wenn Ihre Schaltung einen bistabilen Multivibrator enthält, erhöhen Sie die Anstiegs- und Abfallzeiten.
- Ändern Sie das Integrationsverfahren von Trapezintegration in Gear-Integration. Gear-Integration benötigt längere Simulationszeiten, ist aber im Allgemeinen stabiler als die Trapezintegration.

## 8.6 Fourier-Analyse

### 8.6.1 Über die Fourier-Analyse

Mit der Fourier-Analyse werden komplexe, periodische Wellenformen analysiert. Sie kann periodische, nicht sinusförmige Funktionen in Sinus- oder Kosinuskurven (möglicherweise eine unendliche Zahl) und eine Gleichspannungskomponente auflösen. Mit diesem Ergebnis können Sie weitere Analysen durchführen und untersuchen, welcher Effekt entsteht, wenn diese Signale mit anderen kombiniert werden.

Anhand des mathematischen Lehrsatzes einer Fourier-Reihe kann die periodische Funktion  $f(t)$  wie folgt beschrieben werden:

$$f(t) = A_0 + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2\omega t + \dots + B_1 \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t + \dots$$

Hierbei ist:

$A_0$	=	Gleichspannungskomponente des Originalsignals
$A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t$	=	Fundamentale Komponente (gleiche Frequenz und Periode wie Originalwelle)
$A_n \cos n\omega t + B_n \sin n\omega t$	=	$n^{\text{te}}$ Oberwelle der Funktion
A, B	=	Koeffizient
$\frac{2\pi}{T}$	=	Fundamentale Kreisfrequenz oder $2\pi$ Frequenz der periodischen Originalwelle

Jedes Element (oder *Term*) des Frequenzspektrums wird durch die entsprechende Oberschwingung der periodischen Welle generiert. Jedes Term wird als separate Signalquelle betrachtet. Gemäß dem Überlagerungsprinzip ist das gesamte Frequenzspektrum die Summe der Frequenzspektren der einzelnen Terme. Beachten Sie, dass die Amplitude der Oberschwingungen in gleichem Maße sinkt, wie ihre Reihenfolge zunimmt. Dies zeigt, dass vergleichbar wenige Begriffe bereits eine gute Annäherung ermöglichen.

Wenn Multisim diskrete Fourier-Transformationen (DFT) durchführt, wird nur jeder zweite Zyklus der fundamentalen Elemente einer Zeitbasis oder Eigenschwingverhaltens (abgenommen an einem Ausgangsknoten) verwendet. Der erste Zyklus wird wegen der Einschwingzeit ignoriert. Der Koeffizient für jede Oberwelle wird anhand der Daten, die von Beginn des Zyklus bis zum Zeitpunkt "t" gesammelt wurden, berechnet. Dies geschieht automatisch als Funktion der Grundfrequenz. Für die Analyse ist es erforderlich, dass eine Grundfrequenz der Frequenz des Wechselspannungssignals oder dem kleinsten gemeinsamen Faktor mehrerer Wechselspannungssignale entspricht.

**Annahmen** Keine

## 8.6.2 Einstellen der Parameterwerte für die Fourier-Analyse

Bevor Sie mit der Analyse beginnen, prüfen Sie Ihre Schaltung und wählen im Fenster einen Ausgangsknoten. Die Ausgabevariable ist der Knoten, an dem die Analyse das Signal entnimmt. Die Parameterwerte für die Fourier-Analyse werden im folgenden Fenster eingestellt:

**Hinweis** Wenn Ihr Fenster nicht wie das abgebildete Fenster aussieht, klicken Sie auf **Mehr**.

Einstellen auf die Frequenz eines Wechselspannungssignals in der Schaltung. Existieren verschiedene Wechselspannungssignale, verwenden Sie den kleinsten gemeinsamen Faktor der Frequenzen. Anklicken, damit Multisim die Grundfrequenz abschätzt.

Anklicken, um die Parameter für die angegliederte Impulsanalyse einzustellen.

Aktivieren, um Ergebnisse als Phasendiagramm darzustellen.

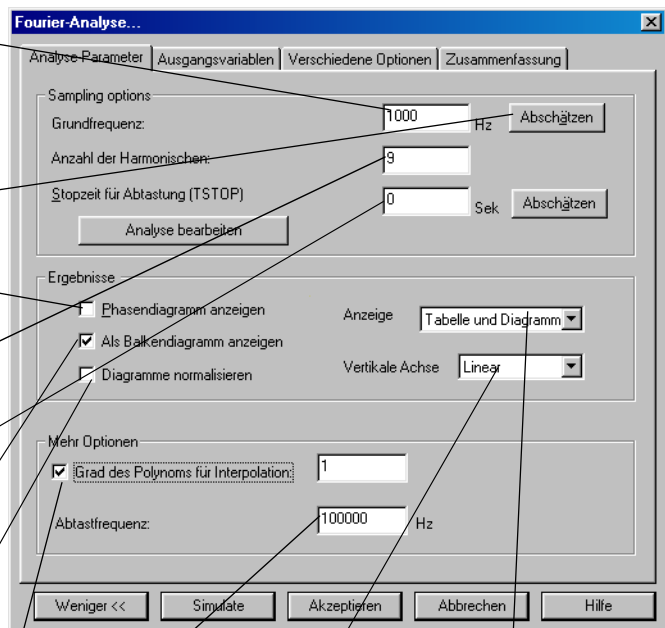
Geben Sie die Anzahl der errechneten Oberschwingungen für die Grundfrequenz ein.

Geben Sie die Zeit ein, während der abgetastet werden soll (oder verwenden Sie das Fenster Impulsanalyse).

Aktivieren, um Ergebnisse als Balkendiagramm darzustellen. Anderenfalls wird ein Liniendiagramm dargestellt.

Aktivieren, um Diagramme zu normalisieren. Als Basis hierzu dient die 1. Oberschwingung.

Aktivieren, um den Grad der Interpolation zwischen zwei Punkten der Simulation festzulegen.



Legen Sie eine Abtast-Frequenz fest.

Wählen Sie eine vertikale Skalierung: Linear, Logarithmisch, Dezibel oder Oktave.

Art der Anzeige wählen: Tabelle, Diagramm oder Tabelle und Diagramm.

Die Fourier-Analyse generiert ein Diagramm, die zum einen aus den Amplituden der Spannungselemente besteht und zum anderen optional Phasenelemente gegen die Frequenz darstellt. Im Normalfall wird die Amplitudengrafik als Balkendiagramm dargestellt. Sie kann aber auch als Liniengrafik angezeigt werden.

Außerdem berechnet die Analyse den Gesamtklirrrgrad in Prozent. Der Gesamtklirrrgrad wird berechnet, indem zunächst die Grundfrequenz ausgefiltert wird. Dann wird aus der Summe der Quadrate aller  $n$  Oberschwingungen die Wurzel gezogen. Danach wird dieser Wert durch die Amplitude der ausgefilterten Grundfrequenz geteilt.

$THD = [(\sum_{i=2} V_i^2) / V_1] \times 100 \%$ , wobei  $V_1$  die Amplitude der  $i^{\text{ten}}$  Oberschwingung ist.

### Einstellen der Parameterwerte (normale Verwendung)

Für normale Verwendung ist es ausreichend, wenn Sie nur die folgenden Parameter definieren:

- Frequenz, die getestet werden soll, indem Sie entweder auf **Abschätzen** klicken, um einen Wert zu wählen, der auf den vorhandenen Wechselspannungssignalen in der Schaltung basiert, oder indem Sie einen Wert ins Feld **Grundfrequenz** eingeben. Dieser Wert muss der kleinste gemeinsame Faktor der Frequenzen sein, der in der Schaltung vorkommt.
- Anzahl der Oberschwingungen, indem Sie ins Feld **Anzahl der Oberschwingungen** einen Wert eingeben. Sie können spezifizieren, wie lang die Messung angehalten werden soll, damit keine unerwünschten Ergebnisse ermittelt werden, wenn die Schaltung noch nicht ihren Balancezustand erreicht hat.
- Sie geben eine Stoppzeit vor, indem Sie einen Wert ins Feld **Stoppzeit für Abtastung (TSTOP)** eingeben oder auf Abschätzen klicken. Obwohl die Nyquist-Rate besagt, dass eine verwendbare Abtastfrequenz gegeben ist, wenn die höchste Frequenz zweimal berücksichtigt wurde, empfehlen wir, dass Sie eine Abtastfrequenz definieren, die ausreicht, um mindestens 10 Abtastpunkte pro Periode zu erfassen.
- Geben Sie ins Feld **Abtastfrequenz** einen entsprechenden Wert ein.

**Hinweis** Die Abtastfrequenz soll der Auflösung der Frequenz entsprechen (der Anzahl der Oberschwingungen + 1), also mindestens 10.



## Einstellen der Parameterwerte (erweiterte Funktionen)

Zusätzlich zu den Grundeinstellungen können Sie auch die folgenden Parameter spezifizieren:

- Den Grad des Polynoms für die Interpolation, indem Sie das Kontrollkästchen **Grad des Polynoms für die Interpolation** aktivieren und ins Feld einen entsprechenden Wert eingeben. Je höher dieser Wert ist, um so genauer sind die Ergebnisse.
- Die Darstellungsform der Ergebnisse wählen, indem Sie sich eine oder alle der folgenden Optionen durchführen:
  - Sie können in der Dropdown-Liste **Vertikale Achse** Linear, Logarithmisch, Dezibel oder Oktave wählen;
  - in der Dropdown-Liste **Anzeige** können Sie bestimmen, wie das Ergebnis angezeigt werden soll: als Tabelle, als Diagramm oder als Tabelle und als Diagramm;
  - durch Aktivieren von **Phasendiagramm anzeigen** werden die Ergebnisse als Phasendiagramm dargestellt;
  - durch Aktivieren von **Balkendiagramm anzeigen** werden die Ergebnisse als Balkendiagramm an Stelle eines Liniendiagramms dargestellt;
  - durch Aktivieren von **Diagramme normalisieren** werden die Ergebnisse in Bezug auf die Grundfrequenz normalisiert.
- Die Optionen für die Impulsanalyse einstellen, indem Sie auf **Impulsanalyse bearbeiten** klicken, um die bereits von oben bekannten Optionen für die Impulsanalyse festzulegen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in “Einstellen der Parameterwerte (normale Verwendung)” auf Seite 8-16.

## 8.7 Rauschsignalanalyse

### 8.7.1 Über die Rauschsignalanalyse

Unter Rauschen versteht man jede unerwünschte Spannung oder Strom am Ausgang. Ein bekannter Effekt von Rauschsignal ist das Fernsehbild mit "Schnee", das durch gleichmäßig über den gesamten Frequenzbereich des Fernsehsignals verteiltes Rauschen entsteht.

Multisim bietet Ihnen drei verschiedene Arten einer Rauschsignalanalyse:

1. **Thermisches Rauschen** (auch bekannt als *Johnson-*, oder *weißes* Rauschen) ist temperaturabhängig und entsteht durch das thermische Molekularrauschen in elektrisch leitendem Material. Seine Frequenz ist gleichmäßig über das gesamte Frequenzspektrum verteilt.

Die Energie eines so entstandenen Rauschens wird mit der Gleichung von Johnson berechnet:

$$P = k \times T \times BW$$

Hierbei ist:

k = Boltzmann Konstante ( $1.38 \times 10^{-23} J/K$ )

T = Temperatur des Widerstands in Kelvin (T = 273 + Temperatur in ° Celsius)

B = Frequenzbandbreite des betrachteten Systems.  
W

Die thermische Spannung kann anhand einer Wechselspannungsquelle in Serie mit einem Widerstand veranschaulicht werden

$$e^2 = 4kTR \times BW$$

oder der Wechselstromgenerator

$$i^2 = 4kTBW/R.$$

2. **Schrotrauschen** ist auf die räumliche Verteilung der Ladungsträger bei allen Arten von Halbleitern zurückzuführen. Es ist der Hauptgrund für das bekannte Transistorrauschen. Die Gleichung für Schrotrauschen in einer Diode lautet wie folgt:

$$i = (2q \times Idc \times BW)^{1/2}$$

Hierbei ist:

$i$  = Schrotrauschen (Aeff)

$q$  = Elektronenladung ( $1.6 \times 10^{-19}$   
Coulomb)

$I_{dc}$  = Gleichstrom (A)

BW = Bandbreite (Hz)

Für alle anderen Bauelemente wie Transistoren sind keine gültigen Gleichungen verfügbar. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Datenblatt des Bauelementeherstellers. Schrotrauschen und thermisches Rauschen können sich aufaddieren.

3. **Funkelrauschen** (auch bekannt als *Flicker Noise*, *Rosa Rauschen* oder *1/f* Rauschen) findet man in bipolaren Flächentransistoren und FETs. Es tritt bei Frequenzen unter 1 kHz auf. Es ist umgekehrt proportional zur Frequenz und direkt proportional zu Temperatur und Stromstärke.

**Annahmen** Ist anwendbar bei einer analogen Kleinsignalschaltung. Nicht standardgerechte Bauelemente werden ignoriert. Bei SPICE-Bauelementen werden Rauschmodelle verwendet.

## 8.7.2 Beispiel Rauschsignalanalyse

Rauschsignalanalysen werden oft bei der Diagnose von Problemen in Kommunikationssystemen verwendet. Die Analyse berechnet den Rauschanteil von jedem Widerstand und Halbleiter an einem festgelegten Ausgangsknoten. Bei jeder Rauschsignalquelle wird davon ausgegangen, dass sie nicht statisch mit anderen Rauschsignalquellen verbunden ist, sodass die Werte einzeln berechnet werden. Der *gesamte Rauschpegel* an dem Ausgangsknoten ist der quadratische Mittelwert (Effektivwert) der Summe aller Rauschanteile. Das Ergebnis wird dann durch die Verstärkung zwischen der Eingangsrauschsignalquelle ( $V_0$  in unserem Beispiel) und dem Ausgangsknoten (13) geteilt und ergibt das *äquivalente Eingangsruschen*. Das äquivalente Eingangsruschen entspricht dem Rauschpegel, den Sie am Eingang einer rauschfreien Schaltung anlegen müssten, um am Ausgang den Rauschpegel zu erzielen, den die rauschende Schaltung hat. Die gesamte Rauschspannung kann mit Masse oder mit einem anderen Knoten der Schaltung verknüpft werden. In dem Fall kann das ganze Ausgangsruschen über diese beiden Knoten gelegt werden.

Wenn Sie z.B.  $V_1$  als Eingangsreferenzrauschsignalquelle  $V_1$  und als Ausgangsknoten  $N_1$  wählen, werden die Rauschanteile aller Rauschsignalquellen in  $N_1$  aufsummiert und ergeben

das Ausgangsrauschen. Dieser Wert wird dann durch die Verstärkung zwischen V1 und N1 geteilt, sodass Sie das äquivalente Eingangsrauschen erhalten, das an N1 das vorher berechnete Ausgangsrauschen generiert, wenn es in einer rauschfreien Schaltung an V1 angelegt wird.

### 8.7.3 Einstellen der Parameterwerte für die Rauschsignalanalyse

Bevor Sie mit der Analyse beginnen, prüfen Sie Ihre Schaltung und legen Sie eine Eingangsausgangsrauschsignalquelle sowie einen Ausgangs- und einen Referenzknoten fest.

Die Analyseparameter werden wie folgt eingestellt:

Wählen Sie eine Wechselspannungsquelle als Eingang.

Hierbei handelt es sich um den Knoten, der alle Rauschanteile summiert.

Referenzspannung

Bei Aktivierung wird ein Diagramm mit den Rauschanteilen der ausgewählten Bauelemente angezeigt. Die Anzahl der Frequenzschritte wird durch die Punkte pro Zusammenfassung geteilt. Hierdurch reduziert sich die Auflösung des Diagramms.

#### Einstellen der Parameterwerte für normale Verwendung

Die Rauschsignalanalyse führt eine Wechselspannungsanalyse durch, um das Rauschen zu bestimmen. Die Rauschsignalanalyse liefert ein Spektrum des Ausgangsrauschens, ein Spektrum des Eingangsausgangsrauschens und bei Bedarf ein Spektrum der Rauschanteile der einzelnen Bauelemente. Ist die Analyse beendet, werden die Ergebnisse in Form eines Diagramms von  $V^2$ , in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt.

Die dicke Linie entspricht dem gesamten Ausgangsrauschen am Knoten 13, während die dünne Linie für das äquivalente Eingangsausgangsrauschen an der Wechselspannungsquelle (V0) steht. In diesem Beispiel ist das Ausgangsrauschen für alle Frequenzen innerhalb des spezifizierten Frequenzintervalls konstant.

Auf der Registerkarte Analyseparameter legen Sie folgende Punkte fest:

- Eingangsreferenzrauschsignalquelle
- Ausgangsknoten
- Referenzknoten

## Einstellen der Parameterwerte (erweiterte Funktionen)

Auf der Registerkarte Analyseparameter können Sie zusätzlich definieren, wie oft der Rauschanteil von jedem rauschgenerierenden Bauelement produziert werden soll, indem Sie die Registerkarte **Sollwert pro Zusammenfassung** aktivieren und einen Wert eingeben.

## Einstellen der Frequenzparameter für die Rauschsignalanalyse

Die Frequenzparameter werden wie folgt eingestellt:

Startfrequenz für das Intervall.

Stopffrequenz für das Intervall.

Wählen Sie zwischen Dekade/Linear/Oktave.

Bei Linear, Anzahl der Frequenzpunkte zwischen Start und Ende.

Wählen Sie zwischen Logarithmisch/Linear/Dezibel/Oktave.

## Einstellen der Frequenzparameter für normale Verwendung

Die Standardeinstellungen auf dieser Registerkarte sind für die meisten Anwendungsfälle ausreichend. Sie müssen nur den Frequenzbereich festlegen, indem Sie entsprechende Werte in die Felder **Startfrequenz (FSTART)** und **Stopffrequenz (FSTOP)** eingeben.

- Um die Einstellungen, die Sie bei der aktuellen Wechselspannungsanalyse vorgenommen haben, zu übernehmen, klicken Sie einfach auf **Einstellungen der Wechselspannungsanalyse verwenden**.

Haben Sie die erforderlichen Variablen gewählt und den Frequenzbereich festgelegt, können Sie die Analyse starten.

## Einstellen der Frequenzparameter (erweiterte Funktionen)

Auf der Registerkarte können Sie zusätzlich die folgenden Einstellungen durchführen:

- Sie können aus der Dropdown-Liste **Skalierungsart** zwischen Dekade, Linear oder Oktave wählen. Die Einstellung definiert, wie die zu berechnenden Punkte über den Frequenzbereich verteilt werden.
- Legen Sie die Anzahl der zu berechnenden Punkte fest, indem Sie einen Wert ins Feld **Anzahl der Punkte pro Dekade** eingeben.

**Hinweis** Je höher die Anzahl der zu berechnenden Punkte ist, um so genauer wird das Ergebnis. Hierdurch erhöht sich jedoch die Simulationsdauer entsprechend.

- Legen Sie die Formatierung der Analyseergebnisse fest, indem Sie aus der Dropdown-Liste **Vertikale Skalierung** Linear, Logarithmisch, Dezibel oder Oktave wählen.

**Hinweis** Klicken Sie auf **Standardwerte**, um alle Parameter auf ihre Standardwerte zurückzusetzen.

## 8.8 Klirrfaktoranalyse

### 8.8.1 Über die Klirrfaktoranalyse

Signalverzerrungen entstehen in einer Schaltung im Allgemeinen durch nichtlineare Verstärkung oder Phasenungleicheit. Nichtlineare Verstärkung verursacht *harmonische Verzerrungen*, während Phasenungleicheit *Intermodulationsverzerrungen* hervorruft.

Die Klirrfaktoranalyse dient dazu, kleine Verzerrungen zu finden, die im Normalfall bei der Impulsanalyse nicht erkannt werden können. Multisim simuliert harmonische Verzerrungen und Intermodulationsverzerrungen für analoge Kleinsignalschaltungen. Wenn die Schaltung Wechselspannung verarbeitet, bestimmt die Analyse den komplexen Wert für die zweite und die dritte Oberschwingung an jedem Punkt der Schaltung. Wenn die Schaltung zwei Wechselspannungen verarbeitet, ermittelt die Analyse die komplexen Werte der Schaltungsvariablen anhand von drei verschiedenen Frequenzen: der Summe der Frequenzen, der Differenz den Frequenzen und der Differenz zwischen der niedrigsten und der höchsten Frequenz der zweiten Oberschwingung.

Die Schaltung wird hierbei einer Kleinsignal-Klirrfaktoranalyse unterzogen. Mit Hilfe einer mehrdimensionalen Taylorschen Reihe wird eine mehrdimensionale Volterra-Analyse durchgeführt, um die Nichtlinearitäten am Arbeitspunkt darzustellen. Die Reihenentwicklung verwendet hierbei Terme bis zur dritten Ordnung.

**Annahmen** Analogschaltung, Kleinsignal. Nicht standardgerechte Teile werden ignoriert. Bei SPICE-Bauelementen werden Verzerrungsmodelle verwendet.

## 8.8.2 Einstellen der Parameterwerte für die Klirrfaktoranalyse

Bevor Sie mit der Analyse beginnen, prüfen Sie die Schaltung und entscheiden Sie, ob Sie eine oder zwei Signalquellen und einen oder mehrere Knoten verwenden wollen. Sie können die Amplitude und die Phase eines Signals für eine Klirrfaktoranalyse über die Parameter für platzierte Bauelemente definieren, wie in “Festlegung der Art, in der ein platziertes Bauelement im Rahmen der Analyse verwendet wird” auf Seite 3-23 beschrieben.

Die Analyseparameter werden wie folgt eingestellt:

Geben Sie die Startfrequenz des Intervalls ein.

Geben Sie die Stoppfrequenz des Intervalls ein.

Wählen Sie eine Skalierungsart: Dekade, Linear oder Oktave.

Geben Sie die Anzahl der Punkte ein. Bei Linear müssen Sie die Anzahl der Frequenzpunkte zwischen Start und Ende wählen

Wählen Sie eine vertikale Skalierung: Linear, Logarithmisch, Dezibel oder Oktave.

Ist das Kontrollkästchen bei existierenden Signalen von zwei Frequenzen (F1 und F2) aktiviert, wird F2 gleich diesem Verhältnis multipliziert mit der Startfrequenz gesetzt, während F1 das Intervall durchläuft. Das Verhältnis muss größer als 0 und kleiner als 1,0 sein.

Ist das Verhältnis von F2 zu F1 nicht aktiviert, berechnet die Analyse eine harmonische Verzerrung für eine Frequenz, die dabei das vorgegebene Intervall durchläuft. Ist das Verhältnis von F2 zu F1 aktiviert, wird eine Spektralanalyse durchgeführt. Jedes unabhängige Signal in der Schaltung kann potenziell zwei (sich überlagernde) sinusförmige Eingänge zur Verzerrung der Frequenzen F1 und F2 haben.

Ist das Verhältnis von F2 zu F1 nicht aktiviert, generiert die Analyse ein Diagramm der zweiten und dritten Oberschwingung, die auf der Registerkarte Klirrgrad im Diagrammfenster angezeigt wird. Ist das Verhältnis von F2 zu F1 aktiviert, generiert die Analyse ein Diagramm der ausgewählten Spannung oder Spannung an den Verzweigungen bei intermodulierten Frequenzen  $F1 + F2$ ,  $F1 - F2$ ,  $2 * F1 - F2$  in Abhängigkeit von der Intervallfrequenz F1. Das Diagramm wird auf der Registerkarte Intermodulationsverzerrungen im Diagrammfenster angezeigt. Weitere Informationen über das Multisim-Diagrammfenster finden Sie in “Anzeigen der Analyseergebnisse: Diagrammfenster” auf Seite 8-65.

## Einstellen der Parameterwerte (normale Verwendung)

Die Standardwerte auf dieser Registerkarte sind für die meisten Anwendungsfälle ausreichend. Sie müssen nur den Frequenzbereich festlegen, indem Sie entsprechende Werte in die Felder **Startfrequenz (FSTART)** und **Stoppfrequenz (FSTOP)** eingeben.

**Hinweis** Um alle Parameter auf ihre Standardwerte zurückzusetzen, klicken Sie auf **Standardwerte**.

## Einstellen der Parameterwerte (erweiterte Funktionen)

Über die Registerkarte Analyseparameter können Sie Folgendes einstellen:

- Sie können aus der Dropdown-Liste **Skalierungsart** zwischen Dekade, Linear oder Oktave wählen. Die Einstellung definiert, wie die zu berechnenden Punkte über den Frequenzbereich verteilt werden.
- Legen Sie die Anzahl der zu berechnenden Punkte fest, indem Sie einen Wert ins Feld **Anzahl der Punkte pro Dekade** eingeben.

**Hinweis** Je höher die Anzahl der zu berechnenden Punkte ist, um so genauer wird das Ergebnis. Hierdurch erhöht sich jedoch die Simulationsdauer entsprechend.

- Legen Sie die Formatierung der Analyseergebnisse fest, indem Sie aus der Dropdown-Liste **Vertikale Skalierung** Linear, Logarithmisch, Dezibel oder Oktave wählen.

Wenn Sie die Option **Verhältnis von F2 zu F1** aktivieren, werden die Schaltungsvariablen bei  $(F_1+F_2)$ ,  $F_1-F_2$  und  $(2F_1)-F_2$  berechnet.

- Um das Verhältnis von F2 zu F1 einzustellen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Aktivieren Sie **Verhältnis von F2 zu F1**.
  2. Geben Sie ins Feld einen entsprechenden Wert ein. Der Wert muss größer als 0, aber kleiner als 1 sein.

**Hinweis** Entsprechend der Werte, die als Start- und Stoppfrequenz vorgegeben wurden, durchläuft F1 das Intervall. Während F1 dabei die Frequenz wechselt, wird F2 bei einer Frequenz gehalten. Der Wert für F2 wird bestimmt, indem das Verhältnis von F2 zu F1 mit der festgelegten Startfrequenz (FSTART) multipliziert wird.

**Hinweis** Klicken Sie auf **Standardwerte**, um alle Parameter auf ihre Standardwerte zurückzusetzen.



## 8.9 Analyse mit variabler Gleichspannung

**Hinweis** Wenn Sie die vereinfachte Version gewählt haben, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Konfiguriert und führt die Analyse mit variabler Gleichspannung durch, die den Gleichspannungsarbeitspunkt eines Knotens unter Berücksichtigung verschiedener Werte von einer oder mehreren Gleichspannungsquellen in der Schaltung analysiert.

Durch die Analyse mit variabler Gleichspannung können Sie schnell den Gleichspannungsarbeitspunkt Ihrer Schaltung prüfen, indem er über einen bestimmten Bereich für eine oder zwei Gleichspannungs- oder Gleichstromquellen simuliert wird. Das Ergebnis ist das gleiche, als würden Sie die Schaltung mehrmals mit verschiedenen Werten oder Wertepaaren testen. Sie kontrollieren die Werte, indem Sie auf der Registerkarte Analyseparameter für die Analyse mit variabler Gleichspannung die Werte für Start, Stopp und Schrittbreite definieren.

**Annahmen** Digitale Bauelemente werden wie hohe Widerstände nach Masse behandelt.

### 8.9.1 Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variabler Gleichspannung

Bevor Sie mit der Analyse beginnen, prüfen Sie Ihre Schaltung und legen eine oder zwei Gleichstromquellen fest, die im Intervall durchlaufen werden sollen, und bestimmen Sie einen Knoten.

Bei der Analyse mit variabler Gleichspannung werden die entsprechenden Kurven nacheinander geplottet. Wird nur mit einer Versorgungsspannung gearbeitet, wird eine Kurve gezeichnet, die das Verhältnis des Ausgangswerts am Knoten zur simulierten Versorgungsspannung darstellt. Wird mit zwei Versorgungsspannungen gearbeitet, entspricht die Anzahl der Kurven der Anzahl der Intervallpunkte für die zweite Versorgungsspannung. Jede Kurve zeigt das Verhältnis des Ausgangsknotens zur ersten Versorgungsspannung, während die zweite Versorgungsspannung jeweils in ihrem Intervallwert verharrt.

Kennlinienparameter werden wie folgt eingestellt:

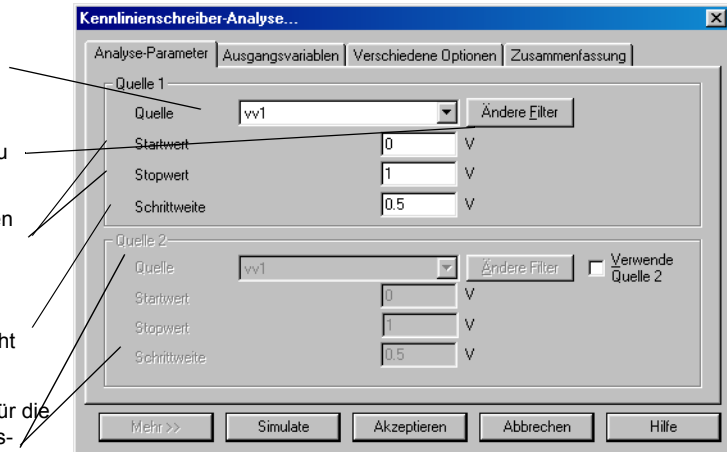
Wählen Sie die Signalquelle.

Anklicken, um Elemente in der Signalquellenliste zu filtern.

Die Werte, bei denen die Analyse startet bzw. stoppt.

Wert, um den jeder Intervallschritt erhöht wird.

Wie oben, jedoch für die zweite Versorgungs-spannungsquelle.



## Einstellen der Parameterwerte (normale Verwendung)

Für normale Verwendung müssen nur die folgenden Optionen eingestellt werden:

- Die Signalquelle für das Analyseintervall, indem Sie aus der Dropdown-Liste **Signalquelle** im Feld **Signalquelle 1** die gewünschte Versorgungsspannung wählen.
- Einen Startwert für das Intervall, den Sie ins Feld **Startwert** eingeben.
- Einen Stoppwert für das Intervall, den Sie ins Feld **Stoppwert** eingeben.
- Eine Schrittbreite für das Intervall, die Sie ins Feld **Schrittbreite** eingeben.

Die Analyse beginnt mit dem Startwert und berechnet die Vorspannungspunkte der Schaltung. Die **Schrittbreite** wird danach zum Startwert addiert und die Variablen werden neu berechnet. Die **Schrittbreite** wird erneut addiert und der Prozess läuft so lang, bis der Stoppwert erreicht ist.

## Einstellen der Parameterwerte (erweiterte Funktionen)

Sie können die angezeigten Variablen filtern, um so interne Knoten (Knoten in Transistoren oder SPICE-Schaltungen), offene Anschlüsse und Ausgänge von Untermodulen der Schaltung sichtbar zu machen.

- Gehen Sie hierbei wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf **Filter ändern**. Das Fenster Knoten filtern wird geöffnet:
  2. Aktivieren Sie eine oder mehrere Einstellungen.
  3. Klicken Sie auf **OK**.

## 8.10 Empfindlichkeitsanalyse

### 8.10.1 Über die Empfindlichkeitsanalyse

**Hinweis** Wenn Sie die vereinfachte Version gewählt haben, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Die Empfindlichkeitsanalyse hilft bei der Suche nach Bauelementen, die den stärksten Einfluss auf die Vorspannung der Schaltung haben. Hierdurch wird darauf hingewiesen, die Empfindlichkeit der Schaltung auf Bauelementetoleranzen und Drift zu ändern, oder dass der Entwurf zu konservativ ist und dass preiswertere Bauelemente mit größeren Toleranzen und/oder größerer Drift verwendet werden können.

Die Analyse berechnet die Empfindlichkeit der Ausgangsspannung oder des Ausgangsstroms eines Knotens unter Berücksichtigung aller Bauelementeparameter (Gleichspannungsempfindlichkeit) oder eines bestimmten Bauelements (Wechselspannungsempfindlichkeit). Die Empfindlichkeitsanalyse generiert die relevanten Parameter mit ihren Originalwerten und der zugehörigen Empfindlichkeit. Diese wird als Änderung am Ausgang für jede Änderung pro Einheit des Eingangs sowohl als Wert wie auch als Prozentzahl angezeigt.

Beide Analysen berechnen die Änderung einer Ausgangsspannung oder eines Ausgangsstroms, indem beide Parameter unabhängig voneinander gestört werden. Die Ergebnisse der Analyse der Gleichspannungsempfindlichkeit werden in eine Tabelle abgelegt, während die Analyse der Wechselspannungsempfindlichkeit ein Diagramm für jeden Parameter eines Bauelements plottet.

Um ein Analyse der Gleichspannungsempfindlichkeit auszuführen, wird zunächst der Gleichspannungsarbeitspunkt einer Schaltung bestimmt. Danach wird die Empfindlichkeit für jeden Ausgang aller Bauelementewerte (auch für Modellparameter) berechnet.

**Annahmen** Ist anwendbar bei einer analogen Kleinsignalschaltung. Modelle werden linear umgewandelt.

## 8.10.2 Beispiel Empfindlichkeitsanalyse

Betrachten Sie das folgende Beispiel.

**Hinweis** Wenn die flache Line, welche die X-Achse überlappt, zu erkennen ist, bedeutet dies, dass Spannung/Strom am Ausgang vom ausgewählten Bauelementwert nicht beeinflusst werden.

Die Analyse der Gleichspannungsempfindlichkeit generiert einen Bericht, wie nachfolgend dargestellt. Er enthält die Empfindlichkeit der Ausgangsspannung für Knoten 12 unter Berücksichtigung aller Bauelemente und Bauelementparameter. (Alternativ können Sie auch eine Empfindlichkeitsanalyse der Stromversorgung durchführen.)

Was bedeutet nun dieser Bericht? In der ersten Zeile sinkt durch das Funkelrauschen (AF) einer Zener-Diode (D10) die Ausgangsspannung um  $1,583e-012$  V. Beachten Sie, dass das Vorzeichen des Werts negativ ist.  $-1,582e-012$ . Dieses Ergebnis zeigt, dass durch das Ansteigen des Bauelementeparameters um eine Einheit die Spannung reduziert wird. Jede Zeile kann auf ähnliche Weise interpretiert werden.

Bauelement	Empfindlichkeit (V/ Skalenteil)
D10:af	-1,582e-012
D10:bv	0,00046414
D10:eg	-1,4252e-012
D10:fc	-3,1639e-012
D10:ibv	-0,0002668
D10:is	-38,487
D10:m	-4,7507e-012
D10:n	-1,582e-012
D10:rs	2,3913e-006
D10:tnom	-6,5352e-014
D10:vj	-2,1093e-012
D10:xti	-5,2732e-013
D10_area	-2,2575e-005
D10_temp	-8,6695e-008

Bauelement	Empfindlichkeit (V/ Skalenteil)
D11:af	-3,9034e-013
D10:bv	1,4958
D11:eg	-3,5165e-013
D11:fc	-7,8067e-013
D11:ibv	-1,5478
D11:is	954,04
D11:m	-1,1722e-012 ...

Wird Wechselspannungsempfindlichkeit gewählt, so wird die Kleinsignalempfindlichkeit für Wechselspannung berechnet. Für die Wechselspannungsempfindlichkeit bestimmt die Analyse die Empfindlichkeit von Spannung und Strom unter Berücksichtigung der Parameter der ausgewählten Bauelemente.

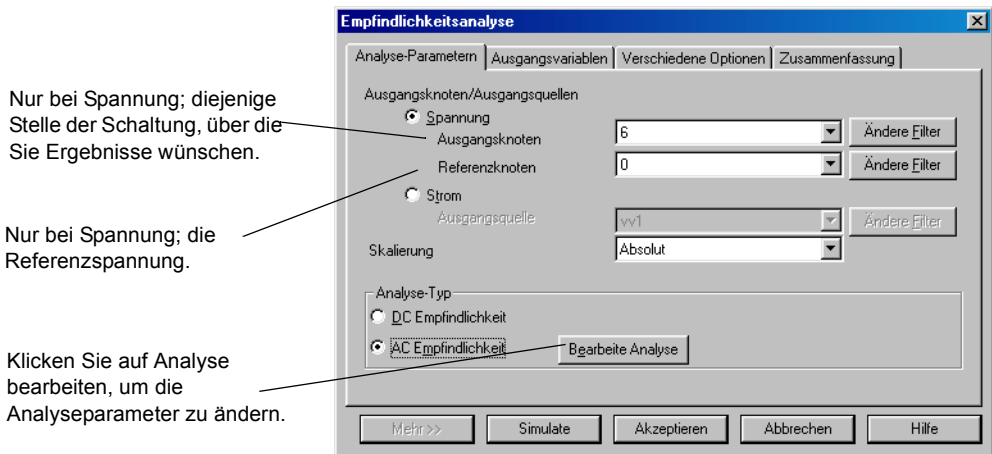
In diesem Beispiel handelt es sich bei dem ausgewählten Bauelement um den bipolaren Flächentransistor Q18. Die Analyse berechnet die Wechselspannungsempfindlichkeit der Ausgangsspannung am Knoten 12 unter Berücksichtigung aller Parameter des Transistors Q18.

**Hinweis** Werden Widerstände als Bauelemente gewählt, läuft die Analyse nicht erfolgreich ab, sodass keine Daten ausgegeben werden. Transistoren sind ebenfalls nur schwer einschätzbar.

## 8.10.3 Einstellen der Parameterwerte für die Empfindlichkeitsanalyse

Bevor Sie die Analyse durchführen, prüfen Sie Ihre Schaltung, und entscheiden Sie sich zwischen Ausgangsspannung und Ausgangsstrom. Wenn Sie die Ausgangsspannung analysieren wollen, wählen Sie Knoten an beiden Seiten des Ausgangs. Als Ausgangsstrom wählen Sie eine Versorgungsspannung.

Die Analyseparameter werden wie folgt eingestellt:



### Einstellen der Parameterwerte (normale Verwendung).

Für eine normale Verwendung sind lediglich folgende Optionen festzulegen:

- Ausgangsknoten oder Versorgungsspannung, die bei der Analyse verwendet werden. Aktivieren Sie dazu **Spannung**, und wählen Sie einen Ausgangsknoten aus der Dropdown-Liste **Ausgangsknoten** oder aktivieren Sie **Strom**, und wählen Sie aus der Liste **Ausgangsreferenz** eine Stromquelle;
- den Analysetyp, indem Sie entweder **Gleichspannungsempfindlichkeit** oder **Wechselspannungsempfindlichkeit** wählen.

### Einstellen der Parameterwerte (erweiterte Funktionen).

In der Dropdown-Liste **Skalierung** können Sie die Ausgabeskalierung wählen: Absolut oder Relativ. Wenn Sie Filter definieren wollen, klicken Sie auf **Filter ändern**, um das Fenster Knoten filtern zu öffnen. Hier können Sie wählen, ob interne Knoten, offene Anschlüsse und Ausgabevariable einer Teilschaltung eingeschlossen werden sollen.

Wenn Sie eine Analyse der Wechsellspannungsempfindlichkeit durchführen wollen, können Sie die Parameter für die Frequenzanalyse ändern, indem Sie auf **Analyse bearbeiten** klicken. Die Registerkarte Frequenzparameter wird geöffnet. Sie können dabei die Skalierungsart, die Anzahl der Punkte sowie die vertikale Skalierung festlegen.

## 8.11 Analyse mit variablen Parameterwerten

### 8.11.1 Über die Analyse mit variablen Parameterwerten

**Hinweis** Wenn Sie die vereinfachte Version gewählt haben, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Wenn Sie die Analyse mit variablen Parameterwerten durchführen, können Sie die Funktionsweise Ihrer Schaltung umgehend prüfen, indem Sie einen der Bauelementeparameter für einen bestimmten Wertebereich simulieren. Die Analyse mit variablen Parameterwerten hat den gleichen Effekt, wie wenn Sie die Simulation mehrmals, aber mit immer anderen Bauelementeparameterwerten durchführen. Dazu definieren Sie den Anfangsparameterwert, den Endparameterwert, die Zeit für die Änderung zwischen Anfangs- und Endparameterwert sowie die Schrittbreite.

Folgende Analysen können mit variablen Parameterwerten durchgeführt werden: Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts, Impulsanalyse und Wechsellspannungsanalyse.

**Annahmen** Weitere Informationen über die gewählten Analysearten finden Sie an den nachstehend angegebenen Stellen: Die Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts ist in “Gleichspannungsarbeitspunktanalyse” auf Seite 8-10, die Impulsanalyse in “Impulsanalyse” auf Seite 8-14 und die Wechsellspannungsanalyse in “Gleichspannungsarbeitspunktanalyse” auf Seite 8-10 beschrieben.

Die Parameterwerte mancher Bauelemente können über einen größeren Bereich als die Parameterwerte anderer Bauelemente verändert werden. Die Anzahl der Parameterwerte, die für jedes Bauelement definiert werden können, hängt vom jeweiligen Bauelementtyp ab. Die Parameterwerte aktiver Bauelemente wie Operationsverstärker, Transistoren, Dioden usw. können über einen größeren Bereich als die Parameterwerte passiver Bauelemente wie Widerstände, Spulen und Kondensatoren verändert werden. Beispielsweise kann bei einer Spule nur die Induktivität verändert werden, während bei einer Diode ca. 25 Parameter wie Sättigungsstrom, ohmscher Widerstand, Sperrschichtpotenzial, Durchschlagsspannung analysiert werden können.

## 8.11.2 Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Parameterwerten

Das Verhalten einer Schaltung wird selbstverständlich durch Veränderungen der Parameterwerte ihrer Bauelemente beeinflusst.

Vor der Durchführung der Analyse sollten Sie Ihre Schaltung nochmals prüfen, um zu entscheiden, bei welchem Bauelement die Parameterwerte in Abhängigkeit von der Zeit verändert werden sollen, und an welchem Knoten die Analyse durchgeführt werden soll.

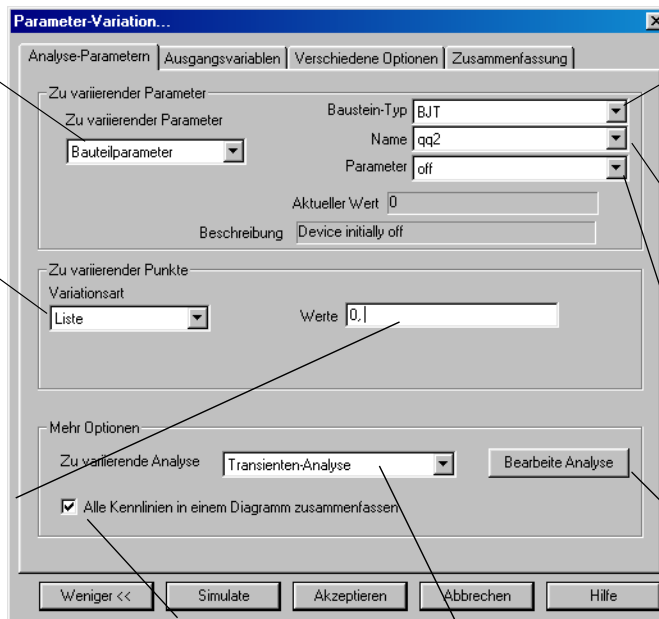
Die Parameterwerte für die Analyse mit variablen Parameterwerten werden im nachstehend gezeigten Fenster eingestellt:

**Hinweis** Wenn das Fenster nicht dem unten abgebildeten entspricht, müssen Sie auf **Mehr** klicken, damit Sie das gesamte Analysefenster eingeblendet wird..

Wählen Sie den Parameter, dessen Werte in Abhängigkeit von der Zeit verändert werden sollen: Bauelementparameter oder Modellparameter.

Hiermit wird festgelegt, wie Multisim das Zeitintervall zwischen dem Anfangs- und dem Endparameterwert berechnet. Wählen Sie Dekade, Oktave, Linear oder Liste.

Die nachstehende Hinweise gelten nur für die Option Liste. Wenn die Option Liste gewählt wurde, werden die Parameterwerte des Bauelements aus der Liste übernommen. Die Parameterwerte in der Liste müssen durch Leerzeichen, Kommas oder Strichpunkte separiert werden



Wählen Sie den Bauelementtyp, dessen Parameterwerte in Abhängigkeit von der Zeit verändert werden sollen: d.h. BJT (bipolarer Flächentransistor), Kondensator oder Spule.

Geben Sie die Referenzkennung des Bauelements ein, dessen Parameterwerte in Abhängigkeit von der Zeit verändert werden sollen.

Wählen Sie den Bauelementparameter des Bauelements, dessen Parameterwerte in Abhängigkeit von der Zeit verändert werden sollen.

Anklicken, um die Parameterwerte für die gewählte Analyse zu ändern.

Wenn keine dieser Optionen aktiviert wurde, erscheint jede Kurve auf einem separaten Plot.

Wählen Sie eine der Optionen Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts, Wechselspannungsanalyse, Impulsanalyse und Verschachtelungsanalyse.



Bei der Analyse mit variablen Parameterwerten werden die entsprechenden Kurven nacheinander geplottet. Die Anzahl der Kurven hängt von der Art der Parameterwertänderungen des Zeitfaktors ab (siehe unten):

Art der Parameterwertänderungen in Abhängigkeit von der Zeit	Kurven
Linear	Die Anzahl der Kurven wird ermittelt aus der Differenz zwischen den Anfangs- und Endparameterwerten, geteilt durch die Schrittbreite.
Dekade	Die Anzahl der Kurven entspricht der Zahl mit dem der Anfangsparameterwert mit dem Faktor 10 multipliziert werden kann, bis sich der Endparameterwert ergibt.
Oktave	Die Anzahl der Kurven entspricht der Zahl mit dem der Anfangsparameterwert mit dem Faktor 2 multipliziert werden kann, bis sich der Endparameterwert ergibt.

### Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Parameterwerten (normale Verwendung)

Für eine normale Verwendung sind lediglich folgende Optionen festzulegen:

- Wählen Sie einen in Abhängigkeit von der Zeit zu verändernden Parameterwert, indem Sie einen Parametertyp (Bauelementparameter oder Modellparameter) aus der Dropdown-Liste **Veränderlicher Parameter** wählen und anschließend die entsprechenden Informationen in die Felder **Bauelementtyp**, **Name** und **Parameter** eingeben.

**Hinweis** Im Feld **Beschreibung** erscheint eine Kurzbeschreibung des Parameters; der aktuelle Parameterwert wird im Feld **Aktueller Wert** angezeigt.

- Definieren Sie die Art der Veränderung des Parameterwerts in Abhängigkeit von der Zeit, indem Sie die Zeitskalierung (Linear, Dekade oder Oktave) aus der Dropdown-Liste **Zeitskalierung** wählen.
- Wählen Sie die gewünschte Analyse aus der Dropdown-Liste **Analyse mit variablen Parameterwerten**.

Optional können Sie die Analyseparameter nach dem Wählen der Option **Analyseparameter ändern** einstellen. Gehen Sie nach dem Öffnen des Fensters Analyseparameter wie folgt vor:

- Geben Sie einen Start- und einen Stopppwert in die Felder **Startzeit (TSTART)** und **Stopzeit (TSTOP)** ein.
- Geben Sie die Anzahl der Punkte ins Feld **Minimale Anzahl der Zeitpunkte** ein. Die Schrittbreite wird automatisch berechnet und eingestellt.

**Hinweis** Wenn die Analyseparameterwerte nicht verändert wurden, so werden die zuletzt eingegebenen Werte verwendet. Wenn die Analyse zum ersten Mal durchgeführt wird, werden die Standardwerte verwendet.

- Wenn Sie die Veränderungen der Parameterwerte nicht auf der Basis der in der Liste aufgeführten Werte durchführen wollen, müssen Sie die gewünschten Parameterwerte ins Feld **Werte** eingeben. Die Analyseparameterwerte müssen durch Leerzeichen getrennt werden.

### **Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Parameterwerten (erweiterte Funktionen)**

Sie können beim Einstellen der Analyseparameterwerte im Fenster Analyseparameter unterschiedliche Arten der Veränderung der Parameterwerte in Abhängigkeit von der Zeit wählen. Sie können auch verschachtelte Änderungen der Analyseparameterwerte durchführen, indem Sie Bauelemente- und Modellparameterwerte kombiniert verwenden .

- Wählen Sie die Art der Veränderung der Parameterwerte sowie den Bereich und die Anzahl der Zeitpunkte wie folgt:
  1. Definieren Sie die Art der Veränderung des Parameterwerts in Abhängigkeit von der Zeit, indem Sie die Zeitskalierung (Linear, Dekade oder Oktave) aus der Dropdown-Liste **Zeitskalierung** wählen.
  2. Klicken Sie auf **Analyseparameter ändern**. Nun wird ein neues Fenster Analyseparameter geöffnet.
  3. Geben Sie einen Anfangsparameterwert ins Feld **Startzeit (TSTART)** ein.
  4. Geben Sie einen Endparameterwert ins Feld **Stoppzeit (TSTOP)** ein.
  5. Geben Sie die Anzahl der Punkte ins Feld **Minimale Anzahl der Zeitpunkte** ein. Die Schrittbreite wird automatisch berechnet und eingestellt.

## 8.12 Analyse mit variablen Temperaturwerten

### 8.12.1 Über die Analyse mit variablen Temperaturwerten

**Hinweis** Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, steht diese Analyseoption nicht zur Verfügung. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Mit Hilfe der Analyse mit variablen Temperaturwerten können Sie Ihre Schaltung schnell auf einwandfreie Funktion prüfen, indem Sie eine Simulation bei unterschiedlichen Temperaturen durchführen. Das Ergebnis ist das gleiche, als würden Sie die Schaltung mehrmals unter anderen Temperaturbedingungen testen. Die Temperaturwerte werden durch Wählen der Anfangstemperatur, der Endtemperatur und der Schrittbreite festgelegt.

Folgende Analysen können mit variablen Parameterwerten durchgeführt werden: Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts, Impulsanalyse und Wechselspannungsanalyse.

**Annahmen** Weitere Informationen über die gewählten Analysearten finden Sie an den nachstehend angegebenen Stellen: Die Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts ist in “Gleichspannungsarbeitspunktanalyse” auf Seite 8-10, die Impulsanalyse in “Impulsanalyse” auf Seite 8-14 und die Wechselspannungsanalyse in “Gleichspannungsarbeitspunktanalyse” auf Seite 8-10 beschrieben.

Die Analyse mit variablen Temperaturwerten bezieht sich nur auf Bauelemente, deren Modelle temperaturabhängig sind, wie z.B.:

- Virtuelle Widerstände
- n-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgerverarmungssperrschicht und 3 Anschlüssen
- p-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgerverarmungssperrschicht und 3 Anschlüssen
- n-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgeranreicherungssperrschicht und 3 Anschlüssen
- p-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgeranreicherungssperrschicht und 3 Anschlüssen
- n-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgerverarmungssperrschicht und 4 Anschlüssen
- p-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgerverarmungssperrschicht und 4 Anschlüssen
- n-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgeranreicherungssperrschicht und 4 Anschlüssen
- p-Kanal-MOSFETs mit Ladungsträgeranreicherungssperrschicht und 4 Anschlüssen
- Diode
- LED
- n-Kanal-Sperrschichtfeldeffekttransistoren
- npn-Transistoren
- p-Kanal-Sperrschichtfeldeffekttransistoren
- pnp-Transistoren

## 8.12.2 Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Temperaturwerten

Vor dem Durchführen der Analyse sollten Sie Ihre Schaltung prüfen und einen Knoten wählen.

Die Parameterwerte für die Analyse mit variablen Temperaturwerten werden im nachstehend gezeigten Fenster eingestellt:

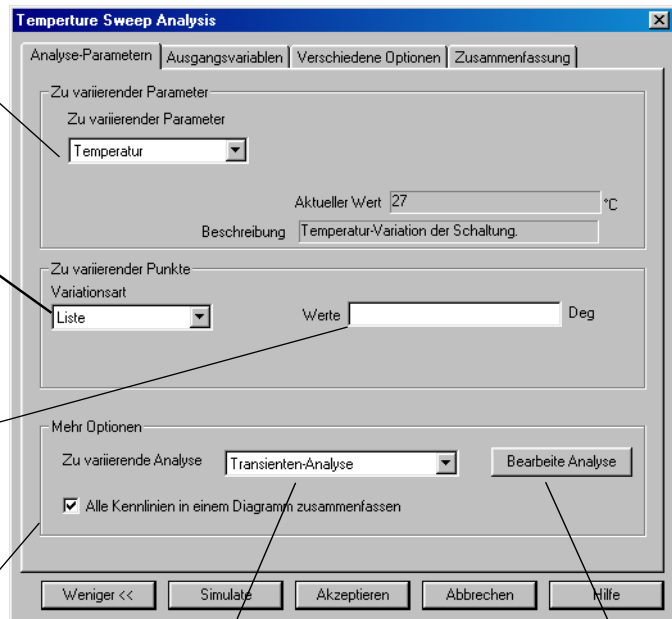
**Hinweis** Wenn das Fenster nicht wie unten veranschaulicht, eingebledet wird, müssen Sie auf **Mehr** klicken, sodass das gesamte Analysefenster angezeigt wird.

Hier wird der Parametertyp angezeigt: Temperatur.

Hiermit wird festgelegt, wie Multisim das Zeitintervall zwischen dem Anfangs- und dem Endparameterwert berechnet. Wählen Sie Dekade, Oktave, Linear oder Liste.

Die nachstehende Hinweise gelten nur für die Option Liste. Wenn die Option Liste gewählt wurde, werden die Parameterwerte des Bauelements aus der Liste übernommen. Die Parameterwerte in der Liste müssen durch Leerzeichen, Kommas oder Strichpunkte separiert werden.

Wenn keine dieser Optionen aktiviert wurde, erscheint jede Kurve auf einem separaten Plot.



Wählen Sie eine der Optionen Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts, Wechselspannungsanalyse, Impulsanalyse und Verschachtelungsanalyse.

Anklicken, um die Parameterwerte für die gewählte Analyse zu ändern.

Bei der Analyse mit variablen Temperaturwerten werden die entsprechenden Kurven nacheinander geplottet. Die Anzahl der Kurven hängt von der Art der Parameterwertänderungen des Zeitfaktors ab (siehe unten):

<b>Art der Parameterwertänderungen in Abhängigkeit von der Zeit</b>	<b>Kurven</b>
Linear	Die Anzahl der Kurven wird ermittelt aus der Differenz zwischen den Anfangs- und Endparameterwerten, geteilt durch die Schrittbreite.
Dekade	Die Anzahl der Kurven entspricht der Zahl mit dem der Anfangsparameterwert mit dem Faktor 10 multipliziert werden kann, bis sich der Endparameterwert ergibt.
Oktave	Die Anzahl der Kurven entspricht der Zahl mit dem der Anfangsparameterwert mit dem Faktor 2 multipliziert werden kann, bis sich der Endparameterwert ergibt.

### **Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Temperaturen (normale Verwendung)**

Auf der Registerkarte Analyseparameter können Sie die zeitlich zu verändernden Temperaturwerte festlegen und definieren, welche Analyse bei den unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt werden soll. Sie können die Analyse auch editieren.

Der Inhalt des Felds **Veränderlicher Parameter** wird standardmäßig auf **Temperatur** gesetzt, während die Standardeinstellung für **Zeitskalierung** gleich **Liste** ist. Sie müssen nur die gewünschte Liste der zeitlich zu verändernden Temperaturwerte eingeben und die Analyseart wählen.

- Spezifizieren Sie die Liste der Temperaturen und die Analyseart wie folgt:
  1. Geben Sie die Liste der Temperaturwerte (diese müssen durch ein Leerzeichen separiert werden) ins Feld **Werte** ein.
  2. Wählen Sie die gewünschte Analyse aus der Dropdown-Liste **Analyse mit variablen Parameterwerten**.
  3. Klicken Sie auf **Analyseparameter ändern**, um die Analyseparameterwerte anzugeben.

**Hinweis** Wenn die Analyseparameterwerte nicht verändert wurden, so werden die zuletzt verwendeten Werte verwendet. Wenn die Analyse zum ersten Mal durchgeführt wird, werden die Standardwerte verwendet.

## Einstellen der Parameterwerte für die Analyse mit variablen Temperaturen (erweiterte Funktionen)

Beim Einstellen der Analyseparameterwerte können Sie unterschiedliche Arten der Veränderung der Parameterwerte in Abhängigkeit von der Zeit wählen.

- Wählen Sie die Art der Veränderung der Parameterwerte sowie den Bereich und die Anzahl der Zeitpunkte wie folgt:
  1. Definieren Sie die Art der Veränderung des Parameterwerts in Abhängigkeit von der Zeit, indem Sie die Zeitskalierung (Linear, Dekade oder Oktave) aus der Dropdown-Liste **Zeitskalierung** wählen.
  2. Klicken Sie auf **Analyseparameter ändern**. Nun wird ein neues Fenster Analyseparameter geöffnet.
  3. Geben Sie einen Anfangsparameterwert ins Feld **Startzeit (TSTART)** ein.
  4. Geben Sie einen Endparameterwert ins Feld **Stoppzeit (TSTOP)** ein.
  5. Geben Sie die Anzahl der Punkte ins Feld **Minimale Anzahl der Zeitpunkte** ein. Die Schrittweite wird automatisch berechnet und eingestellt.
  6. Wählen Sie die gewünschte Analyse aus der Dropdown-Liste **Analyse mit variablen Parameterwerten**.

## 8.13 Übertragungsfunktionsanalyse

### 8.13.1 Über die Übertragungsfunktionsanalyse

**Hinweis** Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Bei der Übertragungsfunktionsanalyse wird die Übertragungsfunktion für niedrige Gleichspannung zwischen einer Signalquelle und zwei Ausgangsknoten (für Spannung) oder einer Ausgabevariablen (für Strom) in einer Schaltung berechnet. Außerdem berechnet sie den Eingangs- und den Ausgangswiderstand. Alle nichtlinearen Modelle werden zunächst auf der Basis des Gleichspannungsarbeitspunkts linearisiert, wonach die Kleinsignalanalyse durchgeführt wird. Die Ausgabevariable kann eine beliebige Knotenspannung sein, während es sich beim Eingangssignal um das von einer unabhängigen Signalquelle gelieferte Signal handeln muss, die Bestandteil der Schaltung ist.

**Annahmen** Analogschaltung, lineare Modelle. Modelle werden linearisiert.

Beim Kleinsignalverstärkungsgrad für Gleichspannung handelt es sich um die Ableitung des Ausgangssignals unter Bezug auf die Vorspannung bei der Frequenz Null. Beispiel:

$$\frac{dV_{OUT}}{dV_{IN}}$$

Der Eingangs- und der Ausgangswiderstand einer Schaltung beziehen sich auf den dynamischen bzw. Kleinsignalwiderstand am Eingang oder Ausgang. Mathematisch gesehen ist der Kleinsignalwiderstand bei Gleichspannung die Ableitung der Eingangsspannung unter Bezug auf den Eingangsstrom am Gleichspannungsarbeitspunkt und bei der Frequenz Null. Die nachstehende Gleichung bezieht sich auf den Eingangswiderstand:

$$\frac{dV_{IN}}{dI_{IN}}$$

Bei Multisim ist das Ergebnis der Übertragungsfunktionsanalyse eine Tabelle, in der das Verhältnis des Ausgangssignals zum Eingangssignal, der Eingangswiderstand am Eingangsknoten und der Ausgangswiderstand an den Ausgangsknoten für Spannung dargestellt wird.

## 8.13.2 Einstellen der Parameterwerte für die Übertragungsfunktionsanalyse

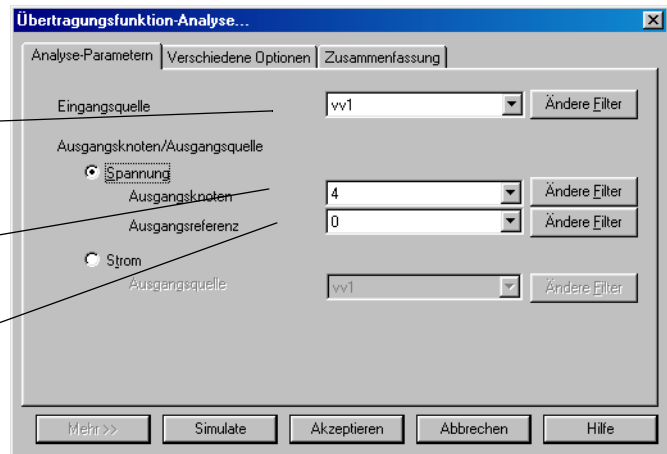
Vor der Durchführung der Analyse sollten Sie Ihre Schaltung prüfen und einen Ausgangsknoten, einen Referenzknoten und eine Eingangssignalquelle definieren.

Die Parameterwerte für die Übertragungsfunktionsanalyse werden im nachstehend gezeigten Fenster eingestellt:

Wählen Sie eine Spannungs- oder Stromquelle.

Wenn Sie eine Spannungsquelle verwenden wollen, müssen Sie auf die zu analysierende Schaltung klicken.

Nur für Spannung, Referenzspannung.



Das Resultat der Übertragungsfunktionsanalyse ist eine Tabelle mit der Übertragungsfunktion (Ausgang/Eingang), dem Eingangswiderstand am Eingangsknoten und der Ausgangswiderstand an den Ausgangsknoten für Spannung oder an der Ausgabevariablen.

### Einstellen der Parameterwerte für die Übertragungsfunktionsanalyse (normale Verwendung)

Für normale Verwendung müssen Sie lediglich Folgendes tun:

- Wählen Sie eine Eingangssignalquelle aus der Dropdown-Liste **Eingangssignalquelle**.
- Aktivieren Sie **Spannung** und wählen Sie einen Ausgangsknoten aus der Dropdown-Liste **Ausgangsknoten** und einen AusgangsReferenzknoten (normalerweise Masse oder Knoten 0) aus der Dropdown-Liste **Ausgangsreferenzknoten**.
- Aktivieren Sie **Strom** und wählen Sie eine Stromquelle aus der Dropdown-Liste **Stromquelle**.

Für eine erweiterte Analyse kann eine Stromquelle und ein Ausgangsknoten für Spannung verwendet werden.

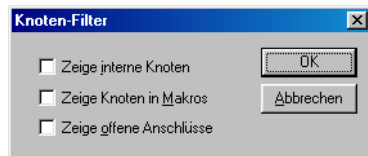


## Einstellen der Parameterwerte für die Übertragungsfunktionsanalyse (erweiterte Funktionen)

Sie können die angezeigten Variablen so filtern, dass die internen Knoten (wie z.B. die Knoten in einem Modell für bipolare Flächentransistoren oder in SPICE-Schaltungsteilen) sowie nicht belegte Anschlüsse und Ausgabevariable von Teilen der Schaltung ebenfalls angezeigt werden. Durch Filtern der Variablen wird die Ergebnisliste weniger umfangreich.

➤ Filtern Sie die angezeigten Variablen wie folgt:

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Filter ändern**. Nun wird das Fenster Knoten filtern geöffnet:



2. Aktivieren Sie eine oder mehrere Einstellungen.
3. Klicken Sie auf **OK**.

## 8.14 Analyse unter ungünstigsten Bedingungen

### 8.14.1 Über die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen

**Hinweis** Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in "Einschränken allgemeiner Einschränkungen" auf Seite 13-4.

Die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen ist eine statistische Analyse, mit der Sie die ungünstigsten Auswirkungen von Veränderungen der Bauelementeparameterwerte aufs Verhalten einer Schaltung untersuchen können.

Die erste Simulation wird unter Verwendung der Nominalwerte durchgeführt. Anschließend wird eine Empfindlichkeitsanalyse (Wechselspannung oder Gleichspannung) durchgeführt. Dies ermöglicht es dem Simulator, die Empfindlichkeit des Ausgangssignals (Spannung oder Strom) in Bezug auf jeden Parameterwert zu berechnen. Durch die Darstellung der Empfindlichkeit eines bestimmten Bauelements als Zahl mit *negativem Vorzeichen* wird der Minimalwert des Bauelements für die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen definiert.

Wenn die Empfindlichkeit des Widerstands R1 z.B. -1,23 V/Ü beträgt, wird die minimale Empfindlichkeit dieses Bauelements unter Verwendung der nachstehenden Gleichung berechnet:

$$R1_{min} = (1 - Tol) \times R1_{nom}$$

Hierbei ist:

$R1_{min}$  = der Minimalwert des Widerstands R1

Tol = die im Dialogfeld angegebene Toleranz, geteilt durch 100 %

$R1_{nom}$  = der Nominalwert des Widerstands R1

Durch die Darstellung der Empfindlichkeit eines bestimmten Bauelements als Zahl mit *positivem Vorzeichen* wird der Maximalwert des Bauelements für die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen definiert. Der Maximalwert wird unter Verwendung der nachstehenden Gleichung berechnet:

$$R2_{max} = (1 + Tol) \times R2_{nom}$$

Nach der Berechnung sämtlicher Empfindlichkeiten wird nochmals eine Analyse durchgeführt, wonach die Ergebnisse der Analyse unter ungünstigsten Bedingungen vorliegen.

Die Daten der Simulation unter ungünstigsten Bedingungen werden unter Verwendung von Kollationierungsfunktionen generiert. Eine Kollationierungsfunktion stellt ein hochselektives Filter zur Verfügung, in dem pro Analysedurchgang nur ein einziges Datum erfasst werden darf.

Bei den sechs Kollationierungsfunktionen handelt es sich um folgende:

Diese Kollationierungsfunktion ...	Datenerfassung ...
Maximalspannung	die Maximalwerte auf der Y-Achse
Minimalspannung	die Werte der Minima auf der Y-Achse
Frequenz beim Maximum	der X-Wert, bei dem das Maximum auf der Y-Achse auftrat
Frequenz beim Minimum	der X-Wert, bei dem das Minimum auf der Y-Achse auftrat
Frequenzanteil in der Anstiegsflanke	der X-Wert, zu dem der Y-Wert zum ersten Mal den vom Benutzer spezifizierten Schwellwert überschritten hat
Frequenzanteil in der Abfallflanke	der X-Wert, zu dem der Y-Wert zum ersten Mal den vom Benutzer spezifizierten Schwellwert unterschritten hat

**Annahmen** Dies wird auf eine Anlogschaltung für die Verarbeitung niedriger Gleichspannungen angewandt. Modelle werden linearisiert.

## **Einstellen der Toleranzparameterwerte für die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen**

Vor dem Durchführen der Analyse sollten Sie Ihre Schaltung prüfen und einen Ausgangsknoten wählen.

Wählen Sie auf der Registerkarte Modelltoleranzliste, welche Toleranzparameterwerte verwendet werden sollen. Hierbei können Sie nach einem der nachstehend beschriebenen Verfahren vorgehen:

- Um einen Toleranzwert in der Liste zu ändern, müssen Sie ihn wählen und dann auf **Gewählten Toleranzwert ändern** klicken. Hierauf werden die aktuellen Einstellungen für den Toleranzwert angezeigt. Ändern Sie die gewünschten Variablen und klicken Sie anschließend auf **OK**, um die Änderungen zu speichern.
- Um einen Toleranzwert aus der Liste zu löschen, müssen Sie ihn wählen und dann auf **Gewählten Toleranzwert löschen** klicken.
- Um einen Toleranzwert manuell hinzuzufügen, müssen Sie auf **Neuen Toleranzwert hinzufügen** klicken.

Hierauf wird das Fenster Toleranzen geöffnet.

Wählen Sie die gewünschte Art der Parameterwertänderungen in Abhängigkeit von der Zeit: Bauelementparameter oder Modellparameter.

Nach der Auswahl werden der aktuelle Wert und eine Beschreibung des Parameters angezeigt.

Wählen Sie die Zeitskalierung: Gaußsche Verteilung oder Gleichförmig.

Wählen Sie Eindeutig (jede nach dem Pseudozufallsverfahren generierte Zahl wird nur einmal verwendet) oder ein nummeriertes Los (für die verschiedenen Parameterwerte werden die gleichen Zahlen nach dem Pseudozufallsverfahren generiert).

Wählen Sie Absolut, um einen Wert einzugeben, oder Prozentual, um den Parameterwert um den angegebenen Prozentwert zu ändern.

Geben Sie je nach der gewählten Toleranzart einen Prozentwert oder einen definierten Wert ein.

The screenshot shows the 'Toleranz' dialog box with the following settings:

- Parameter-Typ: Modellparameter
- Baustein-Typ: BJT
- Name: 2n2222a\_bit\_npn\_471
- Parameter: npn
- Description: NPN type device
- Distribution: Gauss
- Chargen-Nummer: Einzel
- Toleranz-Typ: Prozent
- Toleranzwert: 0

Geben Sie die gewünschten Variablen in die entsprechenden Felder ein.

## 8.14.2 Einstellen der Parameterwerte für die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen

Die Parameterwerte für die Analyse unter ungünstigsten Bedingungen werden im nachstehend gezeigten Fenster eingestellt:

Wählen Sie Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts oder Wechselspannungsanalyse. Weitere Informationen über die Parameter der beiden Analysearten finden Sie in "Gleichspannungsarbeitspunktanalyse" auf Seite 8-10.

Wählen Sie eine Ausgabevariable.

Wählen Sie eine Funktion: MAX, MIN, RISE\_EDGE, FALL\_EDGE.

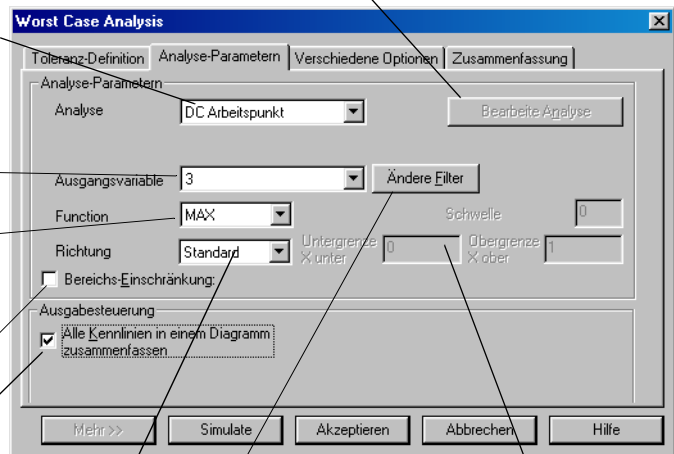
Aktivieren Sie diese Option, um den Bereich der X-Achse für die Analyse zu begrenzen. Stellen Sie den unteren Grenzwert für X (der Standardwert ist 0) und den oberen Grenzwert für X (der Standardwert ist 1) ein.

Klicken Sie, um alle Kurven in einem einzigen Plot zusammenzufassen.

Wählen Sie eine Richtung: Standard, Niedrig oder Hoch.

Klicken Sie, um den Filter zu ändern, das sich auf die Liste der möglichen Ausgabevariablen auswirkt.

Klicken Sie, um den gewählten Parameterwert zu verändern.



Das Folgende gilt nur für die Funktionen RISE\_EDGE und FALL\_EDGE: Geben Sie einen Wert für die Schwellwertspannung ein.

Bei Gleichspannungsschaltungen wird während der Analyse unter ungünstigsten Bedingungen ein Plot mit den möglichen Ausgangsspannungen der Schaltung im Bereich vom Nominalwert (1 auf der X-Achse) bis zum ungünstigsten Wert (2 auf der X-Achse) generiert. Eine Liste der Bauelemente und ihrer ungünstigsten Werte wird in Tabellenform angezeigt.

Bei Wechselspannungsschaltungen werden während der Analyse unter ungünstigsten Bedingungen mehrere separate Plots für die Nominalwerte und die ungünstigsten Werte generiert. Eine Liste der Bauelemente und ihrer ungünstigsten Werte wird in Tabellenform angezeigt.

## 8.15 Pol- und Nullstellenanalyse

### 8.15.1 Über die Pol- und Nullstellenanalyse

Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die Option Vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Die Pol- und Nullstellenanalyse kann nur einwandfrei durchgeführt werden, wenn die Schaltung passive Bauelemente enthält. Bei der Pol- und Nullstellenanalyse werden die Pol- und Nullstellen in der Kleinsignal-Wechselspannungsübertragungsfunktion einer Schaltung ermittelt. Zu Beginn der Analyse wird der Gleichspannungsarbeitspunkt berechnet; ferner werden die linearisierten Kleinsignalmodelle für alle nichtlinearen Bauelemente ermittelt. In der resultierenden Schaltung werden im Laufe der Analyse die Pol- und Nullstellen der Übertragungsfunktion ermittelt.

Die Pol- und Nullstellenanalyse wird zweckmäßigerweise angewandt, um die Stabilität elektronischer Schaltungen zu ermitteln. Bei der Entwicklung elektronischer Schaltungen muss bekannt sein, ob die Amplitude des Ausgangssignals nach dem Anlegen eines Eingangssignals begrenzt wird oder unbegrenzt ansteigen kann. Durch eine Nichtbegrenzung der Amplitude des Ausgangssignals kann die Schaltung beschädigt werden. Aus diesem Grund muss bekannt sein, ob die Schaltung das erwartete Ausgangssignal tolerieren kann, bevor ein Eingangssignal angelegt wird. Eine Schaltung weist eine *Stabilität bei Eingangs- und Ausgangssignalbegrenzung* auf, wenn ein Eingangssignal mit begrenzter Amplitude in einem Ausgangssignal mit ebenfalls begrenzter Amplitude resultiert. Diese Stabilität bei Eingangs- und Ausgangssignalbegrenzung kann ermittelt werden, indem die Polstellen in der Übertragungsfunktion der Schaltung untersucht werden. Die Übertragungsfunktion Ihrer Schaltung sollte Pole mit negativen Realanteilen enthalten. Andernfalls könnte die Schaltung auf Eingangssignale mit bestimmten Frequenzen auf eine Weise reagieren, die zu einer Beschädigung der Schaltung führen kann.

Das Verhalten einer Analogschaltung in der Frequenzdomäne lässt sich sehr gut in der Form einer Übertragungsfunktion ausdrücken. Eine Übertragungsfunktion ist das Verhältnis der Laplace-Transformation des Ausgangssignals zur Laplace-Transformation des Eingangssignals einer Schaltung. Die Laplace-Transformation des Ausgangssignals wird im Allgemeinen wie folgt bezeichnet:  $V_o(s)$  Die Laplace-Transformation des Eingangssignals wird im Allgemeinen wie folgt bezeichnet:  $V_I(s)$  Hierbei ist der Parameter  $s = j\omega$  oder, allgemeiner ausgedrückt:  $s = j2\pi f$

Eine Übertragungsfunktion ist im Allgemeinen eine komplexe Größe, deren Betrag die Betragsreaktion (oder Übertragung) und deren Phasenwinkel die Phasenreaktion ergibt. Eine Übertragungsfunktion kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$T(s) = \frac{V_O(s)}{V_I(s)} = \frac{K(s + z_1)(s + z_2)(s + z_3)(s + z_4)\dots}{(s + p_1)(s + p_2)(s + p_3)(s + p_4)\dots}$$

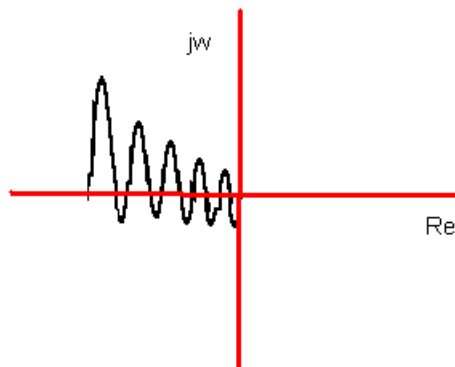
Der Zähler der Funktion enthält die Nullstellen der Funktion ( $-z_1, -z_2, -z_3, -z_4, \dots$ ) und der Nenner die Polstellen der Funktion ( $-p_1, -p_2, -p_3, -p_4, \dots$ ).

Die Nullstellen der Funktion liegen bei denjenigen Frequenzen, bei denen die Übertragung gleich Null ist. Die Polstellen der Funktion sind die natürlichen Schwingungsmodi der Schaltung und definieren die natürlichen Frequenzen. Sowohl die Polstellen als auch die Nullstellen können reale, komplexe oder rein imaginäre Zahlen enthalten.

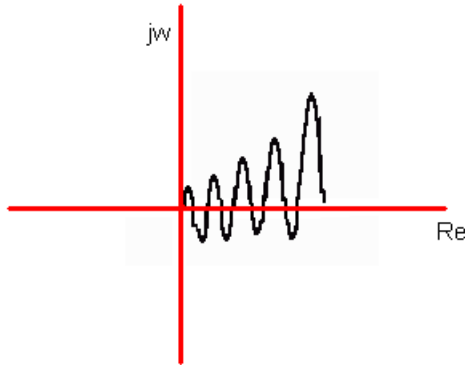
### 8.15.1.1 Über die Schaltungsstabilität

Wie bereits erwähnt, kann die Stabilität einer Schaltung durch Untersuchen ihrer Übertragungsfunktion ermittelt werden. Da die Übertragungsfunktion einer Schaltung deren Darstellung in der Frequenzdomäne ist, liegen die Ortspunkte der Pol- und Nullstellen in der komplexen Ebene. Die komplexe Ebene wird durch die Achsen bestimmt, in denen die horizontale Achse die Realachse (Re) und die vertikale Achse die Imaginärachse (jw) ist.

Wenn alle Polstellen der Schaltung negative Realanteile haben, befinden sich die Polstellen auf der linken Seite der komplexen Ebene. In dieser Situation ist die Schaltung stabil, was bedeutet, dass sie nicht zur Selbstoszillation neigt. Das Verhalten einer stabilen Schaltung ist aus dem folgenden Diagramm ersichtlich:



Wenn sich auf der rechten Seite der komplexen Ebene Polstellen befinden, weist die Schaltung eine Neigung zur Selbstoszillation auf und gilt deshalb als instabil. Das Verhalten einer instabilen Schaltung ist aus dem folgenden Diagramm ersichtlich:



Wie bereits erwähnt, weisen Polstellen mit positiven Realanteilen nicht auf absolute Stabilität hin, da hierdurch das Ausgangssignal unbegrenzt wird. Mit Hilfe der Pol- und Nullstellen der Übertragungsfunktion einer Schaltung kann das Verhalten derselben in der Frequenzdomäne dargestellt werden. Die ungefähren Plots von Betrag und Phase der Übertragungsfunktion erhalten Sie in Form eines Bode-Diagramms.

### 8.15.1.2 Über Bode-Phasendiagramme

Ein Bode-Diagramm für den Betrag einer Übertragungsfunktion erhält man, indem man zunächst jede Pol- und Nullstelle asymptotisch plottet. Die Steigung der Hochfrequenzasymptote der Kurve, die einer Nullstelle entspricht, beträgt +20 dB/Dekade und für eine Polstelle -20 dB/Dekade. Anschließend werden die Plots addiert. Die Gesamtkurve wird nun vertikal um einen Betrag verschoben, der sich aus der Multiplikationskonstante der Übertragungsfunktion (in diesem Fall der Konstante K) ergibt.

Ein Bode-Phasendiagramm wird auf ähnliche Weise geplottet, wobei jedoch einige Unterschiede vorhanden sind. Die asymptotischen Plots bestehen aus drei Linien. Bei der ersten Linie handelt es sich um eine Horizontallinie mit einem Pegel von Null bis zu  $s = 0,1|p1|$ . Die zweite Linie weist einen Steigungswinkel von  $-45^\circ/\text{Dekade}$  auf und erstreckt sich von  $s = 0,1|p1|$  bis zu  $s = 10|p1|$ , während die dritte Linie bei einem Winkel von  $-90^\circ$  einen Steigungswinkel von Null aufweist. Die vollständige Phasenübertragungsfunktion ergibt sich durch das Addieren der Plots mit Pol- und Nullstellen.

Der Frequenzgang eines Tiefpassfilters ist ein Beispiel für die vorstehend geschilderte Situation.



Die Schaltung ist durch die folgende Übertragungsfunktion definiert:

$$T(s) = \frac{a_0}{s + \omega_0} = \frac{-40}{s + 1592.4}$$

Hierbei ist die natürliche Frequenz in rad gleich

$$\omega_0 = \frac{1}{2\pi(5\mu F)(20\Omega)} = 1.59\text{KHz}$$

und der Gleichspannungsverstärkungsgrad gleich

$$a_0 = \frac{-20\Omega}{0.5\Omega} = -40$$

Wie von den Cursors abgelesen werden kann, beträgt die Transitfrequenz 1,59 kHz. Hierbei handelt es sich um den Punkt, bei dem die Steigung des Betragsplots auf Grund der Polstelle bei dieser Frequenz gleich -20dB/Dekade ist. Der Phasenplot weist zwischen 159 Hz und 159 kHz eine Steigung von -45°/Dekade auf.

Bei Schaltungen höherer Ordnung enthalten die Übertragungsfunktionen mehrere Pol- oder Nullstellen bei bestimmten Frequenzen. Die Ordnung der Pol- oder Nullstellen wird dadurch bestimmt, wie oft diese Polstelle bei einer bestimmten Frequenz auftritt. Beim Plotten eines Bode-Betragsplots weist jede Polstelle höherer Ordnung in diesem Fall eine Asymptote mit einer Steigung von -20 ndB/Dekade und jede Nullstelle höherer Ordnung eine Asymptote mit einer Steigung von +20 ndB/Dekade auf.

**Annahmen** Dies wird auf eine Anlogschaltung für die Verarbeitung von Signal niedriger Amplitude angewandt. Die Anschlüsse von Digitalbausteinen werden so betrachtet, als wären sie über sehr große Widerstände mit Masse verbunden.

## 8.15.2 Einstellen der Parameterwerte für die Pol- und Nullstellenanalyse

Vor dem Durchführen der Analyse sollten Sie Ihre Schaltung prüfen und Eingangs- und Ausgangsknoten (positiv und negativ) wählen. Die Eingangsknoten sind die positiven und negativen Punkte in der Schaltung, von denen die Eingangssignale geliefert werden. Die Ausgangsknoten sind die positiven und negativen Punkte in der Schaltung, von denen die Ausgangssignale geliefert werden. Sie können 0 (Masse) sowohl für positive als auch für negative Knoten verwenden.

Die Parameterwerte für die Pol- und Nullstellenanalyse werden im nachstehend gezeigten Fenster eingestellt:

Wählen Sie eine Analyseart:

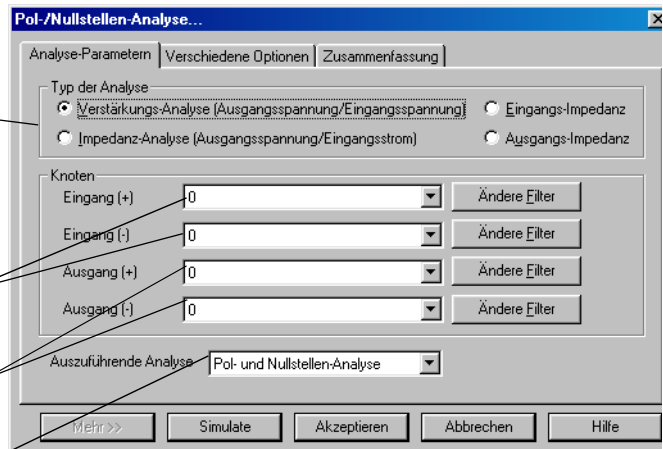
Verstärkungsgradanalyse (Verhältnis von Ausgangsspannung zu Eingangsspannung), Impedanzanalyse (Verhältnis von Ausgangsspannung zu Eingangsstrom), Eingangsimpedanz (Verhältnis von Spannung zu Strom am Eingang), Ausgangsimpedanz (Verhältnis von Spannung zu Strom am Ausgang).

Wählen Sie die Eingangsknoten an den gegenüberliegenden Seiten des Eingangs.

Wählen Sie die Ausgangsknoten an den gegenüberliegenden Seiten des Ausgangs.

Wählen Sie die durchzuführenden Analysen:

Polstellenanalyse (hierbei werden die Polstellen der Übertragungsfunktion ermittelt), Nullstellenanalyse (hierbei werden die Nullstellen der Übertragungsfunktion ermittelt), Pol- und Nullstellenanalyse (hierbei werden sowohl die Polstellen als auch die Nullstellen der Übertragungsfunktion ermittelt).



Bei der Pol- und Nullstellenanalyse werden je nachdem, welche Analysen aktiviert wurden, die Real- und Imaginärkoordinatenwerte der Polstellen und/oder Nullstellen ausgegeben.

Die Pol- und Nullstellenanalyse resultiert in genauen Informationen über Schaltungen mit passiven Bauelementen (Widerständen, Kondensatoren und Spulen). Eine Pol- und Nullstellenanalyse an Schaltungen, die aktive Bauelemente (Transistoren oder Operationsverstärker) enthalten, ergibt nicht stets die erwarteten Resultate.

**Hinweis** Die Verwendung des SPICE-Algorithmus bei der Pol- und Nullstellenanalyse kann gelegentlich die Ausgabe einer Fehlermeldung wie "Maximale Anzahl von 200 Iterationen für Polstellen und Nullstellen erreicht" zur Folge haben. Trotz der

Ausgabe dieser Fehlermeldung ist es möglich, dass durch die Pol- und Nullstellenanalyse alle Pol- und Nullstellen ermittelt wurden.

### Einstellen der Parameterwerte für die Pol- und Nullstellenanalyse (normale Verwendung)

Für normale Verwendung müssen Sie lediglich Folgendes tun:

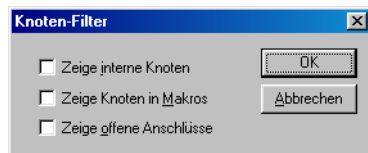
- Wählen Sie die gewünschte Analyseart.
- Wählen Sie einen Eingangsknoten aus den Dropdown-Listen **Eingang (+)** und **Eingang (-)**.
- Wählen Sie einen Ausgangsknoten aus den Dropdown-Listen **Ausgang (+)** und **Ausgang (-)**.
- Wählen Sie die durchzuführende Analyse aus der Liste **Durchzuführende Analyse**.

### Einstellen der Parameterwerte für die Pol- und Nullstellenanalyse (erweiterte Funktionen)

Bei der Verwendung der erweiterten Funktionen können Sie die angezeigten Variablen so filtern, dass die internen Knoten (wie z.B. die Knoten in einem Modell für bipolare Flächentransistoren oder in SPICE-Schaltungsteilen) sowie nicht belegte Anschlüsse und Ausgabevariable von Teilen der Schaltung ebenfalls angezeigt werden.

➤ Filtern Sie die angezeigten Variablen wie folgt:

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Filter ändern**. Nun wird das Fenster Knoten filtern geöffnet.



2. Aktivieren Sie eine oder mehrere Einstellungen.
3. Klicken Sie auf **OK**.

## 8.16 Monte-Carlo-Analyse

### 8.16.1 Über die Monte-Carlo-Analyse

**Hinweis** Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Die Monte-Carlo-Analyse ist ein Verfahren auf der Basis statistischer Berechnungen, mit dem die Auswirkungen der Eigenschaften von Bauelementen aufs Verhalten einer Schaltung untersucht werden können. Im Rahmen einer Monte-Carlo-Analyse werden mehrere Simulationen durchgeführt. Bei jeder Simulation werden die Bauelementeparameterwerte in Abhängigkeit von der von Ihnen definierten Zeitskalierung und den von Ihnen definierten Toleranzen der Bauelementeparameterwerte nach einem Pseudozufallsverfahren verändert.

Die erste Simulation wird stets unter Verwendung der Nominalwerte durchgeführt. Bei den restlichen Simulationen wird der Nominalwert um einen bestimmten Differenzbetrag erhöht oder verringert. Bei diesem Differenzbetrag kann es sich um eine beliebige Zahl innerhalb der Standardabweichung handeln. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Differenzbetrag zum Nominalwert addiert oder von diesem subtrahiert wird, hängt von der Wahrscheinlichkeitsverteilung ab. Die beiden folgenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen stehen zur Verfügung:

**Gleichförmig** ist eine lineare Verteilung, auf deren Basis Differenzbeträge generiert werden, die gleichmäßig über den Toleranzbereich verteilt sind. Die Wahrscheinlichkeit, dass jeder Differenzbetrag innerhalb des Toleranzbereichs gewählt wird, ist gleich groß.

Die **gaußsche Verteilung** wird mit folgender Wahrscheinlichkeitsfunktion generiert:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-u)^2}{\sigma^2}}$$

Hierbei ist:

u = der nominale Parameterwert

A = die Standardabweichung  
n  
s  
c  
h  
l  
ü  
s  
s  
e

x = die unabhängige Variable

Die Standardabweichung  $s$  wird wie folgt aus der Toleranz der Parameterwerte berechnet:

$$\sigma = \frac{\text{tolerance percentage} * \text{nominal value}}{100}$$

Der Prozentsatz des Auftretens der Parameterwerte im Toleranzband wird durch den nominalen Parameterwert eines Bauelements plus oder minus  $\sigma$ mal der Anzahl der Standardabweichungen SD im Toleranzband bestimmt. SD bezieht sich auf den Prozentsatz des Auftretens der Parameterwerte wie folgt:

SD	Prozentsatz des Auftretens der Parameterwerte
1,0	68,0
1,96	95,0
2,0	95,5
2,58	99,0
3,0	99,7
3,29	99,9

Wenn Sie den Toleranzprozentsatz z.B. auf 5 % einstellen, ergibt sich für einen 1 k $\Omega$ -Widerstand in der Schaltung eine Standardabweichung  $\sigma$  von 50  $\Omega$ . Eine Standardabweichung resultiert in einem Toleranzband von 0,95 k $\Omega$  bis 1,05 k $\Omega$  (1 k $\Omega$   $\pm$ 50  $\Omega$ ), wobei der Prozentsatz des Auftretens der Parameterwerte 68,0 % beträgt. Bei einer Standardabweichung von 1,96 erstreckt sich das Toleranzband von 0,902 k $\Omega$  bis 1,098 k $\Omega$  (1 k $\Omega$   $\pm$ 98  $\Omega$ ), wobei der Prozentsatz des Auftretens der Parameterwerte 95,0 % beträgt.

Hierzu ist anzumerken, dass der Toleranzprozentsatz für alle Bauelemente gilt.

**Annahmen** Weitere Informationen über die gewählten Analysearten finden Sie an den nachstehend angegebenen Stellen: Die Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts ist in “Gleichspannungsarbeitspunktanalyse” auf Seite 8-10, die Impulsanalyse in “Impulsanalyse” auf Seite 8-14 und die Wechselfspannungsanalyse in “Gleichspannungsarbeitspunktanalyse” auf Seite 8-10 beschrieben.

## **Einstellen der Toleranzparameterwerte für die Monte-Carlo-Analyse**

Vor dem Durchführen der Analyse sollten Sie Ihre Schaltung prüfen und einen Ausgangsknoten wählen.

Wählen Sie auf der Registerkarte Modelltoleranzliste, welche Toleranzparameterwerte verwendet werden sollen. Hierbei können Sie nach einem der nachstehend beschriebenen Verfahren vorgehen:

- Um einen Toleranzwert in der Liste zu ändern, müssen Sie ihn wählen und dann auf **Gewählten Toleranzwert ändern** klicken. Hierauf werden die aktuellen Einstellungen für den Toleranzwert angezeigt. Ändern Sie die gewünschten Variablen und klicken Sie anschließend auf **OK**, um die Änderungen zu speichern.
- Um einen Toleranzwert aus der Liste zu löschen, müssen Sie ihn wählen und dann auf **Gewählten Toleranzwert löschen** klicken.
- Um einen Toleranzwert manuell hinzuzufügen, müssen Sie auf **Neuen Toleranzwert hinzufügen** klicken.

Hierauf wird das Fenster Toleranzen geöffnet.

Wählen Sie die gewünschte Art der Parameterwertänderungen in Abhängigkeit von der Zeit: Bauelementeparameter oder Modellparameter.

Nach der Auswahl werden der aktuelle Wert und eine Beschreibung des Parameters angezeigt.

Wählen Sie die Zeitskalierung: Gaußsche Verteilung oder Gleichförmig.

Wählen Sie Eindeutig (jede nach dem Pseudozufallsverfahren generierte Zahl wird nur einmal verwendet) oder ein nummeriertes Los (für die verschiedenen Parameterwerte werden die gleichen Zahlen nach dem Pseudozufallsverfahren generiert).

Wählen Sie Absolut, um einen Wert einzugeben, oder Prozentual, um den Parameterwert um den angegebenen Prozentwert zu ändern.

Geben Sie je nach der gewählten Toleranzart einen Prozentwert oder einen definierten Wert ein.

Geben Sie die gewünschten Variablen in die entsprechenden Felder ein.

## 8.16.2 Einstellen der Parameterwerte für die Monte-Carlo-Analyse

Die Parameterwerte für die Monte-Carlo-Analyse werden im nachstehend gezeigten Fenster eingestellt:

Im Rahmen der Monte-Carlo-Analyse werden die Parameterwerte für die folgenden Teilanalysen in Abhängigkeit von der Zeit verändert: Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts, Impulsanalyse und Wechselspannungsanalyse. Um die Parameterwerte für die Wechselspannungs- oder Impulsanalyse zu ändern, müssen Sie auf Analyseparameter ändern klicken.

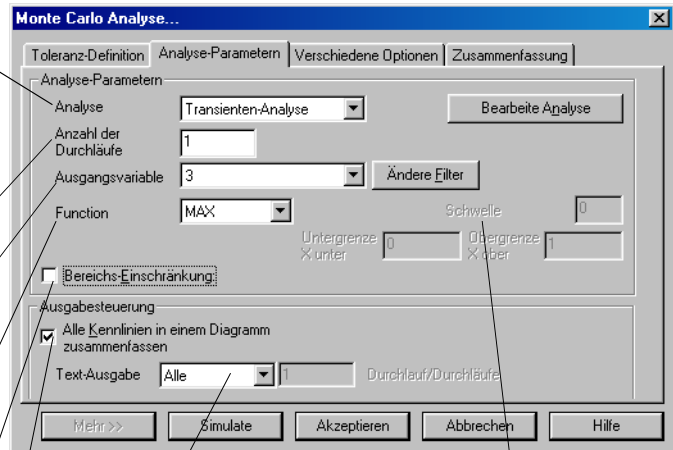
Die Anzahl der Analysedurchgänge muss mindestens gleich 2 sein.

Wählen Sie eine Ausgabevariable. Und das Filter zu ändern, durch das die Liste der möglichen Ausgabevariablen gefiltert wird, müssen Sie auf Filter ändern klicken und den gewünschten Filterknoten wählen.

Wählen Sie eine Kollationierungsfunktion: MAX, MIN, RISE\_EDGE, FALL\_EDGE.

Option für die Begrenzung des Bereichs der X-Achse für die Analyse. Stellen Sie den unteren Grenzwert für X (der Standardwert ist 0) und den oberen Grenzwert für X (der Standardwert ist 1) ein.

Klicken Sie, um alle Kurven in einem einzigen Plot zusammenzufassen.



Wählen Sie: Alle, Jeder, Liste, Erster und Keiner. Wenn Sie Jeder, Liste oder Erster gewählt haben, muss die entsprechende Anzahl der Analysedurchgänge gewählt werden.

Für die Funktionen RISE\_EDGE und FALL\_EDGE muss ferner ein Wert für die Schwellwertspannung eingegeben werden.

Bei der Monte-Carlo-Analyse werden die entsprechenden Spannungskurven nacheinander generiert. Die Anzahl der Kurven ist gleich der von Ihnen im Fenster spezifizierten Anzahl der Analysedurchgänge.

**Hinweis** Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in "Einschränken allgemeiner Einschränkungen" auf Seite 13-4.



## 8.17 HF-Analysen

**Hinweis** Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

HF-Analysen (HF-Charakterisierung, Rauschzahlanalyse und Schaltungsanpassungsanalyse) werden mit Hilfe des Messinstruments Netzwerkanalysator durchgeführt (siehe “Analyse für die HF-Charakterisierung” auf Seite 14-22).

## 8.18 Analysen per Stapelprogramm

**Hinweis** Wenn die Option Vereinfachte Version aktiviert ist, wird diese Analyseoption nicht zur Auswahl angeboten. Weitere Informationen über die vereinfachte Version finden Sie in “Einschränken allgemeiner Einschränkungen” auf Seite 13-4.

Sie können mehrere gleiche oder unterschiedliche Analysen zu einem Stapelprogramm zusammenfassen, sodass diese Analysen automatisch nacheinander durchgeführt werden. Dies ermöglicht es fortgeschrittenen Multisim-Benutzern, mehrere Analysen auf einfache Weise mit einem einzigen Befehl zu starten.

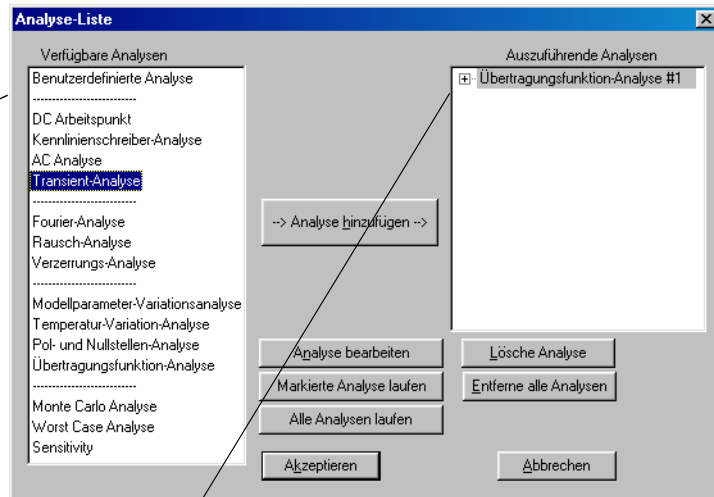
Sie können Analysen per Stapelprogramm durchführen, um:

- Die gleichen Analyse mehrmals durchzuführen (z.B. um eine Schaltung feinabzustimmen).
- Schaltungsprinzipien für Schulungszwecke zu demonstrieren.
- Ein Protokoll der an einer Schaltung durchgeführten Analysen zu generieren.
- Sehr lang dauernde Analysesequenzen automatisch ablaufen zu lassen.

➤ Gehen Sie beim Definieren von Analysen per Stapelprogramm wie folgt vor:

1. Wählen Sie die Option **Analyse/Analyse per Stapelprogramm**. Nun wird das Fenster Analyse per Stapelprogramm geöffnet:

Die nachstehende Liste enthält eine Aufstellung der Analysen, die in einem Stapelprogramm kombiniert werden können.



Die nachstehende Liste enthält eine Aufstellung der Analysen, die in einem Stapelprogramm kombiniert werden. Eine Übersicht über eine Analyse erhalten Sie durch Klicken auf Pluszeichen (+) neben der Analyse.

2. Um eine Analyse zum Stapelprogramm hinzuzufügen, müssen Sie die gewünschte Analyse wählen und auf die Schaltfläche **Analyse hinzufügen** klicken. Nun wird das Fenster Analyseparameter für die gewählte Analyse geöffnet, sodass Sie die Parameterwerte für diese Analyse einstellen können.
3. Klicken Sie nach dem Einstellen der Parameterwerte für die Analyse auf **Zur Liste hinzufügen**.

**Hinweis** Um die Einstellungen zu speichern, ohne die Analyse zum Stapelprogramm hinzuzufügen, müssen Sie auf **Akzeptieren** klicken. Um die Änderungen zu widerrufen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Hierauf wird wieder das Fenster Analyse per Stapelprogramm geöffnet.

Die Analyse wird in die Liste **Durchzuführende Analysen** auf der rechten Seite des Fensters aufgenommen. Übersichtsinformationen werden nach dem Klicken auf Pluszeichen (+) neben dem Namen der Analyse angezeigt.

4. Fügen Sie weitere Analysen hinzu, wie erforderlich. Hierzu muss angemerkt werden, dass die Einstellungen für eine Instanz einer Analyse als Standardeinstellungen für diese Analyse verwendet werden. Wenn Sie z.B. die erste Analyse mit variabler Gleichspannung auf eine Schrittbreite von 0,6 einstellen, wird diese Schrittbreite als

Standardwert verwendet, wenn Sie die nächste Analyse mit variabler Gleichspannung zu einem Stapelprogramm hinzufügen.

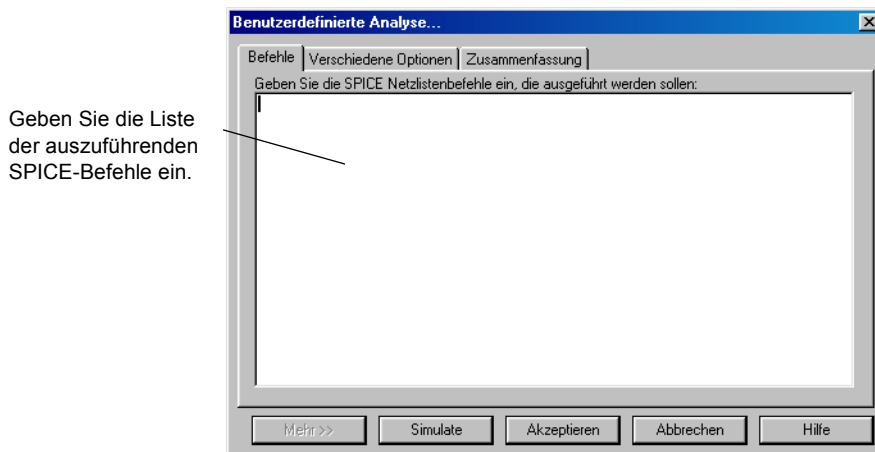
5. Wenn Sie nur eine der Analysen in einem Stapelprogramm durchführen wollen, müssen Sie diese Analyse wählen und dann auf **Gewählte Analyse starten** klicken. Wenn Sie alle Analysen in einem Stapelprogramm durchführen wollen, müssen Sie auf **Alle Analysen starten** klicken.

Auf der Registerkarte Zusammenfassung werden die Ergebnisse der im Laufe der Sitzung durchgeführten Analysen angezeigt.

- Um einen Analyseparameterwert in einem Stapelprogramm zu ändern, wählen Sie ihn aus, und klicken Sie auf **Analyse bearbeiten**. Nun wird das Fenster Analyseparameter für die gewählte Analyse geöffnet, sodass Sie die Parameterwerte für diese Analyse ändern können.
- Um eine Analyse aus einem Stapelprogramm zu löschen, müssen Sie die gewünschte Analyse wählen und auf die Schaltfläche **Analyse löschen** klicken. Um alle Analysen zu löschen, müssen Sie auf **Alle Analysen löschen** klicken.

## 8.19 Benutzerdefinierte Analysen

Wenn eine benutzerdefinierte Analyse durchgeführt werden soll, wird das nachstehend gezeigte Fenster geöffnet, in das Sie SPICE-Befehle für die Analyse eingeben können.



Für die Durchführung benutzerdefinierter Analysen sind detaillierte SPICE-Kenntnisse erforderlich. SPICE ermöglicht die Durchführung komplexer, anwenderspezifischer Analysen.

## 8.20 Rauschzahlanalyse

Diese Analyse wird unter Verwendung des HF-Moduls von Multisim durchgeführt, das standardmäßig in der Multisim-Version Power Professional und optional in der Multisim-Version Professional integriert und in Kapitel 14, “HF” beschrieben ist.

## 8.21 Anzeigen der Analyseergebnisse: Prüfprotokoll

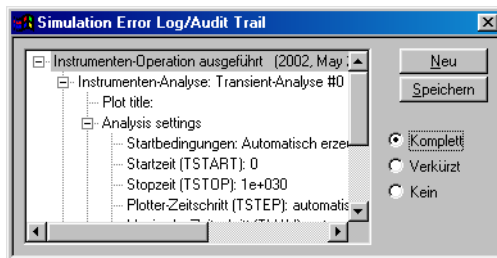
Wenn Sie auf **Simulation** klicken, um die Simulation der Schaltung unter Verwendung der gewählten Analyse(n) zu starten, sehen Sie die Analyseergebnisse unter Umständen in einem der nachstehend gezeigten Formate:

- Das Prüfprotokoll, in dem die Analyseergebnisse als Text angezeigt werden (Erklärung hier)
- Das Diagrammfenster, in dem die Analyseergebnisse in grafischer Form angezeigt werden (siehe “Anzeigen der Analyseergebnisse: Diagrammfenster” auf Seite 8-65).

Wenn Sie die Analyseoption ACCT aktivieren, enthält das Prüfprotokoll auch Fehlermeldungen, die während der Simulation generiert wurden, sowie eine Tabelle mit der Simulationsstatistik. Weitere Informationen über Analyseoptionen finden Sie in “Analyseoptionen” auf Seite 8-80.

- Um das Prüfprotokoll anzeigen zu lassen, müssen Sie aus dem Menü **Ansicht** die Option **Prüfprotokoll anzeigen** wählen.

Anhand des Prüfprotokolls können die Analyse und deren Ergebnisse untersucht werden. Die nachstehende Abbildung zeigt ein Beispiel:



Die Ergebnisse jeder während der aktuellen Multisim-Sitzung durchgeführten Analyse (ob einzeln oder als Stapelprogramm durchgeführt) werden im Prüfprotokoll gespeichert. Beim Beenden von Multisim wird der Inhalt des Prüfprotokolls gelöscht.

Wie bei der Zusammenfassung können Sie den Inhalt der Anzeige erweitern oder minimieren, um Details anzeigen oder verbergen zu lassen. Sie können auch alle Fehler (**Voll**), nur

einfache Fehler (**Einfache**) oder keine Fehler (**Keine**) anzeigen lassen, indem Sie eine der Optionen auf der rechten Bildschirmseite wählen. Unabhängig von der gewählten Optionen werden sämtliche Fehlermeldungen gespeichert. Sie können den Inhalt des Prüfprotokolls auch in einer separaten Datei speichern (hierzu müssen Sie auf **Speichern** klicken und einen Dateinamen sowie einen Speicherort wählen) oder den Inhalt des Prüfprotokolls löschen (hierzu müssen Sie auf **Neue** klicken).

## 8.22 Anzeigen der Analyseergebnisse: Diagrammfenster

Um das Diagrammfenster zu öffnen, müssen Sie aus dem Menü **Ansicht** die Option **Diagrammfenster anzeigen** wählen.

Im Diagrammfenster können Sie Diagramme und Tabellen anzeigen lassen, modifizieren, speichern und exportieren. In diesem Fenster wird Folgendes angezeigt:

- Die Ergebnisse aller Multisim-Analysen in Diagrammen und Tabellen
- Ein Diagramm mit Kurven für einige Messinstrumente (z.B. einen Oszillografen und ein Bode-Diagramm).

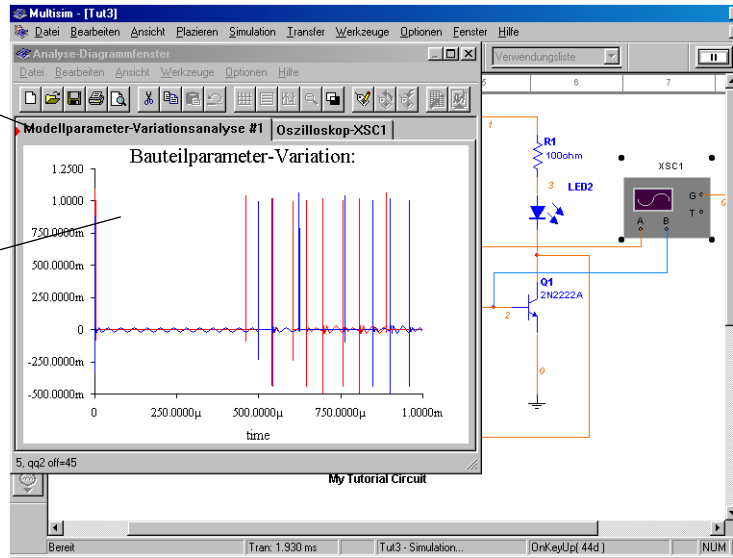
In der Anzeige werden sowohl Diagramme als auch Tabellen angezeigt. In einem Diagramm werden die Daten in einer oder mehreren Kurven innerhalb eines Koordinatensystems mit einer vertikalen und einer horizontalen Achse dargestellt. In einer Tabelle wird Text in Reihen und Spalten angezeigt. Das Fenster besteht aus mehreren Seiten mit Reitern wie bei Registerkarten.

Jede Seite enthält zwei möglicherweise aktive Bereiche, die durch einen roten Pfeil gekennzeichnet sind: Die gesamte Seite oder die Tabelle bzw. das Diagramm wird auf dieser Seite angezeigt. Einige Funktionen wie Ausschneiden, Kopieren und Einfügen beziehen sich

nur auf den aktiven Bereich. Aus diesem Grund sollten Sie sicherstellen, dass der gewünschte Bereich gewählt wurde, bevor Sie eine Funktion wählen.

Name der Seite.  
Klicken Sie, um diese Seite anzeigen zu lassen.

Bereich der Seite mit einer Tabelle oder einem Diagramm.  
Durch den roten Pfeil wird angezeigt, dass es sich hierbei um den aktiven Bereich handelt.



Die Werkzeugleiste im Fenster enthält mehrere Schaltflächen:

The toolbar contains the following icons from left to right: a document icon, a folder icon, a floppy disk icon, a printer icon, a magnifying glass icon, a pair of scissors icon, a document with a plus sign icon, a document with a minus sign icon, and a document with a refresh icon.

- Hiermit wird der Inhalt der aktuellen Seiten in einer Tabellendatei gespeichert.
- Hiermit kann eine Druckvorschau aufgerufen werden (siehe "Drucken und Druckvorschau" auf Seite 8-79).
- Hiermit können die meisten zuletzt durchgeführten Aktionen rückgängig gemacht werden.
- Hiermit kann ein Menü mit zwei Optionen aufgerufen werden: Neue Seite und Alle Seiten löschen
- Hiermit kann eine vorher gespeicherte Diagrammdatei geöffnet werden.
- Hiermit können aktuelle Seiten ausgedruckt werden (siehe "Drucken und Druckvorschau" auf Seite 8-79).
- Hiermit können Seiten, Diagramme oder Tabellen ausgeschnitten, kopiert oder eingefügt werden (siehe "Ausschneiden, Kopieren und Einfügen" auf Seite 8-78).


Hiermit können Sie die Legende eines Diagramms anzeigen oder verbergen lassen (siehe "Raster und Legenden" auf Seite 8-70).

Hiermit kann die ursprüngliche Skalierung wiederhergestellt werden (siehe "Vergrößern und Wiederherstellen der Ansicht" auf Seite 8-73).

Hiermit können Sie die Diagrammeigenschaften festlegen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Arbeiten mit Seiten im Diagrammfenster" auf Seite 8-68 und "Arbeiten mit Diagrammen" auf Seite 8-69.

Hiermit können Sie wieder die ursprünglichen Eigenschaften einer Tabelle anwenden.

Hiermit können Sie die Analyseergebnisse in Excel exportieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Exportieren in Excel" auf Seite 12-4.



Hiermit können Sie das Raster für das gewählte Diagramm aktivieren oder abschalten (siehe "Raster und Legenden" auf Seite 8-70).

Hiermit können Sie Cursors und Daten anzeigen oder verbergen lassen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Cursors" auf Seite 8-71:

Hiermit können Sie ein Negativ des Diagramms oder der Tabelle anzeigen oder verbergen lassen.

Hiermit können Sie Änderungen der Eigenschaften einer Tabelle rückgängig machen.

Hiermit können Sie die Analyseergebnisse in MathCAD exportieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Exportieren in MathCAD" auf Seite 12-3.

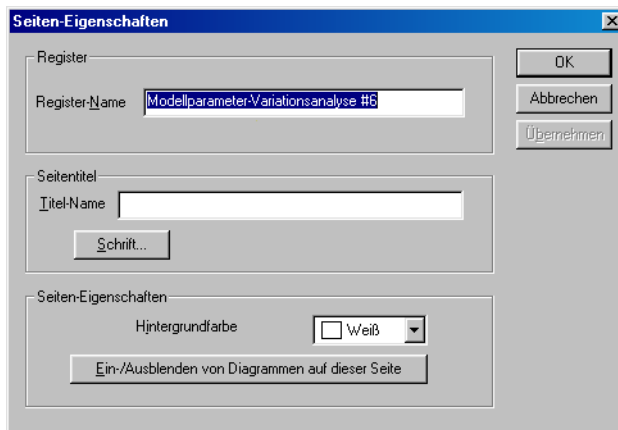
Wenn das Diagrammfenster geöffnet ist, wird es erst geschlossen, wenn Sie Folgendes tun:

- Wenn Sie das Fenster schließen  
oder
- die Option **Ansicht/Diagrammfenster öffnen** abschalten.

## 8.23 Arbeiten mit Seiten im Diagrammfenster

Die Ergebnisse jeder Analyse einer Schaltung werden auf einer separaten Seite im Diagrammfenster angezeigt. Jede Kurve kann auch auf einer separaten Seite angezeigt werden, wenn Sie dies für die Analyse spezifiziert haben.

- Wenn Sie eine Seite im Diagrammfenster anzeigen wollen, müssen Sie auf den zugehörigen Reiter klicken.
- Wenn Sie durch mehrere Seiten rollen wollen (dies ist dann notwendig, wenn nicht alle Reiter auf dem Bildschirm angezeigt werden können), müssen Sie auf die Pfeile nach links oder rechts klicken, die auf der rechten Seite der Reiter erscheinen.
- Gehen Sie beim Ändern der Eigenschaften von Seiten wie folgt vor:
  1. Wählen Sie eine Seite, indem Sie auf den zugehörigen Reiter klicken.
  2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Hierauf wird das Fenster Seiteneigenschaften geöffnet.



<b>Um Änderungen durchzuführen, müssen Sie:</b>	<b>Gehen Sie wie folgt vor:</b>
Name des Reiters	Ändern der Daten im Feld <b>Name des Reiters</b>
Titel des Diagramms oder der Tabelle	Ändern der Daten im Feld <b>Titel</b>
Titelschrift	Klicken Sie auf die Schaltfläche <b>Schriftart</b> und wählen Sie eine der angezeigten Schriftarten



Um Änderungen durchzuführen, müssen Sie:	Gehen Sie wie folgt vor:
Hintergrundfarbe der Seite	Wählen Sie eine <b>Hintergrundfarbe</b> aus der Dropdown-Liste Hintergrundfarbe.
Hiermit bestimmen Sie, welche Diagramme auf der Seite dargestellt werden sollen.	Klicken Sie auf <b>Anzeigen/Verbergen von Diagrammen auf der Seite</b> und wählen Sie das gewünschte Diagramm aus der nun erscheinenden Liste.

3. Um die Änderungen durchzuführen und das Fenster zu schließen, müssen Sie auf **OK klicken**. Um die Änderungen durchzuführen und das Fenster geöffnet zu lassen, sodass Sie weitere Objekte wählen können, müssen Sie auf **Übernehmen** klicken.

## 8.24 Arbeiten mit Diagrammen

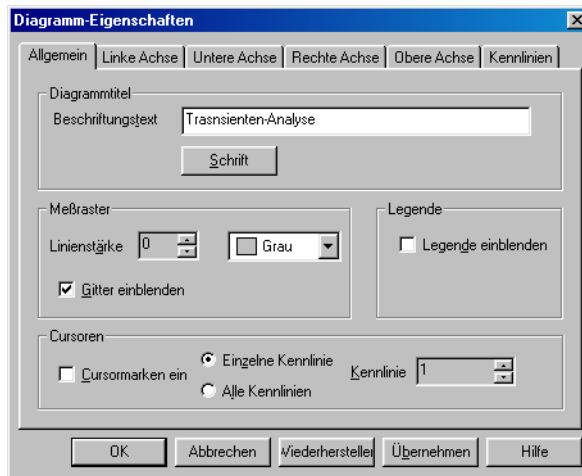
Um das Arbeiten mit Diagrammen zu vereinfachen, können Sie ein Raster, eine Legende und vertikale Cursors verwenden. Sie können jeden Bereich eines Diagramms vergrößert darstellen lassen. Diese Funktionen können Sie getrennt oder zusammen anwenden. Zusätzlich können Sie mehrere Darstellungseigenschaften für Diagramme ändern; die entsprechenden Optionen stehen auf den Registerkarten im Fenster Diagrammeigenschaften zur Verfügung.

**Hinweis** Bevor Sie das Fenster Diagrammeigenschaften öffnen oder die in diesem Unterabschnitt beschriebenen Schaltflächen verwenden können, müssen Sie ein Diagramm gewählt haben. Wenn das Fenster Seiteneigenschaften geöffnet ist, haben Sie an Stelle eines *Diagramms* eine *Seite* gewählt. Klicken Sie auf ein Diagramm, um es auszuwählen. Links vom Diagramm erscheint ein roter Pfeil, durch den angezeigt wird, dass das Diagramm gewählt wurde.

**Hinweis** Im Fenster Diagrammeigenschaften können Sie entweder auf **OK** oder **Übernehmen** klicken. Durch Klicken auf **OK** werden die Änderungen übernommen; das Fenster wird geschlossen. Durch Klicken auf **Übernehmen** werden die Änderungen übernommen; das Fenster bleibt geöffnet, sodass Sie weitere Objekte wählen können.

## 8.24.1 Raster und Legenden

- Gehen Sie beim Rastern eines Diagramms wie folgt vor:
  1. Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
  2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Raster anzeigen/verbergen**. Wenn das Raster nicht angezeigt werden soll, müssen Sie erneut auf die Schaltfläche klicken.  
Alternativ können Sie wie folgt vorgehen:  
Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
  1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Diagrammeigenschaften geöffnet:



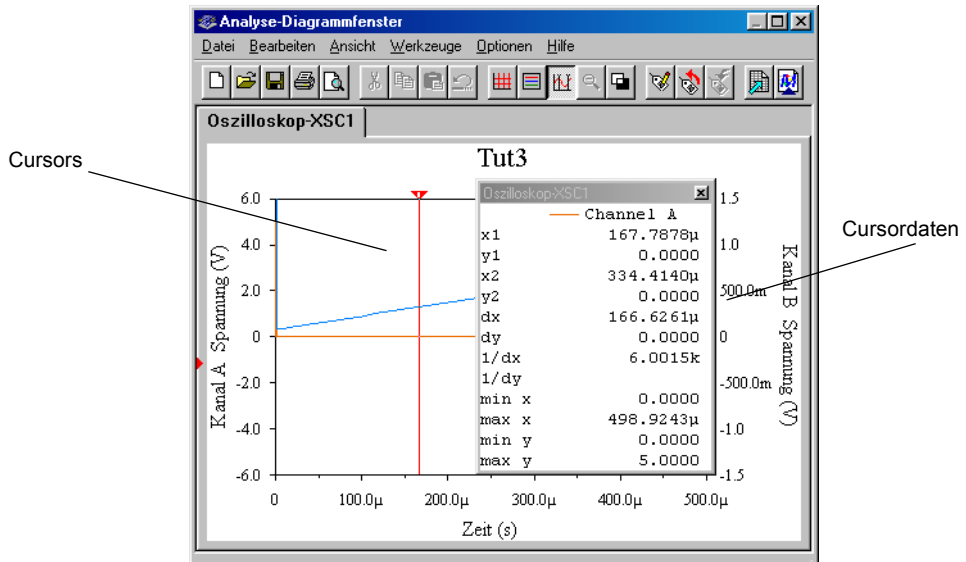
2. Klicken Sie auf die Registerkarte Allgemeines.
  3. Aktivieren Sie die Option **Raster ein**. Ändern Sie bei Bedarf die Linienbreite und die Farbe des Rasters.
- Gehen Sie beim Hinzufügen einer Legende zu einem Diagramm wie folgt vor:
    1. Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
    2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Legende anzeigen/verbergen**. Wenn die Legende nicht angezeigt werden soll, müssen Sie erneut auf die Schaltfläche klicken.  
Alternativ können Sie wie folgt vorgehen:  
Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
    3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Diagrammeigenschaften geöffnet.



4. Klicken Sie auf die Registerkarte Allgemeines.
5. Aktivieren Sie die Option **Legende ein**. Ändern Sie bei Bedarf die Etiketten der Kurven auf der Registerkarte Kurven. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Kurven" auf Seite 8-76.

## 8.24.2 Cursors

Wenn Sie die Cursors aktivieren, scheinen zwei vertikale Cursors im selektierten Diagramm. Gleichzeitig wird ein Fenster mit einer Liste der Daten für eine oder alle Kurven geöffnet.



Die Cursordaten umfassen folgende Werte:

x1,y1	Die X- und Y-Koordinatenwerte des linken Cursors
x2,y2	Die X- und Y-Koordinatenwerte des rechten Cursors
dx	Die Differenz zwischen den beiden Cursorpositionen auf der X-Achse
dy	Die Differenz zwischen den beiden Cursorpositionen auf der Y-Achse
1/dx	Den Reziprokwert der Differenz auf der X-Achse
1/dy	Den Reziprokwert der Differenz auf der Y-Achse
min x, min y	Die X- und Y-Minima innerhalb der Diagrammbereiche
max x, max y	Die X- und Y-Maxima innerhalb der Diagrammbereiche

- Aktivieren Sie die Cursors wie folgt:



1. Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Cursors anzeigen/verbergen**. Wenn die Cursors nicht angezeigt werden sollen, müssen Sie erneut auf die Schaltfläche klicken.

Alternativ können Sie wie folgt vorgehen:

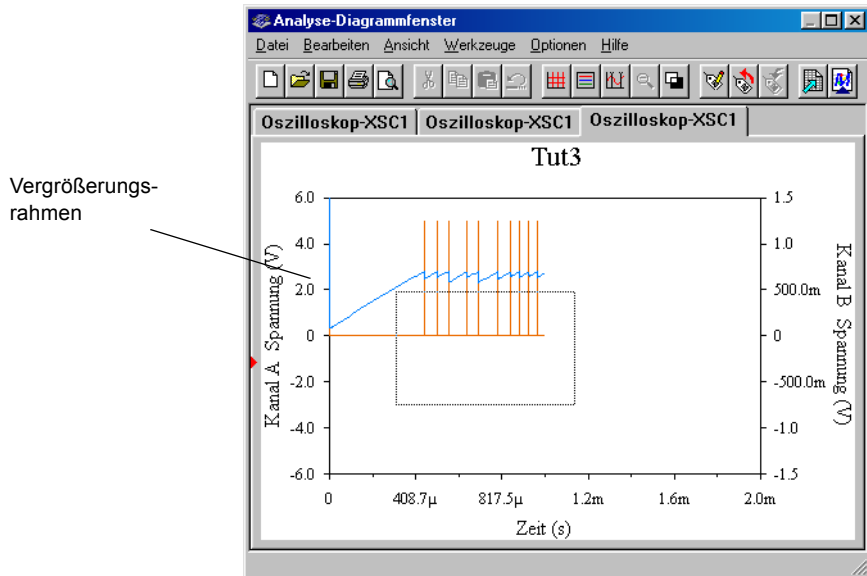
Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.



3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Diagrammeigenschaften geöffnet.
  4. Klicken Sie auf die Registerkarte Allgemeines.
  5. Aktivieren Sie die Option **Cursors ein**.
  6. Wählen Sie die Option **Einzelne Kurve**, um die Cursor Daten für eine Kurve anzeigen zu lassen oder die Option **Alle Kurven**, um die Cursor Daten für alle Kurven anzeigen zu lassen. Wenn Sie die Option **Einzelne Kurve** wählen und Ihr Diagramm mehrere Kurven enthält, müssen Sie das Feld **Kurve** verwenden, um die gewünschte Kurve zu wählen.
- Um einen Cursor zu verschieben, müssen Sie darauf klicken und ihn horizontal bewegen.

## 8.24.3 Vergrößern und Wiederherstellen der Ansicht

- Gehen Sie beim Vergrößern eines beliebigen Teils eines Diagramms wie folgt vor:
  1. Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
  2. Verschieben Sie den Mauszeiger, bis der punktierte Vergrößerungsrahmen den Bereich des Diagramms einschließt, den Sie vergrößert darstellen lassen wollen.



3. Lassen Sie die Maustaste los. Die Achsen werden nun skaliert; der Bereich im Vergrößerungsrahmen wird neu gezeichnet.

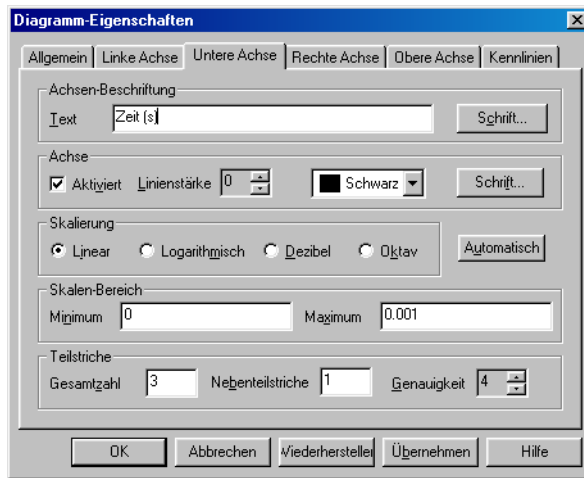
Gehen Sie alternativ wie folgt vor:

Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.



4. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Diagrammeigenschaften geöffnet.
5. Klicken Sie auf den Reiter einer Achse, um die Darstellung entlang dieser Achse zu vergrößern. Klicken Sie z.B. auf den Reiter Untere Achse, um die Darstellung entlang der

Horizontalachse zu vergrößern. (Klicken Sie auf die Registerkarte Kurven, um zu sehen, entlang welcher Achse die Darstellung vergrößert wird.)



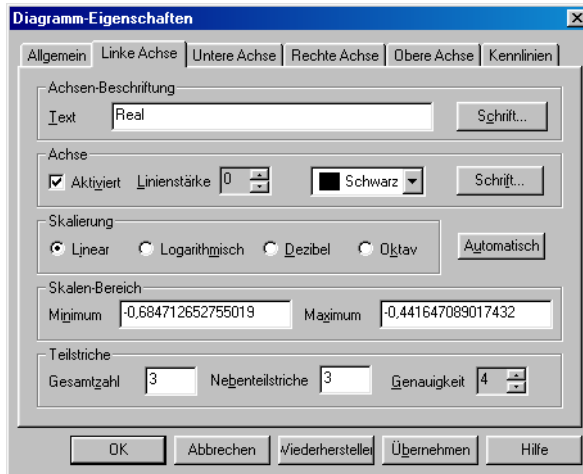
6. Geben Sie einen neuen Minimal- und einen neuen Maximalwert ein.
- Wenn das Diagramm wieder in der ursprünglichen Skalierung angezeigt werden soll, müssen Sie auf die Schaltfläche **Diagrammskalierung wiederherstellen** klicken.

## 8.24.4 Titel

- Gehen Sie beim Hinzufügen eines Titels zu einem Diagramm wie folgt vor:
  1. Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
  2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Diagrammeigenschaften geöffnet.
  3. Klicken Sie auf die Registerkarte Allgemeines.
  4. Geben Sie einen neuen Titel ein. Um die Titelschriftart zu ändern, müssen Sie auf die Schaltfläche **Schriftart** klicken.

## 8.24.5 Achsen

Sie können mehrere Eigenschaften der Achsen eines Diagramms ändern, indem Sie hierfür die vier Achsenreiter im Fenster Diagrammeigenschaften verwenden. Auf jedem dieser Reiter werden die gleichen Optionen zur Auswahl angeboten.



➤ Gehen Sie beim Ändern der Eigenschaften einer Achse wie folgt vor:



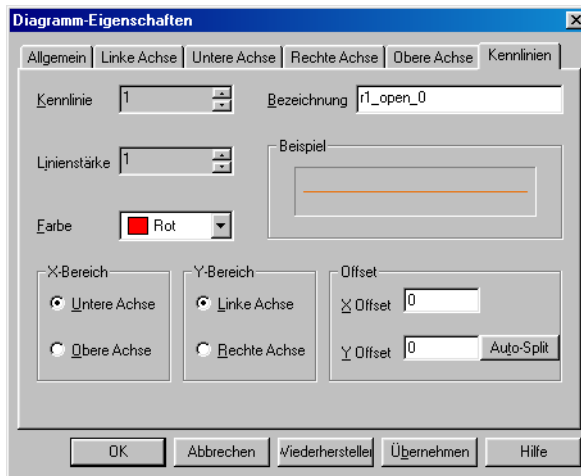
1. Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Diagrammeigenschaften geöffnet.
3. Klicken Sie auf den Reiter der Achse, deren Eigenschaften Sie ändern wollen.
4. Für die Änderung der Achseneigenschaften stehen die folgenden Felder zur Verfügung:

Feld	Verwendung
Etikett	Etikett für die Achse. Um die Schriftart für die Achse zu ändern, müssen Sie auf <b>Schriftart</b> klicken.
Linienbreite	Hiermit werden die Linienbreite und die Farbe der Achse sowie die Schriftart für die Achsenlegende geändert. Um die Farbe oder die Schriftart zu ändern, müssen Sie auf <b>Farbe</b> oder <b>Schriftart</b> klicken.
Minimum/ Maximum	Hiermit werden die angezeigten Minimal- und Maximalwerte geändert. Diese Werte ändern sich mit einer Änderung der Skalierung für die Darstellung.
Anzahl	Hiermit wird die Anzahl der Teilstriche entlang der Achse festgelegt.

Feld	Verwendung
Häufigkeit der Teilstrichbeschriftung	Hiermit wird festgelegt, wie oft Teilstriche beschriftet werden sollen. Beispielsweise bedeutet der Wert "2", dass jeder zweite Teilstrich beschriftet werden soll.
Genauigkeit	Hiermit wird die Anzahl der Ziffernstellen für die Beschriftung der Achse festgelegt.
Skalierung	Hiermit wird der Multiplikationsfaktor für die Achsenwerte festgelegt. Hiermit wird die Skalierung der Achse festgelegt.
Aktiviert	Hiermit wird festgelegt, ob die Achse angezeigt werden soll.

## 8.24.6 Kurven

Sie können mehrere Eigenschaften jeder Kurve in einem Diagramm auf der Registerkarte Kurven im Fenster Diagrammeigenschaften ändern.



➤ Gehen Sie beim Ändern der Eigenschaften einer Kurve wie folgt vor:

1. Wählen Sie ein Diagramm, indem Sie darauf klicken.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Diagrammeigenschaften geöffnet.
3. Klicken Sie auf die Registerkarte Kurven.
4. Wählen Sie eine Kurve.





5. Für die Änderung der Kurveigenschaften stehen die folgenden Felder zur Verfügung:

Feld	Verwendung
Kurve	Hiermit werden die Kurven gewählt, deren Eigenschaften geändert werden sollen.
Etikett	Hiermit wird einer Kurve ein Etikett zugeordnet. Das Etikett erscheint in der Legende.
Linienbreite	Hiermit wird die Linienbreite festgelegt.
Farbe	Hiermit wird die Farbe der Kurve festgelegt. Im Kästchen <b>Muster</b> erscheint eine Voransicht.
Untere Achse/Obere Achse	Hiermit wird der Bereich der Kurve auf der X-Achse festgelegt.
Linke Achse/Rechte Achse	Hiermit wird der Bereich der Kurve auf der Y-Achse festgelegt.
Verschiebung auf der X-Achse/Verschiebung auf der Y-Achse	Um diesen Wert wird die Kurve von ihren ursprünglichen Koordinatenwerten aus verschoben.

## 8.25 Anzeigen von Tabellen

Um die Prüfung und Organisation einer Tabelle zu vereinfachen, können Sie Reihen sortieren, die Spaltenbreite und die Genauigkeit ändern, und einen Titel hinzufügen.

- Um eine Reihe mit Daten zu sortieren, müssen Sie auf die Schaltfläche mit dem Namen der Spalte klicken, nach dem sortiert werden soll. Die Sortierreihenfolge ist bei Zahlen aufsteigend und bei Buchstaben alphabetisch.
- Um die Breite einer Spalte zu ändern, müssen Sie auf den linken Rand der Schaltfläche mit dem Namen der Spalte klicken und diesen verschieben.
- Gehen Sie beim Ändern der Genauigkeit (Anzahl der Ziffernstellen) einer Tabellenspalte oder eines Titels wie folgt vor:
  1. Wählen Sie eine Tabelle, indem Sie darauf klicken.
  2. Klicken Sie auf die **Eigenschaften**. Nun wird das Fenster Tabelleneigenschaften geöffnet.
  3. Wenn Sie den Titel einer Tabelle ändern wollen, müssen Sie einen neuen Titel eingeben. Wenn Sie die Schriftart ändern wollen, müssen Sie auf die Schaltfläche **Schriftart** klicken.



4. Wenn Sie die Genauigkeit einer Spalte ändern wollen, müssen Sie eine Zahl in der Spalte und eine Genauigkeit (Anzahl der Ziffernstellen) wählen. Eine Änderung der Genauigkeit wirkt sich nur auf Spalten aus, die numerische Werte enthalten.
5. Klicken Sie auf **OK**.

## 8.26 Ausschneiden, Kopieren und Einfügen

Im Diagrammfenster können Sie Seiten, Diagramme und Tabellen ausschneiden, kopieren und einfügen.

**Hinweis** Sie müssen die Schaltflächen Ausschneiden, Kopieren und Einfügen in diesem Fenster verwenden. Für diese Funktionen können Sie nicht die Menüs, Schaltflächen und Tastaturbefehle von Multisim verwenden.

- Gehen Sie beim Ausschneiden, Kopieren und Einfügen von Seiten wie folgt vor:



1. Wählen Sie eine Seite, indem Sie auf den zugehörigen Reiter klicken.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Ausschneiden** oder **Kopieren**.



3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Einfügen**. Hierauf wird die ausgeschnittene oder kopierte Seite angezeigt.

**Hinweis** Nach dem Wählen einer Seite (der rote Pfeil zeigt auf die Registerkarte), können nur die Eigenschaften der Seite ausgeschnitten, kopiert oder eingefügt werden. Die Diagramme und Tabellen auf der Seite sind hiervon *nicht* betroffen.

- Gehen Sie beim Ausschneiden, Kopieren und Einfügen von Diagrammen und Tabellen wie folgt vor:

1. Wählen Sie ein Diagramm oder eine Tabelle.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Ausschneiden** oder **Kopieren**.
3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Einfügen**, um das Diagramm oder die Tabelle auf der gleichen Seite einzufügen.

Sie können das Diagramm oder die Tabelle auch auf einer neuen Seite einfügen. Gehen Sie hierbei wie folgt vor:



4. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Neu**.
5. Wählen Sie die Option **Neue Seite**.
6. Geben Sie einen Namen für die Registerkarte ein und klicken Sie auf **OK**.
7. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Einfügen**.

**Hinweis** Wenn ein Diagramm oder eine Tabelle selektiert ist (der rote Pfeil zeigt auf das Diagramm oder die Tabelle), wird nur das gewählte Diagramm bzw. die gewählte

Tabelle ausgeschnitten, kopiert oder eingefügt. Die Eigenschaften der gesamten Seite sind hiervon *nicht* betroffen.

- Um eine neue Seite zu öffnen, müssen Sie auf die Schaltfläche **Neu** klicken und die Option **Neue Seite** wählen.
- Wenn Sie alle Seiten löschen wollen, müssen Sie auf die Schaltfläche **Neu** klicken und die Option **Alle Seiten löschen** wählen.
- Öffnen Sie eine bereits vorhandene Diagrammdatei wie folgt:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Öffnen**. Hierauf wird ein Fenster für die Auswahl des Speicherorts geöffnet.
2. Wählen Sie die zu öffnende Datei. Diagrammdateien haben die Dateinamenerweiterung `.gra`.
3. Klicken Sie auf **Öffnen**.

- Gehen Sie beim Speichern einer Diagrammdatei wie folgt vor:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Speichern**. Hierauf wird ein Fenster für die Auswahl des Speicherorts geöffnet.
2. Wählen Sie eine Datei, die überschrieben werden soll, oder geben Sie einen neuen Dateinamen ein. Diagrammdateien haben die Dateinamenerweiterung `.gra`. Die Dateinamenerweiterung wird automatisch zum Dateinamen hinzugefügt.
3. Klicken Sie auf **Speichern**.

## 8.27 Drucken und Druckvorschau

- Gehen Sie wie folgt vor, um eine Voransicht der auszudruckenden Seiten zu öffnen:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Druckvorschau**. Im Fenster erscheinen nun eine oder zwei Seiten.
  - Klicken Sie auf die Schaltfläche **Nächste Seite** oder **Vorherige Seite**, um durch die Seiten zu blättern.
  - Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eine Seite/Zwei Seiten**, um zwischen der Druckvorschau mit der Darstellung von einer oder zwei Seiten umzuschalten.
  - Verwenden Sie die Option **Vergrößern**, **Verkleinern**, um die Seiten in der Druckvorschau vergrößert oder verkleinert anzeigen zu lassen.



2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Drucken**, um das Fenster Drucken zu öffnen und die Seiten auszudrucken.

Alternativ können Sie wie folgt vorgehen:

Klicken Sie auf die Schaltfläche **Schließen**, um die Druckvorschau zu schließen.

- Gehen Sie beim Ausdrucken von Seiten wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Drucken** in der Werkzeugleiste oder im Fenster Druckvorschau. Hierauf wird das Fenster Drucken geöffnet.
  2. Bei Bedarf können Sie die Option **In eine Datei drucken** aktivieren.
  3. Wählen Sie einen Druckbereich (erste bis letzte auszudruckende Seite).
  4. Wählen Sie die Anzahl der Kopien.
  5. Aktivieren Sie bei Bedarf die Option **Sortieren**.
  6. Klicken Sie auf **OK**.

Ausdrucke von Diagrammen enthalten eine Legende mit einer Erklärung der Bedeutung der Linienfarben oder der Stile (für Schwarzweißdrucker) und Etiketten mit den Namen aller Kurven.

**Hinweis** Bei Verwendung eines Schwarzweißdruckers werden farbige Linien durch unterschiedliche Stile identifiziert.

## 8.28 Analyseoptionen

Multisim ermöglicht Ihnen die Steuerung einer Vielzahl von Simulationsparametern in Verbindung mit den Analysen wie das Zurücksetzen von Fehlertoleranzen, die Auswahl der Simulationsverfahren und die Art der Ergebnisanzeige. Die Effizienz der Simulation hängt ebenfalls von den gewählten Optionen ab.

Dieser Unterabschnitt enthält eine Kurzbeschreibung der Simulationsoptionen für die Analysen mit einer Aufstellung der Standardwerte. Diese Optionen können Sie auf der

Registerkarte Verschiedenes in den Fenstern für die jeweilige Analyse wählen (siehe hierzu "Registerkarte Verschiedenes" auf Seite 8-7.

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
ACCT	Ausdrucken der Simulations-statistik	Hiermit wird die Anzeige der Statistikdaten mit Informationen über die Simulation ein- oder ausgeschaltet. Diese Daten sind unter Umständen bei der Lösung von Problemen mit der Simulation von Nutzen. Die Daten werden im Fenster Diagrammdarstellung angezeigt.	Aus	-	-
GMIN	Minimaler Leitwert	Hierdurch wird der minimale Leitwert in jedem Zweig der Schaltung zurückgesetzt. Dieser Wert kann nicht gleich Null sein. Durch Erhöhen dieses Werts kann die Konvergenz der Lösung ebenfalls erhöht werden; allerdings leidet hierunter die Simulationsgenauigkeit.	1,0e-12	S	Dieser Standardwert darf nicht verändert werden.
RELTOL	Relative Fehlertoleranz	Hierdurch wird die relative Fehlertoleranz der Simulation zurückgesetzt, mit der die Genauigkeit global gesteuert wird. Dieser Wert kann die Konvergenz der Lösung und die Simulationsgeschwindigkeit erheblich beeinflussen. Der Wert muss zwischen 1 und 0 liegen.	0,001	-	Verwenden Sie typische Werte zwischen 1,0e-06 und 0,01.
ABSTOL	Absolute Fehlertoleranz	Hierdurch wird die absolute Fehlertoleranz für den Strom zurückgesetzt. Der Standardwert eignet sich für die meisten VLSI-Bausteine mit bipolaren Transistoren.	1,0e-12	A	Im Allgemeinen sollte dieser Wert im Bereich von 6 bis 8 liegen.

## Analysen

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
VNTOL	Spannungsfehlertoleranz	Hierdurch wird die absolute Spannungsfehlertoleranz des Programms zurückgesetzt.	1,0e-06	V	Im Allgemeinen sollte dieser Wert auf einen 6- bis 8-mal kleineren Wert als den größten Spannungswert der Schaltung eingestellt werden.
TRTOL	Überschätzungsfaktor für Rundungsfehler	Hierdurch wird die Impulsfehlertoleranz zurückgesetzt. Wird nur als lokales Rundungsfehlerkriterium verwendet.	7	-	Verwenden Sie den Standardwert.
CHGTOL	Ladungsfehlertoleranz	Hierdurch wird die Ladungsfehlertoleranz in Coulomb zurückgesetzt.	1,0e-14	C	Dieser Standardwert darf nicht verändert werden.
PIVTOL	Minimal zulässiger Pivot	Hierdurch wird der absolute Minimalwert für einen Matrixeintrag zurückgesetzt, der als Pivot akzeptiert werden soll.	1,0e-13	-	Dieser Standardwert darf nicht verändert werden.
PIVREL	Minimal akzeptables Pivotverhältnis	Hierdurch wird der Relativwert zwischen dem größten Spalteneintrag in der Matrix und einem akzeptablen Pivotwert zurückgesetzt. Der Wert muss zwischen 1 und 0 liegen.	0,001	-	Dieser Standardwert darf nicht verändert werden.

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
TNOM	Nominaltemperatur	Hierdurch wird die Nominaltemperatur zurückgesetzt, bei der die Modellparameterwerte gemessen und berechnet werden.	27	°C	Dieser Wert darf nicht geändert werden, es sei denn, dass Ihre Schaltung an die technischen Daten im Datenbuch angepasst werden soll, die für eine andere Temperatur als +27 °C gelten.
ITL1	Maximale Anzahl von Gleichspannungsiterationen	Hierdurch wird der obere Grenzwert der Anzahl von Newton-Raphson-Iterationen während einer Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts zurückgesetzt.	100	-	Wenn die Fehlermeldung "Keine Konvergenz bei der Gleichspannungsanalyse" erscheint, muss der ITL1-Wert auf 500 oder 1000 erhöht werden, bevor die Analyse erneut durchgeführt werden kann.
ITL2	Maximale Anzahl von Iterationen der Gleichspannungsübertragungskurve	Hierdurch wird die maximale Anzahl von Iterationen der Gleichspannungsübertragungskurve zurückgesetzt.	50		

## Analysen

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
ITL4	Maximale Anzahl der Impulsiterationen	Hierdurch wird der obere Grenzwert der Anzahl von Newton-Raphson-Iterationen an jedem Zeitpunkt für die Impulsanalyse zurückgesetzt. Ein Vergrößern dieses Wertes kann eine Verlangsamung der Impulssimulation zur Folge haben. Durch Vergrößern dieses Wertes erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer hohen Konvergenz.	10	-	Wenn die Fehlermeldung "Schrittbreite in der Zeitachse zu klein" oder "Keine Konvergenz bei der Impulsanalyse" erscheint, muss der ITL4-Wert auf 15 erhöht werden, bevor die Analyse erneut durchgeführt werden kann.
DEFL	Standard-mäßige Länge des MOSFET-Kanals	Hierdurch wird der Wert für die Länge des MOSFET-Kanals zurückgesetzt.	0,0001	µm	Verwenden Sie den Standardwert, wenn Sie nicht wissen, wie Sie einen im Datenblatt des MOSFETs enthaltenen Wert angeben können.
DEFW	Standard-mäßige Breite des MOSFET-Kanals	Hierdurch wird der Wert für die Breite des MOSFET-Kanals zurückgesetzt.	0,0001	µm	Verwenden Sie den Standardwert, wenn Sie nicht wissen, wie Sie einen im Datenblatt des MOSFETs enthaltenen Wert angeben können.



Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
DEFAD	Standard-mäßige Fläche der MOSFET-Drain-Elektrode	Hierdurch wird der Wert für die Fläche der MOSFET-Drain-Elektrode zurückgesetzt.	0	m <sup>2</sup>	Verwenden Sie den Standardwert, wenn Sie nicht wissen, wie Sie einen im Datenblatt des MOSFETs enthaltenen Wert angeben können.
DEFAS	Standard-mäßige Fläche der MOSFET-Source-Elektrode	Hierdurch wird der Wert für die Fläche der MOSFET-Source-Elektrode zurückgesetzt.	0	m <sup>2</sup>	Verwenden Sie den Standardwert, wenn Sie nicht wissen, wie Sie einen im Datenblatt des MOSFETs enthaltenen Wert angeben können.
BYPASS	Ermöglicht die Überbrückung invariabler Elemente	Hierdurch wird das Schema für die Überbrückung von Bauelementen zum Zwecke der Auswertung nichtlinearer Modelle ein- oder ausgeschaltet. Das Abschalten dieser Option kann eine Verlangsamung der Simulation zur Folge haben.	Ein	-	Dieser Standardwert darf nicht verändert werden.
MAXOR D	Maximale Integrationsordnung	Hierdurch wird die maximale Integrationsordnung definiert, wenn GEAR als Verfahren für die Integration bei der Impulsanalyse gewählt wurde. Der Wert muss zwischen 2 und 6 liegen. Bei Verwendung einer höheren Integrationsordnung wird eine höhere Genauigkeit der Ergebnisse erreicht, die Simulation jedoch verlangsamt.	2	-	Verwenden Sie in den meisten Fällen den Standardwert.

## Analysen

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
TEMP	Betriebs-temperatur	Hierdurch wird die Temperatur zurückgesetzt, bei der die gesamte Schaltung simuliert wird. Die Einstellungen im Fenster Analyseparameter haben Vorrang.	27	°C	-
OLDLIMIT	Verwenden Sie SPICE2 MOSfet limiting'		-	-	
ITL6	Schritte des Algorithmus mit schrittweiser Variation des Quellspannungswerts	Hierdurch wird die Anzahl der Schritte des Algorithmus für die schrittweise Variation des Gmin-Wertes definiert. Hiermit kann eine Lösung während einer Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts gefunden werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Algorithmus für die Unterstützung beim Erreichen von Konvergenz" auf Seite 7-13.	10	-	-
GMINSTEP	Anzahl der Gmin-Schritte	Hierdurch wird die Anzahl der Schritte des Algorithmus für die schrittweise Variation des Gmin-Werts definiert. Hiermit kann eine Lösung während einer Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts gefunden werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in "Algorithmus für die Unterstützung beim Erreichen von Konvergenz" auf Seite 7-13. Wenn der Wert Null angegeben wird, so wird der Algorithmus für die schrittweise Variation des Gmin-Wertes nicht aktiviert.	10	-	-
MINBREAK	Minimale Zeit zwischen Anhaltepunkten		0		

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
NOOPITER	Gehen Sie direkt zur schrittweisen Variation des Gmin-Wertes.		-	-	
METHOD	Integrationsverfahren	Auswahl für die Impulsanalyse. Bei der Verwendung des Standardwerts wird die Simulation beschleunigt, ohne die Genauigkeit zu reduzieren. Allerdings können sich unerwartete Resultate ergeben.	TRAPEZOIDAL	-	Verwenden Sie GEAR (das Gear-Integrationsverfahren), wenn während der Simulation unerwünschte Oszillationen der numerischen Ergebnisse auftreten oder wenn die Schaltung ideale Schalter enthält. Verwenden Sie den Standardwert, wenn die Schaltung zur Selbstoszillation neigt, was selbstverständlich für Oszillatorschaltungen gilt. Bitte beachten Sie, dass sich durch die Gear-Integration zu stark gedämpfte Resultate ergeben können.

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
TRYTO COMPA CT	Versuchen Sie eine Verdichtung der LTRA-Linien.	Dies gilt nur für verlustbehaftete Komponenten von Übertragungsleitungen. Wenn diese Option aktiviert ist, versucht Multisim, den Speicherbedarf von Massen- und Arbeitsspeicher zu reduzieren, sodass genügend Massen- und Arbeitsspeicherkapazität für die Impulssimulation von Schaltungen mit verlustbehafteten Übertragungsleitungen zur Verfügung steht.	Aus	-	-
BADMO S3	Verwenden Sie das alte mos3-Modell (diskontinuierlich in Bezug auf kappa).		-	-	
KEEPO PINFO	Notieren Sie den Arbeitspunkt für jede Kleinsignal-analyse.	Hierdurch bleiben die Arbeitspunktinformationen unabhängig davon erhalten, ob es sich um eine Wechselspannungsanalyse, eine Klirrfaktoranalyse oder eine Pol- und Nullstellenanalyse handelt.	-	-	Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn die Schaltung sehr umfangreich ist und Sie keine redundante ".OP"-Analyse durchführen wollen.
NOOPA LTER	Führen Sie bei DCOP keine Veränderung von Analogsignalenoder Ereignissen durch.		-	-	
RAMPTI ME	Zeit für die lineare Veränderung der Versorgungsspannung während der Impulsanalyse	Hiermit werden während der angegebenen Periode separate Signalquellen sowie kapazitive und induktive Anfangsbedingungen von Null bis zu ihren Endwerten verändert.	0	Anschlüsse	-

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
MAXEV TITER	Maximale Anzahl der Ereignisiterationen am Analysepunkt		0		
MAXOP ALTER	Maximale Anzahl der Veränderungen von Analogsignalen oder Ereignissen bei DCOP		0		
CONVLI MIT	Freigeben der Konvergenz-hilfe für Codemodelle	Hierdurch wird ein Konvergenzalgorithmus für einige intern definierte Bauelementemodelle aktiviert bzw. nicht aktiviert.	EIN	-	-
CONVA BSSTEP	Absolute zulässige Schrittbreite für die Eingabe in Codemodelle zwischen Iterationen	Hierdurch wird die automatische Konvergenzhilfe gesteuert, indem ein absoluter Schrittbreitengrenzwert bei der Auflösung nach dem Gleichspannungsarbeitspunkt definiert wird.	0,1	-	-
CONVS TEP	Geringste zulässige Schrittbreite für die Eingabe in Codemodelle zwischen Iterationen	Hierdurch wird die automatische Konvergenzhilfe gesteuert, indem ein relativer Schrittbreitengrenzwert bei der Auflösung nach dem Gleichspannungsarbeitspunkt definiert wird.	0,25	-	-
AUTOP ARTIAL	Verwenden Sie für alle Modelle eine automatische, teilweise Berechnung.		-	-	

Code	Optionsname	Beschreibung	Standardwert	Einheit	Empfohlene Einstellung
RSHUNT	Parallelwiderstand zwischen Analogknoten und Masse	Hierdurch wird ein Widerstand zwischen allen Analogknoten der Schaltung und Masse eingefügt. Durch Verringerung des Wertes wird auch die Simulationsgenauigkeit verringert.	Nicht aktiviert (1,0e12 bei Inaktivierung)	$\Omega$	Dieser Widerstand sollte auf einen sehr hohen Wert wie $1e+12\Omega$ eingestellt werden. Wenn die Fehlermeldung "Kein Gleichspannungsnebenschlusspfad nach Masse" oder "Die Matrix ist beinahe singular" erscheint, sollten Sie versuchen, den Wert von RSHUNT auf $1e+9\Omega$ oder $1e+6\Omega$ reduziert werden.
	Größe der temporären Datei für die Simulation.	Hiermit können Sie die Dateigröße für die Speicherung von Simulationsergebnissen festlegen. Wenn die Datei ihre maximale Größe erreicht hat, werden Sie aufgefordert, die Simulation unter Verwendung der verbleibenden Festplattenspeicherkapazität zu beenden und anschließend fortzufahren oder die bereits vorhandenen Daten zu löschen und eine neue Datei für die Simulationsergebnisse anzulegen.	10	MByte	Wenn Ihre Schaltung viele Knoten enthält und Sie die Oszillografendarstellung in der Zeitachse zurück zum Anfang der Simulation fahren wollen, müssen Sie die Größe der temporären Datei erhöhen.

# Kapitel 9

## Postprozessor

In diesem Kapitel ist beschrieben, wie der Postprozessor verwendet wird, um die Simulationsergebnisse der Analysen mathematisch zu manipulieren. Am Ende dieses Kapitels finden Sie einige Beispiele.

Um den Postprozessor nutzen zu können, müssen Sie Ihre Schaltung mindestens einmal analysiert haben. In diesem Kapitel wird vorausgesetzt, dass Sie mit den Analysen von Multisim 2001 vertraut sind und die Funktion Diagrammerstellung kennen, die für die grafische Aufbereitung der Analyseergebnisse verwendet wird. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 8, "Analysen".

Einige der hier beschriebenen Funktionen sind unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol neben der Beschreibung gekennzeichnet.

### 9.1 Einführung in den Postprozessor

Der Postprozessor ermöglicht das Manipulieren der Analyseergebnisse einer Schaltung und die Aufbereitung der Analyseergebnisse in Form eines Diagramms oder einer Tabelle. Die geplotteten Ergebnisse werden als "Kurven" bezeichnet. Unter anderem können folgende arithmetische Operationen auf Analyseergebnisse angewandt werden: Arithmetische, trigonometrische, exponentielle, logarithmische, komplexe, vektorielle, logische usw.

Die folgenden Beispiele verdeutlichen mögliche Anwendungen des Postprozessors:

- Dividieren der Werte der Ausgabekurve durch die Werte der Eingabekurve aus einer Impulsanalyse, und grafische Darstellung der Ergebnisse.
- Multiplizieren einer Spannung mit einem Strom, um die Leistung zu ermitteln.

- Bewerten der Differenzen durch geringfügige Schaltungsänderungen. Beispielsweise können Sie eine Schaltung analysieren, dann eine Schaltungsänderungen durchführen (z.B. die Eingangsspannung ändern), und die Analyse erneut durchführen. Sie können einen Satz von Ergebnissen von einem anderen Ergebnissatz subtrahieren, um die Auswirkungen der Schaltungsänderung sichtbar zu machen.

## 9.2 Verwenden des Postprozessors

Der Postprozessor berechnet die Ergebnisse von Gleichungen und stellt diese als "Kurven" in Diagrammen und Tabellen dar. Um den Postprozessor verwenden zu können, müssen Sie die Gleichungen selbst definieren, indem Sie die Variablen aus früheren Schaltungsanalysen mit mathematischen Funktionen kombinieren.

Um Gleichungen für den Postprozessor zu definieren, müssen Sie mindestens eine Schaltungsanalyse durchgeführt haben. Wenn Sie eine Schaltungsanalyse durchführen, werden die Ergebnisse im Diagrammfenster angezeigt und für weitere Verwendung durch den Postprozessor gespeichert. Einige Analyseergebnisse können auch nur für Verwendung durch den Postprozessor gespeichert werden. Weitere Informationen über die Durchführung von Analysen finden Sie in Kapitel 8, "Analysen".



## 9.2.1 Erste Schritte

- Um eine Gleichung zu definieren, die das Zeichnen einer Kurve ermöglicht, müssen Sie Variable (aus früheren Analysen) und mathematische Operatoren selektieren, wobei Sie die Gleichung von links nach rechts durchgehen. Führen Sie die nachfolgenden Schritte aus:
1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Postprozessor in der Werkzeuge-Werkzeugleiste. Hierauf wird das Fenster Postprozessor geöffnet.

In diesem Fenster definieren Sie Ihre Postprozessor-Gleichungen.

Dies ist der Name der Schaltung, die während dieser Sitzung analysiert wurde.

Dies ist eine an dieser Schaltung durchgeführte Analyse.

Dies sind die Variablen, die aus der gewählten Analyse resultierten.

Dies sind die mathematischen Funktionen, die Sie in Ihren Gleichungen verwenden können.

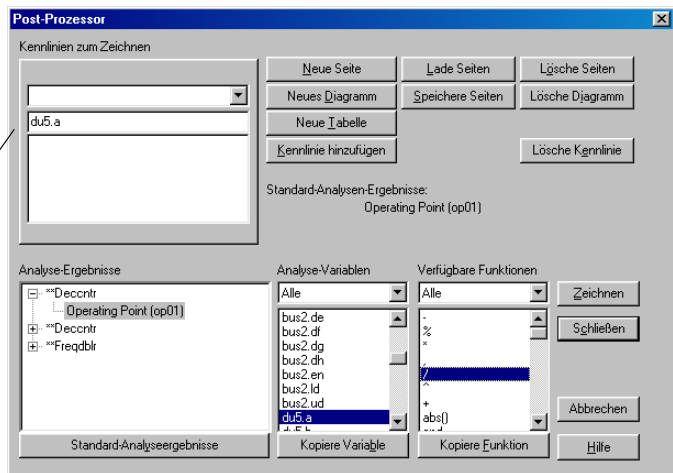
2. Klicken Sie in der Liste **Analyseergebnisse** auf das Pluszeichen (+) neben dem Namen der Analyse, deren Ergebnisse vom Postprozessor verarbeitet werden sollen. Jede Analyse wird durch einen Namen gekennzeichnet, auf den ein zwischen Klammern stehender Code folgt. Dieser Code wird verwendet, um die Variablen aus dieser Analyse zu verwenden, wenn die Kurve geplottet wird. Die Variablen, die aus dieser Analyse resultieren, werden in der Liste **Analysevariable** aufgeführt. Weitere Informationen über die Syntax dieser Variablen finden Sie in "Postprozessorvariable" auf Seite 9-9.

Um die Liste **Analysevariable** so zu filtern, dass nur bestimmte Variable angezeigt werden, müssen Sie eine der Optionen aus der Dropdown-Liste wählen:

- Alle Variablen
- Nur Variable der obersten Ebene (keine Variablen in Schaltungsteilen)
- Nur Variable in Schaltungsteilen

- Nur Variable für nicht belegte Anschlüsse
  - Nur Variablen für Bauelementeparameter
3. Wählen Sie aus der Liste **Analysevariable** diejenigen Variablen, die in den Gleichungen enthalten sein sollen, um die Kurve zu definieren, und klicken Sie auf **Variable in Kurve kopieren**. Die Variable erscheint im Fenster "Zu plottende Kurven" mit vorangestelltem Code der Analyse, deren Ergebnis sie war (sofern die gewählte Analyse nicht die standardmäßige Analyse ist; weitere Informationen über die Verwendung der standardmäßigen Analyse finden Sie in "Verwenden der standardmäßigen Analyse" auf Seite 9-6).

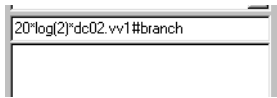
Dies ist die von Ihnen generierte Gleichung, die für das Plotten der Kurve verwendet wird. Den Variablen wird der Analysecode vorangestellt. In diesem Beispiel ist die erste Variable ein Resultat der Analyse "disto03" und die zweite Variable ein Resultat der Analyse "dc05".



Wählen Sie aus der Liste **Verfügbare Funktionen** die mathematische Funktion, die in der Gleichung für diese Kurve enthalten sein soll, und klicken Sie auf **Variable in Kurve kopieren**. Um die Liste so zu filtern, dass nur bestimmte mathematische Funktionen angezeigt werden, müssen Sie die entsprechende Option aus der Dropdown-Liste wählen. Weitere Informationen über die zur Verfügung stehenden Funktionen finden Sie in "Zur Verfügung stehende Funktionen" auf Seite 9-9.

**Hinweis** Obwohl es möglich ist, die Gleichung für eine Kurve von Hand einzugeben oder zu ändern, wird davon abgeraten, da dadurch Eingabefehler entstehen können. Nach Möglichkeit sollten Variable mit Hilfe der Schaltflächen "Kopieren" in die Kurven kopiert werden.

4. Wählen Sie Analysen, Variable und Funktionen, bis die Gleichung vollständig definiert ist. Ihre Gleichung könnte z.B. wie folgt aussehen:



5. Um die durch diese Gleichung definierten Kurven zu plotten, müssen Sie auf **Plotten** klicken.
6. Nun werden Sie aufgefordert, einen Seitennamen einzugeben. Hierbei handelt es sich um den Namen der mit Registerkarten versehenen Seite, auf der die Ergebnisse im Diagrammfenster angezeigt werden. Dies ist auch der Name der Postprozessor-Seite, auf der die Kurve gespeichert wird. In Abhängigkeit von der jeweiligen Kurve werden Sie aufgefordert, einen Diagrammnamen, einen Plotnamen oder beide einzugeben. Wenn Sie aufgefordert werden, beide Namen einzugeben, und Sie keinen der beiden Namen definieren wollen, müssen Sie die Aufforderung für die Eingabe dieses Namens durch Klicken auf die Schaltfläche **Abbrechen** beantworten.

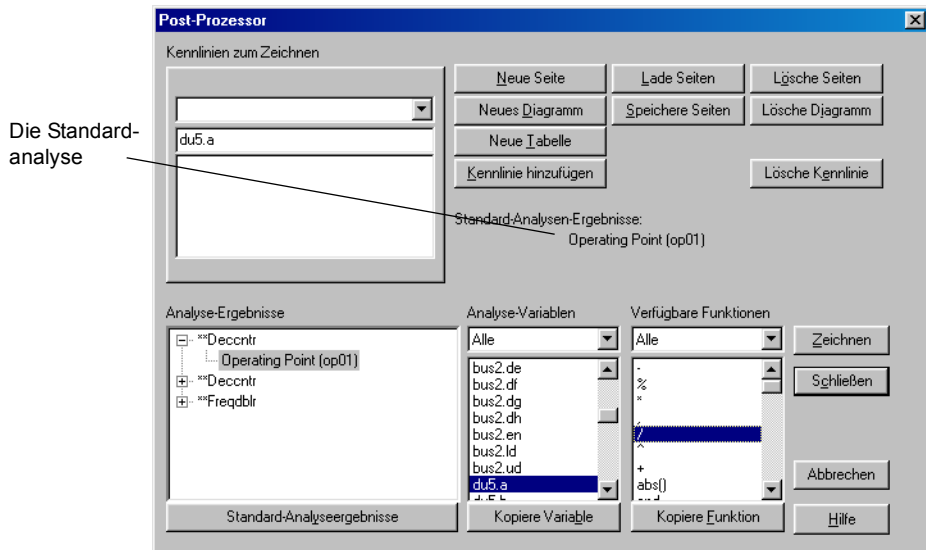
Die Ergebnisse der Nachverarbeitung durch den Postprozessor zum Plotten der Kurve werden im Diagrammfenster zusammen mit den Ergebnissen der vorher durchgeführten Analysen angezeigt, wobei die Seiten mit den von Ihnen angegebenen Namen identifiziert werden (d.h. für jeden Plot und jedes Diagramm wird ein eigener Name verwendet). Die Ergebnisse werden einschließlich der Fehler im Prüfprotokoll aufgezeichnet. Wenn das Prüfprotokoll noch nicht geöffnet ist, können Sie es aus dem Menü **Ansicht** öffnen.

Die Gleichung im Fenster "Zu plottende Kurven" wird um eine Zeile nach unten verschoben, sodass in der obersten Zeile Platz für eine neue Kurve frei wird. Weitere Informationen über das Arbeiten mit mehreren Kurven finden Sie in "Plotten mehrerer Kurven" auf Seite 9-7.

### 9.2.1.1 Verwenden der standardmäßigen Analyse

Die von Ihnen mit Hilfe des Postprozessors definierte Gleichung enthält Variable, denen der zugehörige Analysecode vorangestellt ist. Um die Gleichung und die im Diagramm angezeigte Kurve zu vereinfachen, können Sie eine der Analysen als Standardanalyse definieren.

Die Liste **Analyseergebnisse** enthält stets die Ergebnisse einer Analyse, die als Standardanalyse definiert wurde. Die Standardanalyse ist diejenige Analyse, die der Postprozessor für Berechnungen verwendet, wenn keine andere Analyse spezifiziert wurde. Die Variablen der Standardanalyse sind in der Gleichung oder in den Kurven nicht mit vorangestellten Kennungen gekennzeichnet.

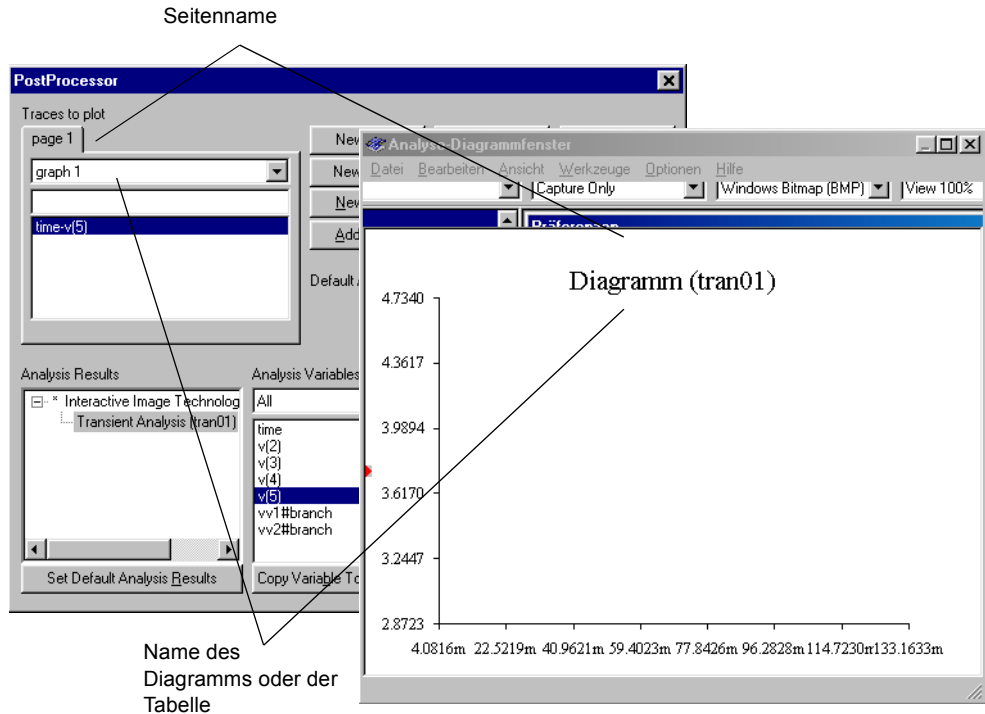


Die Standardanalyse wird im Fenster Postprozessor unten in der Liste **Analyseergebnisse** angezeigt.

- Um eine andere Analyse als Standardanalyse zu definieren, müssen Sie die gewünschte Analyse wählen und auf **Als Standardanalyse verwenden** klicken. Die Gleichung ändert sich nun entsprechend.

## 9.2.1.2 Plotten mehrerer Kurven

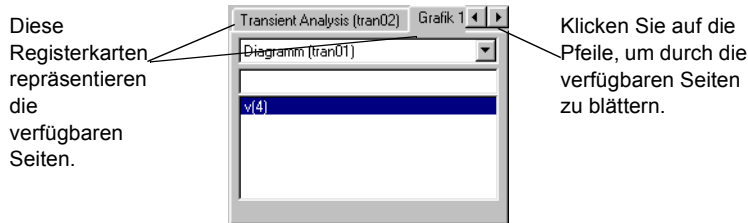
Die Darstellung im Fenster Postprozessor erfolgt auf die gleiche Weise wie im Diagrammfenster (siehe unten):



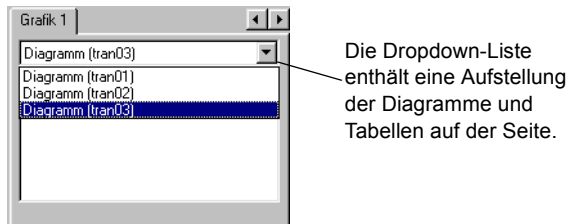
- Gehen Sie beim Hinzufügen einer Kurve zu einer Seite wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die Registerkarte der Seite, zu der Sie die Kurve hinzufügen wollen.
  2. Generieren Sie die Kurve wie gewöhnlich.
  3. Wenn Sie auf **Plotten** klicken, wird die Kurve zur aktuellen Seite hinzugefügt. Um eine Kurve ohne Plotten hinzuzufügen, müssen Sie auf **Kurve hinzufügen** klicken.

## 9.2.2 Arbeiten mit Seiten, Diagrammen und Tabellen

- Um eine weitere Seite für Kurven hinzuzufügen, müssen Sie auf **Neue Seite** klicken. Sie werden nun aufgefordert, einen Namen für die Seite einzugeben. Wenn Sie auf **OK** klicken, wird eine Registerkarte mit diesem Namen zum Postprozessor hinzugefügt.



- Gehen Sie beim Hinzufügen eines Diagramms oder einer Tabelle zu einer bereits vorhandenen Seite wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die Registerkarte der Seite, zu der Sie das Diagramm oder die Tabelle hinzufügen wollen.
  2. Klicken Sie auf **Neues Diagramm** oder **Neue Tabelle**. Nun werden Sie aufgefordert, einen Namen einzugeben.
  3. Der Name wird in die Dropdown-Liste für diese Seite aufgenommen..



Jedes Diagramm und jede Tabelle auf einer Seite wird auf der gleichen Registerkarte im Diagrammfenster angezeigt.

- Um eine Kurve zu löschen, müssen Sie diese wählen und dann auf **Kurve löschen** klicken.
- Um eine Seite zu löschen, müssen Sie diese wählen und dann auf **Seite löschen** klicken.
- Um die aktuellen Seiten zu speichern, müssen Sie auf **Seiten speichern** klicken. Suchen Sie den Ordner auf Ihrer Festplatte, in dem die Datei gespeichert werden soll, und geben Sie den Dateinamen an.
- Um einen Satz aus gespeicherten Seiten zu laden, müssen Sie auf **Seiten laden** klicken, den Ordner auf Ihrer Festplatte suchen, in dem die Datei gespeichert wurde, und auf **Öffnen** klicken.

## 9.3 Postprozessorvariable

Die Variablen, die in der Liste **Analysevariable** des Postprozessors angezeigt werden, basieren auf der gewählten Analyse. Diese Variablen können Folgendes einschließen:

v(#)	Spannung am Knoten, wobei # die Knotennummer ist
vv# #branch	Teilstrom durch die Spannungsquelle "vv#" (vv# ist der Name der Spannungsquelle)
expr.x#	Ausdruck innerhalb des Schaltungsteils x#

## 9.4 Zur Verfügung stehende Funktionen

Den Postprozessorvariablen können folgende Funktionen zugeordnet werden:

Symbol	Typ	Beschreibung
+	Algebraisch	plus
-	Algebraisch	minus
*	Algebraisch	mal
/	Algebraisch	geteilt durch
^	Algebraisch	hoch
%	Algebraisch	Prozent
,	Algebraisch	komplex $3,4 = 3 + j(4)$
abs()	Algebraisch	Absolutwert
sqrt()	Algebraisch	Quadratwurzel
sin()	Trigonometrisch	Sinus
cos()	Trigonometrisch	Kosinus
tan()	Trigonometrisch	Tangens
atan()	Trigonometrisch	Arkustangens
gt	Verhältnis	größer als
lt	Verhältnis	kleiner als

Symbol	Typ	Beschreibung
ge	Verhältnis	gleich oder größer als
le	Verhältnis	gleich oder kleiner als
ne	Verhältnis	ungleich
eq	Verhältnis	gleich
und	Logisch	und
oder	Logisch	oder
nicht	Logisch	nicht
db()	Exponential	$20 \log_{10}(\text{mag}(\text{vector}))$
log()	Exponential	Dekadischer Logarithmus (zur Basis 10)
ln()	Exponential	Natürlicher Logarithmus (zur Basis e)
exp()	Exponential	e hoch Vektor
j()	Komplex	$i$ (sqrt(-1)) mal Vektor
real()	Komplex	Wirkanteil des Vektors
image()	Komplex	Scheinanteil des Vektors
vi()	Komplex	$vi(x) = \text{image}(v(x))$
vr()	Komplex	$vr(x) = \text{real}(v(x))$
mag()	Vektor	Betrag
ph()	Vektor	Phase
norm()	Vektor	Auf 1 normalisierter Vektor (d.h. der größte Betrag jedes Anteils ist gleich 1)
rnd()	Vektor	Zufallskomponente
mean()	Vektor	resultiert in einem Skalar (einem Vektor mit der Länge 1), bei dem es sich um den Mittelwert der Elemente des Vektors handelt



Symbol	Typ	Beschreibung
Vektor( <i>Zahl</i> )	Vektor	resultiert in einem Vektor der Länge <i>Zahl</i> mit den Elementen 0, 1, ... <i>Zahl</i> -1. Wenn <i>Zahl</i> ein Vektor ist, wird nur das erste Element verwendet; wenn es sich dabei nicht um eine imaginäre Zahl handelt, wird der niedrigste Betrag verwendet.
length()	Vektor	Vektorlänge
deriv()	Vektor	Ableitung des Vektors – verwendet eine numerische Differenzierung durch Interpolieren eines Polynoms, woraus sich unter Umständen keine zufriedenstellenden Resultate ergeben, was insbesondere für Differenzierungen mit Iterationen gilt. Berechnet nur die Ableitung in Bezug auf den Wirkanteil des Vektors.
max()	Vektor	Maximalwert des Vektors
min()	Vektor	Minimalwert des Vektors
vm()	Vektor	$v_i(x) = \text{image}(v(x))$
vp()	Vektor	$v_p(x) = \text{ph}(v(x))$
Ja	Konstante	Ja
wahr	Konstante	wahr
Nein	Konstante	Nein
falsch	Konstante	falsch
pi	Konstante	pi
e	Konstante	Basis des natürlichen Logarithmus
c	Konstante	Geschwindigkeit des Lichts im Vakuum
i	Konstante	Quadratwurzel von -1
Kelvin	Konstante	Kelvin
echarge	Konstante	Basisladung
boltz	Konstante	Boltzmann-Konstante
planck	Konstante	Plancksches Wirkungsquantum



# Kapitel 10

## HDLs und programmierbare Logik

Dieses Kapitel enthält eine Einführung in die Hardware-Beschreibungssprachen (HDL) im Allgemeinen und eine ausführlichere Beschreibung der beiden gebräuchlichsten Sprachen: VHDL und Verilog HDL in Verbindung mit Multisim 2001. Außerdem wird eine der häufigsten Anwendungen von HDL, nämlich die Entwicklung von Logikbausteinen und die Schaltungssynthese, beschrieben.

Das Kapitel besteht aus drei Hauptteilen: Der erste Teil bietet eine Übersicht über die Verwendung von HDLs in Multisim 2001, der zweite Teil beschäftigt sich mit VHDL und der dritte mit Verilog HDL. Insbesondere Anfänger in diesem Bereich finden im VHDL-Anhang wichtige Informationen.

Das Kapitel richtet sich hauptsächlich an Benutzer, die über eines der folgenden Multisim-Module verfügen: VHDL- oder Verilog-HDL-Entwicklung, Simulation und Fehlersuche. Diese Module sind in der Version Power Professional enthalten oder als Zusatzmodule erhältlich. Außerdem ist ein Modul verfügbar, mit dem Schaltungen simuliert werden können, die ein Bauelement enthalten, dessen Modell bereits auf der Basis von VHDL oder Verilog HDL existiert. Mit diesem Modul ist es jedoch nicht möglich, VHDL-/Verilog-HDL-Quellcode zu entwickeln oder in diesem Quellcode zu schreiben.

Einige der hier beschriebenen Funktionen sind unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol neben der Beschreibung gekennzeichnet. Siehe hierzu , um die in Ihrer Version von Multisim 2001 zur Verfügung stehenden Funktionen zu prüfen.

## 10.1 Übersicht über die in Multisim integrierten HDLs

### 10.1.1 Über HDLs

HDLs beschreiben das Verhalten hochkomplexer digitaler Bauelemente. Deshalb spricht man auch von einer verhaltensorientierten Sprache. Sie verwenden Verhaltensmodelle (anders als bei SPICE, das auf Transistor-/Gatter-Ebene arbeitet), um das Verhalten der Bauelemente zu beschreiben. Mit HDLs müssen diese Bauelemente nicht mehr umständlich auf Gatterebene definiert werden, wodurch der gesamte Entwicklungsprozess vereinfacht wird.

Entwickler wählen im Allgemeinen eine von zwei HDLs: VHDL oder Verilog HDL. Multisim unterstützt beide Sprachen.

HDLs werden hauptsächlich verwendet, um komplexe digitale ICs, deren Modelle in SPICE nur schwer zu generieren sind, oder Schaltungen mit programmierbarer Logik zu entwickeln. Multisim unterstützt beide Anwendungen.

### 10.1.2 Multisim und programmierbare Logik

Da die Entwicklungszyklen immer kürzer, die Endprodukte immer kleiner und die Kosten immer geringer werden, wird die Entwicklung von Schaltungen mit programmierbarer Logik immer gebräuchlicher. Bauelemente mit programmierbarer Logik (PLDs) werden in drei Kategorien unterteilt:

- PLAs (das erste programmierbare Logikbauelement, vorgestellt kurz nach der einfacheren Version, der programmierbaren Array-Logik);
- CPLDs (komplexe PLDs);
- FPGAs (frei programmierbare Gate Arrays).

Alle drei Bauelementeversionen haben gemeinsame Eigenschaften: Sie bestehen aus Standardblöcken mit digitaler Logik, die auf eine bestimmte Art im Halbleiterbauelement miteinander verbunden werden. So kann das Bauelement programmiert werden, um bestimmte Funktionen auszuführen. Abgesehen von diesen gemeinsamen Eigenschaften verwendet jede der drei Bauelementeklassen eine unterschiedliche Struktur für den Aufbau der logischen Blöcke und deren Verbindung untereinander. Eine Beschreibung der unterschiedlichen Architekturen, die von den Bauelementeherstellern verwendet werden, sprengt den Rahmen dieser Dokumentation und wird in der entsprechenden Fachliteratur ausführlich erläutert.

In diesem Kapitel beschäftigen wir uns hauptsächlich mit CPLDs und FPGAs, da PLDs nur selten mit VHDL oder Verilog HDL entwickelt werden. Diese einfachen PLDs kommen heute nicht mehr häufig vor und werden normalerweise mit den älteren Sprachen ABEL oder CUPL programmiert. Diese Sprachen werden von Multisim nicht unterstützt. In der folgenden Liste sehen Sie die Hauptschritte zur Entwicklung von CPLDs und FPGAs:

- Entwickeln/Schreiben des Quellcodes in VHDL oder Verilog HDL
- Simulation/Analyse der Funktion/Leistung des Codes
- Fehlerbehebung zum Generieren des eigentlichen Quellcodes
- Synthese des Quellcodes (herstellerspezifisch)
- Anpassen (für CPLDs) oder Verdrahten (für FPGAs)
- Physikalisches Programmieren des Bauelements

Die letzten beiden Schritte werden mit speziellen Werkzeugen des Bauelementeherstellers ausgeführt und sind daher nicht mehr Bestandteil von Multisim.

### 10.1.3 Entwickeln komplexer digitaler ICs mit Multisim

Multisim bietet Ihnen zusätzlich die Möglichkeit, VHDL- oder Verilog-HDL-Code zu schreiben, um Modelle für das Verhalten komplexer digitaler ICs zu entwickeln. Als Alternative können Sie auch Modelle verwenden, die als Public Domain (Allgemeingut), von Bauelementeherstellern oder in Ihrem Unternehmen zur Verfügung stehen. Haben Sie bereits ein Modell, ist eine Programmerstellung in VHDL oder Verilog HDL nicht erforderlich. Multisim simuliert derartige Bauelemente als Teil einer Schaltung, wenn ein Modell existiert.

### 10.1.4 Verwendung von HDLs in Multisim

- Um mit Multisim eine Schaltung zu simulieren, die ein Bauelement enthält, für das ein Modell in VHDL oder Verilog HDL (anstelle von SPICE) existiert, beginnen Sie mit der Simulation, wie in Kapitel 7, "Simulation" beschrieben. Wenn ein Modell in Multisim existiert oder Sie es hinzugefügt haben (wie in Kapitel 5, "Bauelemente-Editor" beschrieben), wählt Multisim, wenn Sie mit der Simulation beginnen, automatisch den passenden Simulationstreiber beschrieben. Außerdem verwaltet Multisim ohne manuellen Eingriff die Kommunikation zwischen den einzelnen Simulationstreibern. Diese Funktion finden Sie nur in Multisim. näher beschrieben.
- Um mit Multisim HDL-Quellcode schreiben, simulieren und prüfen, und HDLs synthetisieren zu können, müssen Sie auf die Schaltfläche **VHDL/Verilog HDL** in der Werkzeugleiste klicken. Im Popup-Menü können Sie zwischen folgenden Optionen wählen:



- VHDL Simulation

- Verilog HDL Simulation

### 10.1.5 Einführung in VHDL

VHDL ist eine Programmiersprache, die entwickelt und optimiert wurde, um das Verhalten digitaler Hardwareschaltungen und -systeme zu beschreiben. So kombiniert VHDL-Eigenschaften einer Simulationsmodellsprache, einer Entwicklungssprache, einer Testsprache und einer Netzlistensprache.

VHDL ist eine sehr umfassende und komplexe Sprache und kann daher in diesem Handbuch nicht vollständig erläutert werden. Sie finden jedoch in den Anhängen eine Einführung in VHDL mit detaillierten Angaben über die Grundlagen und einigen Beispielen.

Als Simulationsmodellsprache bietet VHDL viele Funktionen zur Beschreibung des Verhaltens elektronischer Bauelemente, vom einfachen logischen Gatter über Mikroprozessoren bis hin zu kundenspezifischen Chips. Mit diesen Funktionen können elektrische Eigenschaften des Verhaltens einer Schaltung (Anstieg und Abfall eines Signals, Verzögerungen über Gatter und Funktionen) beschrieben werden. Die daraus resultierenden VHDL-Simulationsmodelle können dann in größeren Schaltungen (mit Hilfe von Schaltbildern, Blockdiagrammen oder VHDL-Beschreibungen auf Systemebene) zu Blöcken zusammengefügt werden.

So wie mit Programmierhochsprachen komplexe Konzepte in ein Computerprogramm umgewandelt werden können, kann mit VHDL das Verhalten komplexer elektronischer Schaltungen in ein Entwicklungssystem zur automatischen Schaltungssynthese oder Systemsimulation integriert werden. Dieser Prozess wird auch als "Entwurfseingabe" bezeichnet und ist der erste Schritt, zur Entwicklung eines computerunterstützten Schaltungskonzepts.

Bei VHDL kann das mit der Softwareentwicklung mit Hilfe einer Programmiersprache verglichen werden. Wie PASCAL, C und C++ unterstützt VHDL eine strukturierte Entwurfstechnik und verfügt über mehrere Funktionen zur Steuerung und Datendarstellung. Im Gegensatz zu diesen Sprachen bietet VHDL Funktionen, mit deren Hilfe simultan ablaufende Ereignisse beschrieben werden können. Dies ist wichtig, da die Hardware, die mit VHDL beschrieben wird, sehr viele Aufgaben simultan ausführt. Benutzern von PLD-Sprachen, wie PALASM, ABEL, CUPL, etc. sind diese Funktionen bereits bekannt. Benutzer, die bisher nur mit Sprachen zur Softwareprogrammierung gearbeitet haben, werden einige neue Konzepte erlernen müssen.

Ein Bereich, in dem sich Hard- und Softwareentwicklung unterscheiden, ist der Testbereich. Eine der wichtigsten und leider zu wenig genutzten Funktionen von VHDL ist die Erfassung des Leistungsverhaltens einer Schaltung in Form eines Testverfahrens. Testverfahren sind VHDL-Beschreibungen von Auslöseimpulsen und erwarteten Ausgabewerten, die das Verhalten über einen bestimmten Zeitraum prüfen. Sie sollten integraler Bestandteil eines

VHDL-Projekts bilden und parallel zu anderen Beschreibungen der Schaltung entwickelt werden.

Außerdem kann VHDL als einfaches Kommunikationsmittel zwischen verschiedenen Werkzeugen der computerunterstützten Entwicklungsumgebung eingesetzt werden. Die strukturierte Sprache von VHDL kann auf wirksame Weise als Netzlistensprache eingesetzt werden und andere Netzlistensprachen wie EDIF ersetzen oder ergänzen.

### **10.1.5.1 VHDL-Standardsprache**

Ein Vorteil von VHDL besteht darin, dass sie sich als Norm in der Elektronikentwicklung durchgesetzt hat. Deshalb wird diese Eingabemethode von der neueren Generation von Entwicklungswerkzeugen unterstützt, so dass Sie die Vorteile der neuesten Werkzeuge nutzen können und Zugriff auf die Wissensdatenbank von Tausenden von Ingenieuren haben, die ähnliche Probleme wie Sie lösen müssen.

### **10.1.5.2 Kurze Geschichte von VHDL**

VHDL (Very high-speed integrated circuit Hardware Description Language) entstand als Nebenprodukt in den frühen achtziger Jahren im Zusammenhang mit einem Forschungsprojekt des US-Verteidigungsministeriums über Hochgeschwindigkeits-ICs. Während der Dauer des Projekts mussten Forscherteams Schaltungen, mit für damalige Zeiten enormem Umfang, beschreiben und schwierigste Entwicklungsprobleme lösen. Da ausschließlich Werkzeuge auf Gatterebene zur Verfügung standen, wurde bald klar, dass besser strukturierte Entwicklungsmethoden und Werkzeuge erforderlich werden würden.

Im Anhang A "VHDL Primer" werden stufenweise komplexere Standards erklärt, die VHDL ausführlich beschreibt. Alle werden von Multisim unterstützt. Das sind die wichtigsten Stufen bei der Entwicklung der VHDL-Standards:

- Vorstellung der ersten öffentlichen Ausgabe von VHDL (1985)
- IEEE-Norm 1076 – Basis für fast alle heutigen Produkte, herausgegeben 1987 und erweitert 1993/94
- IEEE-Norm 1164 – löst das Problem der Teile, die nicht der Norm entsprechen
- IEEE-Norm 1076.3 – Norm für die Synthese
- IEEE-Norm 1076.4 – Informationen für die Zeitsteuerung, bekannt als VITAL.





# Kapitel 11

## Berichte

Multisim 2001 ermöglicht Ihnen das Generieren unterschiedlicher Berichte. In diesem Kapitel sind die wichtigsten Arten von Berichten beschrieben: Liste der Datenbankgruppen, Bericht mit Bauelementedetails und Messinstrumentenkarten.

Einige der hier beschriebenen Funktionen sind unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol neben der Beschreibung gekennzeichnet.

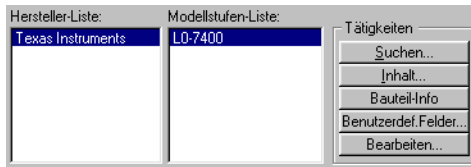
### 11.1 Liste der Datenbankgruppen

Sie können eine Liste der Datenbankgruppen generieren, in der alle Bauelemente einer Bauelementefamilie aufgeführt sind.

**Hinweis** Obwohl dieser Bericht im Popup-Menü unter der Schaltfläche **Berichte** in der Werkzeug-Werkzeugleiste erscheint, nachdem Sie die Option **Liste der Datenbankgruppen** gewählt haben, werden Sie daran erinnert, dass Sie auf diesen Bericht nur über das Browserfensters zugreifen können. Klicken Sie nach dem Erscheinen dieser Aufforderung auf **OK**, um das Browserfenster zu öffnen. Der Bericht mit der Liste der Datenbankgruppen ist nur im Popup-Menü **Berichte** aufgeführt, damit alle von Multisim generierten Berichte zentral aufgelistet werden können.

- Gehen Sie beim Generieren einer Liste der Datenbankgruppen mit allen Bauelementen einer bestimmten Bauelementefamilie wie folgt vor:
  1. Greifen Sie wie in “Konfigurieren des Schaltungsfensters” auf Seite 3-1 beschrieben auf die Datenbank zu, um eine Bauelementeablage und eine Bauelementefamilie innerhalb dieser Bauelementeablage (z.B. das Bauelement mit der Modellbezeichnung 74STD der Gruppe von TTL-Bausteinen) zu wählen.  
Alternativ können Sie wie folgt vorgehen:

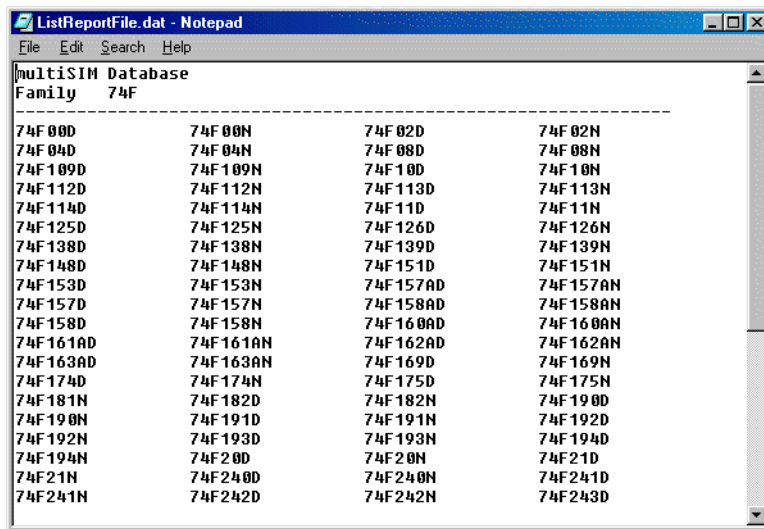
Greifen Sie auf den Bauelementebrowser zu, indem Sie zuerst auf die Schaltfläche **Berichte** in der Werkzeug-Werkzeugleiste, dann auf **Liste der Datenbankgruppen** und anschließend auf **OK** klicken.



2. Klicken Sie im Browserfenster auf **Bericht auflisten**.

**Hinweis** Wenn Sie den Browser verwenden, wählen Sie normalerweise zuerst ein bestimmtes Bauelement. Dies ist nicht notwendig, wenn Sie eine Liste der Bauelementefamilien generieren, da die Liste alle Bauelemente dieser Bauelementefamilie enthält.

3. Nun wird ein Notizblockfenster geöffnet, in dem alle Bauelemente aufgelistet werden, die zur momentan gewählten Bauelementefamilie gehören. Beispiel:



4. Verwenden Sie eine der standardmäßigen Notizblockfunktionen, um diese Informationen zu durchsuchen, zu durchblättern, zu speichern, zu bearbeiten oder auszudrucken.

5. Wählen Sie anschließend die Option **Datei/Beenden**.

## 11.2 Bericht mit Bauelementedetails

Sie können einen Bericht mit Bauelementedetails generieren, der alle in der Multisim-Datenbank enthaltenen Informationen über ein bestimmtes Bauelement enthält.

**Hinweis** Obwohl dieser Bericht im Popup-Menü unter der Schaltfläche **Berichte** in der Werkzeug-Werkzeugleiste erscheint, nachdem Sie die Option **Liste der Datenbankgruppen** gewählt haben, werden Sie daran erinnert, dass Sie auf diesen Bericht nur über das Browserfenster zugreifen können. Klicken Sie nach dem Erscheinen dieser Aufforderung auf **OK**, um das Browserfenster zu öffnen. Der Bericht mit der Liste der Datenbankgruppen ist nur im Popup-Menü **Berichte** aufgeführt, damit alle von Multisim generierten Berichte zentral aufgelistet werden können.

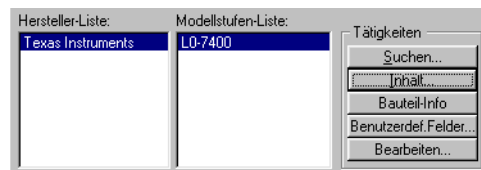
- Gehen Sie beim Generieren einer Liste der Datenbankgruppen mit Detailinformationen über ein bestimmtes Bauelement wie folgt vor:

1. Greifen Sie wie in “Konfigurieren des Schaltungsfensters” auf Seite 3-1 beschrieben auf die Datenbank zu, um eine Bauelementeablage und eine Bauelementefamilie innerhalb dieser Bauelementeablage (z.B. das Bauelement mit der Modellbezeichnung 74STD der Gruppe von TTL-Bausteinen) zu wählen.

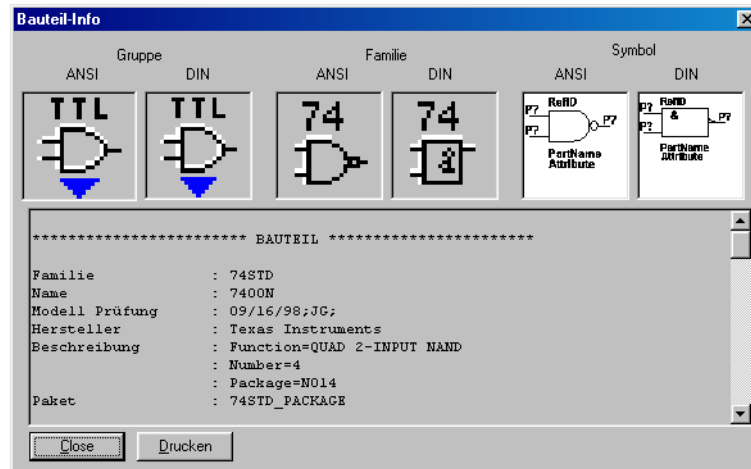
Alternativ können Sie wie folgt vorgehen:

Greifen Sie auf den Bauelementebrowser zu, indem Sie zuerst auf die Schaltfläche **Berichte** in der Werkzeug-Werkzeugleiste, dann auf **Liste der Datenbankgruppen** und anschließend auf **OK** klicken.

2. Wählen Sie im Browserfenster ein bestimmtes Bauelement der Bauelementefamilie und klicken Sie anschließend auf **Detailbericht**.



- Nun wird ein Fenster geöffnet, das sämtliche Details über das gewählte Bauelement einschließlich der Schaltplansymbole, seines Herstellers, der elektrischen Parameter, des Simulationsmodells und des Platzbedarfs (Gehäuses) enthält. Beispiel:

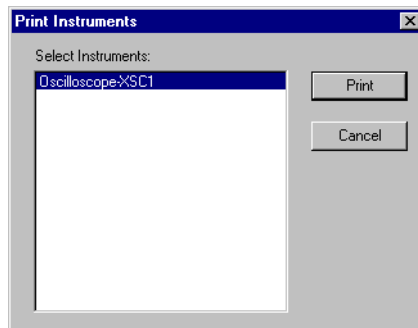


- Rollen Sie durch die Informationen, wie erforderlich.
- Um die Informationen auszudrucken, müssen Sie auf **Drucken** klicken. Nun wird ein standardmäßiges Fenster zum Ausdrucken aus Windows geöffnet, in dem Sie den gewünschten Drucker wählen können.
- Klicken Sie auf **OK**, um das Fenster zu schließen.

## 11.3 Messinstrumente

Der Bericht Messinstrumente enthält Abbildungen der Frontplatten eines Messinstruments oder aller Messinstrumente in Ihrer Schaltung. Der Bericht Messinstrumente enthält auch alle Simulationsdaten für die betreffende Schaltung.

- Gehen Sie beim Ausdrucken der Frontplatten der Messinstrumente wie folgt vor:
  1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Berichte in der Werkzeug-Werkzeugleiste und wählen Sie **Messinstrumente** aus dem sich öffnenden Popup-Menü.
  2. Sie werden nun aufgefordert, die Messinstrumente in Ihrer Schaltung zu wählen, deren Frontplatten ausgedruckt werden sollen:



3. Klicken Sie auf die gewünschten Messinstrumente, um diese auszuwählen bzw. zu deselektieren, und klicken Sie abschließend auf **Drucken**, um die gewählten Messinstrumente auszudrucken.
4. Hierauf wird das standardmäßige Dialogfeld mit Druckoptionen geöffnet. Wählen Sie die gewünschten Druckoptionen, und klicken Sie auf **OK**.



# Kapitel 12

## **Datentransfer/Kommunikation**

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Schaltpläne, Teile davon und Simulationsergebnisse mit Multisim 2001 übertragen werden können.

Einige der hier beschriebenen Funktionen sind unter Umständen nicht in Ihrer Version von Multisim 2001 verfügbar. Diese Funktionen sind mit einem Symbol neben der Beschreibung gekennzeichnet.

### **12.1 Einführung in Datentransfer/ Kommunikation**

Der Transfer von Schaltplan- und Simulationsdaten in andere Programme zum Zwecke der Weiterverarbeitung ist dank Multisim sehr einfach. Multisim ist in der Lage, Schaltplan- und Simulationsdaten zusammen zu übertragen. Wenn Sie z.B. die Daten des von Ihnen entwickelten Schaltplans in ein Programm für die Leiterplattenentflechtung übertragen wollen, kann Multisim die Informationen über die optimale Leiterbahnenbreite (die unter Verwendung der Funktion Analyse der erforderlichen Leiterbahnenbreite im Rahmen der Simulation berechnet wurde) mit übertragen.

### **12.2 Datenübertragung**

#### **12.2.1 Übertragung der Daten aus Multisim in Ultiboard für die Leiterplattenentflechtung**

Eines der wichtigsten Programme, in das eine Übertragung der von Multisim generierten Daten zweckmäßig ist, ist ein Programm für die Leiterplattenentflechtung. Die ebenfalls von Electronics Workbench entwickelte Software Ultiboard ist eines der marktführenden

Programme für die Leiterplattenentflechtung. Ultiboard bietet im Vergleich zu Konkurrenzprodukten mehrere Vorteile, einschließlich der Synchronisierung der Optimierung der Leiterbahnenbreite mit der Multisim-Simulation.

- Gehen Sie beim Transferieren von Schaltplandaten aus Multisim ins Leiterplattenentflechtungsprogramm Ultiboard wie folgt vor:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Transfer** in der Werkzeug-Werkzeugleiste.
2. Wählen Sie aus dem nun erscheinenden Menü die Option **Transfer in Ultiboard**. Ein Dateibrowser wird geöffnet.
3. Geben Sie den Namen und den Speicherort der zu erstellenden Datei ein. Multisim generiert nun die Dateien, die von Ultiboard geladen werden können.
4. Laden Sie die generierten Dateien in Ultiboard und gehen Sie dabei gemäß den entsprechenden Anweisungen im *Ultiboard-Benutzerhandbuch* vor.

**Hinweis** Wenn Sie in Ultiboard Änderungen an Ihrer Schaltung durchführen, sollten Sie diese zurück in Multisim übertragen. Dies erfolgt unter Verwendung des Menüs **Transfer** (dieses können Sie nicht durch Klicken auf die Schaltfläche Werkzeug-Werkzeugleiste öffnen); weitere Informationen hierzu finden Sie in “Menü Transfer” auf Seite 2-45.

### 12.2.2 Datentransfer in ein anderes Leiterplattenentflechtungsprogramm

Wenn Sie ein Programm für die Leiterplattenentflechtung verwenden, das nicht von Electronics Workbench geliefert wurde, können Sie Dateien im erforderlichen Format für den Transfer in dieses Leiterplattenentflechtungsprogramm generieren. Gehen Sie dabei wie folgt vor:

- Eagle
  - Lay
  - OrCAD
  - Protel
  - Tango
  - PCAD
- Übertragen Sie die Multisim-Schaltplandaten wie folgt in ein nicht von Electronics Workbench geliefert Programm für die Leiterplattenentflechtung:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Transfer in der Werkzeug-Werkzeugleiste.



2. Wählen Sie aus dem nun erscheinenden Menü die Option **Datentransfer in ein anderes Leiterplattenentflechtungsprogramm**. Hierbei wird ein Fenster für die Auswahl des Speicherorts geöffnet.
3. Suchen Sie den gewünschten Ordner, geben Sie den gewünschten Dateinamen ein und wählen Sie den Hersteller des zu verwendenden Leiterplattenentflechtungsprogramms aus der Dropdown-Liste. Multisim generiert nun eine Datei im geeigneten Format, die vom gewählten Leiterplattenentflechtungsprogramm geladen werden kann.

## 12.3 Exportieren von Simulationsergebnissen

### 12.3.1 Exportieren in MathCAD

Sie können die Ergebnisse Ihrer Simulation in MathCAD exportieren, um an den Simulationsdaten komplexe mathematische Operationen durchzuführen.

**Hinweis** Diese Funktion steht nur zur Verfügung, wenn Sie auf Ihrem Computer MathCAD installiert haben.

- Gehen Sie beim Exportieren der Simulationsergebnisse in eine MathCAD-Sitzung wie folgt vor:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Transfer** in der Werkzeug-Werkzeugleiste.
2. Wählen Sie aus der nun erscheinenden Liste die Option **Simulationsergebnisse in MathCad exportieren**. Hierbei wird ein Fenster geöffnet, in dem Sie aufgefordert werden zu bestätigen, dass das Diagrammfenster geöffnet werden soll, und dass Sie den Exportvorgang fortsetzen wollen.
3. Klicken Sie auf **OK**. Nun wird das Diagrammfenster geöffnet, in dem die Ergebnisse Ihrer Simulation und/oder Analyse angezeigt werden.
4. Definieren Sie im Diagrammfenster, welche Daten in MathCAD exportiert werden sollen. Standardmäßig ordnet MathCAD die X- und Y-Koordinatenwerte der aktuellen Leiterbahn den Variablen in1 und in2 zu. Bei Bedarf müssen Sie die Leiterbahn in die korrekte Position verschieben, indem Sie darauf klicken. Um zu erkennen, bei welcher Leiterbahn es sich um die aktuelle Leiterbahn handelt, müssen Sie die Cursors aktivieren.



5. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Transfer in MathCAD**.
6. Nun wird eine neue MathCAD-Sitzung gestartet.

**Hinweis** MathCAD wird gleichzeitig mit Multisim beendet.

## 12.3.2 Exportieren in Excel

Sie können Ihre Simulationsergebnisse in Excel exportieren, um die Daten per Tabellenberechnung weiter zu verarbeiten.

**Hinweis** Diese Funktion steht nur zur Verfügung, wenn Sie auf Ihrem Computer Excel installiert haben.

- Gehen Sie beim Exportieren der Simulationsergebnisse in ein Excel-Arbeitsblatt wie folgt vor:



1. Klicken Sie auf die Schaltfläche Transfer in der Werkzeug-Werkzeugleiste.
2. Wählen Sie aus der nun erscheinenden Liste die Option **Simulationsergebnisse in Excel exportieren**. Hierbei wird ein Fenster geöffnet, in dem Sie aufgefordert werden zu bestätigen, dass das Diagrammfenster geöffnet werden soll, um den Exportvorgang fortzusetzen.
3. Klicken Sie auf **OK**. Nun wird das Diagrammfenster geöffnet, in dem die Ergebnisse Ihrer Simulation und/oder Analyse angezeigt werden.
4. Definieren Sie im Diagrammfenster, welche Daten in MathCAD exportiert werden sollen. Im Excel-Arbeitsblatt sind die X- und Y-Koordinatenwerte der aktuellen Leiterbahn enthalten. Bei Bedarf müssen Sie die Leiterbahn in die korrekte Position verschieben, indem Sie darauf klicken. Um zu erkennen, bei welcher Leiterbahn es sich um die aktuelle Leiterbahn handelt, müssen Sie die Cursors aktivieren.



5. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Transfer in Excel**. Nun wird ein neues Excel-Arbeitsblatt generiert, wobei die X-Koordinatenwerte in der Spalte 1 und die Y-Koordinatenwerte in der Spalte 2 erscheinen.
6. Nun können Sie das Excel-Arbeitsblatt speichern.

# Kapitel 13

## Einführung für Schulungsleiter

Dieses Kapitel enthält eine Beschreibung der Funktionen, die Ihnen Multisim bietet, um die Programmschnittstelle und die Funktionalität besser kontrollieren zu können und Einstellungen durchzuführen, die sich aufs Verhalten von Schaltungen für Schulungen auswirken. Hierzu gehören die Zuordnung von Fehlern zu Bauelementen einer Schaltung, globale Einstellungen und Beschränkungen sowie der Netzwerkzugriff und die Netzwerküberwachung von Dateien.

### 13.1 Name des Schaltungsentwicklers

Multisim bietet Ihnen eine Funktion, mit deren Hilfe der Name des Schaltungsentwicklers zusammen mit der Schaltung gespeichert werden kann. Dieser Name entspricht dem Namen, der während der Installation von Multisim eingegeben wurde. Der Ausbilder kann damit den Schulungsteilnehmer identifizieren, der z.B. eine Schaltung als Antwort auf eine Aufgabe vorlegt (vorausgesetzt, der Schulungsteilnehmer arbeitet mit einer eigenen Kopie des Programms). Der Name erscheint in dem Fenster Schaltungseinschränkungen, das geöffnet bleibt, bis ein Passwort eingegeben wird; siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9.

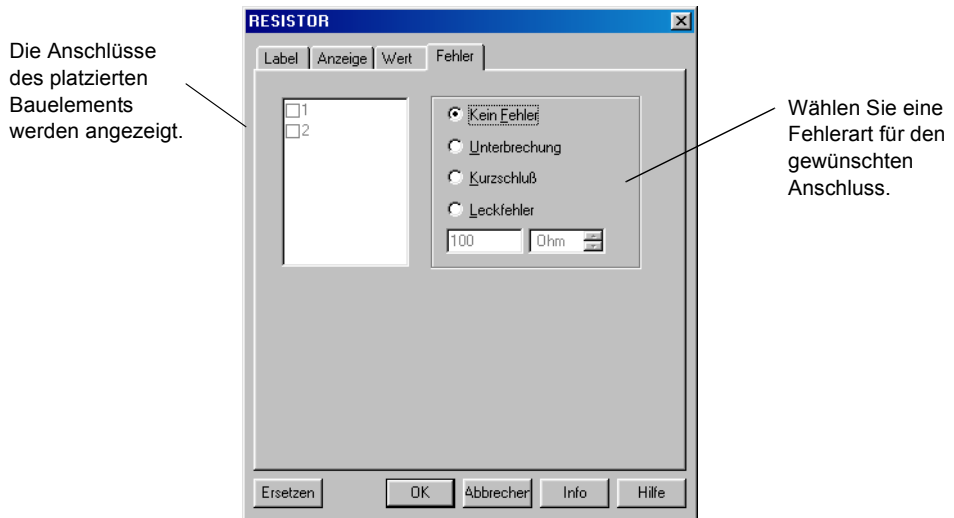
### 13.2 Zuweisen von Fehlern zu Bauelementen

Sie können Bauelementen Fehler zuweisen, um beispielsweise die Fehlerbehebung zu üben. Sie können dies entweder manuell für einzelne Bauelemente selbst durchführen oder es Multisim überlassen, verschiedenen Bauelementen einer Schaltung nach dem Pseudozufallsprinzip Fehler zuzuweisen.

## 13.2.1 Einstellen des Fehlers eines platzierten Bauelements

Sie können jedem beliebigen Anschluss eines platzierten Bauelements über die Registerkarte Fehler des Fensters Bauelementeigenschaften einen Fehler zuweisen.

- Um einem platzierten Bauelement einen Fehler zuzuweisen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Klicken Sie zweimal aufs Bauelement. Das Fenster "Eigenschaften" wird geöffnet.
  2. Klicken Sie auf die Registerkarte "Fehler":



3. Wählen Sie die Anschlüsse, denen der Fehler zugeordnet werden soll.
4. Aktivieren Sie die dem Anschluss zugewiesene Fehlerart. Folgende Optionen stehen zur Verfügung:

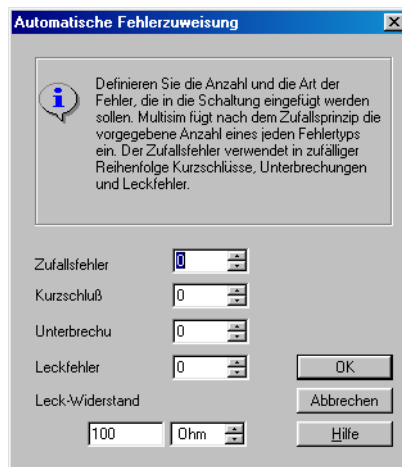
Option	Beschreibung
Keine	Kein Fehler
Unterbrechung	Zuweisung eines sehr hohen Widerstands, als wäre der Anschlussdraht des Anschlusses gebrochen.
Kurzschluss	Zuweisung eines sehr niedrigen Widerstands, als hätte das Bauelement keinen messbaren Effekt auf die Schaltung.
Leckfehler	Zuweisung eines Widerstandswertes in den Feldern unterhalb der Optionen, parallel zum ausgewählten Anschluss. Hierdurch wird die Spannung abgeleitet, anstatt durch die Anschlüsse zu fließen.

- Um Ihre Eingaben zu verwerfen, müssen Sie auf **Abbrechen** klicken. Um Ihre Eingaben zu speichern, müssen Sie auf **OK** klicken.

## 13.2.2 Verwenden der automatischen Fehlerzuweisung

Wenn Sie die automatische Fehlerzuweisung verwenden, definieren Sie die Anzahl der Fehler oder optional die Anzahl der Fehler pro Fehlerart, die Multisim den platzierten Bauelementen einer Schaltung zuweisen soll.

- Um die automatische Fehlerzuweisung zu verwenden, müssen Sie wie folgt vorgehen:
- Wählen Sie **Simulation/Automatische Fehlerzuweisung**. Nun wird das Fenster Automatische Fehlerzuweisung geöffnet:



- Klicken Sie auf die Pfeiltasten oder geben Sie einen numerischen Wert direkt in die Felder **Kurzschluss**, **Unterbrechung** und **Leckfehler** ein, oder weisen Sie dem Feld **Zufallsfehler** einen Wert zu, um Multisim nach dem Pseudozufallsprinzip die zuzuweisende Fehlerart wählen zu lassen.
- Wenn Sie Leckfehler zuweisen, müssen Sie einen Wert und die Einheit ins Feld **Leckwiderstand** eingeben.
- Klicken Sie auf **OK**, um die Fehler zu übernehmen oder auf **Abbrechen**, um Ihre Eingaben zu verwerfen, und öffnen Sie wieder das Schaltungsfenster.

## 13.3 Verwenden von Einschränkungen

Einschränkungen können auf verschiedene Arten zweckmäßig sein:

- Wenn Sie Schaltungen zu Demonstrationszwecken entwickeln und die verfügbare Funktionalität eingeschränkt werden soll;
- wenn Sie Schaltungen gemeinsam mit Schulungsteilnehmern verwenden und
  - ein Ändern der Schaltung verhindern wollen;
  - Wenn Sie die Anzahl der Änderungen der Schaltung beschränken wollen;
  - Wenn Sie die Art der durchführbaren Analysen beschränken wollen;
  - Wenn Sie die abrufbaren Informationen über bestimmte Bauelemente einschränken wollen (z.B. den Wert eines zu berechnenden Widerstands).

Sie können allgemeine Einschränkungen, die von Multisim als Standardeinstellung übernommen werden, oder Schaltungseinschränkungen definieren, die sich nur auf eine spezielle Schaltung auswirken.

Um sicherzustellen, dass nur Sie Beschränkungen setzen und modifizieren können, verwenden Sie Passwörter, die sowohl die allgemeinen als auch die Schaltungseinschränkungen schützen. Die Passwörter sollten sofort definiert werden, wenn Sie Einschränkungen verwenden, die Sie vor Änderungen durch Schulungsteilnehmer sichern wollen. Das Passwort für die allgemeinen Einschränkungen wird verschlüsselt und in der Programmdatei von Multisim gespeichert. Das Passwort für die Schaltungseinschränkungen (zur Definition von Einschränkungen für nur eine Schaltung) wird verschlüsselt und in der Schaltungsdatei gespeichert.

### 13.3.1 Einschränken allgemeiner Einschränkungen

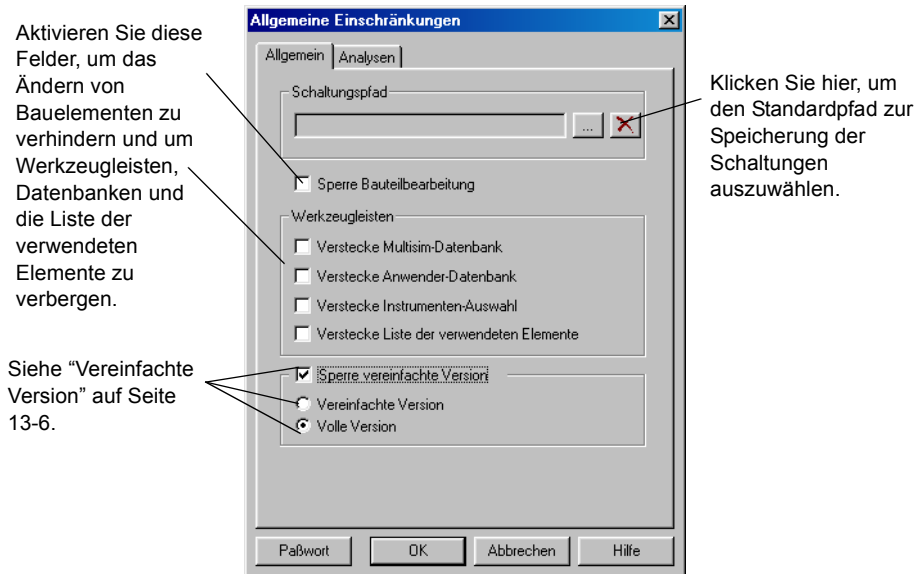
Verwenden Sie Allgemeine Einschränkungen zur Einstellung der Grundfunktionen von Multisim, die den Schulungsteilnehmern bei allen Schaltungen, mit denen sie arbeiten, zur Verfügung stehen sollen. Sie können den Ort definieren, wo alle Schaltungen gespeichert werden sollen, können Datenbanken, Werkzeugleisten und die Liste der verwendeten Bauelemente verbergen, und festlegen, ob die Schulungsteilnehmer Bauelemente ändern oder Messinstrumente verwenden können.

Außerdem können Sie mit der vereinfachten Version mehrere Messinstrumente und Analyseoptionen aus dem Menü entfernen (siehe "Vereinfachte Version" auf Seite 13-6).

**Hinweis** Allgemeine Einschränkungen werden durch Schaltungseinschränkungen überschrieben, wenn diese mit der Schaltung abgespeichert werden (siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9).

### 13.3.1.1 Allgemeine Einschränkungen Registerkarte Allgemein

- Um die allgemeinen Einschränkungen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
1. Wählen Sie **Optionen/Allgemeine Einschränkungen**. Geben Sie das Standardpasswort "testbench" ein und klicken Sie auf **OK**. Sie sollten dieses Passwort unbedingt ändern. (Siehe "Definieren von Passwörter für Einschränkungen" auf Seite 13-12 für zusätzliche Informationen.) Das Fenster Allgemeine Einschränkungen wird angezeigt:
  2. Ist dies nicht der Fall, müssen Sie auf die Registerkarte Allgemein klicken.



3. Wählen Sie Ihre Optionen, indem Sie die entsprechenden Felder aktivieren. Folgende Optionen stehen zur Auswahl zur Verfügung:

Schaltungsverzeichnis	Legen Sie den Standardpfad und das Verzeichnis fest, in dem die Schulungsteilnehmer Dateien suchen und speichern können.
Sperrung des Bauelemente-Editors	Hierdurch wird sichergestellt, dass Schulungsteilnehmer die Bauelementeeigenschaften nicht ändern können. Eine Bauelementebearbeitung ist nicht möglich; der Befehl <b>Werkzeuge/Bauelemente bearbeiten</b> ist nicht aktiviert.

Verbergen der Multisim-Datenbank	Hierbei werden die Multisim-Datenbank und die Werkzeugleisten verborgen.
Verbergen der Unternehmensdatenbank	Hierbei werden die Unternehmensdatenbank und die Werkzeugleisten verborgen.
Verbergen der Messinstrumenteauswahl	In die Schaltung können keine Messinstrumente integriert werden. Hierbei wird die Werkzeugleiste für die Messinstrumenteauswahl verborgen; der Befehl <b>Simulation/Messinstrumente</b> ist nicht aktiviert.
Verbergen der Liste der verwendeten Elemente	Verbergen der Liste der verwendeten Elemente

#### 4. Klicken Sie auf **OK**.

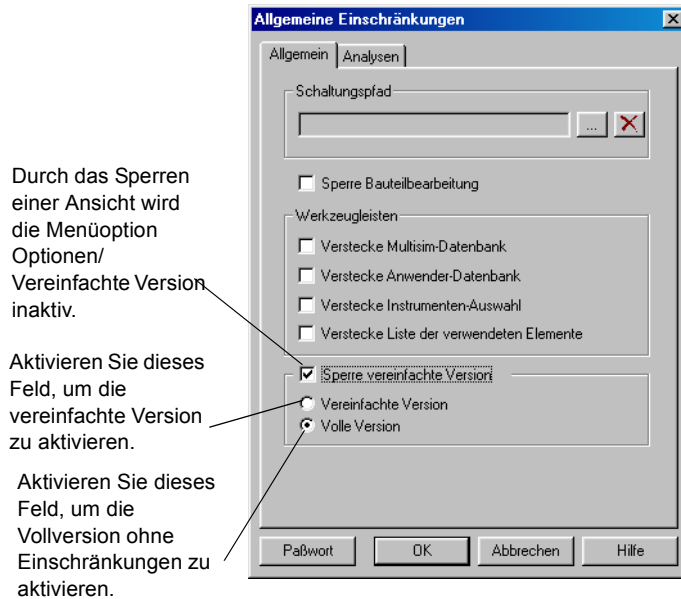
Ihre Optionen gelten sofort für alle Schaltungen, wenn sie nicht von Schaltungseinschränkungen überschrieben werden. (Siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9.)

### 13.3.1.2 Vereinfachte Version

Die vereinfachte Version bietet den Schulungsteilnehmern und Schulungsleitern, die nicht auf alle Funktionen von Multisim zurückgreifen wollen, eine einfachere Bedienungsfläche. In dieser Version haben Sie keinen Zugriff auf Funktionen wie die Nachbearbeitung, VHDL und/oder Verilog, den Bauelemente-Editor sowie einige Instrumente und Analysen. Die vereinfachte Version kann auch gesichert werden, um zu vermeiden, dass Schulungsteilnehmer über den Befehl **Optionen/Vereinfachte Version** Zugriff auf alle Analysen und Messinstrumente erhalten.



- Um die vereinfachte Version einzustellen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
1. Wechseln Sie zur Registerkarte Allgemein im Fenster Allgemeine Einschränkungen:



2. Wählen Sie Ihre Optionen, indem Sie die entsprechenden Felder aktivieren. Folgende Optionen stehen zur Auswahl zur Verfügung:

Vereinfachte Version	Hierdurch wird das Aussehen der Bedienungsoberfläche verändert, indem die Werkzeugleiste ausgeblendet und die verfügbaren Messinstrumente und Analysen eingeschränkt werden. Wenn die vereinfachte Version eingeschränkt ist, wird sie im Menü Optionen grau hinterlegt dargestellt.
Vollversion	Hierbei steht die Multisim-Bedienungsfläche ohne Einschränkungen zur Verfügung.

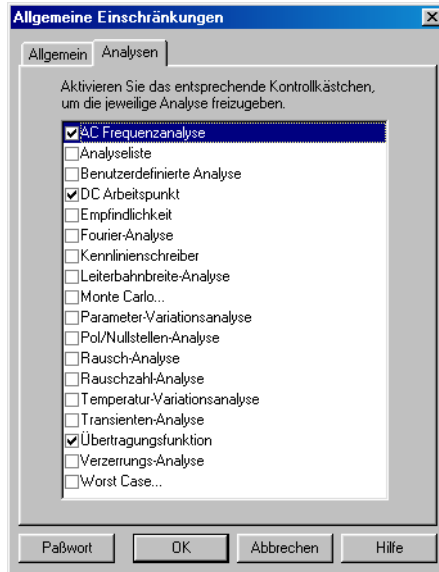
3. Klicken Sie auf **OK**.

Ihre Optionen gelten sofort für alle Schaltungen, wenn sie nicht von Schaltungseinschränkungen überschrieben werden. (Siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9.)

### 13.3.1.3 Allgemeine Einschränkungen für Analysen

- Um die allgemeinen Einschränkungen bei den Analysen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:

1. Klicken Sie im Fenster Allgemeine Einschränkungen auf die Registerkarte Analysen:



2. Aktivieren Sie die gewünschten Analysen, indem Sie auf die entsprechenden Felder klicken (weitere Information über Analysen finden Sie in Kapitel 8, "Analysen"), und klicken anschließend auf **OK**. Nur die markierten Analysen werden im Menü **Simulation/Analysen** oder, wenn die Schulungsteilnehmer auf die Schaltfläche Analyse in der Werkzeugleiste klicken, angezeigt.

Ihre Optionen gelten sofort für alle Schaltungen, wenn sie nicht von Schaltungseinschränkungen überschrieben werden (siehe "Einstellen von Schaltungseinschränkungen" auf Seite 13-9).

## 13.3.2 Einstellen von Schaltungseinschränkungen

Verwenden Sie Schaltungseinschränkungen, um Einschränkungen für einzelne Schaltungen zu definieren. Schaltungseinschränkungen überschreiben allgemeine Einschränkungen. Sie werden zusammen mit der Schaltung gespeichert und bei jedem Laden der Schaltung aufgerufen. Zusätzlich zum Verbergen der Werkzeugeleisten und Datenbanken sowie bei der Einstellung der verfügbaren Analysen können Schaltungen mit dem Attribut "Nur Lesen" versehen werden, sodass sie von den Schulungsteilnehmern nicht geändert werden können. Außerdem können Sie Bauelementewerte sowie Fehler und Verwendungen von Analysen verbergen und Teilschaltungen sperren, sodass diese von den Schulungsteilnehmern nicht geöffnet werden können.

**Hinweis** Berücksichtigen Sie, dass sich Schaltungseinschränkungen immer nur auf die aktuelle Schaltung beziehen. Dies bedeutet, dass bei einer neuen Schaltung nur die allgemeinen Einschränkungen gelten. Wenn Sie wollen, dass Einschränkungen auch für eine neue Schaltung gelten, müssen Sie diese jedes Mal, wenn Sie eine neue Schaltung entwerfen, neu definieren (siehe dazu "Einschränken allgemeiner Einschränkungen" auf Seite 13-4).

- Um die allgemeinen Schaltungseinschränkungen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Wählen Sie **Optionen/Schaltungseinschränkungen**. Wenn Sie ein Passwort definiert haben, werden Sie aufgefordert, dieses einzugeben. (Siehe "Definieren von Passwörter für Einschränkungen" auf Seite 13-12 für Informationen.) Geben Sie Ihr Passwort ins Passwortfeld ein und klicken auf **OK**. Nun wird das Fenster Schaltungseinschränkungen angezeigt.

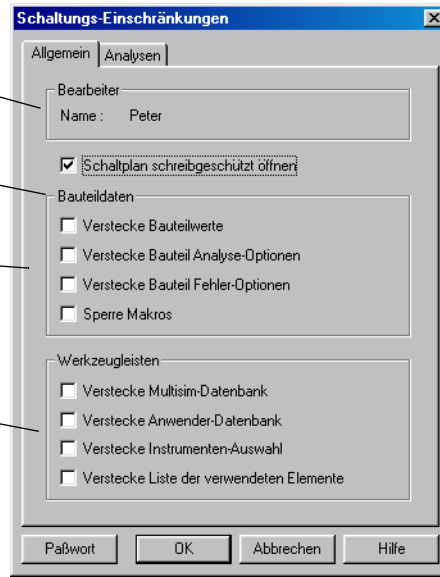
2. Ist dies nicht der Fall, müssen Sie auf die Registerkarte Allgemein klicken.

Bearbeiter der Schaltung. (Diese Information wird vom Installationsprogramm geliefert.)

Öffnen der Schaltung im Schreibschutzmodus

Aktivieren Sie die entsprechenden Felder, um Bauelementeeigenschaften zu verbergen und Teilschaltungen zu schützen.

Aktivieren Sie diese Felder, um Werkzeugleisten, Datenbanken und die Liste der verwendeten Elemente zu verbergen.



3. Wählen Sie Ihre Optionen, indem Sie die entsprechenden Felder aktivieren. Folgende Optionen stehen zur Auswahl zur Verfügung:

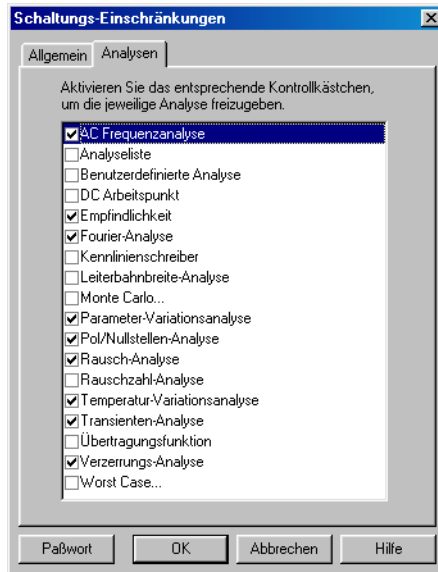
<p>Öffnen der Schaltung im Schreibschutzmodus</p>	<p>Schulungsteilnehmer können die Schaltung nicht speichern; die Werkzeugleiste wird ausgeblendet. Schulungsteilnehmer können nur Leitwege zwischen Messinstrumenten und offenen Anschlüssen an existierenden Steckerleisten zeichnen. Ferner können sie nur Leitwege zwischen einem Messinstrument und einer Steckerleiste entfernen.</p>
<p>Verbergen von Bauelementewerten</p>	<p>Hierbei wird die Registerkarte Werte des Fensters Bauelementeeigenschaften mit einem "X" markiert; die Werte werden verborgen. Dies ermöglicht es Ihnen, über die Bauelementebezeichnung falsche Werte anzugeben.</p>
<p>Verbergen der Registerkarte Bauelementeanalyse</p>	<p>Hierdurch wird die Registerkarte Voreinstellungen der Bauelementeanalyse im Fenster Bauelementeeigenschaften verborgen.</p>
<p>Verbergen von Bauelementefehlern</p>	<p>Hierdurch wird die Registerkarte Fehler des Fensters Bauelementeeigenschaften mit einem "X" markiert; die Fehler werden verborgen.</p>

Sperren von Teilschaltungen	Hierdurch wird verhindert, dass Schulungsteilnehmer Teilschaltungen öffnen und den Inhalt betrachten können. Schulungsteilnehmer müssen den Eingang und den Ausgang der versteckten Schaltung messen, um auf den Inhalt zu schließen.
Verbergen der Multisim-Datenbank	Hierdurch werden die Multisim-Datenbank und die Werkzeugleisten in der aktuellen Schaltung verborgen.
Verbergen der Unternehmensdatenbank	Hierdurch werden die Unternehmensdatenbank und die Werkzeugleisten in der aktuellen Schaltung verborgen.
Verbergen der Messinstrumenteauswahl	In die Schaltung können keine Messinstrumente integriert werden. Hierdurch wird die Symbolleistenschaltfläche für die Messinstrumenteauswahl verborgen; der Befehl <b>Simulation/Messinstrumente</b> für die aktuelle Schaltung wird nicht aktiviert.
Verbergen der Liste "Verwendeten Elemente"	Hierdurch wird die Liste "Verwendeten Elemente" für die aktuelle Schaltung verborgen.

4. Klicken Sie auf **OK**. Die von Ihnen gewählten Optionen werden sofort in die Schaltung übernommen.
5. Damit die Einschränkungen bei jedem Öffnen der Schaltung gelten, müssen Sie **Datei/Speichern** wählen, um die Einschränkungen in der Schaltungsdatei zu speichern.

- Um die Schaltungseinschränkungen bei den Analysen durchzuführen, müssen Sie wie folgt vorgehen:

1. Klicken Sie im Fenster Schaltungseinschränkungen auf die Registerkarte Analysen:



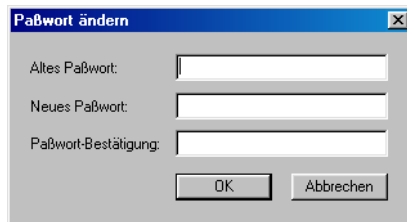
2. Aktivieren Sie die gewünschten Analysen, indem Sie auf die entsprechenden Felder klicken (weitere Information über Analysen finden Sie in Kapitel 8, "Analysen"), und klicken Sie anschließend auf **OK**. Nur die markierten Analysen werden im Menü **Simulation/Analysen** oder, wenn die Schulungsteilnehmer auf die Schaltfläche Analyse in der Werkzeuggestreife klicken, angezeigt.
3. Damit die Einschränkungen bei jedem Öffnen der Schaltung gelten, müssen Sie **Datei/Speichern** wählen, um die Einschränkungen in der Schaltungsdatei zu speichern.

### 13.3.3 Definieren von Passwörter für Einschränkungen

Wenn Sie Einschränkungen verwenden, sollten Sie sofort ein Passwort setzen, um sicherzustellen, dass Ihre Einstellungen geschützt sind.

- Definieren oder Ändern eines Passwortes:
  1. Für allgemeine Einschränkungen müssen Sie **Optionen/Allgemeine Einschränkungen** wählen. Für Schaltungseinschränkungen müssen Sie **Optionen/Schaltungseinschränkungen** wählen.

2. Im sich nun öffnenden Fenster müssen Sie auf **Passwort** klicken. Nun wird das Fenster "Passwort ändern" geöffnet.



3. Wenn Sie zum ersten Mal ein Passwort eingeben, müssen Sie das Feld **Altes Passwort** leer lassen.  
Wenn Sie ein Passwort ändern, müssen Sie im Feld **Altes Passwort** Ihr altes Passwort eingeben.
4. Geben Sie Ihr (neues) Passwort ins Feld **Neues Passwort** ein.
5. Bestätigen Sie Ihr Passwort, indem Sie es noch einmal ins Feld **Passwort bestätigen** eingeben.
6. Klicken Sie auf **OK**, um wieder das Fenster Allgemeine Einschränkungen zu öffnen, oder auf **Abbrechen**, um den Vorgang zu wiederholen.

**Hinweis** Wenn Sie die allgemeinen Schaltungseinschränkungen ändern wollen, müssen Sie nun Ihr Passwort eingeben. Notieren Sie Ihr Passwort und bewahren Sie es sicher auf, da es verschlüsselt gespeichert wird und somit nicht aus den Programm- oder Schaltungsdateien extrahiert werden kann.

**Hinweis** Ein Schaltungspasswort wird nicht automatisch einer neuen Schaltung zugeordnet, wenn Sie auf diese Schaltungseinschränkungen anwenden. Sie müssen also jedes Mal ein Passwort einstellen, wenn Sie die Schaltungseinschränkungen vor dem Zugriff durch Dritte schützen wollen.

## 13.4 Schaltungsaustausch

Diese Option ist nicht verfügbar in allen Multisim Programmversionen

Mit Hilfe des Multisim-Moduls für den Schaltungsaustausch können Sie über ein Netzwerk Schaltungen mit Schulungsteilnehmern austauschen und die Arbeit mit Multisim auf anderen PCs überwachen.

Mit diesem Modul haben Sie und eine Gruppe von Schulungsteilnehmern die Möglichkeit online unter Laborverhältnissen an der gleichen Schaltung zu arbeiten. Dies ist besonders zweckmäßig für Demonstrationen und für Beispiele, da die Schulungsteilnehmer Änderungen, die Sie durchführen, in Echtzeit mitverfolgen können. Außerdem kann es für Online-Schulungsleiter sehr zweckmäßig sein, die Schulungsteilnehmer bei Schwierigkeiten unterstützen müssen.

Um das Multisim-Modul für den Schaltungsaustausch zu verwenden, müssen Sie über einen Netzwerk- oder Internet-Zugang verfügen und die kostenlose Software Netmeeting von Microsoft installieren. Diese Software kann von der Website <http://www.microsoft.com/netmeeting> heruntergeladen werden.

Haben Sie einmal Verbindung mit Schulungsteilnehmern aufgebaut, können Sie:

- Nachrichten austauschen (im "Chat"-Modus);
- die Schulungsteilnehmer sehen und mit ihnen sprechen (wenn Sie die notwendige Software und Hardware zur Unterstützung von Audio/Video installiert haben);
- ein Forum erstellen, um mit den Schulungsteilnehmern Ideen auszutauschen;
- Schulungsteilnehmern ein Rundschreiben senden;
- auf den PC eines Schulungsteilnehmers zugreifen, um ihm Änderungen an der Schaltung zu zeigen.

➤ Um das Modul für den Schaltungsaustausch zu verwenden, müssen Sie wie folgt vorgehen:



1. Klicken Sie aufs Feld Transfer in der Werkzeugleiste.
2. Wählen Sie aus der Liste **Schaltungsaustausch**. Das Programm Netmeeting wird gestartet.



# Kapitel 14

## HF

In diesem Kapitel sind die wichtigsten Eigenschaften des HF-Moduls beschrieben. Dieses Modul wird standardmäßig mit Multisim 2001 Power Professional und optional mit der Version Professional Edition geliefert.

Dieses Kapitel enthält eine Beschreibung der Elemente (Baulemente, Modellgeneratoren, Messinstrumente und Analysen) des HF-Moduls von Multisim 2001 und eine Lernhilfe zur Einführung in die Verwendung dieses Moduls sowie mehrere Beispiele für die Funktionsweise von HF-Baulementen.

### 14.1 Einführung ins HF-Modul von Multisim

Das HF-Modul von Multisim ermöglicht die prinzipielle Entwicklung, Analyse und Simulation von Schaltungen mit HF-Baulementen.

Das HF-Modul von Multisim besteht aus folgenden Bestandteilen:

- Speziellen HF-Baulementen einschließlich kundenspezifischer HF-SPICE-Modelle
- Modellgeneratoren zum Definieren eigener HF-Modelle
- Zwei HF-spezifischen Messinstrumenten (einem Spektrumanalysator und einem Netzwerkanalysator)
- Mehreren HF-spezifischen Analysen (für die Schaltungscharakterisierung, das Anpassen von Schaltungszellen und die Ermittlung der Rauschzahl).

Die Elemente des HF-Moduls sind voll in Multisim integriert. Dies bedeutet, dass die Messinstrumente, Analysen und Baulemente an gleicher Stelle wie alle anderen Messinstrumente, Analysen und Baulemente installiert sind und von diesen aufgerufen werden können. Das HF-Modul wird nicht auf spezielle Weise aufgerufen. Stattdessen wird auf HF-Baulemente aus eigenen Baulementeablagen in der Baulemente-Werkzeugleiste durch Klicken auf die Schaltfläche **Messinstrument** in der Werkzeuge-Werkzeugleiste zugegriffen.

## 14.2 Bauelemente

### 14.2.1 Über HF-Bauelemente

Elektronische Bauelemente können zwei unterschiedlichen Kategorien zugeordnet werden: "punktförmigen" und "verteilten" Elementen. Punktförmige Bauelemente sind kleiner als die Wellenlänge, wobei:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

In diesen Fällen ist die Wellenlänge der elektrischen Signale, die von diesen Bauelementen verarbeitet werden, erheblich größer als die Abmessungen der Bauelemente selbst. In diesem Fall gilt immer noch das ohmsche Gesetz. Beispielsweise kann ein Widerstand mit einer Belastbarkeit von 0,25 W ca. 6,9 mm lang sein und einen Durchmesser von 2,3 mm haben.

HF-Bauelemente sind sehr häufig verteilte Elemente, wobei sich die Phase einer Spannung oder eines Stroms über die Länge des Bauelements erheblich ändern kann, da die Abmessungen des Bauelements gleich oder größer als die Wellenlänge sind. Die gewöhnliche Schaltungstheorie kann deshalb nicht immer auf Schaltungen angewandt werden, die in einem Frequenzbereich von wenigen Megahertz bis zu mehreren Gigahertz arbeiten.

Die üblichen Modelle für punktförmige Bauelemente haben in der Hochfrequenzschaltungstechnik häufig keine Gültigkeit mehr. Beispielsweise kann sich ein Kondensator bei hohen Frequenzen als Induktivität und eine Spule als Kapazität verhalten.

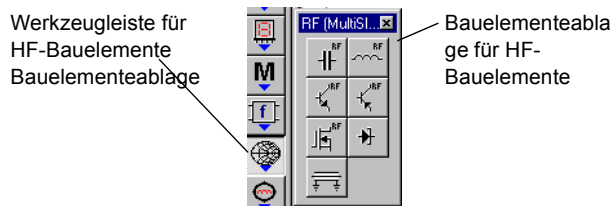
HF-Bauelemente zeigen parasitäre Effekte und funktionieren nach Modellen, die sich von denen bei niedrigeren Frequenzen unterscheiden. Die Verbindungen zwischen zwei Knoten bei hohen Frequenzen können sich unterschiedlich von den gleichen Verbindungen bei niedrigen Frequenzen verhalten; ihr Verhalten wird unter Verwendung von Kapazitäten und Induktivitäten abgebildet. Diese Verbindungen verhalten sich bei der Realisierung auf einer Leiterplatte als Übertragungsleitungen. Die Leiterplatte selbst wird Bestandteil der Schaltung und ihre Eigenschaften wirken sich auf die Funktion der Schaltung aus. Dies ist der Grund dafür, weshalb EDA-Software für die Simulation von Schaltungen bei niedrigen Frequenzen unter Umständen nur mit eingeschränkter Zuverlässigkeit bei höheren Frequenzen eingesetzt werden kann.

Standardmäßige HF-Bauelemente sind unter anderem Kondensatoren, Spulen, Ringspulen, Ferritkerne, Koppler, Zirkulatoren, Übertragungsleitungen oder Mikrowellenstreifenleiter, Hohlleiter und aktive Hochfrequenzbauelemente wie Transistoren und Dioden. Komplexere Bauelemente wie Querimpedanzkoppler, Mischer, Filter und Abschwächer werden unter Verwendung der vorgenannten Standardkomponenten hergestellt. In diesem Kapitel werden die Standardkomponenten und ihre Modelle zur Abbildung ihres Verhaltens bei hohen Frequenzen beschrieben.

## 14.2.2 Die HF-Bauelemente von Multisim

Das HF-Modul von Multisim enthält mehr als 100 Bauelemente und Modelle, die speziell für den Einsatz bei hohen Frequenzen definiert wurden und hier hohe Genauigkeit aufweisen. Diese Möglichkeit für die Entwicklung von Hochfrequenzschaltungen löste ein typisches Problem beim Arbeiten mit SPICE-Modellen, die sich nicht für die Entwicklung von Hochfrequenzschaltungen eignen.

Diese Bauelemente können aus der Bauelemente-Werkzeugleiste an der Unterseite der Bauelementeablage aufgerufen werden (siehe unten):



Sie können auf HF-Bauelemente auf die gleiche Weise wie auf andere in Multisim definierte Bauelemente zugreifen. Die Bauelementeablage für HF-Bauelemente enthält mehrere Bauelementefamilien, einschließlich: HF-Kondensatoren, HF-Spulen, bipolare npn-Transistoren für Hochfrequenzschaltungen, bipolare pnp-Transistoren für Hochfrequenzschaltungen, HF-MOSFETs, HF-Tunneldioden und HF-Streifenleiter und HF-Hohlleiter.

Bauelementefamilien, die aus kommerziell erhältlichen Bauelementen bestehen (z.B. bipolaren npn-Transistoren für Hochfrequenzschaltungen), enthalten eine große Anzahl von Bauelementen. Bauelementefamilien, die nicht aus gängigen Bauelementen bestehen (z.B. HF-Spulen), enthalten nur relativ wenige Bauelemente. Die letztgenannten Bauelementefamilien wurden unter Verwendung der in Multisim integrierten Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen modelliert, wie in "HF-Messinstrumente" auf Seite 14-10 beschrieben. Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen werden auch für die Anpassung von Modellen gemäß "Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen" auf Seite 14-32 verwendet.

## 14.2.3 Theoretische Erklärung der HF-Modelle

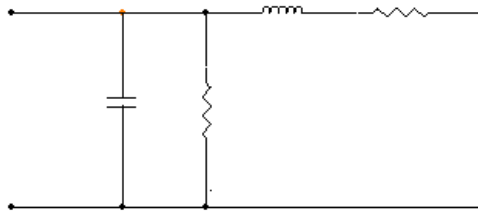
In diesem Unterabschnitt wird die Theorie der Funktionsweise von Hochfrequenzbauelementen erklärt und erläutert, weshalb diese bei hohen Frequenzen auf andere Weise als bei niedrigen Frequenzen modelliert werden müssen. Das Verständnis dieser Theorie ist nicht unbedingt für die Verwendung von HF-Bauelementen in Multisim erforderlich, aber unter Umständen für Sie von Interesse. Wenn Sie sich nicht für die Funktionsweise von Hochfrequenzbauelementen interessieren, können Sie direkt mit dem Unterabschnitt 14.3 fortfahren und Ihre Schaltung unter Verwendung von HF-Bauelementen entwickeln.

### 14.2.3.1 Streifenleiter, Mikrowellenstreifenleiter und Hohlleiter

Die Verbindungen zwischen internen Knoten einer Schaltung werden über Drähte hergestellt. Hinsichtlich der Phasenlage und der Amplitude von Spannung oder Strom bestehen zwischen den beiden miteinander verbundenen Knoten – mindestens bei niedrigen Frequenzen – keine Unterschiede. Bei hohen Frequenzen verhalten sich Drähte jedoch in Abhängigkeit von ihrer Länge und ihrem Durchmesser vollkommen anders als bei niedrigen Frequenzen. Dieser Effekt bei hohen Frequenzen wird als Stromverdrängungseffekt bezeichnet (siehe unten).

Bei niedrigen Frequenzen funktioniert der gesamte Querschnitt eines elektrischen Leiters als Transportmedium für die elektrischen Ladungsträger. Mit zunehmender Frequenz wirkt das im Mittelpunkt des elektrischen Leiters entstehende Magnetfeld als Hindernis für die Bewegung der elektrischen Ladungsträger, sodass sich deren Dichte am Mittelpunkt des elektrischen Leiters verringert, aber an der Oberfläche desselben vergrößert. Dieser Effekt wird als Stromverdrängungseffekt bezeichnet; er tritt in allen elektrischen Leitern einschließlich der Anschlussdrähte von Widerständen, Kondensatoren und Spulen auf. Die Wirkung dieses Effekts nimmt mit höher werdender Frequenz zu.

Ein einfacher Draht für die Verbindung zwischen zwei Knoten verhält sich bei hohen Frequenzen als Übertragungsleitung. Die nachstehende Abbildung zeigt das Ersatzschaltbild einer Übertragungsleitung. Das Ersatzschaltbild enthält die Schaltungssymbole von vier Bauelementen. Der Kondensator repräsentiert die Kapazität zwischen dem Mittelpunkt des elektrischen Leiters und Masse. Zwischen den beiden Platten des Kondensators befindet sich ein nicht ideales Dielektrikum. Der Nebenschlussstrom durch den Widerstand des Dielektrikums wird mit Hilfe des Leitwerts  $G$  abgebildet und pro Längeneinheit der elektrischen Leitung angegeben. Aufgrund des Widerstands des elektrischen Leiters weist dieser einen Reihenwiderstand  $R$  auf. Dessen Wert hängt vom spezifischen Widerstand des verwendeten Materials, der Länge des elektrischen Leiters, dessen Querschnitt und dem Stromverdrängungseffekt ab.



Jede Übertragungsleitung weist eine charakteristische Impedanz auf. Die meisten Mikrowellensysteme arbeiten mit einer charakteristischen Impedanz von 50 Ω. Dieser Wert ist ein Kompromiss zwischen der Maximalbelastbarkeit der Systemkomponenten und der Forderung nach minimaler Dämpfung (Abschwächung). Bei einer charakteristischen Impedanz von 50 Ω ist die Dämpfung noch vertretbar gering und die Möglichkeit zur Übertragung großer Leistungen noch ausreichend hoch.

Wenn der Außendurchmesser des Innenleiters einer Koaxialleitung als "D", der Innendurchmesser als "d" und die Dielektrizitätskonstante als ε bezeichnet wird, lässt sich die charakteristische Impedanz der Koaxialleitung nach folgender Gleichung berechnen:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \log_{10} \left( \frac{D}{d} \right)$$

Die Komponenten C und L in der vorstehenden Abbildung werden wie folgt berechnet:

$$C = \frac{7.354\epsilon}{\log_{10}(D/d)} \quad ((PF)/(ft))$$

$$L = 0.1404 \log_{10} (D/d) \quad ((\mu H)/(ft))$$

Ein Streifenleiter ist eine bestimmte Form einer Übertragungsleitung, die sich für viele praktische Anwendungsfälle eignet. Ein Streifenleiter besteht aus einem Streifen elektrisch leitenden Materials zwischen zwei breiteren, ebenfalls elektrisch leitenden Flächen und verläuft parallel zu diesen. Die Brücke zwischen dem Streifen und den Flächen ist mit einem gleichförmigen Dielektrikum gefüllt.

Mikrowellenstreifenleiter können mit Hilfe fotolithografischer Verfahren relativ einfach hergestellt werden. Wenn ein Transistor z.B. auf der Oberseite einer Leiterplatte platziert wird, kann dort auch ein Mikrowellenstreifenleiter platziert werden. Mikrowellenstreifenleiter lassen sich deshalb sehr gut in Verbindung mit anderen passiven und aktiven Bauelementen integrieren. Ein elektrischer Leiter der Breite W wird auf ein dünnes, mit Masse verbundenes

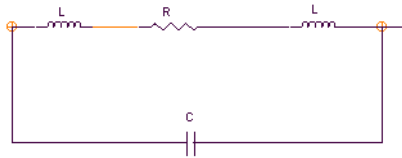
dielektrisches Substrat der Dicke "d" und der relativen Dielektrizitätskonstante " $\mu_r$ "  
 $\gamma\epsilon\delta\rho\upsilon\chi\kappa\tau$ .

Ein Hohlleiter ist eine Struktur oder ein Teil einer Struktur, die so ausgebildet ist, dass sich elektromagnetische Wellen nur in einer bestimmten Richtung ausbreiten können.

Wenn die Innenseite eines Hohlleiters einen Richtungswechsel vornimmt, müssen die elektromagnetischen Wellen diesem folgen. Es gibt die unterschiedlichsten Hohlleiter: Einfache, aus parallel verlaufenden Platten bestehende Hohlleiter; zylindrische Strukturen mit elektrisch leitfähigen Innenseiten; rechteckige Hohlleiter; kreisförmige Hohlleiter. Eine Übertragungsleitung oder ein Streifenleiter ist ein Sonderfall eines Hohlleiters.

### 14.2.3.2 HF-Widerstände

Widerstände werden in der Hochfrequenztechnik unter Anderem als Abschlusswiderstände oder Abschwächer verwendet. Die nachstehende Abbildung zeigt das Ersatzschaltbild eines Widerstands bei Hochfrequenz. Die Induktivität wird unter Berücksichtigung der Geometrie des Widerstands berechnet.



$$L = 0.002 l \left[ 2.3 \log\left(\frac{4l}{d} - 0.75\right) \right] (\mu H)$$

$l$  = length of wire in cm

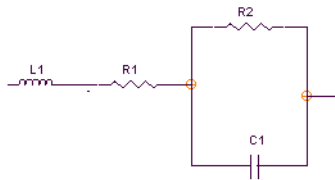
$d$  = diameter in cm

### 14.2.3.3 HF-Kondensatoren

Kondensatoren werden als Kopplungsglieder zwischen Verstärkerstufen, als Überbrückungselemente, in Schwingkreisen und in Filtern verwendet. HF-Kondensatoren müssen in Abhängigkeit vom jeweiligen Einsatzzweck sorgfältig selektiert werden. HF-Kondensatoren bestehen schematisch gesehen aus zwei Metallplatten, die durch ein Dielektrikum getrennt sind. Die Kapazität eines *idealen* Kondensators nimmt proportional zur Fläche (A) der Platten und umgekehrt proportional zur Dicke (d) des Dielektrikums zu. Diese Beziehung wird in der nachstehenden Gleichung ausgedrückt, wobei  $\epsilon$  die Dielektrizitätskonstante des elektrischen Materials ist.

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Reale Kondensatoren arbeiten selbstverständlich nicht ideal. Die nachstehende Abbildung zeigt das Modell eines bestimmten Kondensators.



Um die numerischen Werte der idealen Elemente im vorstehenden Modell zu ermitteln, müssen wir mehrere Faktoren berücksichtigen.

$\phi$  soll hierbei die Phasenlage des Stroms im Vergleich mit der Spannung sein. Der Phasenwinkel beträgt idealerweise  $90^\circ$ , ist jedoch bei realen Bauelementen kleiner. Der Leistungsfaktor (PF) ist als  $\cos(\phi)$  definiert. Dieser Faktor ist eine Funktion der Temperatur, der Frequenz und der Eigenschaften des dielektrischen Materials. Der Leistungsfaktor beschreibt normalerweise das Verhalten eines Kondensators bei niedrigen Frequenzen.

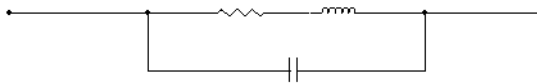
Bei höheren Frequenzen wird der Leistungsfaktor gelegentlich als Verlustfaktor bezeichnet. Dieser Faktor beschreibt, wie viel Leistung als Verlustleistung verloren geht bzw. bei Hochfrequenz in Wärme umgewandelt wird. Ein anderer Faktor, der das Verhalten eines Kondensators definiert, ist eng mit dem Leistungsfaktor verbunden und wird als Gütefaktor Q bezeichnet. Bei diesem Faktor handelt es sich um den Kehrwert des Verlustfaktors. Je größer der Gütefaktor Q ist, um so besser ist der Kondensator.

Kein dielektrisches Material ist perfekt. Aus diesem Grund fließt zwischen den beiden Platten eines Kondensators stets ein Strom, der so genannte Leckstrom. Dieses Verhalten wird am besten durch den Widerstand  $R_p$  beschrieben, der normalerweise ca.  $100 \text{ G}\Omega$  beträgt. Der Reihenwiderstand ist der Wechselstromwiderstand des Kondensators bei hohen Frequenzen, und wird mit Hilfe der Gleichung  $\cos(\phi)/C\omega * 1e6$  berechnet. Hier gilt:  $\omega = 2 * \pi * f$ .

Oberhalb einer bestimmten Frequenz beginnt ein Kondensator, sich wie eine Spule zu verhalten.

### 14.2.3.4 HF-Spule

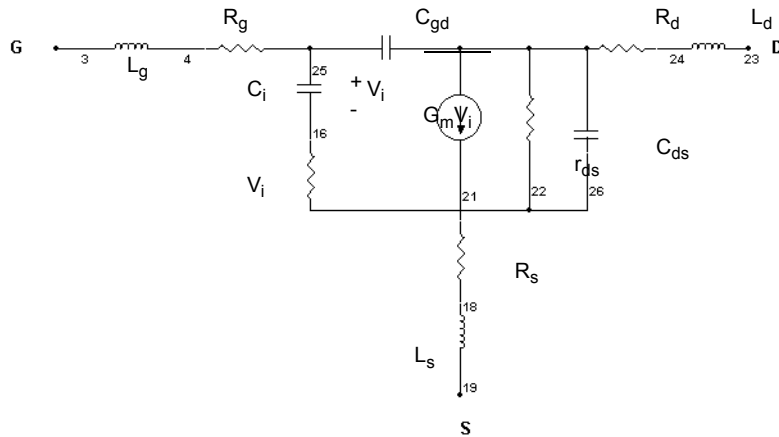
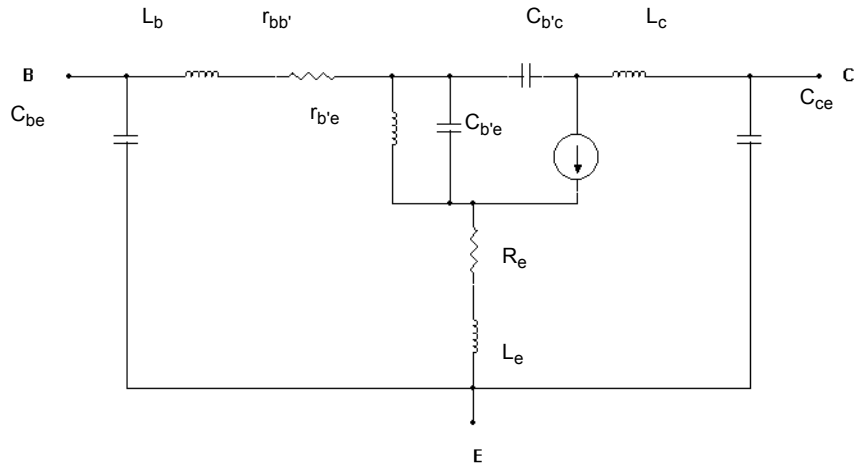
Spulen werden sehr häufig in Schwingkreisen, Filtern und Anpassungsgliedern verwendet. Die nachstehende Abbildung zeigt das Modell einer typischen Spule bei hohen Frequenzen. Eine Spule besteht gewöhnlich aus einem zylinderförmig gewickelten Draht. Benachbarte Windungen wirken als Kondensatoren, sodass die gesamte Spule als verteilter Kondensator  $C_d$  fungiert. Bei hohen Frequenzen beginnt eine Spule, sich als Kondensator zu verhalten. Eine Spule weist stets einen Reihenwiderstand auf, der die Spule bedämpft und einem Resonieren des aus der Spule und dem verteilten Kondensator bestehenden Schwingkreises entgegenwirkt. Das Verhältnis des Blindwiderstands einer Spule zu ihrem Reihenwiderstand wird oft als Maß für die Güte einer Spule verwendet. Je größer dieses Verhältnis ist, um so besser ist die Spule.



### 14.2.3.5 Aktive Bauelemente

Bei niedrigen Frequenzen werden aktive Bauelemente durch Ersatzschaltbilder aus idealen Bauelementen wie Widerständen und Kondensatoren modelliert. Bei hohen Frequenzen müssen diese idealen Komponenten wie weiter oben beschrieben durch ihre Ersatzschaltbildäquivalente ersetzt werden. So muss ein Widerstand z.B. durch einen Widerstand in Reihe mit einer Spule ersetzt werden. Durch einige Vereinfachungen wird die Anzahl redundanter Komponenten verringert. Zwei Spulen in Reihe können z.B. durch eine einzige Spule ersetzt werden. Das typische Ersatzschaltbild eines HF-Transistors zeigen die folgenden Abbildungen.





Die Grenzfrequenz  $f_c$  kann vom Ersatzschaltbild abgeleitet werden; sie ist umgekehrt proportional zur Laufzeit  $\tau_c$ :

$$f_c = \frac{g_m}{2\pi C_i} = \frac{1}{2\pi \tau_c} = \frac{v_s}{2\pi L_g}$$

Hierbei ist  $L_g$  die effektive Länge der Steuerelektrode und  $v_s$  die Sättigungsgeschwindigkeit, mit der sich die Elektronen bewegen.

In Multisim sind die folgenden aktiven Bauelemente definiert: RF\_BJT\_NPN, RF\_BJT\_PNP, RF\_MOS\_3TDN und Tunneldioden. Weitere Informationen über diese Bauelemente enthält der Abschnitt "HF-Bauelemente" im Anhang M.

## 14.3 HF-Messinstrumente

Das HF-Modul von Multisim enthält zwei wichtige Messinstrumente, die erst eine erfolgreiche Entwicklung von Hochfrequenzschaltungen und deren Analyse ermöglichen: einen Spektrumanalysator und einen Netzwerkanalysator.

### 14.3.1 Spektrumanalysator

#### 14.3.1.1 Über den Spektrumanalysator

Der Spektrumanalysator ermittelt den Verlauf der Signalamplitude in Abhängigkeit von der Frequenz. Dieses Messinstrument ist in der Lage, die Leistung eines Signals und dessen Frequenzkomponenten zu messen und ermöglicht es auf diese Weise festzustellen, ob ein Signal Oberwellen enthält.

Insbesondere in der Telekommunikation werden Spektrumanalysatoren eingesetzt. Beispielsweise müssen Mobilfunksysteme daraufhin untersucht werden, ob die Hochfrequenzsignale Oberwellen enthalten, die Störungen anderer Hochfrequenzsysteme verursachen können. Eine andere interessante Verwendung für Spektrumanalysatoren ist die Messung des Klirrfaktors des auf ein Trägersignal aufmodulierten Nutzsignals.

Ein Spektrumanalysator zeigt die Messwerte in der Frequenzdomäne und nicht in der Zeitdomäne an. Normalerweise ist die Zeit die Referenzgröße für die Signalanalyse. In diesem Fall wird ein Oszillograf verwendet, um den Momentanwert eines Signals in Abhängigkeit von der Zeit anzuzeigen. In manchen Fällen wird ein sinusförmiges Signal erwartet, doch das Signal ist nicht sinusförmig, sondern durch Oberwellenanteile verzerrt. Die Folge davon ist, dass die Signalamplitude nicht gemessen werden kann. Wenn das gleiche Signal auf dem Bildschirm eines Spektrumanalysators angezeigt wird, so werden nicht nur seine Amplitude, sondern auch seine Frequenzanteile (Grundfrequenz und Oberwellen) angezeigt werden.

Messungen in der Zeitdomäne wie Anstiegs- und Abfallzeiten, Impulsbreite, Wiederholfrequenzen, Verzögerungszeiten usw. können durch Messungen in der Frequenzdomäne nur mit Schwierigkeiten nachgebildet werden. Aus diesen Gründen sind diese beiden Messverfahren von großer Wichtigkeit.

### 14.3.1.2 Verwenden des Multisim-Spektrumanalysators

Der Multisim-Spektrumanalysator ist ein idealer Spektrumanalysator und arbeitet deshalb rauschfrei. In der Realität wird das von einem Spektrumanalysator selbst generierte Rauschen (auf Grund der thermischen Molekularbewegung in den elektronischen Bauelementen des Spektrumanalysators) von seinen Verstärkerstufen verstärkt, sodass das Rauschsignal mitgemessen wird. Signale, deren Amplitude kleiner als die Amplitude des Rauschsignals ist, können also nicht gemessen werden. Der Multisim-Spektrumanalysator arbeitet hingegen vollkommen rauschfrei.

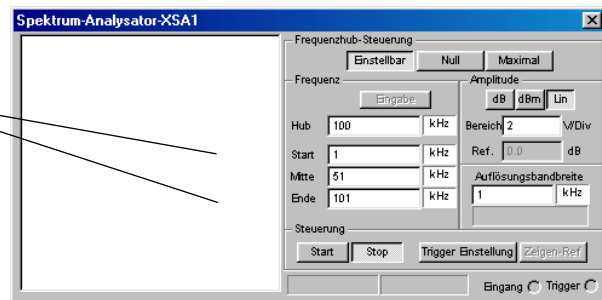
Ein Spektrumanalysator wird durch mehrere Parameter charakterisiert:

- Frequenzbereich
- Frequenzbänder
- Referenzpegel
- Messbereich

Die entsprechenden Parameterwerte müssen beim Multisim-Spektrumanalysators von Hand eingestellt werden.



Die Startfrequenz und die Stoppfrequenz können manuell eingestellt werden.



### 14.3.1.3 Frequenzbereich

Der Frequenzbereich ist der Bereich der Frequenzen, innerhalb dessen der Spektrumanalysator Signale analysieren kann. Sie können manuell zwei Frequenzen einstellen: Die Startfrequenz (mindestens 1 kHz) wird ins Feld **Start** und die Stoppfrequenz (maximal 4 GHz) wird ins Feld **Stoppfrequenz** eingegeben. Weder für die Startfrequenz noch die Stoppfrequenz kann der Wert Null eingegeben werden.

### 14.3.1.4 Frequenzbänder

Hierdurch wird festgelegt, in welchem Frequenzband das Spektrum dargestellt werden soll:



- Wenn **Volles Frequenzband** gewählt wurde, wird der gesamte Frequenzbereich des Multisim-Spektrumanalysators von 1 kHz bis 4 GHz angezeigt.
- Wenn **Frequenzband Null** gewählt wurde, wird eine einzelne Frequenz angezeigt, die durch den ins Feld **Mittenfrequenz** eingegebenen Wert bestimmt wird.
- Wenn **Frequenzband einstellen** gewählt wurde, wird das Frequenzband wie in "Frequenzanalyse" auf Seite 14-12 beschrieben entweder mit dem dafür vorgesehenen Bedienelement oder dem Bedienelement für die Frequenzeinstellung eingestellt.

### 14.3.1.5 Frequenzanalyse

Der Frequenzbereich kann auf zwei unterschiedliche Arten gewählt werden:

- Mit dem Bedienelement für die Einstellung des Frequenzbands
- Mit dem Bedienelement für die Einstellung der Frequenz

#### Bedienelement für die Einstellung des Frequenzbands

Hiermit werden das Frequenzband und die Mittenfrequenz eingestellt.

- Um das Frequenzband und die Mittenfrequenzen einzustellen, müssen Sie auf **Übernehmen** (im Bereich **Frequenz** der Anzeige des Spektrumanalysators) klicken, sodass die Werte für die Startfrequenz und die Stoppfrequenz automatisch unter Verwendung der nachstehenden Gleichungen berechnet werden können:

$$\text{Startfrequenz} = (\text{Mittenfrequenz} - \text{Frequenzband}/2)$$

$$\text{Stoppfrequenz} = (\text{Mittenfrequenz} + \text{Frequenzband}/2)$$

#### Bedienelement für die Frequenzeinstellung

Sie können die Startfrequenz und die Stoppfrequenz von Hand einstellen. Hierzu müssen Sie die numerische Werte der Frequenzen ins Feld **Frequenz** auf dem Bildschirm eingeben. Der Wert Null kann nicht eingegeben werden. Nach dem Klicken auf **Übernehmen** werden die Mittenfrequenz und der Frequenzbereich (Frequenzband) automatisch berechnet. Die Beziehungen zwischen diesen Parametern können wie folgt ausgedrückt werden:

$$\text{Mittenfrequenz} = (\text{Startfrequenz} + \text{Stoppfrequenz})/2$$

Frequenzband = (Stoppfrequenz – Startfrequenz)

Frequenz	
	Eingabe
Hub	100 kHz
Start	1 kHz
Mitte	51 kHz
Ende	101 kHz

Diese beiden Einstellungsverfahren beeinflussen sich gegenseitig, was bedeutet, dass die vier Parameterwerte nicht unabhängig voneinander eingestellt werden können. Diese Einstellungsverfahren sind jedoch beide zweckmäßig. Wenn Sie z.B. Frequenzanteile bei einer Mittenfrequenz von 100 MHz  $\pm$ 100 kHz sehen wollen, ist es am einfachsten, das Bedienelement für die Frequenzeinstellung zu verwenden. Die Mittenfrequenz ist in diesem Beispiel gleich 100 MHz und das Frequenzband hat eine Breite von  $2 * (100 \text{ kHz}) = 200 \text{ kHz}$ .

### 14.3.1.6 Amplitudenbereich

Amplitude	
<input type="radio"/>	dB
<input type="radio"/>	dBm
<input type="radio"/>	Lin
Bereich	2 V/Div
Ref.	0.0 dB

Sie können den Amplitudenbereich des auf dem Bildschirm sichtbaren Signals auf eine der drei nachfolgend beschriebenen Arten einstellen:

- **dB** – Diese Option steht für  $20 * \log_{10}(V)$ , wobei  $\log_{10}$  der Logarithmus zur Basis 10 und V die Signalamplitude ist. Bei Verwendung dieser Option wird das Signal im rechten Teil des Bildschirms in "dB pro Teileinheit" angezeigt. Eine Anzeige in dB ist von Interesse, wenn die Leistung eines Signals gemessen wird.
- **dBm** – Diese Option steht für  $10 * \log_{10}(V/0,775)$ . 0 dBm ist die Leistung, die in einem 600- $\Omega$ -Widerstand in Wärme umgewandelt wird, wenn die Spannung an diesem Widerstand 0,775 V beträgt. Dieser Leistung ist 1 mW. Wenn der Pegel eines Signals gleich +10 dBm ist, bedeutet dies, dass die zugehörige Leistung gleich 10 mW ist. Bei Verwendung dieser Option wird die Signalleistung auf der Basis des Referenzpegels 0 dBm angezeigt. Bei Anwendungen, bei denen der Abschlusswiderstand 600  $\Omega$  beträgt (wie z.B. bei Telefonleitungen) ist es wesentlich einfacher, einen Pegel in dBm zu messen, da er direkt proportional zur Verlustleistung ist. Bei einer Messung in dB muss dagegen der Widerstandswert mit angegeben werden, um die Verlustleistung zu ermitteln. Bei einer Messung in dBm ist der Widerstandswert dagegen bereits berücksichtigt.
- **LIN** – Diese Option ermöglicht die Linearanzeige des Signals. Wenn Sie die auf dem Bildschirm anzuzeigende Maximalamplitude ändern wollen, müssen Sie im Feld **Bereich** einen Spannungswert eingeben.

### 14.3.1.7 Referenzpegel

Der Referenzpegel wird zum Einstellen des Bereichs des Eingangssignals verwendet, der auf dem Bildschirm angezeigt werden kann.

Die Achsen auf dem Bildschirm des Spektrumanalysators sind nicht unterteilt (d.h. nicht mit einer Skala versehen). Sie können die Frequenz und die Amplitude an jedem Punkt auf dem Bildschirm mit Hilfe des Cursors ablesen. Beim Verschieben des Cursors in eine bestimmte Position werden unten rechts auf dem Bildschirm die zugehörige Frequenz und die zugehörige Amplitude in V, dB oder dBm angezeigt.

Sie können mehrere Frequenzen beobachten und die Ergebnisse für den gesamten angezeigten Frequenzbereich auswerten. Unter Umständen wollen Sie wissen, wann die Amplitude des Signals (in dB oder dBm) bei einigen Bauelementen einen bestimmten Grenzwert in dB oder dBm überschreitet. Von besonders großem Interesse ist häufig der -3-dB-Punkt. Durch Markieren der -3-dB-Punkte können Sie die Bandbreite eines Verstärkers abschätzen. Durch Klicken auf **Anzeigebezugspunkt** können Sie den Referenzpegel auf -3 dB setzen und gleichzeitig mit dem Cursor die untere und die obere Grenzfrequenz des Durchlassbands ermitteln.

Sie können auch feststellen, ob die Amplitude des Signals in einem bestimmten Frequenzbereich einen bestimmten Wert unterschreitet. Beobachten Sie hierbei die Signale auf dem Bildschirm des Spektrumanalysators, und verwenden Sie die Taste zum Einstellen des Referenzpegels. Der maximale Referenzpegel wird auf +30 dB eingestellt. Die Option **Anzeigebezugspunkt** steht nur zur Verfügung, wenn die Optionen **dB** oder **dBm** aktiviert wurde.

### 14.3.1.8 Frequenzauflösung

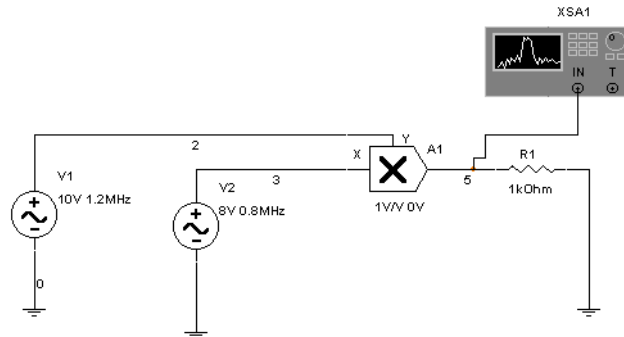
Die Frequenzauflösung wird zunächst auf den Minimalwert von  $\Delta f = \text{Stoppfrequenz}/1024$  eingestellt. Sie können jedoch auch einen größeren Wert verwenden und das Frequenzspektrum beobachten. Sie müssen die Frequenzauflösung so wählen, dass die Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Frequenzauflösung sind.

**Hinweis** Um eine hohe Messgenauigkeit zu erreichen, dürfen die Frequenzanteile nicht unterhalb von  $\Delta f$  liegen.

## 14.3.1.9 Beispiele

### Beispiel 1

Die nachstehende Abbildung zeigt einen Mischer, der häufig in Anwendungen auf dem Gebiet der Telekommunikation eingesetzt wird.



Am Eingang des Mixers liegen zwei sinusförmige Signale an. Die Frequenzen dieser Signale sind 0,8 und 1,2 MHz. Die Amplituden dieser Signale sind 8 und 10 V. Bitte beachten Sie, dass die Amplitude der Spitzenwert des Pegels und nicht der Effektivwert eines Sinussignals ist. Die Aufgabe des Mixers besteht darin, die beiden Eingangssignale mit einem Verstärkungsgrad des Faktors 1 miteinander zu multiplizieren, ohne dass sich am Ausgang des Mixers eine Veränderung der Signalamplitude ergibt. Am Ausgang des Mixers erhalten Sie ein Signal mit einer Frequenz von  $(1,2 + 0,8) = 2$  MHz und  $(1,2 - 0,8) = 0,4$  MHz.

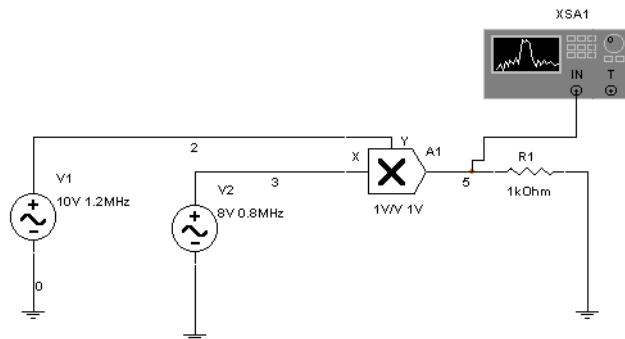
- Wenn Sie dies selbst versuchen wollen, müssen Sie hierbei wie folgt vorgehen:
1. Konfigurieren Sie die Schaltung wie oben gezeigt.
  2. Doppelklicken Sie auf den Frequenzvervielfacher und stellen Sie den Verstärkungsgrad auf 1 und die Offsets auf 0 ein.
  3. Doppelklicken Sie auf den Spektrumanalysator und initialisieren Sie ihn mit einer Startfrequenz und einer Stoppfrequenz (im Beispiel 3 in diesem Kapitel sehen Sie ein anderes Verfahren für die Initialisierung des Spektrumanalysators).
    - Stellen Sie das **Frequenzband** auf 3 MHz und die **Mittelfrequenz** auf 1,8 MHz ein.
    - Klicken Sie auf **Übernehmen**. Der Wert der Startfrequenz wird automatisch auf  $(1,8 \text{ MHz} - 3/2 \text{ MHz}) = 300 \text{ kHz}$  eingestellt. Der Wert der Stoppfrequenz wird automatisch auf  $(1,8 \text{ MHz} + 3/2 \text{ MHz}) = 3,3 \text{ MHz}$  eingestellt.
    - Da die Amplitude des Frequenzanteils ca.  $(8 * 10)/2 = 40 \text{ V}$  beträgt, müssen Sie den Amplitudenbereich im Modus "LIN" auf 100 V einstellen.
  4. Starten Sie den Simulator.

5. Doppelklicken Sie auf den Spektrumanalysator.
6. Klicken Sie auf **Start** und warten Sie, bis sich das Signal stabilisiert hat.

Der Spektrumanalysators führt nun eine Fourier-Transformation des Eingangssignals in der Zeitdomäne durch. Da die Fourier-Transformation nur mit einigen wenigen Signalproben gestartet wird, sind die ersten Messergebnisse ziemlich ungenau. Sie müssen deshalb warten, bis der Bildschirminhalt mehrmals aufgefrischt wurde, um genaue Messergebnisse der Frequenzanteile und ihrer Amplituden zu erhalten. Zu diesem Zeitpunkt ist die interne Frequenzauflösung gleich wie die selbstdefinierte Frequenzauflösung. Diese beiden Werte werden für das Bauelement angezeigt. Mit Hilfe des Cursors können Sie die Amplitude und die Frequenz jedes Frequenzanteils ablesen. In diesem Beispiel stimmen die abgelesenen Messwerte mit den berechneten Messwerten überein (zwei Frequenzanteile mit Frequenzen von einmal 2 MHz und einmal 0,4 MHz mit einer Signalamplitude von 40 V).

## Beispiel 2

Um ein weiteres Beispiel durchzuführen, müssen Sie auf **Start** klicken und die Simulation fürs erste Beispiel stoppen. Im zweiten Beispiel wird die gleiche Schaltung wie im ersten Beispiel verwendet.

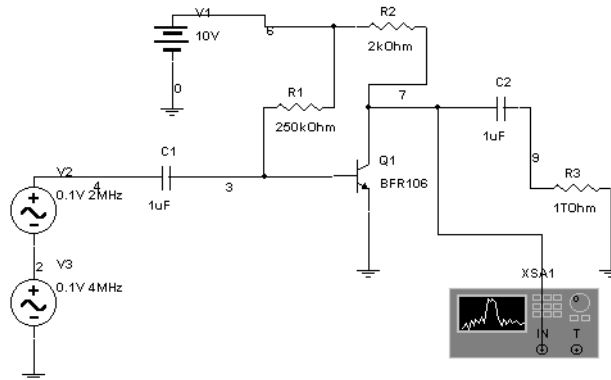


Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Ausgangsspannung gegenüber der Eingangsspannung um 1 V verschoben ist. Aufgrund dieser Spannungsdifferenz (Offset) liegt am Ausgang des Mixers nicht nur ein Signal mit einer Frequenz von 0,8 und 1,2 MHz, sondern auch mit einem Gleichspannungspegel an. Der Spektrumanalysator zeigt die Frequenzanteile und ihre Amplituden auf dem Bildschirm an, wenn die gleichen Einstellungen wie im früheren Beispiel verwendet werden.



### Beispiel 3

In diesem Beispiel wird ein aktives Bauelement gezeigt, das in Sättigung betrieben wird. Der Aufbau wird nachfolgend veranschaulicht:



➤ Initialisieren Sie den Spektrumanalysator wie folgt:

1. Doppelklicken Sie auf den Spektrumanalysator.
2. Stellen Sie die **Startfrequenz** auf 1 kHz und die **Stoppfrequenz** auf 11 MHz ein.
3. Klicken Sie auf **Übernehmen**. Das Frequenzband deckt einen Frequenzbereich von  $(11 \text{ MHz} - 1 \text{ kHz}) = 10,999 \text{ kHz}$  ab. Die Mittenfrequenz beträgt  $(11 \text{ MHz} + 1 \text{ kHz})/2 = 5,5005 \text{ MHz}$ .
4. Stellen Sie den Bereich auf 2 dB/Skalenteil und den Referenzpegel auf 4 dB ein, um die Verwendung des Referenzpegels in dB zu demonstrieren.

Die Startfrequenz und die Endfrequenz werden so eingestellt, dass die interessierenden Frequenzanteile erfasst und ihre Amplituden (Beträge) untersucht werden können. Mit dem Spektrumanalysator können Sie prüfen, ob am Ausgangsknoten mehr als zwei Frequenzanteile vorhanden sind. Am Ausgang sind drei Frequenzanteile mit Amplituden oberhalb von 4 dB vorhanden: 0 MHz, 2 MHz und 4 MHz. Andere Frequenzanteile haben höhere Frequenzen und Pegel von weniger als 4 dB.

## 14.3.2 Netzwerkanalysator

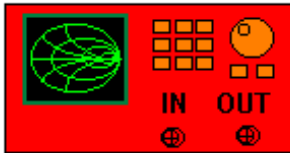
### 14.3.2.1 Über den Netzwerkanalysator

Der Netzwerkanalysator misst die Streuparameter (S-Parameter) einer Schaltung, die normalerweise für die Charakterisierung einer Schaltung verwendet werden, die bei höheren Frequenzen arbeiten soll. Diese S-Parameter werden für die unterschiedlichsten Zwecke einschließlich der HF-Analysen von Multisim verwendet. Der Netzwerkanalysator misst außerdem die H-, Y- und Z-Parameter.

### 14.3.2.2 Verwenden des Netzwerkanalysators

Die Schaltung wird dabei als idealer Vierpol betrachtet. Um den Netzwerkanalysator korrekt verwenden zu können, müssen die Ein- und Ausgänge der Schaltung offen sein. Während der Analyse komplettiert der Netzwerkanalysator die analysierte Schaltung, indem er seine Schaltungsteile mit in die analysierte Schaltung integriert. Bevor Sie andere Analysen und Simulationen ausführen, müssen Sie diese Schaltungsteile wieder entfernen.

Nach dem Starten der Simulation führt der Netzwerkanalysator automatisch zwei Wechselspannungsanalysen durch. Die erste Wechselspannungsanalyse wird am Eingang durchgeführt, um die Vorwärtsparameter S11 und S21 zu berechnen. Die zweite Wechselspannungsanalyse wird am Ausgang durchgeführt, um die Rückwärtsparameter S22 und S12 zu berechnen. Nach dem Berechnen der S-Parameter können Sie den Netzwerkanalysator für die Untersuchung der Daten auf unterschiedliche Weise und für weitere Analysen auf der Basis dieser Daten verwenden.



Marken und Schaltungs-  
informationen

Diagrammdar-  
stellung

Wählen Sie eine geeignete Darstellung der Daten.

Anzeigen oder Verbergen einzelner Kurven.

Wählen Sie einen anderen Parametersatz für die Darstellung im Diagramm.

Arbeiten mit Netzwerkanalysatordaten.

Wählen Sie eine Betriebsart.

Die Anzeige des Netzwerkanalysators ist in zwei Bereiche untergliedert:

- Im linken Bereich befinden sich eine Diagramm- und eine Textanzeige für die Anzeige von Marken- und Schaltungsinformationen.
- Im rechten Bereich befinden sich die Bedienelemente für den Netzwerkanalysator.

### 14.3.2.3 Bedienelemente für die Markensteuerung

Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Marken**, wie die Daten dargestellt werden sollen:

- Real/Imaginär
- Betrag/Phase
- dB (Betrag)/Phase.

Rollen Sie mit dem Rollbalken unter der Liste durch jeden für die Schaltung erfassten Datenpunkt. Anfangs sind die Frequenzpunkte dekadisch skaliert. Der standardmäßige Wobbelbereich erstreckt sich von 1 MHz bis 10 GHz. Sie können auch mit Hilfe der Tasten SEITE NACH OBEN und SEITE NACH UNTEN in der Tastatur durch die Daten rollen.

### 14.3.2.4 Bedienelemente für die Kurvensteuerung

Mit den Schaltflächen **Kurve** können Sie die einzelnen Kurven im Diagramm ein- und ausblenden. Nach dem Starten des Netzwerkanalysators werden die Parameter S11 und S22 als Kurven angezeigt. Die Beschriftung der Schaltflächen für die Kurvensteuerung ändert sich in Abhängigkeit davon, welche Parameter oder Analyseergebnisse angezeigt werden. Die möglichen Sätze in der Betriebsart "Messung" sind {S11, S12, S21, S22}, {Z11, Z12, Z21, Z22}, {H11, H12, H21, H22}, {Y11, Y12, Y21, Y22}, {K, | $\Delta$ |}. Die möglichen Sätze in der Betriebsart "HF-Charakterisierung" sind {P.G., T.P.G., A.P.G.}, {V.G.} und {Zin, Zout}. Weitere Informationen über diese Betriebsarten finden Sie in "Bedienelemente für die Auswahl der Betriebsart" auf Seite 14-21.

### 14.3.2.5 Bedienelement für die Formatsteuerung

#### Parameteroptionen

Wählen Sie den im Diagramm darzustellenden Parametersatz. Welche Parameter zur Verfügung stehen, hängt von der Betriebsart des Netzwerkanalysator ab. In der Betriebsart "Messung" können Sie einen der Parameter S, Y, H oder Z und einen der Stabilitätsfaktoren K und | $\Delta$ | wählen. In der Betriebsart "HF-Charakterisierung" können Sie die Leistungsverstärkung, die Spannungsverstärkung und die Impedanzen wählen.

#### Schaltflächen für die Formatsteuerung

Mit diesen Schaltflächen können Sie wählen, in welchen Formaten die Diagramme dargestellt werden sollen. Welche Formate zur Verfügung stehen, hängt von der gewählten Parametergruppe ab.

Ändern Sie die Skalierung des aktuellen Diagramms mit Hilfe der Schaltfläche **Skalierung**. Nur Polar-, Real-/Imaginär- und Betrag-/Phase-Diagramme können geändert werden.

Mit der Schaltfläche **Automatische Skalierung** können Sie die Daten automatisch skalieren lassen, sodass sie innerhalb des aktuellen Diagramms angezeigt werden können.

Mit der Schaltfläche **Einstellungen** können Sie die Darstellungseigenschaften des Netzwerkanalysators ändern.

### 14.3.2.6 Bedienelemente für die Datenmanipulation

Durch Klicken auf die Schaltfläche **Speichern** können Sie den aktuellen Datensatz mit S-Parametern speichern.

Durch Klicken auf die Schaltfläche **Laden** können Sie einen bereits gespeicherten Datensatz mit S-Parametern im Netzwerkanalysator speichern. Nach dem Laden der Daten können Sie alle Funktionen des Netzwerkanalysators zum Anzeigen und Analysieren der Daten verwenden. Dateien mit S-Parametern haben die Dateinamenerweiterung `.sp`.

Durch Klicken auf die Schaltfläche **Exportieren** können Sie den Datensatz der gewählten Parametergruppe in eine Textdatei exportieren. Wenn es sich bei der gewählten Parametergruppe um Z-Parameter im Diagrammformat Betrag/Phase handelt, werden die Z-Parameterwerte in diesem Format exportiert.

Durch Klicken auf die Schaltfläche **Drucken** können Sie das gewählte Diagramm ausdrucken.

### 14.3.2.7 Bedienelemente für die Auswahl der Betriebsart

Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Modus** die gewünschte Betriebsart des Netzwerkanalysators:

- Messmodus – dieser ermöglicht die Ausgabe der Parameterwerte in unterschiedlichen Formaten.
- Modus für die HF-Charakterisierung – diese Betriebsart ermöglicht die Ausgabe von Leistungsverstärkung, Spannungsverstärkung und Impedanzen der Ein- und Ausgänge.
- Modus für die Schaltungsanpassung – in dieser Betriebsart wird ein neues Fenster geöffnet, das in “Schaltungsanpassungsanalyse” auf Seite 14-24 beschrieben ist.

Wenn Sie Messungen mit dem Netzwerkanalysator durchführen wollen, müssen Sie die erstgenannte Betriebsart (die standardmäßige Betriebsart) wählen. Die zweite und die dritte Betriebsart ermöglichen die Durchführung der beiden in “HF-Analysen” auf Seite 14-22 beschriebenen HF-Analysen.

Nach dem Klicken auf die Schaltfläche **Einstellungen** können Sie die Messeinstellungen für die Berechnung der S-Parameter der Schaltung eingeben.

## 14.4 HF-Analysen

### 14.4.1 Analyse für die HF-Charakterisierung

Die in Multisim implementierten Werkzeuge für die HF-Charakterisierung ermöglichen es dem Entwicklungsingenieur, die Leistungsverstärkung, die Spannungsverstärkung sowie die Ein- und Ausgangsimpedanzen von Hochfrequenzschaltungen zu untersuchen. Eine typische Verwendung des Netzwerkanalysators ist die Entwicklung eines Hochfrequenzverstärkers. Das Signal schwacher Amplitude am Eingang eines HF-Verstärkers wird normalerweise von einem Empfangsteil geliefert. Normalerweise beabsichtigt ein Entwickler von Hochfrequenzschaltungen, dass das Eingangssignal verstärkt und ein Ausgangssignal in Form von Spannung und Strom geliefert wird. Dies bedeutet, dass die an die Last gelieferte Leistung erheblich größer als die Leistung am Eingang des Verstärkers ist. Aus diesem Grund ist die Fähigkeit der Schaltung zur Übertragung von Leistung von großer Bedeutung. Die Leistungsverstärkung in Multisim wird bei einer angenommenen Quell- und Lastimpedanz von  $50 \Omega$  berechnet. Sie können diese Werte ändern, indem Sie auf die Schaltfläche **Einstellungen** neben der Dropdown-Liste **Modus** klicken, um anzugeben, dass der HF-Simulator Folgendes annehmen soll:

$$Z_I = Z_O \text{ und } Z_S = Z_O \text{ oder } \Gamma_S = \Gamma_I = 0.$$

Ein anderer Aspekt einer Schaltung sind die Eingangs- und Ausgangsimpedanzen des Verstärkers. Ein HF-Verstärker enthält normalerweise mehrere Verstärkerstufen. Der Ausgang jeder Verstärkerstufe wird durch den Eingang der darauf folgenden Verstärkerstufe belastet.

Dieser Belastungseffekt lässt sich am besten durch Untersuchen der Eingangs- und Ausgangsimpedanzen erklären. Die meisten Entwicklungsingenieure würden am liebsten einen Verstärker entwickeln, dessen Eingangsimpedanz bei niedrigen Frequenzen einen sehr hohen Wert erreicht, um die Belastung des Ausgangs der vorgeschalteten Verstärkerstufe zu minimieren. Andererseits ist es für die Signalqualität günstiger, wenn die Ausgangsimpedanz einer Verstärkerstufe so klein wie möglich ist. Bei sehr hohen Frequenzen sollte die Ausgangsimpedanz einer Verstärkerstufe mit der Eingangsimpedanz der darauf folgenden Verstärkerstufe identisch sein, um Signalreflexionen zu vermeiden. Die Analysewerkzeuge für die HF-Charakterisierung von Multisim ermöglichen es, diese Impedanzen zu untersuchen und die optimal geeignete Arbeitsfrequenz zu finden.

- Gehen Sie wie folgt vor, um die gewünschte Variable mit dem Simulator zu ermitteln:
  1. Verbinden Sie den Netzwerkanalysator mit dem Verstärker.
  2. Starten Sie den Simulator. Ignorieren Sie die Fehlermeldungen in Bezug auf die Gleichspannung und warten Sie, bis die Wechselspannungsanalysen beendet sind.

3. Doppelklicken Sie auf den Netzwerkanalysator.
  4. Rechts unten am Kontrollfeld des Netzwerk-Analysators wählen Sie die "HF-Charakterisierung" aus der Dropdown-Liste **Modus**.
  5. Wählen Sie die gewünschte Variable (T.G., A.P.G. und T.P.G.) aus den Optionen **Kurve**. Während des Plottens der Kurve in Abhängigkeit von der Frequenz werden die numerischen Werte an der Oberseite der Kurve für jeden Frequenzpunkt angezeigt.
  6. Wählen Sie die Option "Verstärkungsgrade" aus der Dropdown-Liste **Parameter**. Hier wird der Spannungsverstärkungsgrad ( $V_G$ ) in Abhängigkeit von der Frequenz geplottet und sein Wert an der Oberseite der Kurve angezeigt.
- Hinweis** Verwenden Sie bei jeder Änderung des Parameterwerts die Option Automatische Skalierung, um genauere Messergebnisse zu erzielen.
7. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Parameter** die Option "Impedanzen". Die Eingangs- und Ausgangsimpedanzen werden als Kurve dargestellt und an der Oberseite der Kurve numerisch angezeigt.
  8. Verwenden Sie den Frequenzrollbalken, um die gewünschte Frequenz für eine bestimmte Variable zu wählen.

### Leistungsverstärkungsgrade

Der HF-Simulator von Multisim berechnet den allgemeinen Leistungsverstärkungsgrad (PG), den Verstärkungsgrad der verfügbaren Leistung (APG) und den Wandlerverstärkungsgrad (TPG) bei einer charakteristischen Impedanz von  $Z_0 = 50 \Omega$  bei einer bestimmten Frequenz. Der Parameter dBMag wird als  $10 \log_{10} |PG|$  abgeleitet.

PG ist das Verhältnis der an die Last gelieferten Leistung zur mittleren Leistung, die dem Eingang der Schaltung zugeführt wird, und wird als  $PG = |S_{21}|^2 / (1 - |S_{11}|^2)$  ausgedrückt.

Der Wandlerverstärkungsgrad TPG ist das Verhältnis der an die Last gelieferten Leistung zur von der Signalquelle gelieferten Leistung. Bei  $G_S = G_L = 0$ ,  $TPG = |S_{21}|^2$ .

Der Verstärkungsgrad der verfügbaren Leistung APG ist das Verhältnis der am Ausgang der Schaltung verfügbaren Leistung zur von der Signalquelle gelieferten Leistung und wird wie folgt ausgedrückt:

$$APG = |S_{21}|^2 / (1 - |S_{22}|^2)$$

### Spannungsverstärkungsgrad

Der Spannungsverstärkungsgrad  $V_G$  wird für  $\Gamma_S = \Gamma_L = 0$  berechnet und als  $V_G = S_{21} / (1 + S_{11})$  ausgedrückt.

Der Spannungsverstärkungsgrad in dBMag wird als  $20 \log_{10} |V_G|$  berechnet.

Wenn Sie die Eingangs- und Ausgangssignale in der Zeitdomäne beobachten, während die Transistoren in ihrem linearen Arbeitsbereich betrieben werden, werden Sie feststellen, dass das Verhältnis der Amplitude der Ausgangsspannung (bei einer Quell- und Lastimpedanz von  $50 \Omega$ ) zur Amplitude der Eingangsspannung gleich dem von Multisim ausgegebenen Parameterwert von V.G. ist. Der Parameterwert von V.G. wird jedoch unter Verwendung der S-Parameter berechnet.

### **Eingangs- und Ausgangsimpedanzen**

Diese Werte werden berechnet, wobei vorausgesetzt wird, dass  $\Gamma_s = \Gamma_l = 0$ . Bei dieser Bedingung haben wir:

$Z_{in} = (1 + \Gamma_{in}) / (1 - \Gamma_{in})$ , wobei  $\Gamma_{in} = S_{11}$  und

$Z_{out} = (1 + \Gamma_{out}) / (1 - \Gamma_{out})$ , wobei  $\Gamma_{out} = S_{22}$ .

Hier gilt es zu bemerken, dass diese Werte normalisiert sind. Der Simulator zeigt die denormalisierten Werte von  $Z_{in}$  und  $Z_{out}$  an.

## **14.4.2 Schaltungsanpassungsanalyse**

Beim Entwickeln von HF-Verstärkern mit Multisim muss das Schaltungsverhalten analysiert und bei Bedarf modifiziert werden. Die Schaltungsanpassungsanalyse bietet drei Optionen für die Analyse des Schaltungsverhaltens.

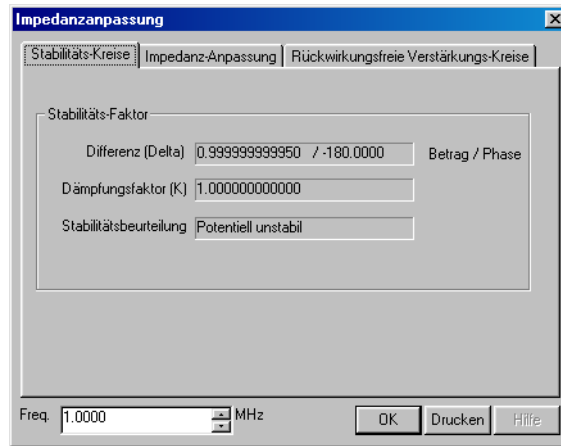
- Stabilitätskreise
- Kreise für Ausgangsrückwirkung
- Impedanzanpassung

Diese Optionen werden in diesem Unterabschnitt ausführlich beschrieben. Gemäß der jeweiligen Verwendung wird eine oder werden mehrere dieser Optionen verwendet. Wenn z.B. ein Oszillator entwickelt wird, werden nur Stabilitätskreise verwendet. Wenn andererseits eine grundsätzlich stabile Schaltung angepasst werden soll, analysiert der Simulator zunächst die Stabilitätseigenschaften der Schaltung und führt dann eine automatische Impedanzanpassung durch.

Auf diese drei Optionen kann im Fenster Schaltungsanpassung zugegriffen werden.



- Öffnen Sie das Fenster Schaltungsanpassung wie folgt:
  1. Doppelklicken Sie ins Schaltungsfenster des Netzwerkanalysators.
  2. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Modus** die Option "Schaltungsanpassung". Nun wird das Fenster Schaltungsanpassung geöffnet:



## Stabilitätskreise

Stabilitätskreise werden für die Analyse der Stabilität einer Schaltung bei verschiedenen Frequenzen verwendet.

In einer idealen Schaltung wird das gesamte Quellsignal am Eingang eines Vierpols zur Verfügung gestellt. In der Praxis wird jedoch ein Teil des Eingangssignals zur Signalquelle zurück reflektiert. Wenn das verstärkte Signal an die Last am Ausgang geliefert wird, wird ein Teil des Ausgangssignals zum Ausgang des Verstärkers zurück reflektiert. Wenn der Verstärker mit Ausgangsrückwirkung arbeitet, wird das reflektierte Ausgangssignal zurück zur Signalquelle reflektiert. Eine Schaltung wird als instabil betrachtet, wenn die Amplitude des reflektierten Signals mit der Amplitude des Signals am Eingang oder Ausgang identisch ist.

Aus diesem Grund ist jeder Entwicklungsingenieur bestrebt, Reflexionen zu vermeiden und sicherzustellen, dass der Last am Ausgang eines Vierpols die maximal mögliche Leistung zur Verfügung gestellt wird. Die Stabilitätskreise im Netzwerkanalysator ermöglichen es, dieses Ziel zu erreichen.

- Gehen Sie bei der Durchführung der Analyse wie folgt vor:
1. Verbinden Sie den mit seiner Versorgungsspannungsquelle verbundenen Verstärker über zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren (normalerweise 100 uF) mit dem Netzwerkanalysator. Die Werte dieser beiden Kondensatoren müssen selektiert werden, um Messfehler zu minimieren. In der Praxis müssen die beiden Kondensatoren jedoch dazu verwendet werden, um den Verstärker gleichspannungsmäßig von vor- und nachgeschalteten Verstärkerstufen zu isolieren. Es gilt zu bemerken, dass die Impedanzen dieser beiden Kondensatoren nicht zu einer Dämpfung des Eingangs- oder Ausgangssignals beitragen dürfen. Die Impedanz eines Kondensators ist frequenzabhängig und wird unter Verwendung der Gleichung  $X_c = 1/(j\omega C)$  berechnet, wobei " $\omega$ " gleich  $(2\pi f)$  ist.
  2. Um den Netzwerkanalysator zu aktivieren, müssen Sie auf die Schaltfläche Simulieren in der Werkzeug-Werkzeugleiste klicken und aus dem Popup-Menü die Option **Start/Stop** wählen. Warten Sie, bis die Wechselspannungsanalysen beendet sind. Ignorieren Sie die Fehlermeldung in Bezug auf die Gleichspannungsanalyse.
  3. Doppelklicken Sie aufs Symbol des Netzwerkanalysators im Schaltungsfenster.
  4. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Modus** die Option "Schaltungsanpassung".
  5. Klicken Sie im Fenster Schaltungsanpassung geöffnet; klicken Sie auf die Registerkarte Stabilitätskreise.
  6. Wählen Sie die gewünschte Arbeitsfrequenz im Feld an der unteren linken Bildschirmcke und klicken Sie auf **OK**.

Nun erscheint ein Smith-Diagramm mit jeweils einem Kreis für die Eingangs- und die Ausgangsstabilität. Ein Stabilitätskreis begrenzt den Bereich, innerhalb und außerhalb dessen die Werte der Quell- oder Lastimpedanz Instabilität zur Folge haben. Der Umfang des Stabilitätskreises definiert die Punkte, an denen  $K = 1$  ist. Innerhalb oder außerhalb des Kreises können Instabilitäten auftreten. Instabile Bereiche sind im Smith-Diagramm schraffiert dargestellt.

Für ein Smith-Diagramm sind drei verschiedene Szenarien möglich:

- **Kein Bereich des Smith-Diagramms ist schraffiert.** In diesem Fall ist die Schaltung grundsätzlich stabil, was bedeutet, dass jeder Bereich des Smith-Diagramms eine gültige passive Quell- oder Lastimpedanz darstellt. Der Schaltungsentwickler kann nun die Eingangs- oder Ausgangsimpedanzen auf der Basis anderer Kriterien wie Verstärkungsgrad oder Rauschverhalten wählen.
- **Teile des Smith-Diagramms sind schraffiert.** In diesem Fall ist die Schaltung möglicherweise instabil, was bedeutet, dass passive Eingangs- oder Lastimpedanzen gewählt werden können, ohne die Stabilität der Schaltung zu beeinträchtigen. Eine Eingangsimpedanz muss außerhalb des schraffierten Bereichs des Kreises für die Eingangsstabilität liegen, damit Stabilität am Eingang des Vierpols erreicht wird, während eine Ausgangsimpedanz gewählt werden muss, die außerhalb des Kreises für die

Ausgangsstabilität liegt, damit Stabilität am Ausgang des Vierpols erreicht wird.

- **Das gesamte Smith-Diagramm ist schraffiert.** In diesem Fall ist in die Schaltung unabhängig vom den Eingangs- oder Ausgangsimpedanzen instabil. Dem Schaltungsentwickler stehen mehrere Optionen zur Verfügung, um Stabilität zu erreichen. Beispielsweise kann er die Arbeitsfrequenz oder die Vorspannung des Transistors ändern, einen anderen Transistor verwenden oder die gesamte Verstärkerschaltung modifizieren.

Zusätzlich zu den Stabilitätskreisen werden im Fenster "Schaltungsanpassung" zwei numerische Werte abgedruckt. Hierbei handelt es sich um die Werte der Parameter  $\Delta$  und "K". Eine Schaltung ist grundsätzlich instabil, wenn ( $|\Delta| < 1$ ) und  $K > 1$ . Bei  $K < 1$  ist eine Schaltung möglicherweise instabil und neigt mit großer Wahrscheinlichkeit zur Selbstoszillation, wenn bestimmte Kombinationen von Quell- und Lastimpedanzen verwendet werden.

## Kreise für Ausgangsrückwirkung

Diese Option wird dazu verwendet, um festzustellen, ob bei einer Schaltung eine Rückwirkung des Ausgangs auf den Eingang besteht. Ein Transistor arbeitet ohne Ausgangsrückwirkung, wenn die Amplitude des von seinem Ausgang auf seinen Eingang reflektierten Signals gleich Null ist. Dies tritt dann auf, wenn der Rückwirkungskoeffizient  $S_{12}$  oder

Wandlerverstärkungsgrad  $|S_{12}|^2$  gleich 0 ist. Dies bedeutet, dass der Eingang eines Verstärkers vollständig von seinem Ausgang isoliert ist. (Hierzu muss angemerkt werden, dass passive Schaltungen normalerweise nicht ohne Ausgangsrückwirkung arbeiten.)

Ob eine Schaltung mit oder ohne Ausgangsrückwirkung arbeitet, wird durch Berechnen der "Rückwirkungszahl" (U) ermittelt. Bei Bedarf kann die Frequenz verändert werden, um die Ausgangsrückwirkung zu minimieren.

➤ Die "Rückwirkungszahl" wird wie folgt berechnet:

1. Klicken Sie im Fenster Schaltungsanpassung auf die Registerkarte Kreise für Ausgangsrückwirkung.
2. Lesen Sie den Wert von "U" oder die "Rückwirkungszahl" ab.
3. Berechnen Sie den oberen und den unteren Grenzwert der nachstehenden Ungleichung unter Verwendung von "U":

$$1/(1 + U)^2 < G_T/G_{TU} < 1/(1-U)^2$$

Hierbei ist  $G_T$  der **Wandlerverstärkungsgrad**, der als das Verhältnis der von einer Signalquelle an die Last gelieferten Leistung zur maximal verfügbaren Leistung an der Signalquelle definiert ist, wobei  $G_{TU}$  der Wandlerverstärkungsgrad bei einer Ausgangsrückwirkung von  $S_{12} = 0$  der Schaltung ist.  $G_T$  oder  $G_{TU}$  muss nicht berechnet werden, da nur die Grenzwerte von Interesse sind. Wenn die Grenzwerte beinahe 1 sind oder "U" beinahe Null ist, so ist der Effekt von  $S_{12}$  gering genug, um für den Verstärker eine nicht vorhandene Ausgangsrückwirkung anzunehmen. Andernfalls müssen Sie mit dem nächsten Schritt fortfahren.

4. Ändern Sie die Frequenz, sodass der Minimalwert von "U" angezeigt wird. Bei dieser Frequenz arbeitet der Verstärker mit einem Arbeitspunkt, bei dem keine Ausgangsrückwirkung auftritt.

**Hinweis** Die Arbeitsfrequenz für minimale Ausgangsrückwirkung eines Verstärkers ist nicht unbedingt die Frequenz, bei der dieser Verstärker mit maximalem Verstärkungsgrad arbeitet. Die Kreise für Ausgangsrückwirkung ermöglichen die Identifizierung der optimalen Last- und Quellimpedanzen zur Minimierung von Fehlern, die auf Grund der Annahme einer nicht vorhandenen Ausgangsrückwirkung auftreten und bei denen ein ausreichender Verstärkungsgrad erreicht werden kann. Die Verstärkungsgradkreise werden auch für die Bildung eines Kompromisses zwischen Verstärkungsgrad und Bandbreite verwendet.

### Breitbandverstärker

- Bei der Entwicklung eines Breitbandverstärkers muss zunächst der maximale Verstärkungsgrad der Schaltung ermittelt werden:
  1. Doppelklicken Sie aufs zum Symbol des Netzwerkanalysators im Schaltungsfenster.
  2. Wählen Sie von der Dropdown-Liste **Modus** die "HF-Charakterisierung".
  3. Lesen Sie den Wert von TPG (Wandlerverstärkungsgrad oder  $G_T$ ) ab. Dieser Wert wird in dB angezeigt.
  4. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Modus** die Option "Schaltungsanpassung".
  5. Klicken Sie im Fenster Schaltungsanpassung auf die Registerkarte Kreise für Ausgangsrückwirkung.
  6. Ändern Sie den Wert von  $G_s$  und  $G_l$  von Hand und separat, bis die Kreise im Smith-Diagramm zu einem Punkt werden.
  7. Berechnen Sie die maximal übertragene Leistung.
 
$$G_{\max} = G_s \text{ (dB)} + \text{TPG (dB)} + G_l \text{ (dB)}$$

Der maximale Verstärkungsgrad wird nur innerhalb eines schmalen Frequenzbands erreicht. Da sich das Schaltungsverhalten durch geringfügigste Veränderungen der Eigenschaften einer Schaltungskomponente ändern würde, kann der maximale Verstärkungsgrad in der Praxis nicht erreicht werden. Bei einem größeren Frequenzbands muss ein Verstärkungsgrad verwendet werden, der niedriger als sein Maximum ist.

- Da Sie nun wissen, welchen Verstärkungsgrad Sie erreichen wollen, können Sie die Eingangs- und Ausgangsimpedanzen wie folgt wählen:
  1. Wählen Sie den gewünschten Verstärkungsgrad (dieser sollte kleiner als der vorstehend berechnete maximale Verstärkungsgrad sein).

2. Wählen Sie die Werte für  $G_s$  und  $G_l$ , sodass die drei nachstehenden Bedingungen erfüllt werden:
  - $G_s + G_{TU} + G_l < G_{max}$
  - $G_s < G_{smax}$
  - $G_l < G_{lmax}$ .
3. Geben Sie die gewählten Werte für  $G_s$  und  $G_l$  ein und beobachten Sie die Kreise. Wählen Sie die Punkte auf den Kreisen, deren Abstand vom Mittelpunkt im Smith-Diagramm am geringsten ist. Diese Punkte sind im Smith-Diagramm und auf den Kreisen durch zwei Dreiecke markiert. Der Kreis für  $G_l = 0$  dB verläuft stets durch den Mittelpunkt. Aus diesem Grund ist der optimale Punkt für  $G_l$  derjenige, an dem  $G_l = 0$  dB.

Jeder im Smith-Diagramm gewählte Punkt ist normalisiert. Diese Punkte repräsentieren die Impedanzen für die Eingangs- und die Ausgangsschaltung, die Sie anschließend manuell entwickeln.

**Hinweis** Um sicherzustellen, dass an diesen Punkten keine Instabilitäten auftreten, empfehlen wir Ihnen, gemäß den entsprechenden Hinweisen in “ Stabilitätskreise” auf Seite 14-25 vorzugehen. Wenn der Verstärker grundsätzlich stabil arbeitet, gilt dies für jede passive Last und für jede Signalquelle, sodass Sie die Stabilitätskreise in diesem Fall nicht prüfen müssen.

## Impedanzanpassung

Gelegentlich wird eine Schaltung als grundsätzlich stabil betrachtet, was bedeutet, dass der Verstärker bei beliebiger Impedanz einer passiven Last oder bei beliebiger Quellimpedanz nicht zur Selbstoszillation neigt. In diesem Fall können Sie die Option für die Impedanzanpassung verwenden, um den HF-Verstärker auf maximalen Verstärkungsgrad hin zu optimieren.

Um maximale Ausgangsleistung liefern zu können, muss eine Schaltung sowohl an ihrem Eingang als auch an ihrem Ausgang optimal an die Quellimpedanz und die Lastimpedanz angepasst werden. In anderen Worten bedeutet dies, dass der Ausgang des Verstärkers optimal an die Lastimpedanz und sein Eingang optimal an die Quellimpedanz angepasst werden muss. Für jeden Anschluss stehen acht Beschaltungsmöglichkeiten zur Verfügung, wobei nur wenige eine perfekte Impedanzanpassung ermöglichen.

- Gehen Sie bei der Impedanzanpassung durch Entwickeln eines Anpassungsglieds wie folgt vor:
  1. Verbinden Sie den Netzwerkanalysator wie in “ Stabilitätskreise” auf Seite 14-25 beschrieben mit Ihrem Verstärker. Vergessen Sie nicht, die Kondensatoren in Reihe zu schalten, um eine Gleichstrombelastung des Netzwerkanalysators zu vermeiden.
  2. Starten Sie die Simulation.
  3. Doppelklicken Sie aufs Symbol des Netzwerkanalysators.

4. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Modus** die Option "Schaltungsanpassung".
5. Klicken Sie im Fenster Schaltungsanpassung auf die Registerkarte Impedanzanpassung.
6. Ändern Sie die Frequenz, um den gewünschten Arbeitspunkt zu erhalten.
7. Aktivieren Sie die Funktion **Automatische Anpassung**.

Das Messinstrument generiert nun die Schaltung und die numerischen Werte der Bauelemente. Sie können auf die linke und die rechte Seite des Fensters Impedanzanpassung klicken und die Schaltungsstruktur modifizieren. Allerdings sind nur einige wenige der insgesamt acht Schaltungsstrukturen in der Lage, eine Impedanzanpassung zu erreichen.

### 14.4.3 Rauschzahlanalyse

Ein Maß für die Signalqualität ist der Rauschabstand. Jedes Signal am Eingang eines Vierpols wie eines Verstärkers oder Abschwächers enthält eine Rauschsignalkomponente. Schaltungsentwickler sind selbstverständlich daran interessiert zu wissen, mit wie viel Eigenrauschen ein Vierpol zu seinem Ausgangsrauschen beiträgt. Passive elektronische Bauelemente wie Widerstände generieren thermisches Rauschen, während aktive Bauelemente Schrotrauschen oder Funkelrauschen generieren. Ein Maß für diese Verringerung der Signalqualität durch geringeren Rauschabstand ist die Rauschzahl:

$$F = \frac{S_S/N_S}{S_O/N_O}$$

Hierbei ist  $S_S/N_S$  der Rauschabstand am Eingang und  $S_O/N_O$  der Rauschabstand am Ausgang.

Multisim berechnet die Rauschzahl nach folgender Gleichung:

$$F = \frac{N_O}{GN_S}$$

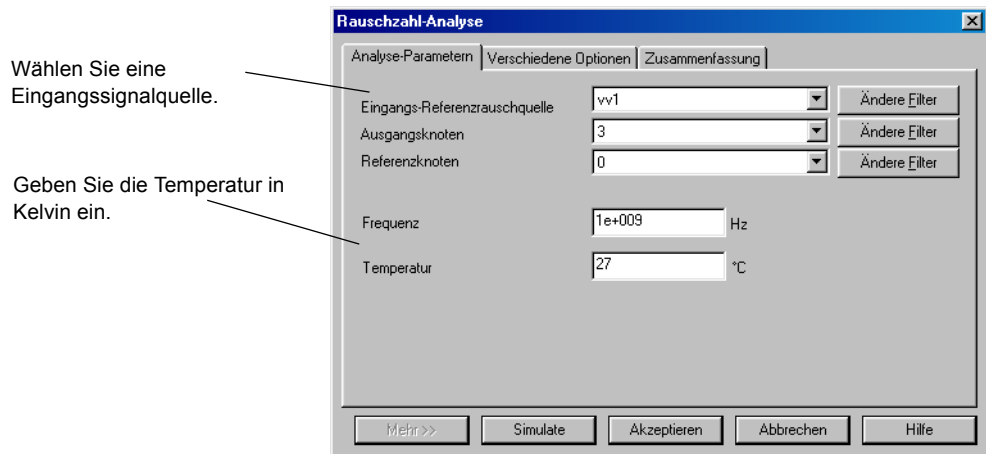
Hierbei ist  $N_O$  die Rauschleistung am Ausgang (diese enthält sowohl das Eigenrauschen des Vierpols als auch das verstärkte Eingangsrauschen),  $N_S$  ist das thermische Rauschen des Quellwiderstands (dieser generiert Rauschsignal, dessen Amplitude mit derjenigen des Rauschsignals am Ausgang der vorgeschalteten Stufe identisch ist) und  $G$  ist der Wechselspannungsverstärkungsgrad der Schaltung (das Verhältnis der Amplitude des Ausgangssignals zur Amplitude des Eingangssignals des Vierpols). Die Bandbreite des Signals wird durch die Bemessung des Quellwiderstands berücksichtigt.

Schließlich zeigt Multisim die Rauschzahl in dB an, wobei diese gleich  $10 \log_{10}(F)$  ist.

### 14.4.3.1 Registerkarten Rauschzahlanalyse

Wie für andere Multisim-Analysen müssen Sie auch hier die entsprechenden Felder auf der Registerkarte Analyseparameter ausfüllen.

Die Analyseparameter sind nachstehend gezeigt:



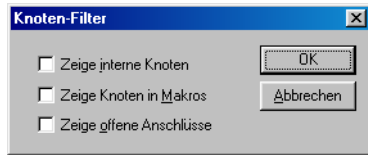
### Einstellen der Parameterwerte für die Rauschzahlanalyse (normale Verwendung)

Für normale Verwendung gehen Sie wie folgt vor:

- Wählen Sie eine Eingangssignalquelle aus der Dropdown-Liste **Referenzsignalquelle für das Eingangsrauschen**.
- Wählen Sie einen Ausgangsknoten aus der Dropdown-Liste **Ausgangsknoten**.
- Wählen Sie einen Referenzknoten aus der Dropdown-Liste **Referenzknoten**.
- Geben Sie einen Frequenzwert ins Feld **Frequenz** ein.
- Geben Sie einen Temperaturwert ins Feld **Temperatur** ein. Der Standardwert von 300,15 Kelvin entspricht +27 °C.

Sie können die angezeigten Variablen so filtern, dass die internen Knoten (wie z.B. die Knoten in einem Modell für bipolare Flächentransistoren oder in SPICE-Schaltungsteilen), nicht belegte Anschlüsse und Ausgabevariable von Teilen der Schaltung ebenfalls angezeigt werden.

- So können Sie die angezeigten Variablen filtern:
1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Filter ändern**. Nun wird das Fenster Knoten filtern geöffnet.



2. Hierdurch werden eine oder mehrere Einstellungen aktiviert.
3. Klicken Sie auf **OK**.

## 14.5 Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen

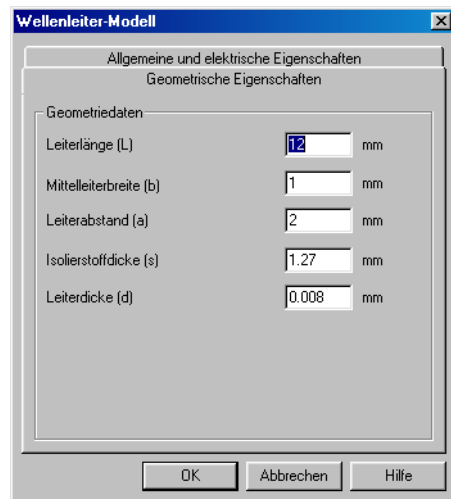
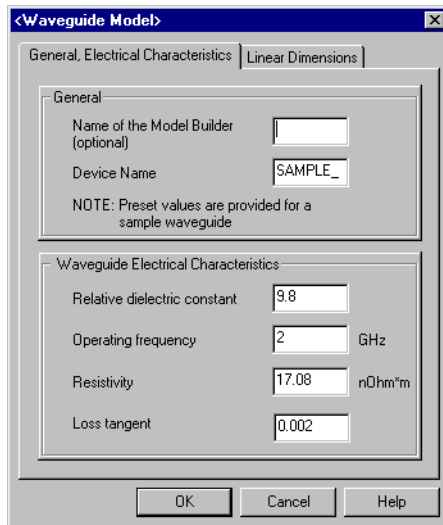
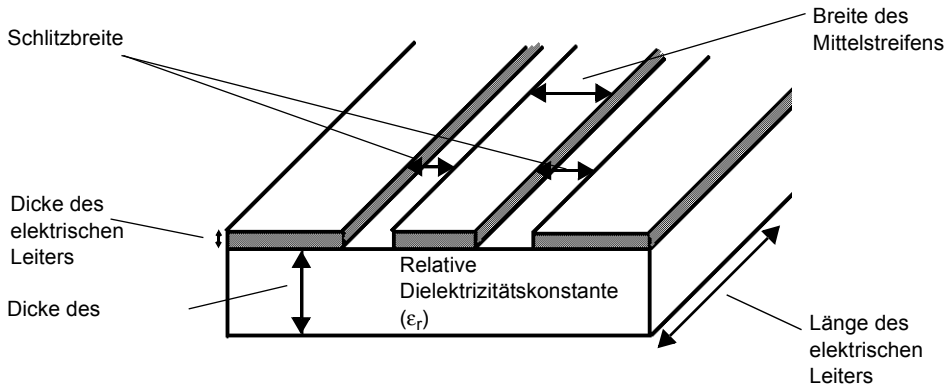
Wie die anderen Multisim-Modellgeneratoren ermöglichen auch die Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen das automatische Simulieren von Modellen auf der Basis der von Ihnen zur Verfügung gestellten Eingabedaten. Während die Eingabedaten für andere Modellgeneratoren normalerweise aus Datenbüchern übernommen werden, können die Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen je nach dem modellierten Bauelement auch andere Eingabedaten wie die Betriebscharakteristiken oder die physischen Abmessungen verarbeiten.

Multisim verfügt über Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen für folgende Bauelementtypen:



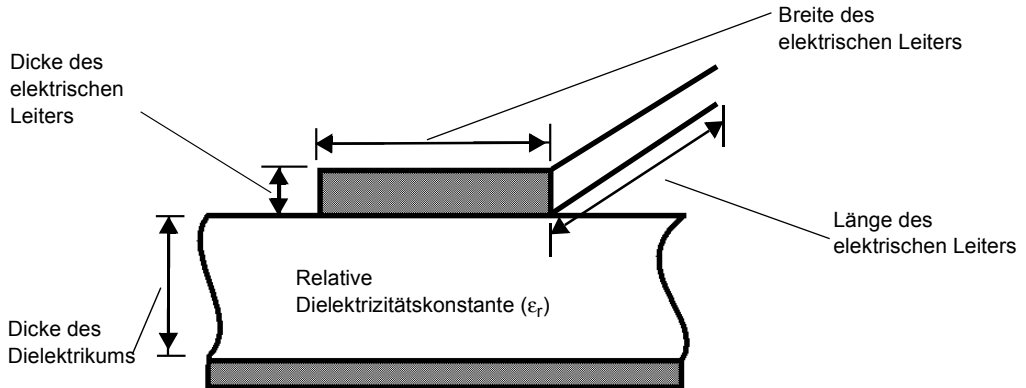
## 14.5.1 Hohlleiter

Für die Generierung von Hohlleitermodellen müssen Sie die Werte in die beiden nachstehend gezeigten Registerkarten eingeben. Das nachstehende Diagramm ermöglicht die Identifizierung der Werte:



## 14.5.2 Mikrowellenstreifenleiter

Für die Modelle von Mikrowellenstreifenleitern für allgemeine Verwendung müssen Sie die Werte in die beiden nachstehend gezeigten Registerkarten eingeben. Das nachstehende Diagramm ermöglicht die Identifizierung der Werte:



**Mikrostreifen-Leitungsmodell**

Geometrie-Eigenschaften  
Allgemeine und elektrische Eigenschaften

Allgemein

Hersteller (optional)

Bauteilname

Hinweis: Standardwerte gelten für einen theoretischen Typ

Elektrische Eigenschaften

Relative Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon_r$ )

Arbeitsfrequenz (f<sub>w</sub>)  GHz

Spezifischer Ohmscher Widerstand ( $\rho$ )  nOhm\*m

Dielektrischer Verlustfaktor

OK Abbrechen Hilfe

**Mikrostreifen-Leitungsmodell**

Allgemeine und elektrische Eigenschaften  
Geometrie-Eigenschaften

Geometriedaten

Leiterlänge (L)  mm

Leiterbreite (b)  mm

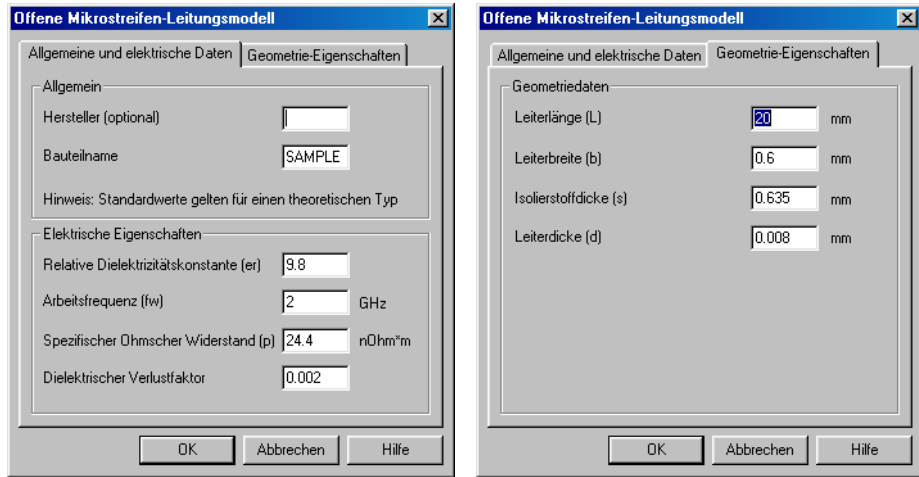
Isolierstoffdicke (s)  mm

Leiterdicke (d)  mm

OK Abbrechen Hilfe

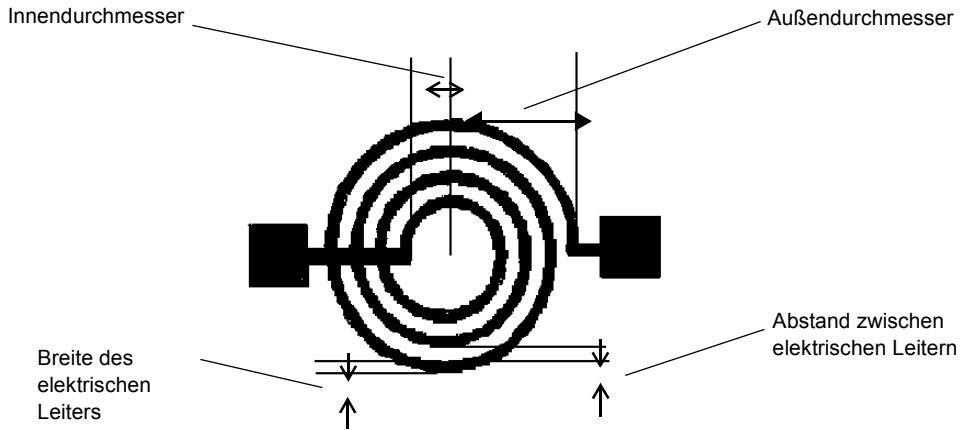
## 14.5.3 Mikrowellenstreifenleiter mit offenem Ende

Geben Sie die Werte für Mikrowellenstreifenleiter mit offenem Ende in die nachstehend gezeigten Registerkarten ein:



## 14.5.4 HF-Spule

Für die Modelle von HF-Spulen müssen Sie die Werte in die beiden nachstehend gezeigten Registerkarten eingeben. Das nachstehende Diagramm ermöglicht die Identifizierung der Werte:



**Spiralförmiges Spulenmodell**

Allgemeine und geometrische Daten     Elektrische Eigenschaften

**Allgemein**  
 Hersteller (optional)   
 Bauteilname   
 Hinweis: Standardwerte gelten für einen theoretischen Typ

**Geometriedaten**  
 Außendurchmesser  mm  
 Innendurchmesser  mm  
 Abstand zwischen den Leitern (a)  mm  
 Leiterbreite (b)  mm  
 Leiterdicke (d)  mm

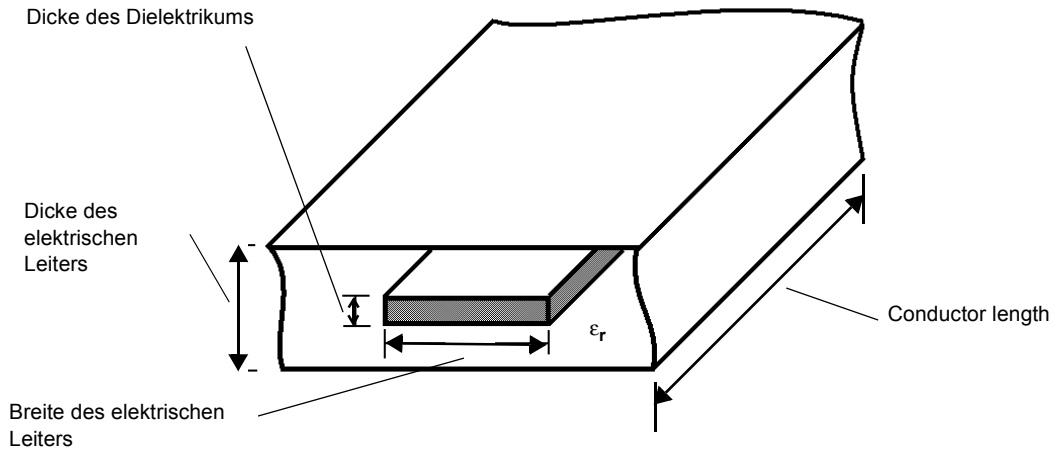
**Spiralförmiges Spulenmodell**

Allgemeine und geometrische Daten     Elektrische Eigenschaften

**Elektrische Eigenschaften**  
 Relative Dielektrizitätskonstante (er)   
 Arbeitsfrequenz (f<sub>w</sub>)  GHz  
 Spezifischer Ohmscher Widerstand (ρ)  nOhm/m  
 Shunt-Kapazität am Außenleiter (C<sub>o</sub>)  pF  
 Shunt-Kapazität am Innenleiter (C<sub>i</sub>)  pF  
 Kapazität zwischen den Leitern (C<sub>t</sub>)  pF

## 14.5.5 Modell eines Streifenleiters

Für die Modelle von Streifenleitern müssen Sie die Werte in die beiden nachstehend gezeigten Registerkarten eingeben. Das nachstehende Diagramm ermöglicht die Identifizierung der Werte:



**Streifenleitungsmodell**

Geometrische Eigenschaften  
Allgemeine und elektrische Eigenschaften

Allgemein

Hersteller (optional)

Bauteilname

Hinweis: Standardwerte gelten für einen theoretischen Typ

Elektrische Eigenschaften

Relative Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon_r$ )

Arbeitsfrequenz (f<sub>w</sub>)

Spezifischer Ohmscher Widerstand (p)  GHz

Dielektrischer Verlustfaktor  nOhm\*m

OK Abbrechen Hilfe

**Streifenleitungsmodell**

Allgemeine und elektrische Eigenschaften  
Geometrische Eigenschaften

Geometriedaten

Leiterlänge (L)  mm

Leiterbreite (b)  mm

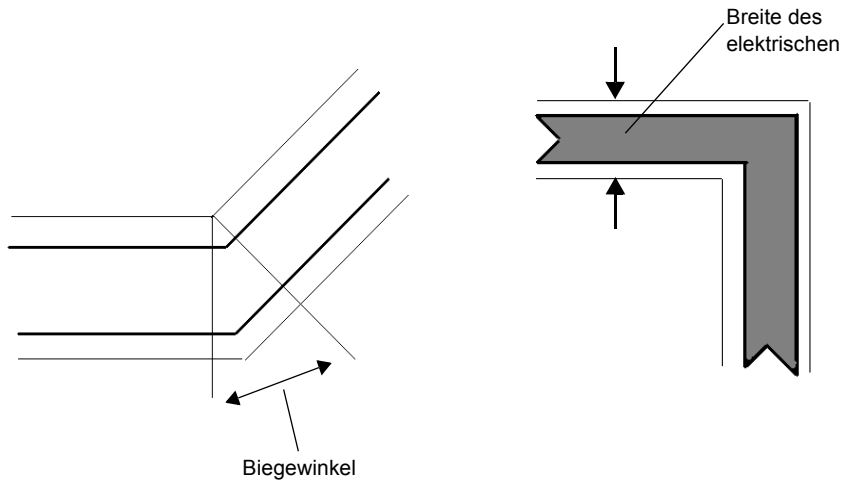
Isolierstoffdicke (s)  mm

Leiterdicke (d)  mm

OK Abbrechen Hilfe

## 14.5.6 Streifenleiterschleife

Für die Modelle von Streifenleiterschleifen müssen Sie die Werte in die beiden nachstehend gezeigten Registerkarten eingeben. Das nachstehende Diagramm ermöglicht die Identifizierung der Werte (weitere Informationen über die relative Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon_r$ ), die Dicke des Dielektrikums sowie die Dicke des elektrischen Leiters enthält das Streifenleiterdiagramm in "Modell eines Streifenleiters" auf Seite 14-37):



**Streifenleitungsknick-Modell**

Geometrische Eigenschaften

Allgemein

Hersteller (optional)

Bauteilname

Hinweis: Standardwerte gelten für einen theoretischen Typ

Elektrische Eigenschaften

Relative Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon_r$ )

Arbeitsfrequenz (f)  GHz

Spezifischer Ohmscher Widerstand ( $\rho$ )  nOhm\*m

Dielektrischer Verlustfaktor

OK Abbrechen Hilfe

**Streifenleitungsknick-Modell**

Allgemeine und elektrische Eigenschaften

Geometrische Eigenschaften

Geometriedaten

Leiterbreite (b)  mm

Abknick-Winkel  °

Isolierstoffdicke (s)  mm

Leiterdicke (d)  mm

OK Abbrechen Hilfe

## 14.5.7 Verlustbehaftete Leitung

Für die Generierung von Modellen für verlustbehaftete Leitungen müssen Sie die Werte in die beiden nachstehend gezeigten Registerkarten eingeben. Verwenden Sie den nachstehenden Katalogauszug für die Identifizierung der Werte:


Phasenwinkel  
eschwindigkeit

Charakteristische Impedanz


Leitungslänge

Nominale Dämpfung bei der unteren Grenzfrequenz

Nominale Dämpfung bei der oberen Grenzfrequenz



**50 Ohm Transmission Cable**  
RG-188A/U QPL  
26 AWG



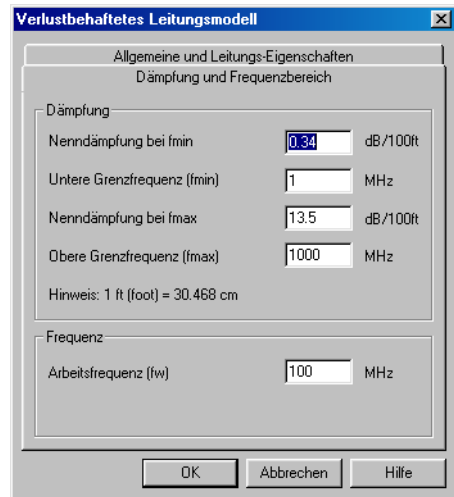
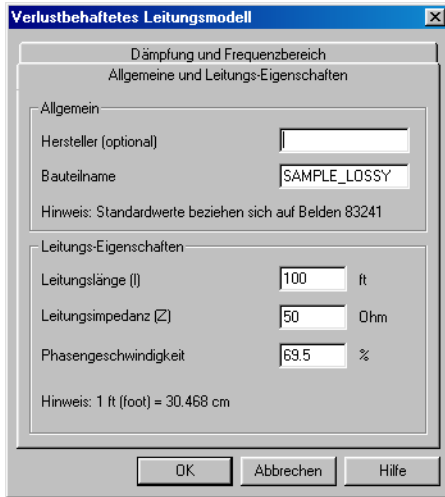
1-800-BELDEN-1

Trade Number Industry Stds.	Std. Lgth. (ft.)	Std. Units (abs.)	AWG (stran- Type (dia.) Nom. D.C.R.	Core C.S. Nom. O.D.	Shields Nom. D.C.R.	Nom. Imp. (ohms)	Vel. of Prop.	Nom. Cap.
<b>83269</b>	100	1.4	26 (7x.0067)	0.058 in.	96% SC Braid <b>Inner</b> 8.5 ohms/MF	50.0	69.5%	29.2 pF/ft
	500	6.4	SCCCS 0.02 in. 84.1 ohms/MF	0.108 in.				
Metric	(Meters)	(Kg)		1.473 mm	<b>Inner</b> 27.9 ohms/km			95.8 pF/m
	30.5	0.64		2.743 mm				
	152.4	2.9	.508 mm					
	304.9	5.6	275.8 ohms/km					

**Description:**

<b>Insulation:</b>	TFE Teflon	Coaxial High Temperature MIL-C-17 Cable. 26 AWG stranded silver coated copper coated steel (SCCCS) conductor with TFE Teflon® insulation. Silver coated copper braid, 96% coverage. White TFE Teflon® tape jacket. MIL-C-17D Temperature Rating : 200°C. Suggested Operating Temperature Range (Non-UL): -70°C to +200°C. Maximum Operating Voltage (Non-UL): 900 Volts RMS. Passes VW-1 Vertical Wire Flame Test. For cables manufactured to the latest government revision of other MIL-SPEC requirements, please contact your nearest Belden® Regional Sales Office. Spools may contain more than one piece. Lengths may vary ±10% from length shown.
<b>Jacket:</b>	TFE Teflon Tape	
<b>Plenum Version(s):</b>	n/a	

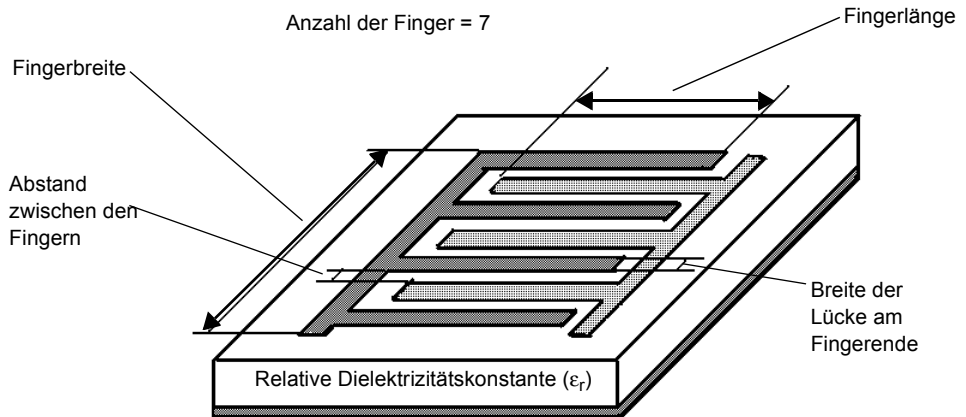
Attenuation			Attenuation		
Freq MHz	Nom. Atten. (dB/100ft)	Nom. Atten. (dB/100m)	Freq MHz	Nom. Atten. (dB/100ft)	Nom. Atten. (dB/100m)
1.0	1.2	3.93	1000.0	29.0	95.1
10.0	2.7	8.65			
50.0	5.6	18.26			
100.0	8.3	27.2			
200.0	12.0	39.3			
400.0	17.5	57.4			
700.0	23.7	77.7			
900.0	27.3	89.5			

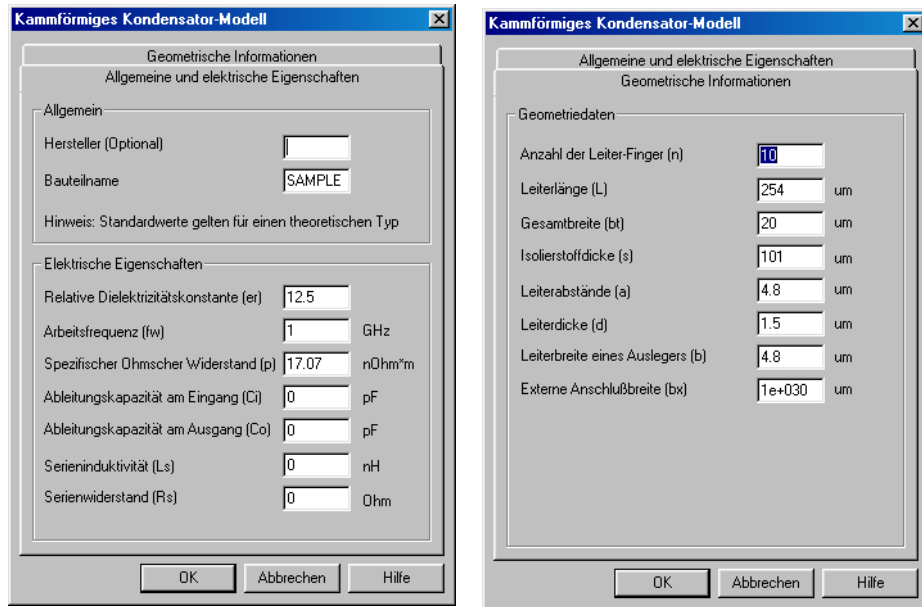




## 14.5.8 Kondensator zur Entkopplung digitaler Schaltungen

Für die Generierung von Modellen für Kondensatoren für die Entkopplung digitaler Schaltungen müssen Sie die Werte in die beiden nachstehend gezeigten Registerkarten eingeben. Das nachstehende Diagramm ermöglicht die Identifizierung der Werte:





## 14.6 Lernhilfe: Entwickeln von HF-Schaltungen

Diese Lernhilfe hat folgende Aufgabe:

- Sie bietet eine Einführung in die Entwicklung einfacher HF-Schaltungen.
- Sie zeigt Entwicklungsingenieuren, wie Multisim für die Entwicklung von HF-Schaltungen eingesetzt werden kann. Jeder Entwicklungsschritt wird durch die erforderlichen Simulationsschritte von Multisim begleitet.

Die Verfahren für die Entwicklung von Hochfrequenzschaltungen unterscheiden sich grundlegend von denen für die Entwicklung von Niederfrequenzschaltungen. Bei der Entwicklung von Hochfrequenzschaltungen sind vor allem Eigenschaften wie S-Parameter, Eingangs- und Ausgangsimpedanzen, Leistungsverstärkungsgrad, Rauschzahl und Stabilitätsfaktor von großer Bedeutung. Diese Entwicklungsparameter stehen im Rahmen einer SPICE-Simulation nicht unmittelbar zur Verfügung. Während der Impedanzanpassung wird ein Smith-Diagramm verwendet, anhand dessen die Werte für impedanzangepasste Bauelemente wie die maximale, an der Last zur Verfügung stehende Ausgangsleistung berechnet werden. SPICE-Simulation stellt weder ein Smith-Diagramm noch diese Berechnungen zur Verfügung.

## 14.6.1 Wählen des Typs eines HF-Verstärkers

Wählen Sie den Typ des Verstärkers, der für Ihre Anwendung am geeignetsten ist. Verstärker, die nur relativ niedrige Ausgangsleistungen liefern müssen, unterscheiden sich grundlegend von Verstärkern für Anwendungen, in denen vor allem auf möglichst geringes Rauschen geachtet werden muss. Breitbandverstärker unterscheiden sich andererseits grundlegend von Verstärkern, die einen besonders hohen Verstärkungsgrad aufweisen sollen. Einige der möglichen Anwendungen sind:

- Maximale Leistungsübertragung: Diese Verstärker arbeiten nur über einen relativ schmalen Frequenzbereich.
- Spezifischer Verstärkungsgrad: Bei diesen Verstärkern kann absichtlich eine Fehlanpassung der Eingangs- und/oder Ausgangsimpedanz vorgenommen werden, um die Bandbreite zu erhöhen, auch wenn hierbei keine optimale Leistungsübertragung erreicht wird.
- Möglichst geringes Rauschen: In Hochfrequenzempfängern werden Vorverstärker mit möglichst niedriger Rauschzahl benötigt, da der erste Funktionsblock eines Hochfrequenzempfängers das gesamte Rauschverhalten eines Systems signifikant beeinflusst. Es ist unmöglich, gleichzeitig eine extrem niedrige Rauschzahl und einen sehr hohen Verstärkungsgrad zu erreichen.
- Oszillatoren: Für die Generierung eines hochfrequenten Sinussignals können aktive Bauelemente und absichtlich ein negativer Widerstand verwendet werden.

Der Multisim-Netzwerkanalysator ist nicht für die Entwicklung von HF-Verstärker mit hoher Ausgangsleistung vorgesehen, da er nur Kleinsignalanalysen von Hochfrequenzschaltungen durchführen kann.

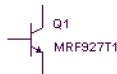
Im Rahmen der Schulung unter Verwendung dieser Lernhilfe wird ein Verstärker mit maximaler Leistungsübertragung entwickelt. Anschließend wird eine Verstärkerschaltung mit konstantem Verstärkungsgrad entwickelt.

- Bereiten Sie sich für diese Schulung vor, indem Sie ein neues Schaltungsfenster öffnen.

## 14.6.2 Wählen eines HF-Transistors

Für die Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen steht eine Vielzahl unterschiedlicher Transistoren zur Verfügung. Beispielsweise werden auf dem Markt viele rauscharme Transistortypen angeboten. Bei der Auswahl von Transistoren spielt auch der Preis eine große Rolle. Im Rahmen dieser Lernhilfe werden wir den Transistortyp MRF927T1 verwenden, da sich dieser für den Einsatz in Hochfrequenzschaltungen eignet, bei denen niedriger Leistungsbedarf und geringes Eigenrauschen gefordert sind.

- Um den Transistortyp MRF927T1 in Multisim zu wählen, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Klicken Sie auf die Bauelementeablage für HF-Bauelemente.
  2. Klicken Sie in der **Bauelementeablage für HF-Bauelemente** auf die Schaltfläche **Bipolarer Transistor RF\_BJT\_NPN**. Hierauf wird das Browserfenster geöffnet.
  3. Rollen Sie in der Bauelementeliste so weit nach unten, bis Sie den Transistortyp MRF927T1 gefunden haben, und selektieren Sie diesen. Die Bauelementedaten für diesen Transistor werden nun angezeigt.
  4. Klicken Sie auf **OK**. Nun wird das Fenster HF-Produkte geschlossen; die Form des Cursors ändert sich, wodurch angezeigt wird, dass ein Transistor platziert werden kann.
  5. Klicken Sie ins Schaltungsfenster, um den Transistor zu platzieren. Das Ergebnis sieht in etwa wie folgt aus:



## 14.6.3 Wählen des Gleichspannungsarbeitspunkts

Der Gleichspannungsarbeitspunkt wird durch die Parameter  $V_{ce}$  und  $I_c$  bestimmt. Für die Auswahl eines spezifischen Gleichspannungsarbeitspunkts gibt es mehrere Gründe. Zunächst einmal müssen der maximale Spannungshub am Ausgang, die zur Verfügung stehende Versorgungsspannungsquelle (unter Umständen muss das Gerät an Batterie oder akut betrieben werden) und das Produkt aus Verstärkungsgrad und Bandbreite berücksichtigt werden. Einige Gleichspannungsarbeitspunkte sind unter Umständen im Datenbuch angegeben, während andere in Abhängigkeit von der spezifischen Anwendung gewählt werden müssen.

## Einstellungen von Vce

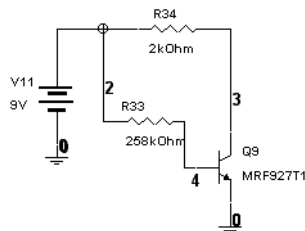
Die Vce ist stets niedriger als die Vcc und beträgt normalerweise ca.  $V_{cc}/2$ , um in einer Emitterschaltung den maximalen Spannungshub zu erreichen. Im Rahmen dieser Lernhilfe werden die Werte  $V_{ce} = 3\text{ V}$  und  $V_{cc} = 9\text{ V}$  gewählt.

## Einstellungen von Ic

Der Nominalwert von Ic für den gewählten Transistor beträgt 5 mA. Die Verlustleistung des Transistors berechnet sich zu  $I_c * V_{ce}$ . Im Rahmen dieser Lernhilfe wird ein Ic von 3 mA gewählt, um die Verlustleistung gering zu halten und einen Kollektorstrom in der Nähe des Nominalwerts zu verwenden. Dies ermöglicht das Realisieren eines relativ guten Produkts aus Verstärkungsgrad und Bandbreite sowie eines akzeptablen Spannungsverstärkungsgrads. (Der Spannungsverstärkungsgrad erreicht bei  $I_c = 1\text{ mA}$  und das Produkt aus Stromverstärkungsgrad und Bandbreite bei  $I_c = 5\text{ mA}$  sein Maximum.)

## 14.6.4 Wählen der Bauelemente für die Generierung der Vorspannung

Für die Generierung der korrekten Vorspannung können mehrere unterschiedliche Schaltungen verwendet werden. Die Leistungsfähigkeit eines Transistors und eines Verstärkers hängt vom jeweiligen Gleichspannungsarbeitspunkt ab. Die nachstehende Abbildung zeigt eine mögliche Schaltung für die Generierung der korrekten Vorspannung.



Dies ist die einfachste Schaltung für die Generierung einer Vorspannung. Diese Schaltung weist jedoch den Nachteil geringer thermischer Stabilität auf. Um die Widerstandswerte für diese Schaltung zu ermitteln, müssen die folgenden Parameterwerte bekannt sein:  $V_{ce}$ ,  $I_c$ ,  $V_{cc}$ ,  $V_{be}$  und  $\beta$  ( $\beta$  ist der Gleichstromverstärkungsgrad des Transistors; dieser ist in den meisten Datenbüchern angegeben). Für  $\beta$  gilt folgende Gleichung:  $\beta = I_c/I_b$ .  $V_{be}$  ist die Basis-Emitter-Spannung eines leitenden Transistors und beträgt typischerweise 0,7 V. Sowohl  $\beta$  als auch  $V_{be}$  hängen von den Werten von  $I_c$  und  $I_b$  ab. Anfangs werden in der oben gezeigten Schaltung typische Werte für  $R_c$  und  $R_b$  verwendet. Wenn hohe Genauigkeit

erforderlich ist, muss Multisim sicherstellen, dass die Werte von  $I_c$  und  $V_{ce}$  so exakt wie erforderlich gewählt werden. Im Rahmen dieser Lernhilfe werden die folgenden Parameterwerte verwendet:

- $V_{ce} = 3 \text{ V}$
- $I_c = 3 \text{ mA}$
- $V_{cc} = 9 \text{ V}$
- $V_{be} = 0,7 \text{ V}$
- $\text{Beta} = 100$

Die Anfangswerte von  $R_c$  und  $R_b$  werden wie nachstehend gezeigt berechnet.

$$R_c = (V_{cc} - V_{ce}) / I_c = (9 \text{ V} - 3 \text{ V}) / 3 \text{ mA} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$I_b = I_c / \text{Beta} = 3 \text{ mA} / 100 = 30 \text{ }\mu\text{A}$$

$$R_b = (V_{cc} - V_{be}) / I_b = (9 \text{ V} - 0,7 \text{ V}) / 30 \text{ }\mu\text{A} = 277 \text{ k}\Omega$$

➤ Gehen Sie beim Wählen der Gleichspannungsarbeitspunkte wie folgt vor:

1. Zeichnen Sie die vorstehend abgebildete Schaltung mit  $R_b = 277 \text{ k}\Omega$  und  $R_c = 2 \text{ k}\Omega$ . Die  $V_{cc}$  beträgt  $9 \text{ V}$ ; als Transistor wird der Typ MRF927T1 verwendet.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche Analyse in der Werkzeuge-Werkzeugleiste und wählen Sie die Option **Gleichspannungsarbeitspunkt**. Hierauf wird das Fenster Analyse des Gleichspannungsarbeitspunkts geöffnet.
3. Wählen Sie die Knoten für Kollektor und Basis des Transistors.
4. Klicken Sie auf **Während der Simulation plotten**.
5. Klicken Sie auf **Simulieren**.



Nun werden die Werte für  $V_c$  und  $V_b$  angezeigt. In der Schaltung für die Generierung der Vorspannung ist  $V_c = V_{ce}$  und  $V_b = V_{be}$ . Die ersten Simulationsergebnisse sind  $V_{ce} = 3,33 \text{ V}$  und  $V_{be} = 0,8 \text{ V}$ . Sie können den Wert von  $R_c$  und/oder  $R_b$  verändern, um den gewünschten Gleichspannungsarbeitspunkt zu erhalten. Nach mehreren Iterationen erhalten Sie die Ergebnisse  $R_c = 2 \text{ k}\Omega$  und  $R_b = 258 \text{ k}\Omega$ . Beim Ablesen der Werte für  $V_{ce}$  und  $V_{be}$  anlässlich der letzten Simulation werden Sie feststellen, dass:

$$\text{Beta} = I_c / I_b = R_b * (V_{cc} - V_{ce}) / [R_c * (V_{cc} - V_{be})] = 94,36$$

Dieser Wert ist annähernd der Anfangswert von Beta.

### 14.6.4.1 Wählen der Arbeitsfrequenz

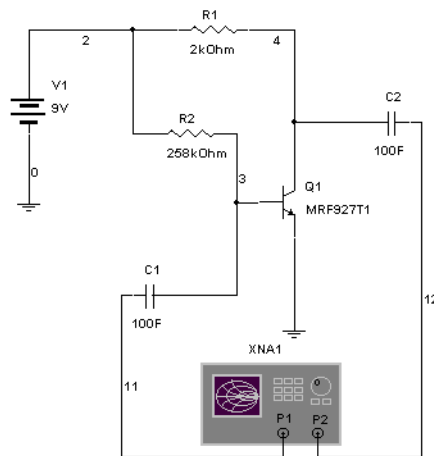
Die zu wählende Arbeitsfrequenz hängt von der jeweiligen Anwendung ab und wird normalerweise im Pflichtenheft spezifiziert. Im Rahmen dieser Lernhilfe wird eine Einzelfrequenzanalyse (Mittelfrequenzanalyse) bei  $3,02 \text{ GHz}$  angenommen.

## 14.6.4.2 Analysieren der HF-Schaltung

➤ Gehen Sie bei der Durchführung der Simulation wie folgt vor:

1. Verbinden Sie den Transistor mit angelegter Vorspannung über zwei Reihenkondensatoren mit dem Netzwerkanalysator. Diese Kondensatoren haben die Aufgabe, den Netzwerkanalysator gleichspannungsmäßig von der Schaltung für die Generierung der Vorspannung zu isolieren. Dieser Schritt ist erforderlich, wenn die Schaltung für die Generierung der Vorspannung benötigt wird, was nur für aktive Bauelemente gilt.

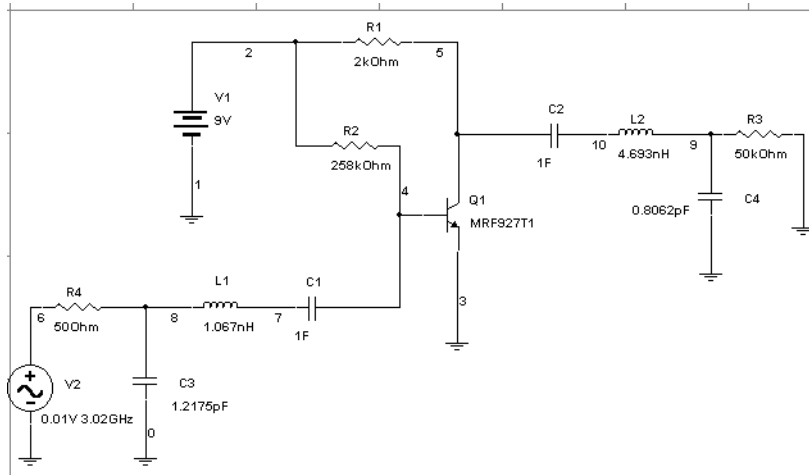
Die Verbindung muss wie folgt aussehen:



2. Wählen Sie die Option **Simulieren/Start** und warten Sie, bis die Wechselspannungsanalysen beendet sind. Ignorieren Sie die Fehlermeldung in Bezug auf die Gleichspannungsanalysen.
3. Doppelklicken Sie aufs Symbol des Netzwerkanalysators im Schaltungsfenster und wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Modus** die Option "Schaltungsanpassung".
4. Gehen Sie nach dem Öffnen des Fensters Schaltungsanpassung wie folgt vor:
  - Stellen Sie die Frequenz auf 3,02 GHz ein.
  - Da die Schaltung bei dieser Frequenz grundsätzlich stabil arbeitet, müssen Sie auf **Impedanzanpassung** klicken.
  - Da die Schaltung grundsätzlich stabil arbeitet, ist eine automatische Impedanzanpassung möglich. Klicken Sie auf **Automatische Anpassung**.

Im nun erscheinenden Fenster stehen die Schaltungsstruktur und die Bauelementewerte für die Impedanzanpassung zur Verfügung, sodass die maximale Leistungsübertragung erreicht werden kann.

Nachstehend sehen Sie die resultierende Schaltung mit einer maximalen Leistungsübertragung bei  $f = 3,02 \text{ GHz}$ :



**Hinweis** 1F wird benötigt, um die aktive Schaltung von ihrem Impedanzanpassungsglied zu isolieren, sodass der Transistor seine korrekte Vorspannung erhalten kann.

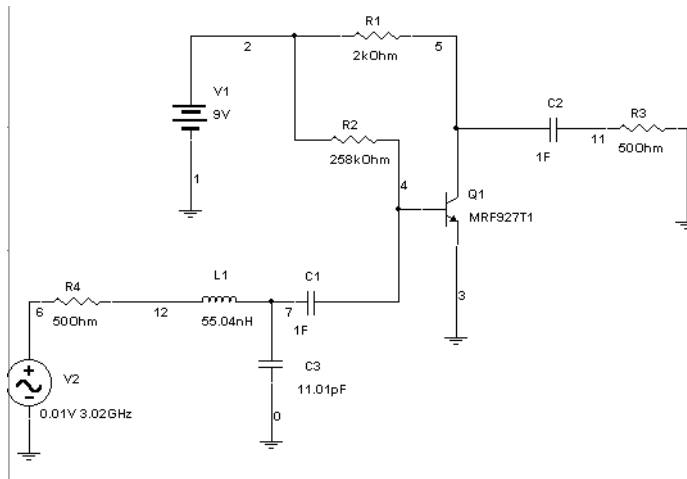
Durch Impedanzanpassung lässt sich die maximale Leistungsübertragung nur bei sehr geringen Bandbreiten erreichen. In der Praxis muss ein Kompromiss zwischen Leistungsübertragung und Bandbreite geschlossen werden. Aus diesem Grund wird absichtlich eine Fehlanpassung durchgeführt.

- Wenn Sie den Verstärker so konzipieren wollen, dass der Verstärkungsgrad konstant, aber kleiner als der maximal mögliche Verstärkungsgrad ist, wodurch ein besserer Frequenzgang erreicht wird, müssen Sie wie folgt vorgehen:
  1. Öffnen Sie die Datei mit der soeben entwickelten Schaltung mit dem Transistor und der Schaltung für die Generierung seiner Vorspannung.
  2. Öffnen Sie den Netzwerkanalysator und ändern Sie dessen Einstellungen wie folgt:
    - Wählen Sie von der Dropdown-Liste **Modus** die "HF-Charakterisierung".
    - Wählen Sie die Option "Leistungsverstärkungsgrad" aus der Dropdown-Liste **Parameter**.
    - Wählen Sie die Option "dB MAG" aus der Dropdown-Liste **Marke**.
    - Stellen Sie die Frequenz auf 3,02 GHz ein.
    - Klicken Sie auf **TPG** (Wandlerverstärkungsgrad) unter **Kurve** und stellen Sie dessen Wert für dieses Beispiel auf 4,3652 dB ein.



3. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste **Modus** die Option "Schaltungsanpassung" und klicken Sie im Fenster Schaltungsanpassung auf **Kreise für Ausgangsrückwirkung**.
4. Ändern Sie den Wert von  $G_s$  und  $G_l$  von Hand und separat, bis die Kreise im Smith-Diagramm als Punkt erscheinen. In diesem Beispiel sind die Werte  $G_s = 0,042$  dB und  $G_l = 1,2650$  dB.
5. Berechnen Sie die maximal übertragene Leistung.  $P_{max} = 0,042 + 4,3652 + 1,2650 = 5,6722$  dB
6. Wählen Sie den gewünschten Verstärkungsgrad. Dieser Verstärkungsgrad muss kleiner als  $5,6752$  dB sein. Für den Leistungsverstärkungsgrad wurde der Wert  $3,5302$  dB gewählt.
7. Wählen Sie die Werte von  $G_s$  und  $G_l$  so, dass  $G_s + 4,3652 + G_l = 3,5302$  dB und  $G_s < 0,042$  dB und  $G_l < 1,2650$  dB betragen. Sie haben folgende Werte gewählt:  $G_s = -0,08350$  dB und  $G_l = 0$  dB.
8. Geben Sie die gewählten Werte für  $G_s$  und  $G_l$  ein und beobachten Sie die Kreise. Wählen Sie die Punkte auf den Kreisen, deren Abstand vom Mittelpunkt im Smith-Diagramm am geringsten ist. Der Kreis für  $G_l = 0$  dB verläuft stets durch den Mittelpunkt. Aus diesem Grund ist der beste Punkt für  $G_l$  der Mittelpunkt. Dies bedeutet, dass eine Lastimpedanz von  $50 \Omega$  ausreicht, um sicherzustellen, dass  $G_l = 0$  dB. Der beste Punkt für  $G_s$  in diesem Beispiel ist  $Z_l = 2$  (normalisiert). Mit diesem Wert können Sie das Anpassungsglied am Eingang des Verstärkers entwickeln. Sie müssen sicherstellen, dass der Verstärker an den gewählten Punkten stabil arbeitet. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Stabilität der Schaltung an Hand der Stabilitätskreise zu verifizieren. Da der Verstärker grundsätzlich stabil arbeitet, gilt dies auch für beliebige passive Lasten und Signalquellen. Deshalb muss die Stabilität der Schaltung nicht anhand der Stabilitätskreise geprüft werden.

Die folgende Abbildung zeigt den kompletten Verstärker:



**Hinweis** Die Anpassungselemente wurden in diesem Beispiel manuell berechnet.

# Index

## A

- Achsen, Bode-Plotter-Einstellungen 6-22
- Adressierung, Bitmuster-Generator 6-27
- Algorithmus
  - Schrittweise Variation des Gmin-Werts 7-13
  - Schrittweise Variation von Quellspannungswerten 7-14
- Allgemeine Bauelemente, Verwenden 4-35
- Allgemeine Bauelementeeigenschaften 5-9
- Allgemeine Einschränkungen
  - Einstellen 2-18, 13-4
  - Passwörter 2-26, 13-12
- Amperemeter
  - anschießen 6-7
  - Messoptionen Multimeter 6-9
  - Modus 6-7
  - über 6-7
  - Widerstand 6-7
- Amplitude 6-22
- Analyse der erforderlichen Leiterbahnenbreite 8-60
- Analyse der Gleichspannungsempfindlichkeit 8-31
- Analyse der Wechselspannungsempfindlichkeit 8-31
- Analyse mit variabler Gleichspannung 8-29
- Analyse unter ungünstigsten Bedingungen 8-45
- Analysen
  - Analyse mit variabler Gleichspannung 8-29
  - Anzeigen von Diagrammen 8-69
  - Anzeigen von Tabellen 8-77
  - Arbeiten mit Seiten 8-68
  - Ausdrucken von Diagrammen und Tabellen 8-79
  - Ausführen (allgemeine Anleitungen) 8-2
  - Ausschneiden/Kopieren/Einfügen von
    - Seiten, Diagr. und Tabellen 8-78
- Benutzerdefinierte 8-63
- Ergebnisse 8-64
- Festlegen der Verwendung von Bauelementen 3-23
- Fourier 8-18
- Gleichspannungsarbeitspunkt 8-10
- Gleichspannungsempfindlichkeit 8-31
- Klirrfaktor 8-26
- Leiterbahnenbreite 8-60
- Monte-Carlo- 8-56
- Optionen 8-80
  - per Stapelprogramm 8-61
- Pol- und Nullstellen 8-50
- Prüfprotokoll 8-64
- Rauschen 8-22
- Rauschzahl 8-64, 14-22
- Registerkarte Analyseparameter 8-3
- Registerkarte Ausgabevariablen 8-4
- Registerkarte Verschiedenes 8-7
- Registerkarte Zusammenfassung 8-9
- Transienten 8-14
  - über 8-1
- Übertragungsfunktion 8-42
- Ungünstigste Bedingungen 8-45
  - unvollständig 8-10
  - Wechselspannungsempfindlichkeit 8-31
- Analysen per Stapelprogramm 8-61
- Analyseoptionen 8-7
- Ändern des Werts bzw. Modells eines Bauelements 3-21
- anschießen
  - Amperemeter 6-7
  - Voltmeter 6-6
- Anschlüsse, Hinzufügen zu Symbolen 5-27
- Anschlussinformationen 5-33
- Anzeige
  - Blattbegrenzungen 2-9

- anzeigen
  - Raster 2-9
  - Titelblock 2-9
- Anzeigen oder Verbergen von Raster, Titelblock und Blattbegrenzungen 3-3
- Anzeigen von Informationen über platzierte Bauelemente 3-20
- Attribute
  - Zuweisen zu 3-27
- Auflösung, Gleichung 7-11
- Ausdrucken
  - Diagramme und Tabellen 8-79
  - Schaltungsdateien 3-36
- Ausgabe der Analyseergebnisse, Manipulieren 9-1, 9-3, 9-8
- Ausschneiden/Kopieren/Einfügen von Seiten, Diagr. und Tabellen 8-78
- automatisch speichern
  - Optionen einstellen 2-15
- Automatische Fehlerzuweisung 13-3
- Automatische Verdrahtung 3-13
  
- B**
- Bauelement Werkzeugleiste
  - Funktionalität einstellen 2-11
- Bauelement, Ändern des Werts 3-21
- Bauelemente
  - Allgemeine Eigenschaften 5-9
  - Ändern eines Werts bzw. Modells 3-21
  - Anschlüsse 5-33
  - Anzeigen von Informationen 3-20
  - Automatische Fehlerzuweisung 13-3
  - Bearbeiten 5-6
  - Bearbeiten eines Modells 5-29
  - Bearbeiten von Symbolen 5-19
  - Drehen 3-18
  - Etiketten, Zuweisen 3-27
  - Fehler zuweisen 13-1
  - Festlegen der Verwendung im Rahmen von Analysen 3-23
  - Gehäuseinformationen 5-33
  - Generieren eines Modells 5-29
  - Generieren von Symbolen 5-21
  - Gespeicherte Informationen 4-32
  - Hinzufügen 5-11
  - Klassifizierung in der Datenbank 4-4
  - Kopieren 3-10, 5-18
  - Kopieren eines Modells 5-31
  - Kopieren von Symbolen 5-20
  - Löschen 5-17
  - Option Automatische Fehlerzuweisung 3-25
  - Platzieren 3-6
  - Platzieren im Schaltungsfenster 3-6
  - platzierte, Eigenschaften 3-19
  - Referenzkennung, zuweisen 3-27
  - Spiegeln 3-18
  - suchen 3-26
  - Suchen nach 4-23
  - über 4-1
  - Verdrahtung 3-12
  - Verschieben 3-10
  - Verwenden von allgemeinen 4-35
  - virtuelle 3-6
- Bauelementeassistent 5-11
- Bauelementeattribute
  - Schrifteinstellungen 2-13
- Bauelementebezeichnung
  - Schrifteinstellungen 2-13
- Bauelementebrowser 3-6
- Bauelemente-Editor 5-6
  - Registerkarte Platzbedarf 5-33
  - über 5-1
- Bauelementeeigenschaften
  - Registerkarte Allgemeines 5-9
- Bauelementefarbe 3-12
- Bauelementegruppen
  - Funktionalität einstellen 2-11
- Bauelementen
  - Attribute, zuweisen 3-27
  - Option Automatische Fehlerzuweisung 7-17
- Bauelementesymbol
  - Bearbeiten 5-19

- Bauelementewerte
  - Schrifteinstellungen 2-13
- Bearbeiten
  - Bauelemente 5-6
  - Bauelementesymbol 5-19
  - Schaltfläche für die Bauelemente-  
Werkzeugleiste 5-5
- Bedienungsoberfläche
  - Benutzeranpassung 2-5
  - Elemente 2-2
  - über 2-2
  - Werkzeugleiste 2-3
- Befehlszeile 7-7
- Benutzerdefinierte Analyse 8-63
- Benutzerspezifische Felder, Bearbeiten 5-5
- Bericht mit Bauelementedetails 11-3
- Berichte
  - Bauelementedetails 11-3
  - Liste der Datenbankgruppen 11-1
- Beschreibung, Hinzufügen zu einer Schaltung  
3-32
- Bitmuster-Generator 6-25
  - Adressierung 6-27
  - Datenbereitstellung 6-28
  - Eingabe von Worten 6-26
  - Steuerung 6-26
  - Triggern 6-28
  - Verwendung von Bitmustern in 6-27
  - Zeittakt einrichten 6-28
- Blattbegrenzungen anzeigen 2-9
- Blattbegrenzungen, Anzeigen oder Verbergen  
3-3
- Blattgröße 2-9
- Blattgröße, Einstellen 3-2
- Bode-Plotter
  - Achseneinstellungen 6-22
  - Amplitude 6-22
  - Einstellungen 6-22
  - Messergebnisse 6-24
  - Phase 6-22
  - über 6-21
- Boolscher Ausdruck, eingeben 6-35
- Browserfenster 3-6, 3-8
- BSpice-Modell 5-32
- BSpice-Unterstützung 7-8
- Bus 3-37
- C**
- Codemodell
  - Generieren 5-82
  - Implementationsdatei 5-90
  - Schnittstellendatei 5-83
  - über 5-81
- CPLD 10-3
- D**
- Datei Menü 2-27
- Datenbank
  - Anzeige 4-3
  - Bauelementeklassifizierung 4-4
  - Ebenen 4-1
  - Hinzufügen einer Bauelementefamilie 5-4
  - Klassifizierung von Bauelementen 4-4
  - Laden einer Schaltfläche 5-4
  - Liste der Gruppen 11-1
  - Löschen einer Bauelementefamilie 5-5
  - Struktur der 4-1
  - Verwaltung 5-3
  - Wählen von Bauelementen 3-4
- Datenbankebenen 4-1
- Datentransfer in ein anderes  
Leiterplattenentflechtungsprogramm 12-2
- Datentransfer in Ultiboard 12-2
- Datenübertragung 12-1
- Diagramme
  - Anzeigen 8-69, 8-77
  - Ausdrucken 8-79
  - Ausschneiden/Kopieren/Einfügen 8-78
  - Über das Diagrammfenster 8-65
  - Verwenden im Postprozessor 9-8
- Diagrammeigenschaften
  - Achsenreiter 8-75
  - Registerkarte Allgemeines 8-70

- Registerkarte Kurven 8-76
- Diagrammfenster 8-65
- DIN-Symbole
  - ANSI-Symbole 3-3
- Drehen von Bauelementen 3-18
- Druckeinstellungen 2-28
- Druckereinstellung 2-30
- Durchsuchen der Datenbank 3-4

## **E**

- Ebenen
  - Simulation 2-15
- Eigenschaften
  - Registerkarte Arbeitsbereich 2-9
- Eigenschaften platzierter Bauelemente 3-19
- Einschränken allgemeiner Einschränkungen 2-18, 13-4
- Einschränkungen
  - Allgemeine Einstellungen 2-18, 13-4
  - Einstellen von
    - Schaltungseinschränkungen 2-22, 13-9
    - über 2-17, 13-4
- Einstellen von Schaltungseinschränkungen 2-22, 13-9
- Einstellung 2-9
- Einstellungen des Multimeters 6-12
- Einstellungen Kanal 6-18
- Einstellungen, Oszillografenkanal 6-18
- Entwicklung komplexer digitaler ICs. 10-3
- Erdung des Oszillografen 6-18
- Etiketten
  - Zuweisen zu 3-27
  - Zuweisen zu Knoten 3-29
- Excel, Exportieren von Simulationsergebnissen in 12-3
- Exportieren
  - Simulationsergebnisse in Excel 12-3
  - Simulationsergebnisse in MathCAD 12-3

## **F**

- Farbe
  - Bauelement 3-12
  - Benutzeranpassung 2-7
  - Leiterbahn 3-17
    - wählen 2-7
- Farbschema
  - Wählen 3-4
- Fehler, Zuweisen zu Bauelementen 13-1
- Fenster Beschreibung 3-32
- Fenster Datenbankverwaltung 5-4
- Fenster Voreinstellungen
  - Allgemeine Anweisungen 2-6
  - über 2-6
- Flankenzeit 6-14
- Fourier-Analyse 8-18
- FPGA 10-3
- Frei programmierbares Gate Array 10-3
- Frequenz 6-28
- Funktions-Generator
  - über 6-13
- Funktionsgenerator
  - Flankenzeit 6-14
  - Signaloptionen 6-14

## **G**

- Gehäuseinformationen 5-33
- Generieren eines Bauelements 5-37
- Generieren eines Modells
  - Durch Importieren 5-32
  - Verwenden der Codemodellierung 5-81
- Generieren von Bauelementen 5-11
- Gespeicherte Bauelementeinformationen 4-32
- Gleichspannungsarbeitspunktanalyse 8-10
- Gleichungsauflösung 7-11
- global restrictions 2-48
- Größe der Werkzeugleiste ändern 2-16

## H

- Harmonische Verzerrung
  - Klirrfaktormessgerät 6-37
- HDLs
  - in Multisim 10-3
  - über 10-2
- Herunterladen von Bauelementedefinitionen 4-26
- HF-Bauelemente
  - Hohlleitermodell 14-33
  - Modell einer HF-Spule 14-36
  - Modell einer Streifenleiterschleife 14-38
  - Modell eines Kondensators für die Entkopplung digitaler Schaltungen 14-41
  - Modell eines Mikrowellenstreifenleiters 14-34, 14-35
  - Modell eines Streifenleiters 14-37
  - Modell für eine verlustbehaftete Leitung 14-39
  - Modellgeneratoren für die Generierung von HF-Bauelementen 14-32
    - über 14-2
- HF-Messinstrumente
  - Netzwerkanalysator 14-18
  - Spektrumanalysator 14-10
- HF-Modul 14-1
  - Bauelemente (*siehe auch* HF-Bauelemente) 14-2
  - Messinstrumente (*siehe auch* HF-Messinstrumente) 14-10
    - über 14-1
- HF-Simulation 7-14
- Hierarchie 3-33
- Hinzufügen von Bauelemente-/Modellparametern 8-6
- Hinzufügen von Bauelementen 5-11
- Hinzufügen von Schaltungsteilen zu einer Schaltung 3-34
- Hohlleitermodell 14-33
- horizontal, Bode-Plotter-Einstellungen 6-22

## I

- Implementationsdatei (Codemodell) 5-90
- Importieren eines Modells 5-32
- Importieren von Bauelementen
  - EDAParts.com 4-26
- Impulsanalyse 8-14
- Integration, numerische 7-12
- Integrationsordnung, maximale 7-13
- interaktive Simulation 7-6

## K

- Klirrfaktoranalyse 8-26
- Klirrfaktormessgerät 6-36
  - Harmonische Verzerrung 6-37
  - SINAD 6-37
- Knoten, Zuweisen von Etiketten 3-29
- Knotenfilter 8-5
- Komplexes programmierbares Logikbauelement. 10-3
- Kopieren
  - Bauelementemodell 5-31
  - Bauelementesymbol 5-20
- Kopieren von Bauelementen 3-10, 5-18

## L

- Laden eines Modells 5-32
- Leiterbahn
  - Ändern 3-16
  - Farbe 3-17
- Leiterbahnenbreite 2-10
- Leiterplattenentflechtungsprogramm, Datentransfer in ein 12-2
- Leitwege
  - Autoroute-Optionen 2-10
  - Optionen einstellen 2-10
- Lernhilfe für das Entwickeln von HF-Schaltungen 14-42
- Letzte Dateien 2-30
- Liste der verwendeten Elemente 3-9
- Logik-Analysator
  - Takt einstellen 6-31

- Triggern 6-32
  - über 6-29
- Logik-Konverter 6-33
  - Ableiten einer Wahrheitstabelle aus einer Schaltung 6-34
  - Eingabe Boolescher Ausdruck 6-35
  - Erzeugen einer Wahrheitstabelle 6-35
- Löschen
  - Bauelementefamilie 5-5
  - Leere Bauelementefamilien 5-6
- Löschen von Bauelementen 5-17
- LP-Optionen 2-15

## M

- Manuelle Verdrahtung 3-14
- MathCAD, Exportieren von
  - Simulationsergebnissen in 12-3
- maximale Integrationsordnung 7-13
- Mehrere Kurven, Postprozessor 9-7
- mehrere Messinstrumente 6-4
- Menü
  - Ansicht 2-33
  - Bearbeiten 2-31
  - Datei 2-27
  - Fenster 2-49
  - Optionen 2-48
  - Platzieren 2-35
  - Popup- 3-38
  - Simulation 2-37
  - Symboleditor 5-22
  - Transfer 2-45
  - Werkzeuge 2-47
- Menü Ansicht 2-33
- Menü Bearbeiten 2-31
- Menü Fenster 2-49
- Menü Optionen 2-48
- Menü Platzieren 2-35
- Menü Simulation 2-37
- Menü Transfer 2-45
- Menü Werkzeuge 2-47
- Messergebnisse 6-24

## Messinstrumente

- Amperemeter 6-7
- Bitmuster-Generator 6-25
- Bode-Plotter 6-21
- Funktions-Generator 6-13
- Integration in eine Schaltung 6-2
- Klirrfaktormessgerät 6-36
- Logik-Analysator 6-29
- Logik-Konverter 6-33
  - mehrere 6-4
- Messoptionen 6-9
- Oszillograf 6-16
- Spektrum-Analysator 6-37
- Standardeinstellungen der Analyse 6-5
  - über 6-1
- Verwendung 6-3
- Voltmeter 6-6
- Wattmeter 6-15

## Messinstrumente verwenden 6-3

## Messoptionen

- Amperemeter 6-9
- Ohmmeter 6-10

## Modell

- Ändern eines Bauelements 3-21
- Generieren *Siehe* Modellgenerierung
- Kopieren 5-31
- Laden 5-32

## Modell einer Streifenleiterschleife 14-38

## Modell eines Kondensators für die Entkopplung digitaler Schaltungen 14-41

## Modell eines Mikrowellenstreifenleiters 14-34, 14-35

## Modell eines Streifenleiters 14-37

## Modell für bipolare Flächentransistoren 5-37

## Modell für eine verlustbehaftete Leitung 14-39

## Modellgenerator

- Diode 5-52
  - für bipolare Flächentransistoren 5-37
- MOSFET 5-57
- Thyristor 5-71

## Modellgenerator für Dioden 5-52



- Modul
    - HF 14-1
  - Modus
    - Amperemeter 6-7
    - Voltmeter 6-6
  - Monte-Carlo-Analyse 8-56
  - MOSFET-Modellgenerator 5-57
  - Multimeter 6-8
    - Einstellungen der 6-12
    - Signalform 6-11
    - verwenden der Amperemeter
      - Messoptionen 6-9
    - verwenden der Ohmmeter-Messoptionen 6-10
  - Multisim
    - Funktionen 1-2
    - Oberfläche 2-2
      - über 1-2
  - Multisim Hilfe 2-50
  - Multisim Referenz 2-50
- N**
- Namen der Anschlüsse
    - Schrifteinstellungen 2-13
  - Namen der Knoten
    - Schrifteinstellungen 2-13
  - Netzwerkanalysator 14-18
  - Numerische Integration 7-12
- O**
- Oberfläche 2-2
    - Benutzeranpassung 2-5
    - Elemente 2-2
    - Werkzeugleiste 2-3
  - Oberfläche anpassen 2-5
  - Oberfläche, über die Benutzeranpassung 2-5
  - Ohmmeter 6-10
  - Option Automatische Fehlerzuweisung 3-25, 7-17
  - Oszillograf
    - Einstellungen Kanal 6-18
    - Erdung 6-18
      - über 6-16
    - Zeitbasis 6-17
  - Oszillografen
    - Trigger 6-19
- P**
- Passwörter, Definieren oder Ändern 2-26, 13-12
  - Phase 6-22
  - Platzieren von Bauelementen 3-6
  - Platzierte Bauelemente, Eigenschaften 3-19
  - PLD, über 10-2
  - Pol- und Nullstellenanalyse 8-50
  - Popup-Menü 3-38
  - Postprozessor
    - Erste Schritte 9-3
    - Fenster 9-3
    - Plotten mehrerer Kurven 9-7
    - Seiten, Diagramme und Tabellen 9-8
      - über 9-1, 9-3, 9-9
    - Verwenden der Standardanalyse 9-6
  - Postprozessor-
    - Funktionen 9-9
    - Variable 9-9
  - Power Pro
    - Verwenden der Codemodellierung 5-81
  - Prüfprotokoll 8-64
  - PSPice-Modell 5-32
- R**
- Raster
    - anzeigen 2-9
    - Anzeigen oder Verbergen 3-3
  - Rauschsignalanalyse 8-22
  - Rauschzahlanalyse 8-64, 14-22
  - Registerkarte Allgemeines 5-9
  - Registerkarte Analyseparameter, über 8-3
  - Registerkarte Arbeitsbereich 2-9
  - Registerkarte Ausgabevariablen, über 8-4
  - Registerkarte Platzbedarf 5-33

Registerkarte Verschiedenes, über 8-7  
Registerkarte Zusammenfassung, über 8-9

## S

### Schaltung

- Ausdrucken von Dateien 3-36
- Gleichung 7-10
- Hinzufügen von Schaltungsteilen 3-34
- Konsistenz, Prüfung während der Simulation 7-6
- Messinstrument integrieren in 6-2
- Simulationsmechanismus 7-8
- Vorbereiten als Schaltungsteil 3-33

Schaltungsaustausch 13-14

Schaltungseinschränkungen

- Einstellen 2-22, 13-9

Schaltungserfassung 3-1

Schaltungsfarbe

- Wählen eines Schemas 3-4

Schaltungsfenster

- Platzieren von Bauelementen 3-6

Schaltungsparameter 5-10

Schaltungsteil

- Hinzufügen zu einer Schaltung 3-34
- Vorbereiten einer Schaltung als 3-33

Schaltungsteile 3-33

- über 3-33

Schaltungstext

- Schrifteinstellungen 2-13

Schnittstellendatei (Codemodell) 5-83

Schrifteinstellungen 2-13

Schrittweise Variation des Gmin-Werts 7-13

Schrittweise Variation von

- Quellspannungswerten 7-14

Seiten

- Ausschneiden/Kopieren/Einfügen 8-78
- Verwenden bei Analysen 8-68
- Verwenden im Postprozessor 9-8

Seiteneigenschaften 8-68

Sendebereitschaft 6-28

Signalform 6-11

Signaloptionen 6-14

### Simulation

- Gleichungsauflösung 7-11
- HF 7-14
- interaktive 7-6
- maximale Integrationsordnung 7-13
- Numerische Integration 7-12
- Phasen der 7-9
- Prüfung auf Schaltungskonsistenz 7-6
- Schaltung 7-8
- Schaltungsgleichung 7-10
- Schrittweise Variation des Gmin-Werts 7-13
- Schrittweise Variation von Quellspannungswerten 7-14
- Simulationsebenen einstellen 2-15
- Starten und Stoppen 7-5
- über 7-1
- Unterstützung von BSpice/XSpice 7-8
- Verwendung 7-3
- VHDL 7-15

Simulationsart

- Wählen der 7-1

Simulationsarten

- unterstützte 7-2

Simulationsebenen 2-15

Simulationsschalter 7-5

SINAD 6-37

speichern

- automatisch speichern 2-15
- Pfad- und Verzeichnisvorgabe 2-15

Spektrum-Analysator 6-37

Spektrumanalysator 14-10

SPICE-Simulation

- Gleichungsauflösung 7-11
- maximale Integrationsordnung 7-13
- Numerische Integration 7-12
- Schaltung 7-8
- Schaltungsgleichung 7-10
- Schrittweise Variation des Gmin-Werts 7-13
- Schrittweise Variation von Quellspannungswerten 7-14

- Unterstützung von BSpice/XSpice 7-8
  - verschiedene Funktionen 7-7
- Spiegeln von Bauelementen 3-18
- Spule, HF- 14-36
- Standardanalyse, Postprozessor 9-6
- Standardeinstellungen der Instrumente 6-5
- Standardeinstellungen Instrumente 6-5
- Standardsuche 4-23
- Struktur der Datenbank 4-1
- Suchen nach Bauelementen 4-23
- Suchen von Bauelementedefinitionen 4-26
- Suchen von Bauelementen 3-26
- Suchergebnisse 4-25
- Symbol
  - Anschluss 5-25
  - Bearbeiten 5-19
  - Etiketten 5-24, 5-25
  - Form 5-25
  - Generieren 5-21
  - Hinzufügen von Anschlüssen 5-27
  - Kopieren 5-20
- Symbole
  - Symbolsammlung 2-11
- Symboleditor
  - Fenster 5-21
  - Menüs 5-22
  - Palette 5-23
- Symbolsatz
  - Wählen 3-3
- System Werkzeuge 2-17

**T**

- Tabellen
  - Ausschneiden/Kopieren/Einfügen 8-78
  - Verwenden im Postprozessor 9-8
- Tabelleneigenschaften 8-77
- Takt
  - Logik-Analysator 6-31
- Text
  - Schrifteinstellungen 2-13
- Thyristormodellgenerator 5-71

- Titelblock
  - anzeigen 2-9
  - Anzeigen oder Verbergen 3-3
    - über 3-30
- Toleranzen 4-35
- Trigger, Oszilloskop 6-19
- Triggern
  - Bitmuster-Generator 6-28
  - Logik-Analysator 6-32

**U**

- über Multisim 2-50
- Übertragung
  - Einführung in 12-1
- Übertragungsfunktionsanalyse 8-42
- Ultiboard, Datentransfer in 12-2
- Unterstützung zum Erreichen von Konvergenz
  - 7-13
- unvollständige Analysen 8-10

**V**

- Variable, Postprozessor 9-9
- Verbindungsstelle, Hinzufügen 3-17
- Verdrahtung
  - automatische 3-13
  - Breite 3-15
  - Eigenschaften 3-15
  - Kombinieren von automatischer und manueller Verdrahtung 3-15
  - manuelles 3-14
- Verdrahtung von Bauelementen 3-12
- Vereinfachte Version 2-18, 13-4
- verkleinern 2-35
- Verschieben von Bauelementen 3-10
- Version 2-50
- vertikal, Bode-Plotter-Einstellungen 6-22
- Verwenden von Modellgeneratoren 5-37
- VHDL
  - Einführung in 10-4
  - Simulation 7-15
- Virtuelle Bauelemente 3-6

## Voltmeter

anschließen 6-6

Modus 6-6

über 6-6

Widerstand 6-6

Vorbereiten einer Schaltung als Schaltungsteil  
3-33

Vordefinierte Felder in der Datenbank 4-33

## Voreinstellungen

Registerkarte Bauelemente-  
Werkzeuggeste 2-11

Registerkarte Leiterbahnen 2-10

Registerkarte Schaltung 2-7

Registerkarte Schriften 2-13

Registerkarte Verschiedenes 2-15

## W

Wählen des Speicherorts 5-16

Wählen von Symboldaten 5-20

## Wahrheitstabelle

Ableiten aus einer Schaltung 6-34  
erzeugen 6-35

Wattmeter 6-15

Werkzeuggeste 2-3

## Werkzeuggesten

anzeigen/verbergen 2-16

Größe ändern 2-16

System 2-17

Zoom 2-17

Wert bzw. Modell eines Bauelements, Ändern  
3-21

## Widerstand

Amperemeter 6-7

Voltmeter 6-6

## X

### Xspice-

Modell 5-32

Simulation 7-8

Xspice-Befehlszeile 7-7

## Z

Zeitbasis 6-17

Zoom 2-9

Zoom-Faktor, Standard 2-9

Zoom-Werkzeuggeste 2-17

Zuweisen von Fehlern zu Bauelementen 13-1

Zweikanal-Oszillograf 6-16