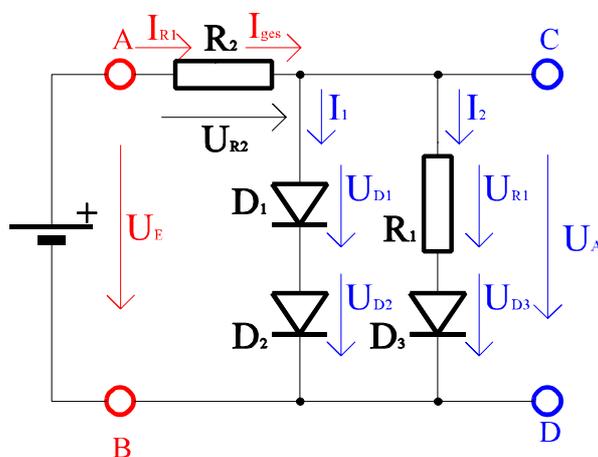


Abt. Technische Informatik
Dr. Hans-Joachim Lieske

Aufgaben zum Seminar Technische Informatik

Aufgabe 2.4.1. - Gruppenschaltung elektronischer Bauelemente

Gegeben ist folgende Schaltung:



Werte:

$D_1 = \text{Diode 1}$	$U_E = 3\text{V}$	$R_1 = 15$
$D_2 = \text{Diode 2}$		$R_2 = 34$
$D_3 = \text{Diode 3}$		

und die Kennlinien der Dioden.
Die Kennlinien von D_1 und D_3 sind identisch.

Abb. 1

Für einfache Betrachtungen können Diodenkennlinien als Einheit von zwei Geraden approximiert werden.

Aufgabe:

Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_A , den Gesamtstrom I_{ges} , die Teilspannungen U_{D1}, U_{D2}, U_{D3} und U_{R1} über die Dioden und den Widerstand sowie die Teilströme I_{D1}, I_{D2}, I_{D3} und I_{R1} durch die Dioden und den Widerstand.

1. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_1 für die Reihenschaltung von Diode D_1 und Diode D_2 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Spannungen addieren.
2. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_2 für die Reihenschaltung von Diode D_3 und Widerstand R_1 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Spannungen addieren.
3. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_3 für die Parallelschaltung der Reihenschaltungen K_1 und K_2 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Ströme addieren.
4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden für R_2 .
5. Bestimmen Sie aus der Widerstandsgeraden für R_2 und der Ersatzkennlinie K_3 den Arbeitspunkt U_A, I_{ges} des Systems aus D_1, D_2, D_3 und R_1 .
6. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinien K_1 und K_2 die Ströme I_1 und I_2 durch die beiden Zweige.
7. Bestimmen Sie die Teilströme I_{D1}, I_{D2}, I_{D3} und I_{R1} durch die Dioden und den Widerstand
8. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinie K_1 und der Kennlinien von Diode D_1 und Diode D_2 die Teilspannungen U_{D1} und U_{D2} .
9. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinie K_2 und der Kennlinien von Diode D_3 und Widerstand R_1 die Teilspannungen U_{D3} und U_{R1} .

Für die Intervalle sind explizite Werte anzugeben. Angaben wie "sonst" oder "Rest" sind nicht zulässig!

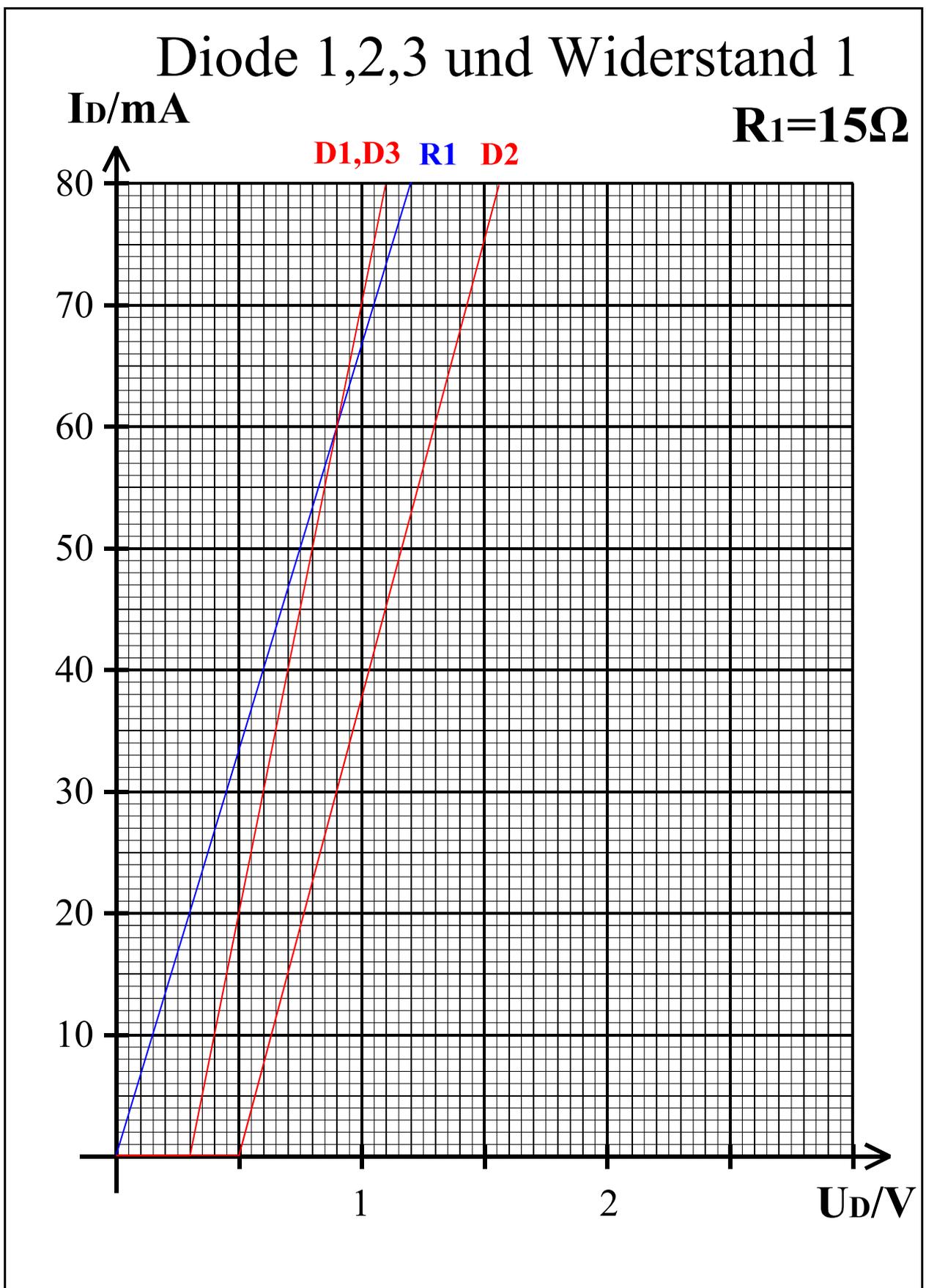


Abb. 2

Aufgabe 2.4.2. - Berechnung einer Transistorschaltung mit Emitterwiderstand

Gegeben ist folgende Schaltung:

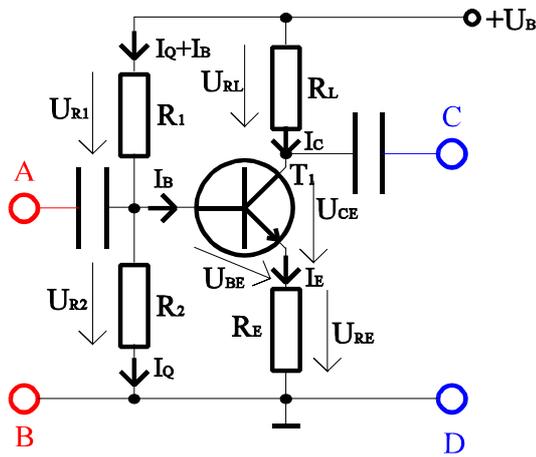


Abb. 3

Werte:

$$I_{QB} = 5 \text{ mA}$$

$$U_{BEA} = 0,7 \text{ V}$$

$$B_A = \beta_{DCA} = 300$$

Übliche Werte:

$$U_{RE} \approx 0,1 U_B \text{ für } U_{RE} \geq 0,5 \text{ V} \dots 1 \text{ V}$$

$$U_{CEA} \approx (U_B - U_{RE})/2$$

$$I_Q = (5 \dots 10) I_B$$

Aufgabe:

Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

1. Berechnen Sie die Spannung U_{RE} und den Emitterwiderstand R_E .
2. Berechnen Sie die Kollektor-Emitterspannung U_{CEA} .
3. Berechnen Sie die Spannung U_{RL} und den Lastwiderstand R_L .
4. Berechnen Sie den Basisstrom I_B mittels der Stromverstärkung B_A .
5. Berechnen Sie den Querstrom I_Q .
6. Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2 .
7. Bestimmen Sie die Werte der Widerstände aus der E48-Reihe (siehe Tabelle).
Es sind die Werte zu nehmen die dem Normwert am nächsten sind.

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

Für die Berechnungen wird hier kein Kennlinienfeld benötigt.

Reihen von Normwerten für elektrische Bauelemente							
E6	E12	E24	E48	E6	E12	E24	E48
±20%	±10%	±5%	±2%	±20%	±10%	±5%	±2%
1,00	1,00	1,00	1,00	3,30	3,30	3,30	3,30
			1,05				3,45
		1,10	1,10			3,60	3,60
			1,15				3,75
	1,20	1,20	1,20		3,90	3,90	3,90
			1,25				4,10
		1,30	1,30			4,30	4,30
			1,40				4,50
1,50	1,50	1,50	1,50	4,70	4,70	4,70	4,70
			1,55				4,90
		1,60	1,60			5,10	5,10
			1,70				5,35
	1,80	1,80	1,80		5,60	5,60	5,60
			1,90				5,90
		2,00	2,00			6,20	6,20
			2,10				6,50
2,20	2,20	2,20	2,20	6,80	6,80	6,80	6,80
			2,30				7,15
		2,40	2,40			7,50	7,50
			2,55				7,85
	2,70	2,70	2,70		8,20	8,20	8,20
			2,85				8,60
		3,00	3,00			9,10	9,10
			3,15				9,55

Die Werte können mit 10^0 , 10^1 und 10^2 multipliziert werden.
 Es können die üblichen Dezimalpräfixe T,G,M,k,m,μ,n,p,f,a usw. verwendet werden.
 Beispiele: 2,55TΩ; 255μF; 25,5mH; 2,55S

Tabelle 1

**Präfixe zur Kennzeichnung des Vielfachen
von gesetzlichen Einheiten (dezimal)**

Zeichen	Faktor	Bezeichnung
Y	10^{24}	Yotta
Z	10^{21}	Zetta
E	10^{18}	Exa
P	10^{15}	Peta
T	10^{12}	Tera
G	10^9	Giga
M	10^6	Mega
k	10^3	Kilo
m	10^{-3}	Milli
μ	10^{-6}	Mikro
n	10^{-9}	Nano
p	10^{-12}	Pico
f	10^{-15}	Femto
a	10^{-18}	Atto
z	10^{-21}	Zepto
y	10^{-24}	Yocto
h	10^2	Hekto
da	10^1	Deka
d	10^{-1}	Dezi
c	10^{-2}	Zenti

Tabelle 3

Aufgabe 2.4.3. - Entwurf von Volladdierschaltungen unter Zuhilfenahme verschiedener Arten von Gattern

Aufgabe:

Entwerfen Sie einen Volladder für 1 Bit Datenbreite.

Eingänge: $E_{0,1}, E_{0,2}$ und \bar{U}_{-1}

Ausgänge: S_0, \bar{U}_0

- 1.1. Bestimmen Sie die Wertetabelle und daraus die logische Gleichung entsprechend der kanonisch disjunktiven Normalform.
- 1.2. Entwerfen Sie die Schaltung streng entsprechend der kanonisch disjunktiven Normalform. Erlaubt sind AND, OR und NOT-Gatter.
- 2.1. Vereinfachen Sie die Schaltung indem Sie den Volladder aus 2 Halbaddern zusammensetzen. Verwenden Sie für die Summenbildung der Halbadder XOR-Gatter. Für den Übertrag soll das Ergebnis des ersten Halbadder mitgenutzt werden.
- 2.2. Zeichnen Sie die unter 4.1. entwickelte Schaltung so um, daß die einzelnen XOR-Gatter jeweils durch 2 AND-, 1 OR- und 2 NOT-Gatter ersetzt werden, wobei die einzelnen Terme des XOR-Gatters mit OR zusammengefaßt werden. Für die Gatter sind maximal 2 Eingänge erlaubt. Bestimmen Sie die logische Gleichung entsprechend der entwickelten Schaltung.
3. Zeichnen Sie das Venn-Diagramm für die Summe S_0 und den Übertrag \bar{U}_0 für die kanonisch disjunktive Normalform.
- 4.1. Bestimmen Sie die Wertetabelle und daraus die logische Gleichung entsprechend der kanonisch konjunktiven Normalform.
- 4.2. Entwerfen Sie die Schaltung streng entsprechend der kanonisch konjunktiven Normalform. Erlaubt sind AND, OR und NOT-Gatter.

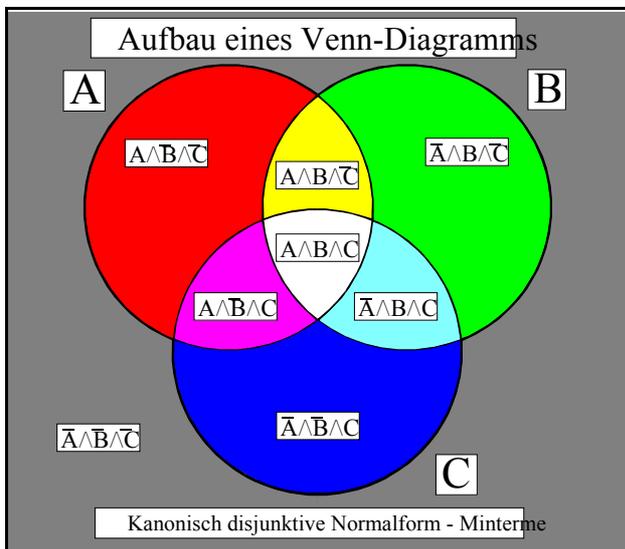


Abb. 4

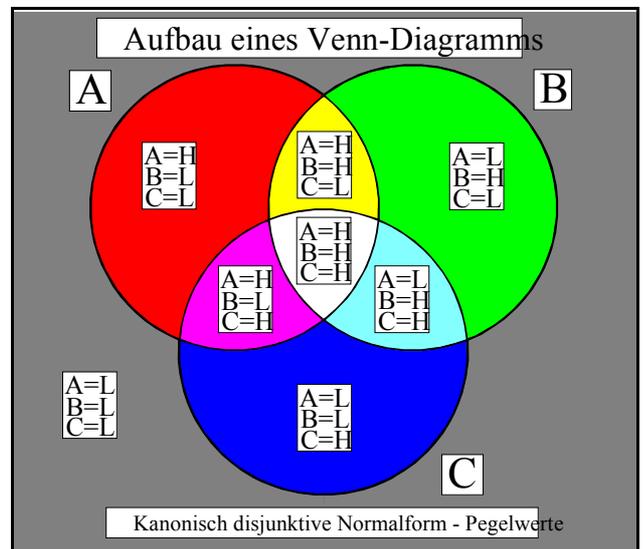


Abb. 5

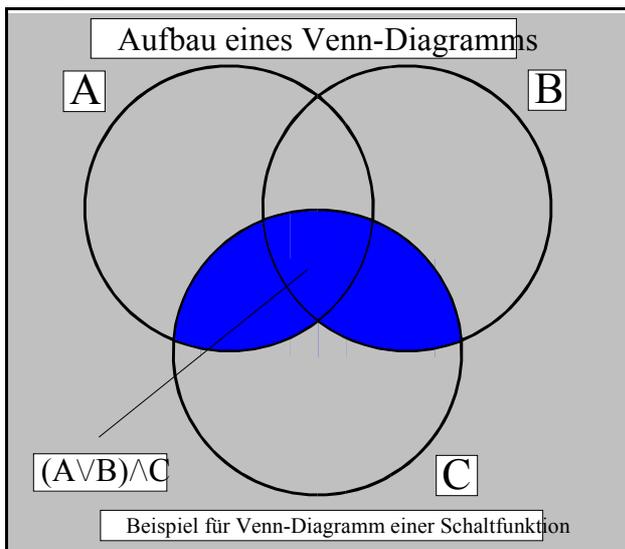


Abb. 6

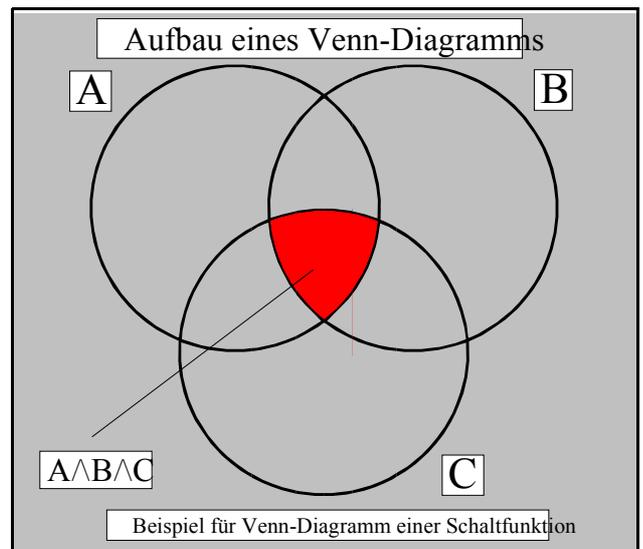


Abb. 7

Lösung: Aufgabe 2.4.1.

Gruppenschaltung elektronischer Bauelemente

Aufgabe:

Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_A , den Gesamtstrom I_{ges} die Teilspannungen U_{D1}, U_{D2}, U_{D3} und U_{R1} über die Dioden und den Widerstand sowie die Teilströme I_{D1}, I_{D2}, I_{D3} und I_{R1} durch die Dioden und den Widerstand.

1. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_1 für die Reihenschaltung von Diode D_1 und Diode D_2 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Spannungen addieren.
2. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_2 für die Reihenschaltung von Diode D_3 und Widerstand R_1 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Spannungen addieren.
3. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_3 für die Parallelschaltung der Reihenschaltungen K_1 und K_2 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Ströme addieren.
4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden für R_2 .
5. Bestimmen Sie aus der Widerstandsgeraden für R_2 und der Ersatzkennlinie K_3 den Arbeitspunkt U_A, I_{ges} des Systems aus D_1, D_2, D_3 und R_1 .
6. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinien K_1 und K_2 die Ströme I_1 und I_2 durch die beiden Zweige.
7. Bestimmen Sie die Teilströme I_{D1}, I_{D2}, I_{D3} und I_{R1} durch die Dioden und den Widerstand
8. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinie K_1 und der Kennlinien von Diode D_1 und Diode D_2 die Teilspannungen U_{D1} und U_{D2} .
9. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinie K_2 und der Kennlinien von Diode D_3 und Widerstand R_1 die Teilspannungen U_{D3} und U_{R1} .

Für die Intervalle sind explizite Werte anzugeben. Angaben wie "sonst" oder "Rest" sind nicht zulässig!

Ergebnisse:

$$U_A = 1,2V$$

$$I_{ges} = 53,3mA$$

$$I_1 = 17,3mA = I_{D1} = I_{D2}$$

$$U_{D1} = 0,47V$$

$$U_{D2} = 0,73V$$

$$I_2 = 36,0mA = I_{D3} = I_{R1}$$

$$U_{D3} = 0,66V$$

$$U_{R1} = 0,54V$$

1. Konstituieren Sie die Ersatzkennlinie K_1 für die Reihenschaltung von Diode D_1 und Diode D_2 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Spannungen addieren.

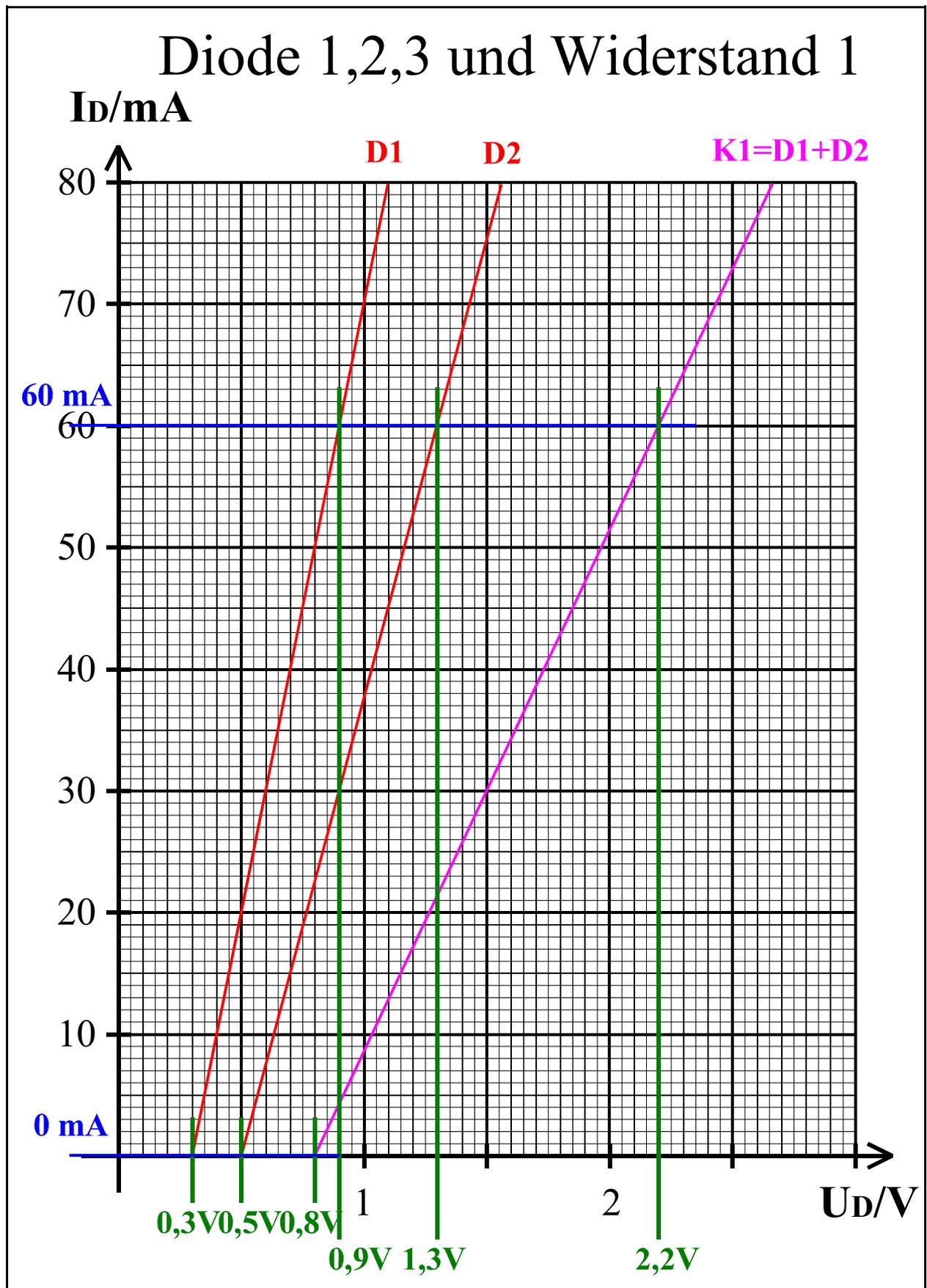


Abb. 8

2. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_2 für die Reihenschaltung von Diode D_3 und Widerstand R_1 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Spannungen addieren.

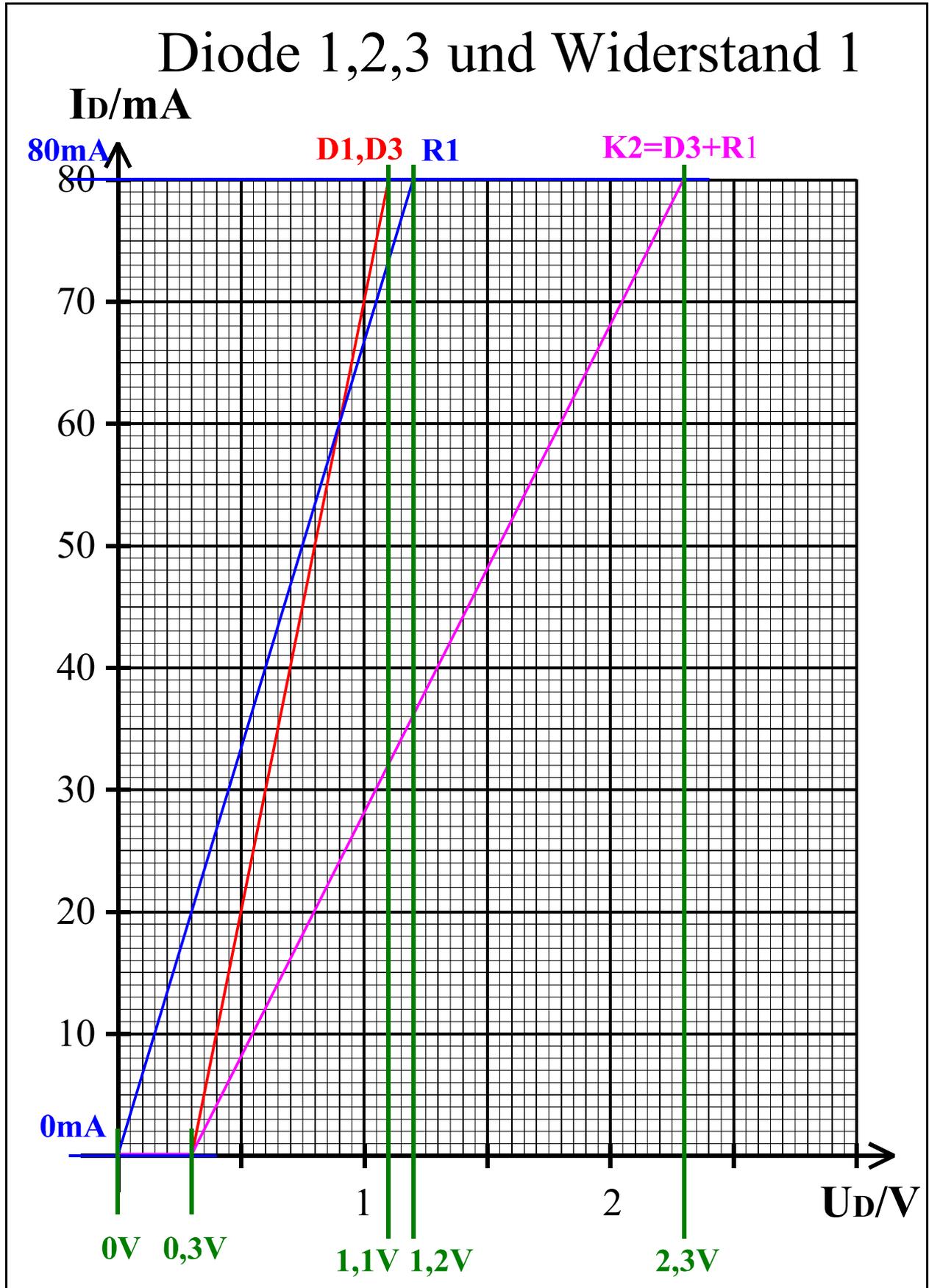


Abb. 9

3. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie K_3 für die Parallelschaltung der Reihenschaltungen K_1 und K_2 . Beachten Sie, daß sich hierbei die Ströme addieren.

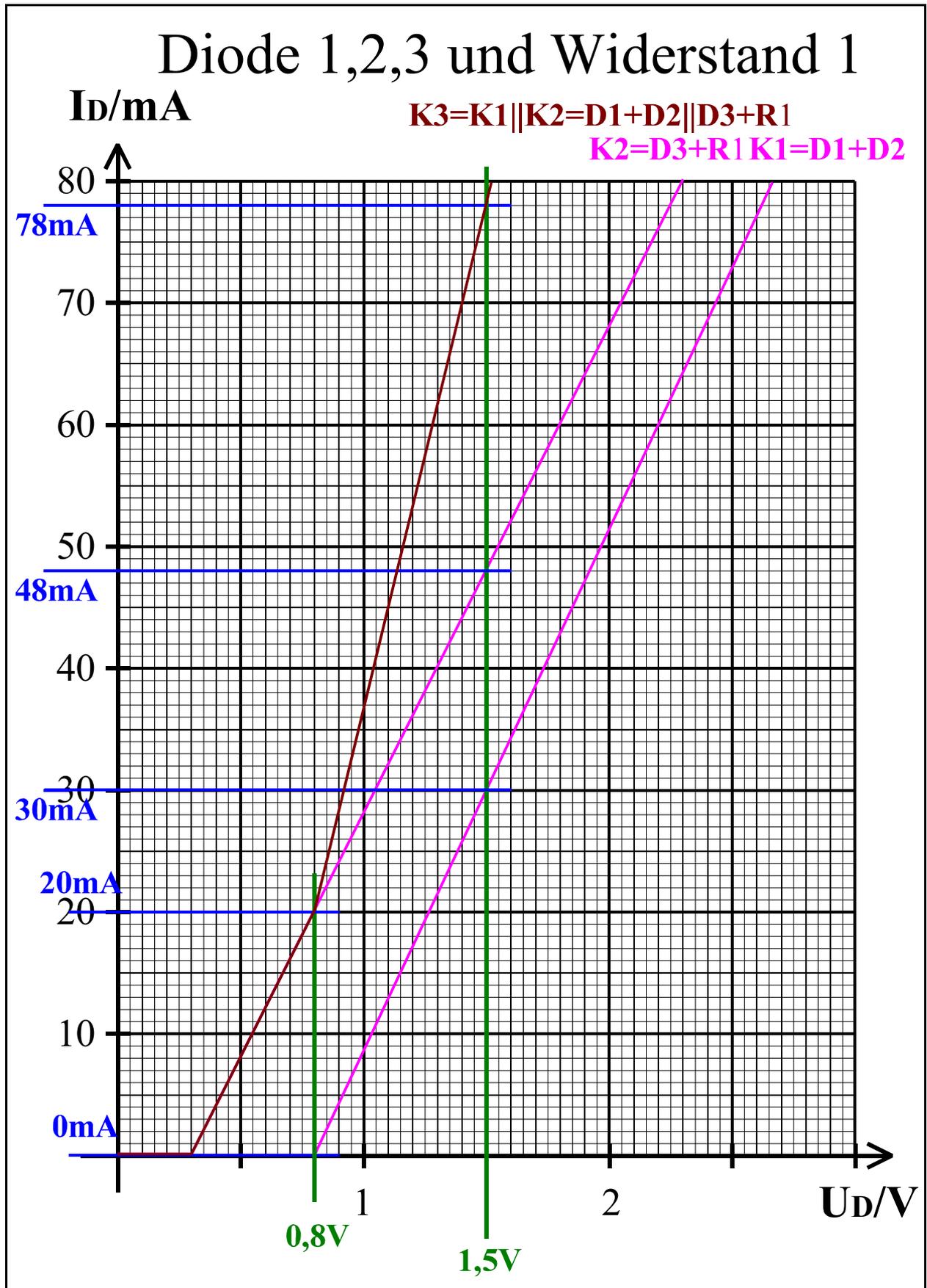


Abb. 10

4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden für R_2 .
5. Bestimmen Sie aus der Widerstandsgeraden für R_2 und der Ersatzkennlinie K_3 den Arbeitspunkt U_A, I_{ges} des Systems aus D_1, D_2, D_3 und R_1 .
6. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinien K_1 und K_2 die Ströme I_1 und I_2 durch die beiden Zweige.

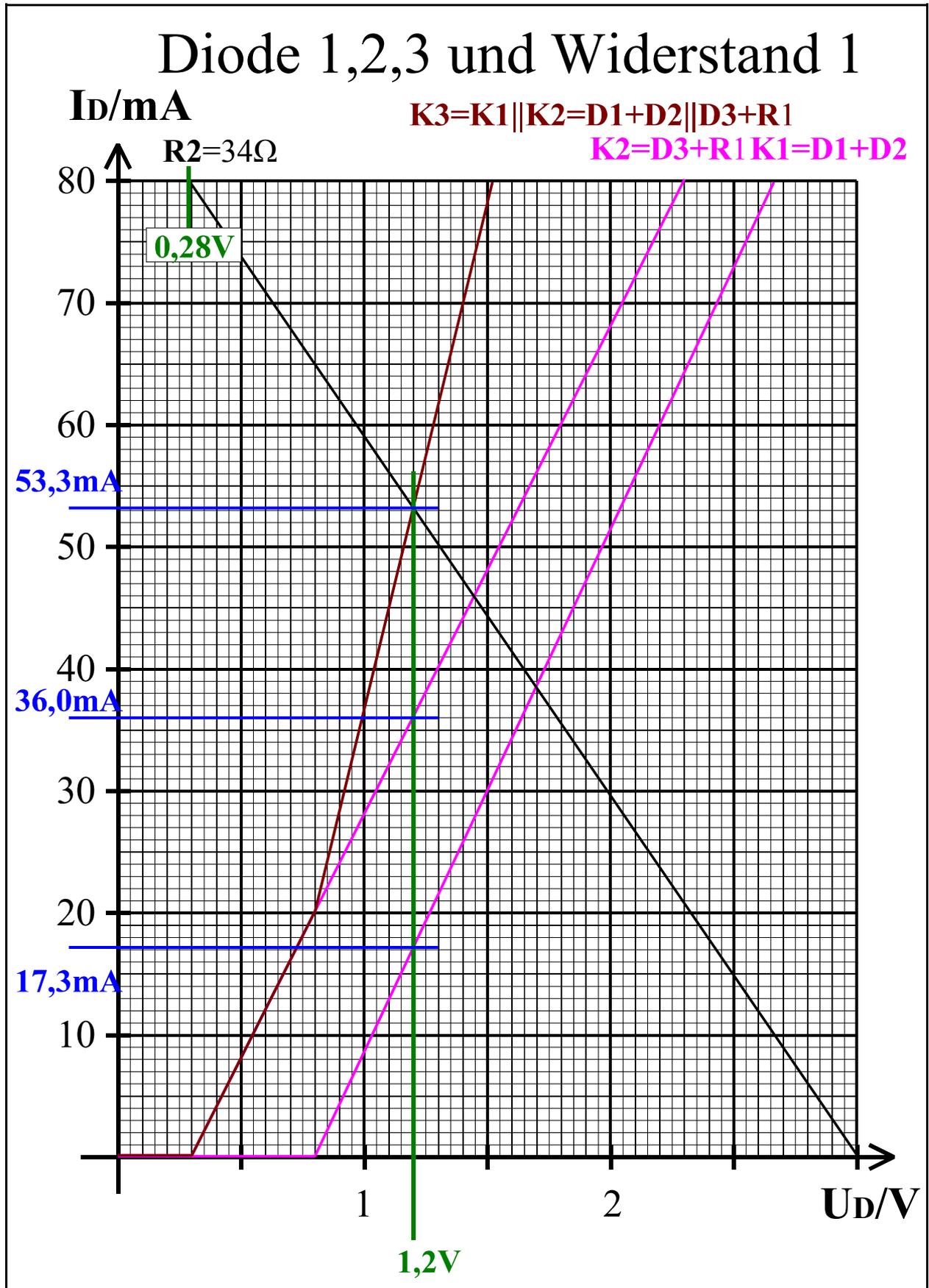


Abb. 11

- 7.1. Bestimmen Sie die Teilströme I_{D1} und I_{D2} durch die Dioden und den Widerstand
 8. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinie K_1 und der Kennlinien von Diode D_1 und Diode D_2 die Teilspannungen U_{D1} und U_{D2} .

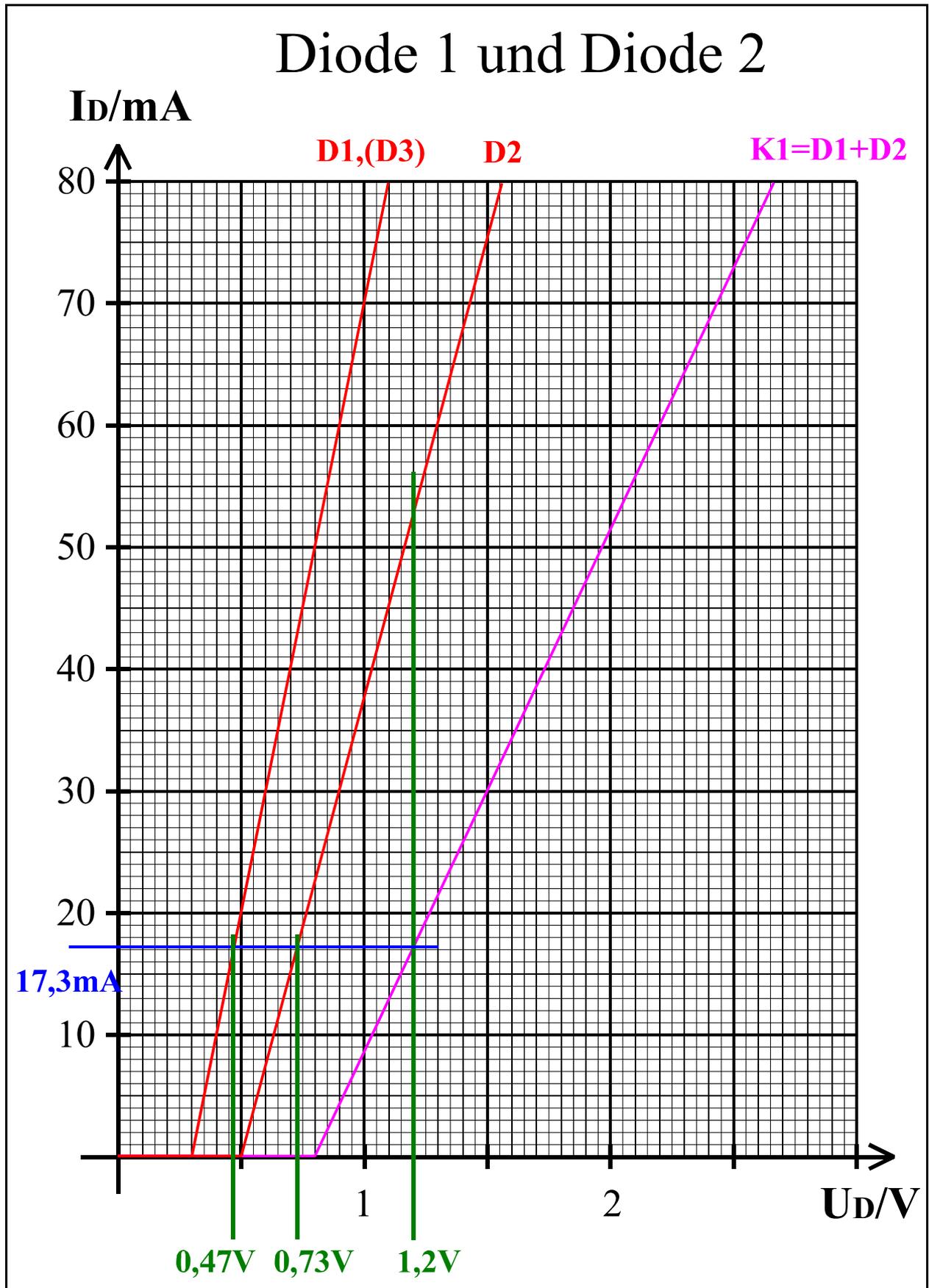


Abb. 12

7.2. Bestimmen Sie die Teilströme I_{D3} und I_{R1} durch die Dioden und den Widerstand

9. Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinie K_2 und der Kennlinien von Diode D_3 und Widerstand R_1 die Teilspannungen U_{D3} und U_{R1} .

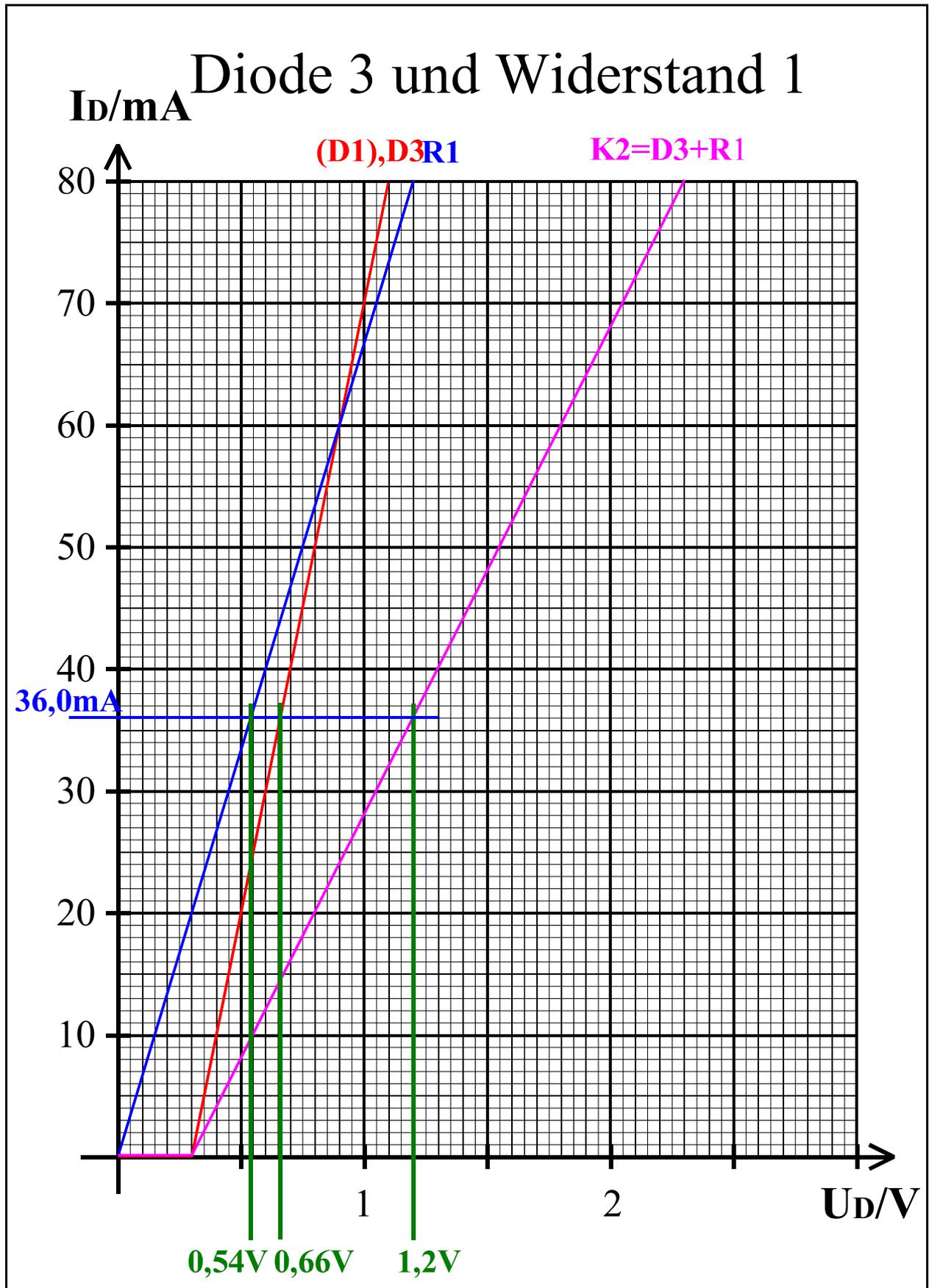


Abb. 13

Lösung: Aufgabe 2.4.2.

Berechnung einer Transistorschaltung mit Emittterwiderstand

1. Berechnung der Spannung U_{RE} und de Emittterwiderstandes R_E .

$$U_{RE}=0,1 U_B=0,1 \times 12V=1,2V$$

$$I_{RE}=I_E=I_C+I_C/B=5mA+5mA/300=5mA+0,0167mA=5,0167mA \approx 5mA$$

$$R_E=U_{RE}/I_{RE}=1,2V/5mA=240\Omega$$

2. Berechnung der Kollektor-Emitterspannung U_{CEA} .

$$U_{CEA}=(U_B-U_{RE})/2=(12V-1,2V)/2=10,8V/2=5,4V$$

3. Berechnung der Spannung U_{RL} und des Lastwiderstandes R_L .

$$U_{RL}=U_B-U_{CEA}-U_{RE}=12V-5,4V-1,2V=5,4V$$

$$I_{RL}=I_{CA}=5mA$$

$$R_L=U_{RL}/I_{RL}=5,4V/5mA=1,080k\Omega$$

4. Berechnung des Basisstroms I_B mittels der Stromverstärkung B_A .

$$I_B=I_{CA}/B_A=5mA/300=16,67\mu A$$

5. Berechnung des Querstroms I_Q

$$I_Q=5I_{BA}=5 \times 16,67\mu A=83,35\mu A$$

6. Berechnung der Widerstände R_1 und R_2

$$U_{R1}=U_B-U_{BE}-U_{RE}=12V-0,7V-1,2V=10,1V$$

$$I_{R1}=I_Q+I_B=83,35\mu A+16,67\mu A=100,02\mu A$$

$$R_1=U_{R1}/I_{R1}=10,1V/100,02\mu A=100,980k\Omega$$

$$U_{R2}=U_{BE}+U_{RE}=0,7V+1,2V=1,9V$$

$$I_{R2}=I_Q=83,35\mu A$$

$$R_2=U_{R2}/I_{R2}=1,9V/83,35\mu A=22,80k\Omega$$

7. Bestimmung der Werte der Widerstände aus der E48-Reihe (siehe Tabelle 1).

$$R_E=240\Omega \quad \text{daraus folgt aus E48-Reihe} \quad R_E=240\Omega$$

$$R_L=1,08k\Omega \quad \text{daraus folgt aus E48-Reihe} \quad R_L=1,10k\Omega$$

$$R_1=100,98k\Omega \quad \text{daraus folgt aus E48-Reihe} \quad R_1=100k\Omega$$

$$R_2=22,8k\Omega \quad \text{daraus folgt aus E48-Reihe} \quad R_2=23k\Omega$$

Lösung: Aufgabe 2.4.3.

Entwurf von Volladdierschaltungen unter Zuhilfenahme verschiedener Arten von Gattern

1.1. Bestimmen Sie die Wertetabelle und daraus die logische Gleichung entsprechend der kanonisch disjunktiven Normalform.

\ddot{U}_{-1}	$E_{0,1}$	$E_{0,2}$	S_{0H}	\ddot{U}_{0H}	S_0	Mintherme	\ddot{U}_0	Mintherme
0	0	0	0	0	0		0	
0	0	1	1	0	1	$\neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2}$	0	
0	1	0	1	0	1	$\neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}$	0	
0	1	1	0	1	0		1	$\neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2}$
1	0	0	0	0	1	$\ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}$	0	
1	0	1	1	0	0		1	$\ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge E_{0,2}$
1	1	0	1	0	0		1	$\ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}$
1	1	1	0	1	1	$\ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2}$	1	$\ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2}$

Tabelle 1

$$S_0 = \neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}$$

$$\ddot{U}_0 = \neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \neg \ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge E_{0,2}$$

1.2. Entwerfen Sie die Schaltung streng entsprechend der kanonisch disjunktiven Normalform. Erlaubt sind AND, OR und NOT-Gatter.

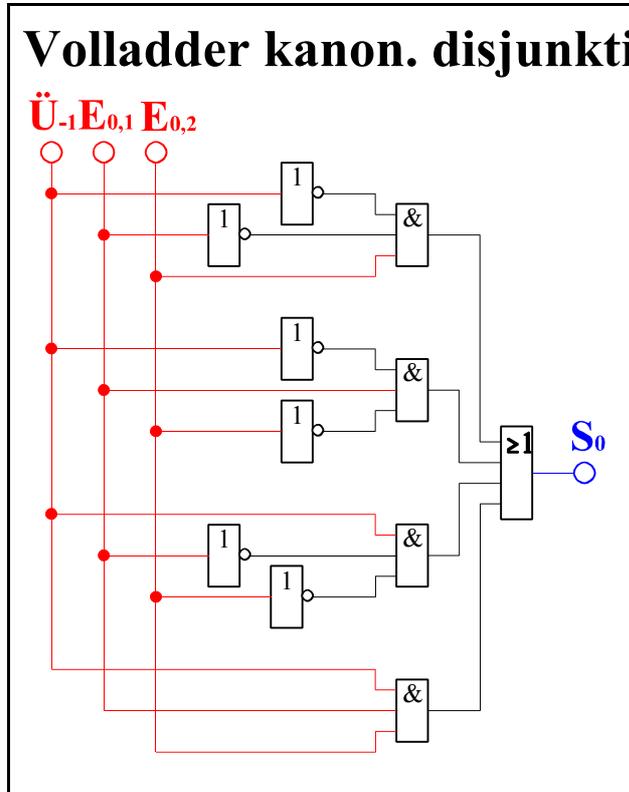


Abb. 14

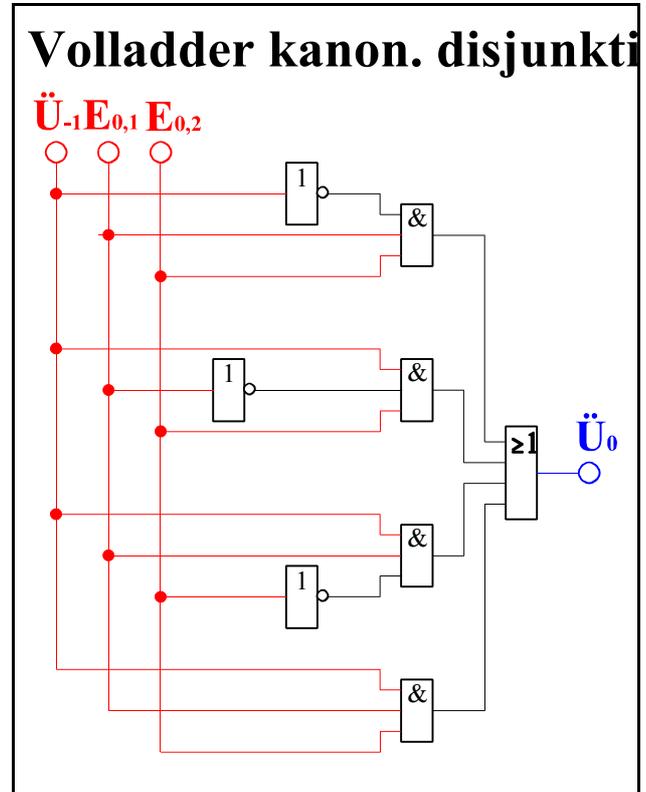


Abb. 15

$$S_0 = \neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}$$

$$\ddot{U}_0 = \neg \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \neg \ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge \neg E_{0,1} \wedge E_{0,2}$$

2.1. Vereinfachen Sie die Schaltung indem Sie den Volladder aus 2 Halbaddern zusammensetzen. Verwenden Sie für die Summenbildung der Halbadder XOR-Gatter. Für den Übertrag soll das Ergebnis des ersten Halbadder mitgenutzt werden.

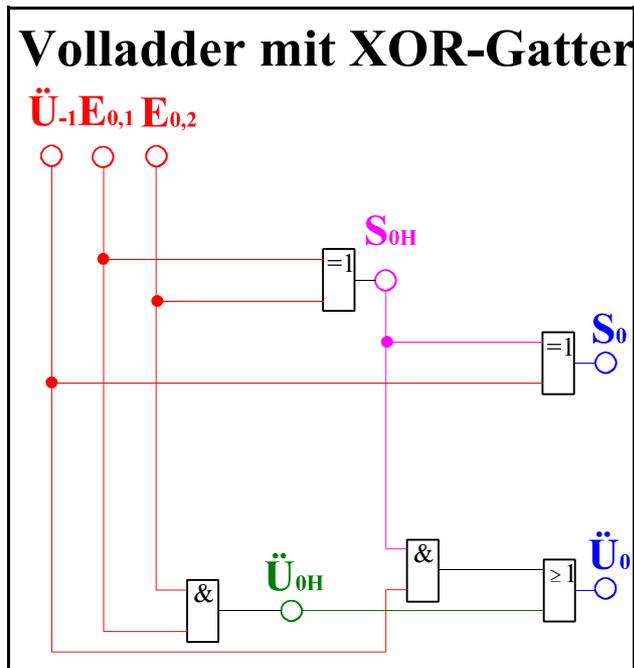


Abb. 16

$$S_{0H} = E_{0,1} \text{ XOR } E_{0,2}$$

$$S_0 = S_{0H} \text{ XOR } \ddot{U}_{-1} = (E_{0,1} \text{ XOR } E_{0,2}) \text{ XOR } \ddot{U}_{-1} = E_{0,1} \text{ XOR } E_{0,2} \text{ XOR } \ddot{U}_{-1}$$

$$\ddot{U}_0 = (E_{0,1} \wedge E_{0,2}) \vee (S_{0H} \wedge \ddot{U}_{-1}) = \ddot{U}_{0H} \vee (S_{0H} \wedge \ddot{U}_{-1})$$

2.2. Zeichnen Sie die unter 4.1. entwickelte Schaltung so um, daß die einzelnen XOR-Gatter jeweils durch 2 AND-, 1 OR- und 2 NOT-Gatter ersetzt werden, wobei die einzelnen Terme des XOR-Gatters mit OR zusammengefaßt werden. Für die Gatter sind maximal 2 Eingänge erlaubt.

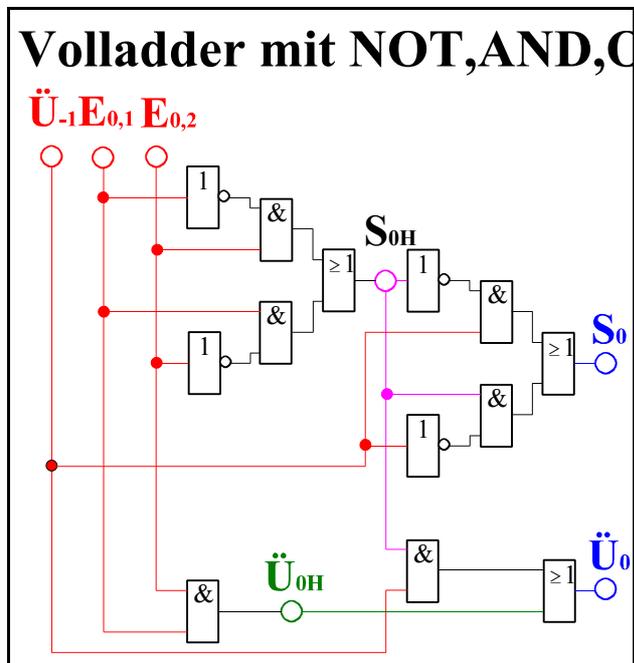


Abb. 17

$$S_{0H} = E_{0,1} \text{ XOR } E_{0,2} = (E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}) \vee (\neg E_{0,1} \wedge E_{0,2})$$

$$S_0 = S_{0H} \text{ XOR } \ddot{U}_{-1} = (E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}) \vee (\neg E_{0,1} \wedge E_{0,2}) \text{ XOR } \ddot{U}_{-1} \\ = [(E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2}) \vee (\neg E_{0,1} \wedge E_{0,2})] \wedge \neg \ddot{U}_{-1} \vee [(\neg E_{0,1} \wedge E_{0,2}) \vee (E_{0,1} \wedge \neg E_{0,2})] \wedge \ddot{U}_{-1}$$

$$\ddot{U}_0 = (E_{0,1} \wedge E_{0,2}) \vee (S_{0H} \wedge \ddot{U}_{-1}) = \ddot{U}_{0H} \vee (S_{0H} \wedge \ddot{U}_{-1})$$

3. Zeichnen Sie das Venn-Diagramm für die Summe S_0 und den Übertrag \ddot{U}_0 für die kanonisch disjunktive Normalform.

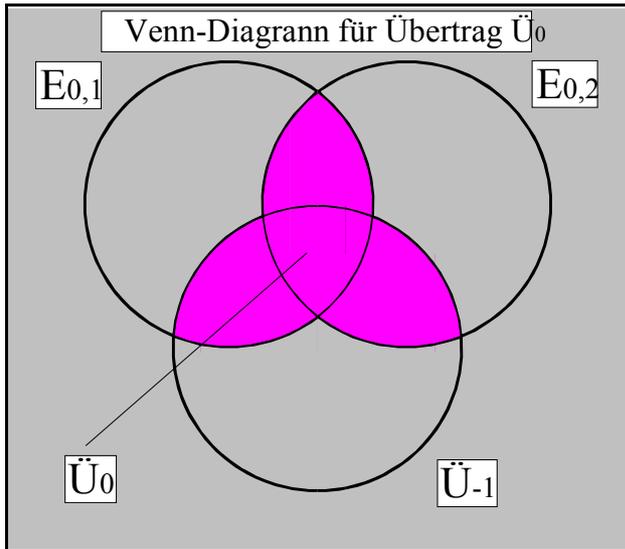


Abb. 18

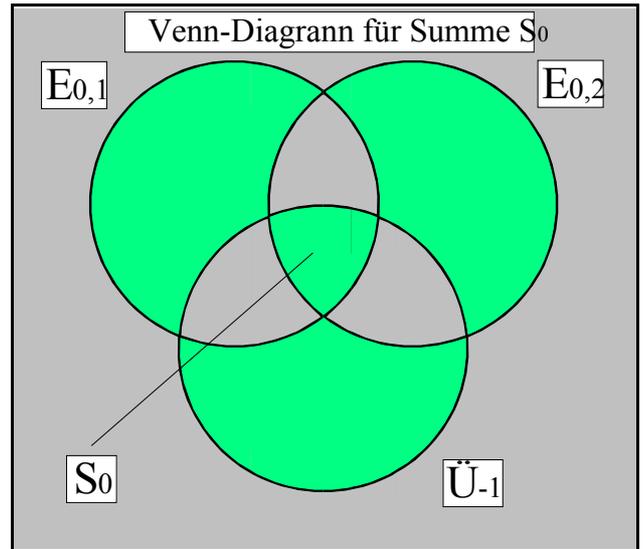


Abb. 19

$$S_0 = \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \bar{E}_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \bar{\ddot{U}}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2}$$

$$\ddot{U}_0 = \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge \bar{E}_{0,1} \wedge E_{0,2} \vee \ddot{U}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge \bar{E}_{0,2} \vee \bar{\ddot{U}}_{-1} \wedge E_{0,1} \wedge E_{0,2}$$

4.1. Bestimmen Sie die Wertetabelle und daraus die logische Gleichung entsprechend der kanonisch konjunktiven Normalform.

\ddot{U}_{-1}	$E_{0,1}$	$E_{0,2}$	S_{0H}	\ddot{U}_{0H}	S_0	Maxtherme	\ddot{U}_0	Maxtherme
0	0	0	0	0	0	$\ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee E_{0,2}$	0	$\ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee E_{0,2}$
0	0	1	1	0	1		0	$\ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee /E_{0,2}$
0	1	0	1	0	1		0	$\ddot{U}_{-1}\vee /E_{0,1}\vee E_{0,2}$
0	1	1	0	1	0	$\ddot{U}_{-1}\vee /E_{0,1}\vee /E_{0,2}$	1	
1	0	0	0	0	1		0	$/\ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee E_{0,2}$
1	0	1	1	0	0	$/\ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee /E_{0,2}$	1	
1	1	0	1	0	0	$/\ddot{U}_{-1}\vee /E_{0,1}\vee E_{0,2}$	1	
1	1	1	0	1	1		1	

Tabelle 2

$$S_0 = \ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee E_{0,2} \wedge \ddot{U}_{-1}\vee /E_{0,1}\vee /E_{0,2} \wedge / \ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee /E_{0,2} \wedge / \ddot{U}_{-1}\vee /E_{0,1}\vee E_{0,2}$$

$$\ddot{U}_0 = \ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee E_{0,2} \wedge \ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee /E_{0,2} \wedge \ddot{U}_{-1}\vee /E_{0,1}\vee E_{0,2} \wedge / \ddot{U}_{-1}\vee E_{0,1}\vee E_{0,2}$$

4.2. Entwerfen Sie die Schaltung streng entsprechend der kanonisch konjunktiven Normalform. Erlaubt sind AND, OR und NOT-Gatter.

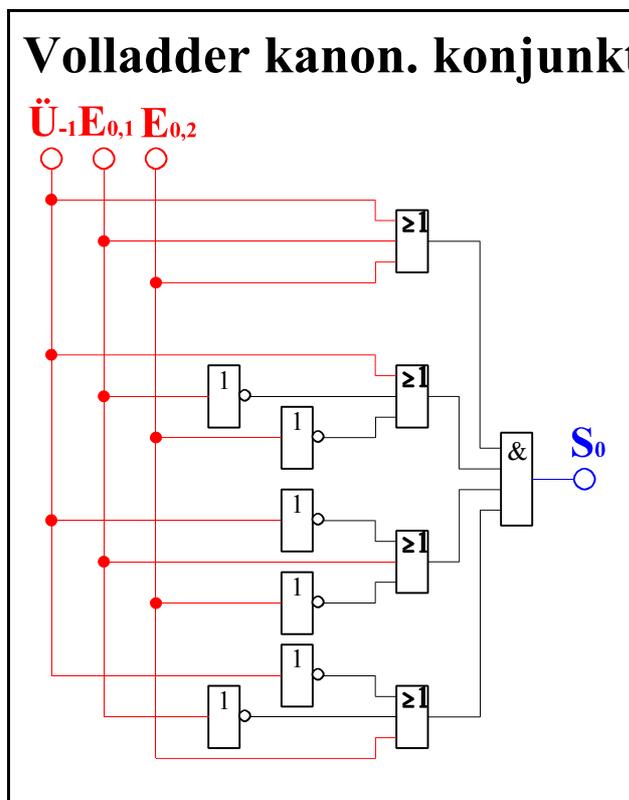


Abb. 20

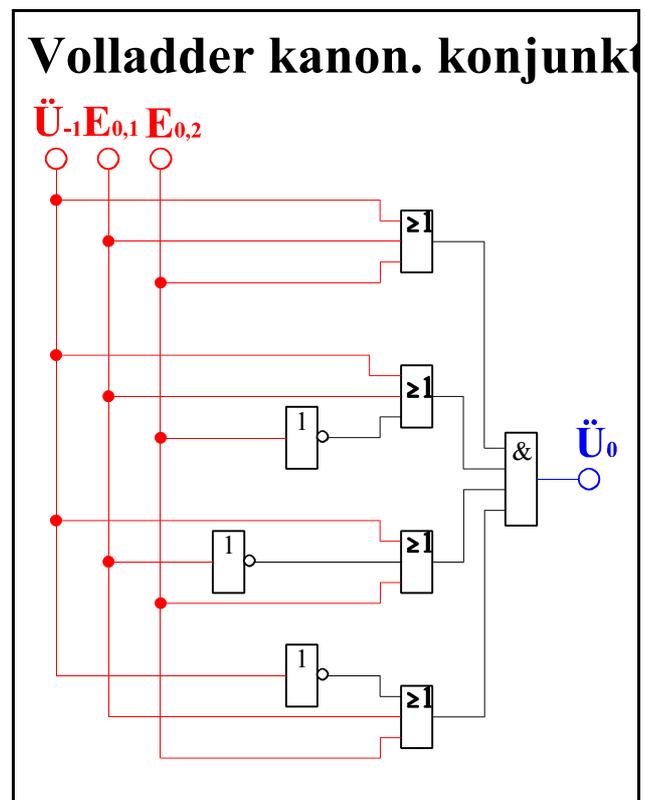


Abb. 21