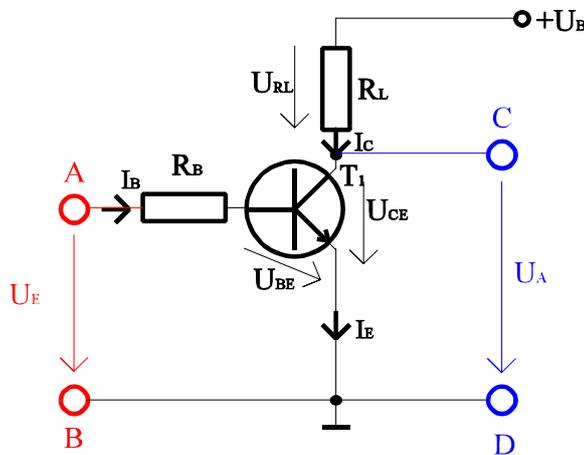


Abt. Technische Informatik
Dr. Hans-Joachim Lieske

Aufgaben zum Seminar Technische Informatik

Aufgabe 2.5.1. - Berechnung einer Transistorinverterschaltung

Gegeben ist folgende Schaltung:



Werte:

$$U_B = 5V \quad I_{CH} = 65mA$$

$$U_{EH} = 5V \quad U_{BEH} = 0,7V$$

$$U_{EL} = 0V$$

Der Strom $I_{CH}=65mA$ bezieht sich auf $U_{EH}=5V$.
Beachten Sie bei der Bestimmung der Spannungen und Ströme die verbotenen Bereiche im Kennlinienfeld des Transistors!

Abb. 1

Bei der Ansteuerung des Transistors mit der High-Eingangsspannung U_{EH} soll der Transistor voll leitend werden. Das heißt, die Kollektor-Emitterspannung hat bei dem vorgegebenen Kollektorstrom I_{CH} das Minimum.

Bei der Ansteuerung mit der Low-Eingangsspannung U_{EL} soll der Transistor nichtleitend werden. Das heißt, es fließt kein Basisstrom und durch den Kollektor fließt nur der Kollektorreststrom I_{C0} .

Aufgabe:

Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

- Bestimmen Sie für den maximal leitenden Transistor mit vorgegebenen I_{CH} die minimal mögliche Ausgangsspannung $U_{AH}=U_{CEH}$.
- Bestimmen Sie den minimal notwendigen Basisstrom I_{BH} der zur Erreichung von U_{CEH} und I_{CH} benötigt wird.
- Berechnen Sie die Stromverstärkung B_H für diesen Fall. Dabei ist der Kollektorreststrom $[I_C(I_B=0)]$ zu vernachlässigen.
- Zeichnen Sie aus den Werten U_{CEH} , I_{CH} und U_B die Widerstandsgerade und bestimmen Sie den Wert von R_L .
- Bestimmen Sie die Werte U_{CEL} und I_{CL} für den nichtleitenden Transistor. Dabei ist $U_{CEL} \neq U_B$ und $I_{CL} \neq 0!$
- Bestimmen Sie unter Zuhilfenahme der Werte U_{EH} , U_{BEH} und I_{BH} den Widerstand R_B .
- Bestimmen Sie für U_{CEH} , U_{CEL} , und $U_{CE1}=U_B/2$ die durch den Transistor verbrauchte Verlustleistung $P_V=U_{CE}I_C$. Was kann man aus den Ergebnissen schlußfolgern.
- Was passiert mit U_{CE} und I_C wenn man den Strom I_B über den Wert I_{BH} erhöht.
- Bestimmen Sie die Werte der Widerstände aus der E24-Reihe.
Es sind die Werte zu nehmen die dem Normwert am nächsten sind.
- Bestimmen Sie die Stromverstärkung für $U_{CE}=1V$, $U_{CE}=6V$ und $I_B=300\mu A$. Wie verhält sich die Stromverstärkung bei steigender Kollektor-Emitterspannung und warum (math. Betrachtung).
Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

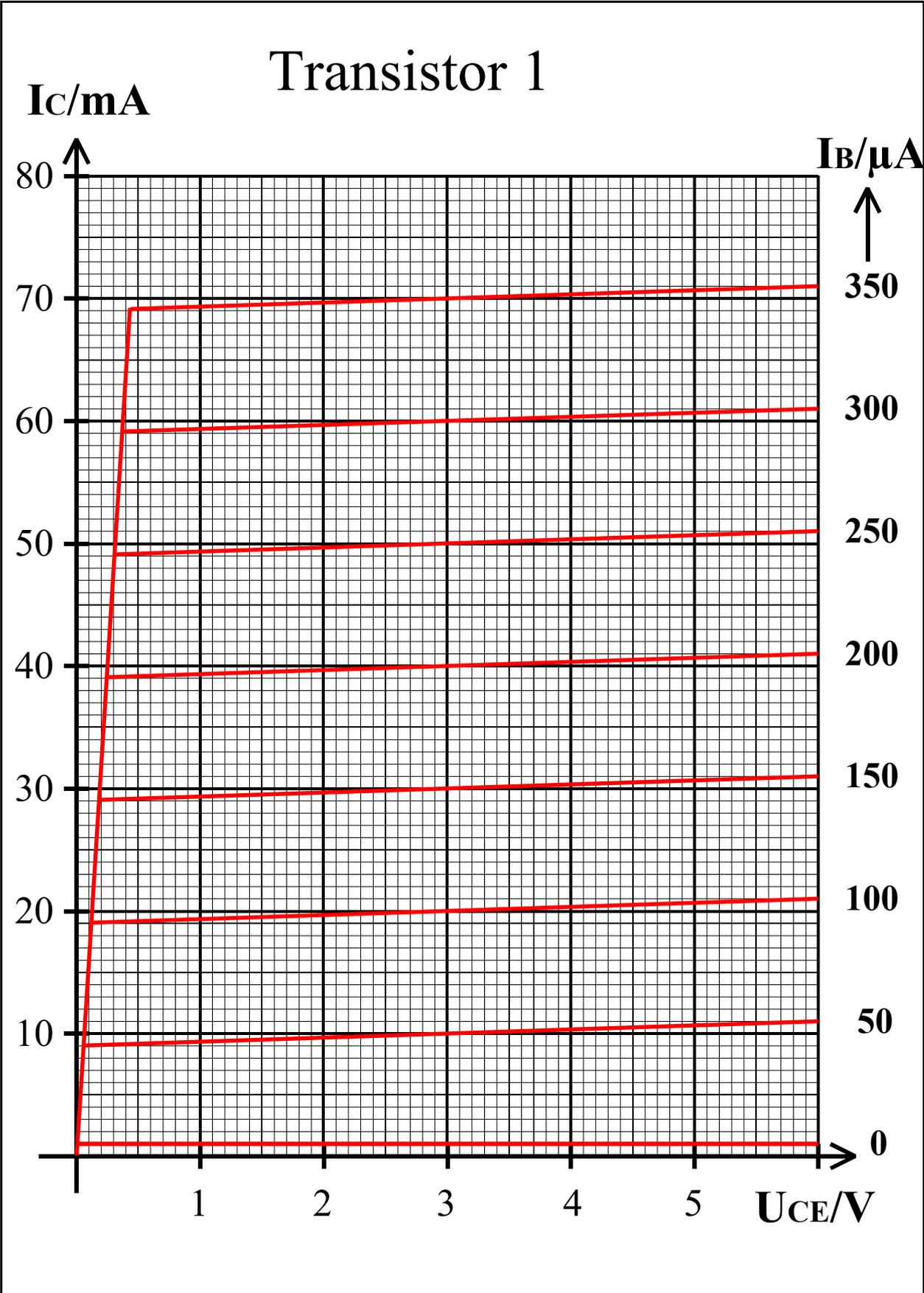


Abb. 2

Reihen von Normwerten für elektrische Bauelemente							
E6	E12	E24	E48	E6	E12	E24	E48
$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 2\%$	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 2\%$
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: 2,55T Ω ; 255 μ F; 25,5mH; 2,55S

Tabelle 1

Aufgabe 2.5.2. - Addition und Subtraktion mittels eines binären 4 Bit Addierwerkes

Gegeben ist folgende Schaltung:

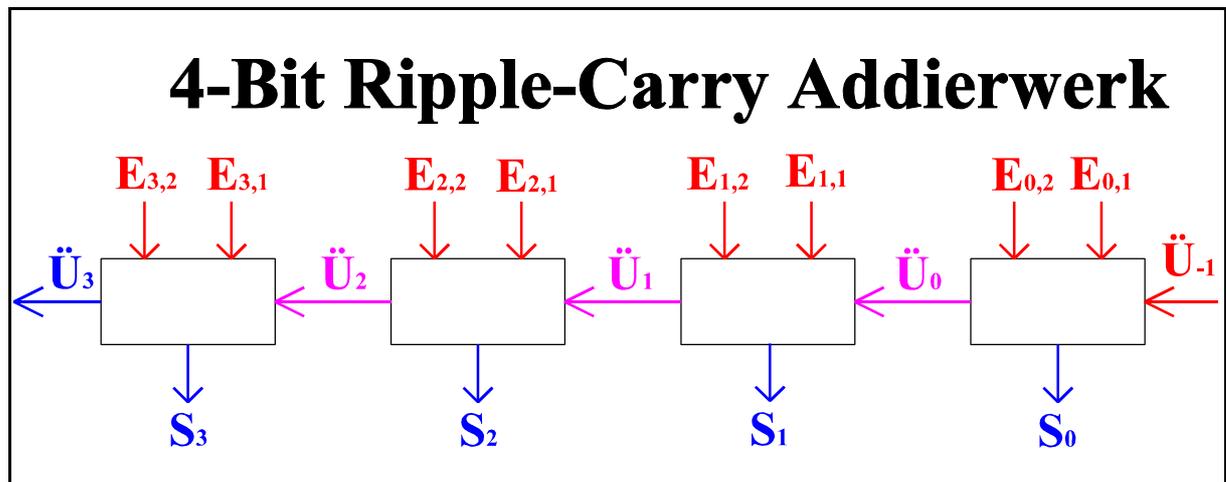


Abb. 3

Zeigen Sie die Addition und Subtraktion von Zahlen entsprechend Tafel 1 und Tafel 2:

1. für $13+11=24$
2. für $3-7=-4$
3. für $-2+(-4)=-6$

Betrag und Zweierkomplement sind nur zu bilden, wenn negative Zahlen vorhanden sind. Der Übertrag \ddot{U}_3 ist nur zu berücksichtigen, wenn er einen sinnvollen Beitrag liefert. Tafel 2 zeigt, was tatsächlich an dem Schaltkreis passiert.

Operation: $7+4=11$	dezimal	hexadezimal	binär
1.Summand Zahl	7	07H	0111B
Betrag Zweierkomplement			
2.Summand Zahl	4	04H	0100B
Betrag Zweierkomplement			
1. Summand	7	07H	0111B
2. Summand	4	04H	0100B
Ergebnis	11	0BH	1011B
Ergebnis Betrag Zweierkomplement Zahl	11	0BH	1011B

Tafel 3

$$\begin{aligned}
 (E_{3,1}, E_{2,1}, E_{1,1}, E_{0,1}) &= (0, 1, 1, 1) \\
 (E_{3,2}, E_{2,2}, E_{1,2}, E_{0,2}) &= (0, 1, 0, 0) \\
 (S_3, S_2, S_1, S_0) &= (1, 0, 1, 1) \\
 (\ddot{U}_3, \ddot{U}_2, \ddot{U}_1, \ddot{U}_0) &= (0, 1, 0, 0)
 \end{aligned}$$

Tafel 4

Und noch ein Beispiel für $8-5=3$:

Operation: 8-5=3	dezimal	hexadezimal	binär
1. Summand			
Zahl	8	08H	1000B
Betrag			
Zweierkomplement			
2. Summand			
Zahl	-5	-05H	-0101B
Betrag	5	05H	0101B
Zweierkomplement	11	0BH	1011B
1. Summand	8	08H	1000B
2. Summand	11	0BH	1011B
Ergebnis	19 = 16 + 3	1 3H	1 0011B
Ergebnis			
Betrag			
Zweierkomplement			
Zahl	3	03H	0011B

Tafel 5

$$\begin{aligned}
 (E_{3,1}, E_{2,1}, E_{1,1}, E_{0,1}) &= (1, 0, 0, 0) \\
 (E_{3,2}, E_{2,2}, E_{1,2}, E_{0,2}) &= (1, 0, 1, 1) \\
 (S_3, S_2, S_1, S_0) &= (0, 0, 1, 1) \\
 (\ddot{U}_3, \ddot{U}_2, \ddot{U}_1, \ddot{U}_0) &= (1, 0, 0, 0)
 \end{aligned}$$

Tafel 6

Operation:	dezimal	hexadezimal	binär
1.Summand Zahl Betrag Zweierkomplement			
2.Summand Zahl Betrag Zweierkomplement			
1. Summand			
2. Summand			
Ergebnis			
Ergebnis Betrag Zweierkomplement Zahl			

Tafel 7

$$\begin{aligned}
 (E_{3,1}, E_{2,1}, E_{1,1}, E_{0,1}) &= (\quad , \quad , \quad , \quad) \\
 (E_{3,2}, E_{2,2}, E_{1,2}, E_{0,2}) &= (\quad , \quad , \quad , \quad) \\
 (S_3, S_2, S_1, S_0) &= (\quad , \quad , \quad , \quad) \\
 (\ddot{U}_3, \ddot{U}_2, \ddot{U}_1, \ddot{U}_0) &= (\quad , \quad , \quad , \quad)
 \end{aligned}$$

Tafel 8

Aufgabe 2.5.3. - logische Gleichungen von Venn-Diagrammen

Aufgabe:

Ermitteln Sie die kanonisch disjunktive Normalform folgender Venn-Diagramme.
Versuchen Sie eine optimierte logische Gleichung zu finden.

1. für das Venn-Diagramm 1
2. für das Venn-Diagramm 2
3. für das Venn-Diagramm 3

Die roten- bzw. dunklen Flächen entsprechen den logischen Funktionen.

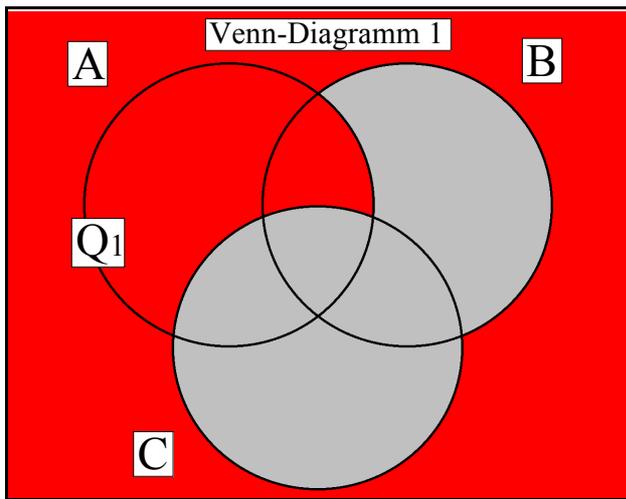


Abb. 4

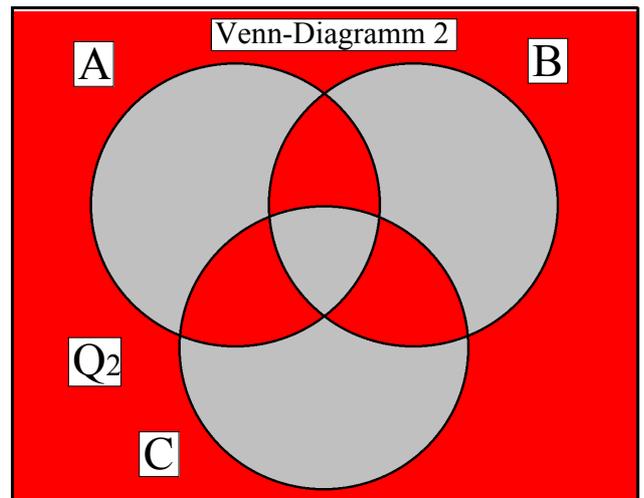


Abb. 5

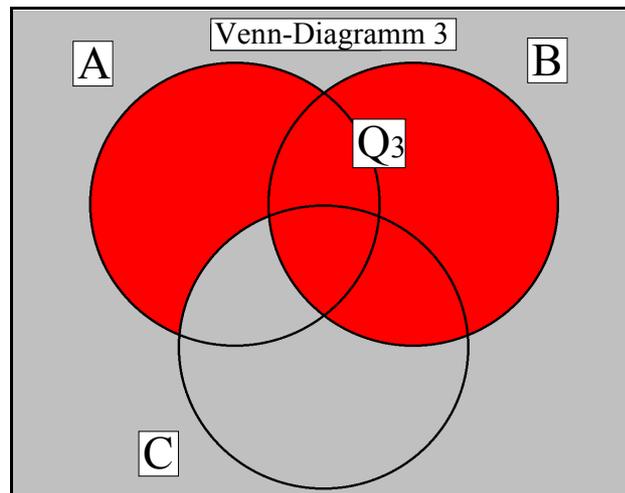


Abb. 6

Aufgabe 2.5.4. - Venn-Diagramme von logischen Gleichungen

Aufgabe:

Ermitteln Sie die kanonisch disjunktive Normalform und die Venn Diagramme folgender logischer Gleichungen

1. $Q_1 = \neg(A \text{ XOR } B \text{ XOR } C)$

2. $Q_2 = \neg(A \vee B \vee C) \vee (C \wedge A)$

3. $Q_3 = \neg(A \wedge C) \vee B$

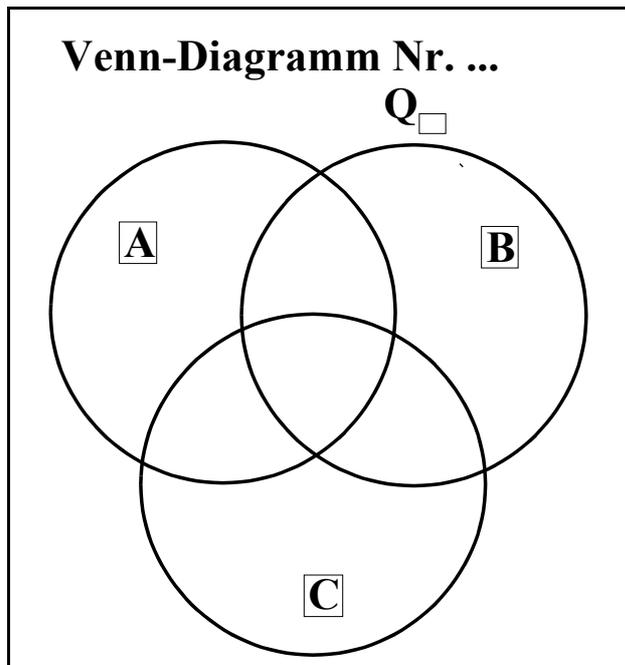


Abb. 7

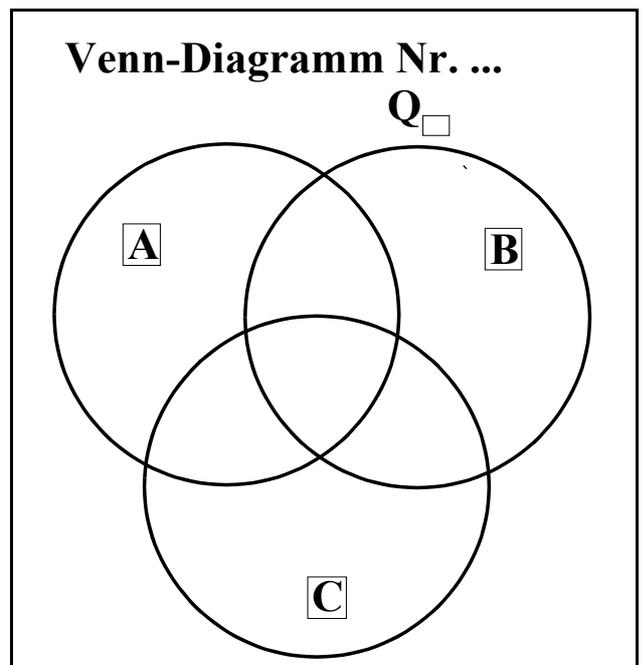


Abb. 8

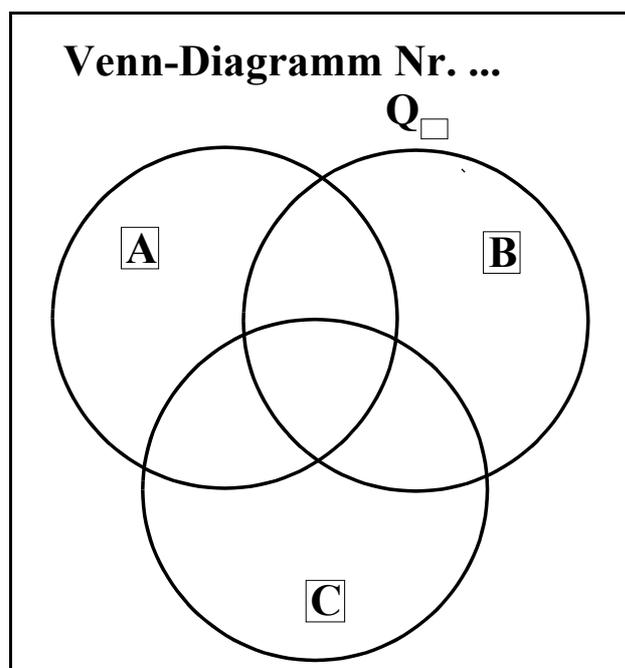


Abb. 9

Lösung: Aufgabe 2.5.1.

Berechnung einer Transistorinverterschaltung

Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

1. Bestimmung der minimalen Ausgangsspannung $U_{AH}=U_{CEH}$ für $I_{CH}=65\text{mA}$

$$U_{AH}=U_{CEH}=\mathbf{0,4V}$$

2. Bestimmung des minimalen Basisstroms I_{BH} für U_{CEH} und I_{CH} .

$$I_{BH}=\mathbf{330\mu A}$$

3. Berechnen Sie die Stromverstärkung B_H für diesen Fall. Dabei ist der Kollektorreststrom $[I_C(I_B=0)]$ zu vernachlässigen.

$$B_H=I_{CH}/I_{BH}=65\text{mA}/330\mu\text{A}=196,969=\mathbf{197}$$

4. Bestimmung der Widerstandsgeraden und Berechnung des Wertes von R_L .

Widerstandsgerade: 1. Punkt: $U_B=5V$ und $I=0\text{mA}$

2. Punkt: $U_{CEH}=0,4V$ und $I_{CH}=65\text{mA}$

$$R_L=(U_B-U_{CEH})/I_{CH}=(5V-0,4V)/65\text{mA}=4,6V/65\text{mA}=70,769\approx\mathbf{70,77\Omega}$$

5. Bestimmung der Werte U_{CEL} und I_{CL} für den nichtleitenden Transistor.

$$U_{CEL}=\mathbf{4,92V}$$

$$I_{CL}=\mathbf{1\text{mA}} \quad (=I_{C0})$$

6. Berechnung des Widerstandes R_B .

$$R_B=(U_{EH}-U_{BEH})/I_{BH}=(5V-0,7V)/330\mu\text{A}=4,3V/330\mu\text{A}=\mathbf{13,030\text{k}\Omega}$$

7. Bestimmung der Verlustleistung für U_{CEH} , U_{CEL} , und $U_{CEI}=U_B/2$.

$$U_{CEL}=4,92V \quad I_{CL}=1\text{mA}$$

$$P_{VL}(U_{CEL})=U_{CEL} \times I_{CL}=4,92V \times 1\text{mA}=\mathbf{4,92\text{mW}}$$

$$U_{CEI}=U_B/2=2,5V \quad I_{CI}=35\text{mA}$$

$$P_{VI}(U_{CEI})=U_{CEI} \times I_{CI}=2,5V \times 35\text{mA}=\mathbf{87,5\text{mW}}$$

$$U_{CEH}=0,4V \quad I_{CH}=65\text{mA}$$

$$P_{VH}(U_{CEH})=U_{CEH} \times I_{CH}=0,4V \times 65\text{mA}=\mathbf{26\text{mW}}$$

Schlußfolgerung: Die Verlustleistung hat bei high- und low-Pegel ein Minimum. Dazwischen steigt die Verlustleistung wesentlich an

8. Was passiert mit U_{CE} und I_C wenn man den Strom I_B über den Wert I_{BH} erhöht.

Da der Maximalwert von I_C und damit der Minimalwert von U_{CE} durch den Schnittpunkt der R_L -Geraden festgelegt ist, kann man zwar den Basisstrom bis zur Zerstörung des Transistors erhöhen, beide Werte verändern sich jedoch nicht. Dies beruht auf der Tatsache, daß man den Strom durch die in Durchlaßrichtung geschaltete Basis-Emitter-Diode weiterhin erhöhen kann, der Strom durch die Basis-Kollektor-Diode jedoch durch den Vorwiderstand R_L begrenzt wird.

9. Bestimmen Sie die Werte der Widerstände aus der E24-Reihe.

$$R_L = 70,77\Omega \quad \text{daraus folgt aus E24-Reihe} \quad R_L = \mathbf{68\Omega}$$

$$R_B = 13,03k\Omega \quad \text{daraus folgt aus E24-Reihe} \quad R_B = \mathbf{13k\Omega}$$

10. Bestimmen Sie die Stromverstärkung für $U_{CE1}=1V$, $U_{CE2}=6V$ und $I_B=300\mu A$. Wie verhält sich die Stromverstärkung bei steigender Kollektor-Emitterspannung und warum (math. Betrachtung).

$$U_{CE1}=1V, I_{C1}=59,4mA, I_{B1}=300\mu A$$

$$B_2(U_{CE2}, I_{B2})=I_{C2}/I_{B2}=59,4mA/300\mu A=\mathbf{198}$$

$$U_{CE2}=6V, I_{C2}=61,0mA, I_{B2}=300\mu A$$

$$B_2(U_{CE2}, I_{B2})=I_{C2}/I_{B2}=61mA/300\mu A=\mathbf{203,33}$$

Für eine konstante Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} ist für unser einfaches Kennlinienmodell die Stromverstärkung B über alle Werte von I_C gleich. Eine Ausnahme bildet lediglich die Reststromkennlinie. Aufgrund der steigenden Kennlinien im rechten Bereich des Kennlinienfeldes erhöht sich die Stromverstärkung mit der Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} . Bei der realen Kennlinie des Bipolartransistors vergrößert sich mit steigendem Kollektorstrom (bzw. Basisstrom) die Steilheit der Kennlinie und es vergrößert sich der Abstand zwischen den einzelnen Kennlinien.

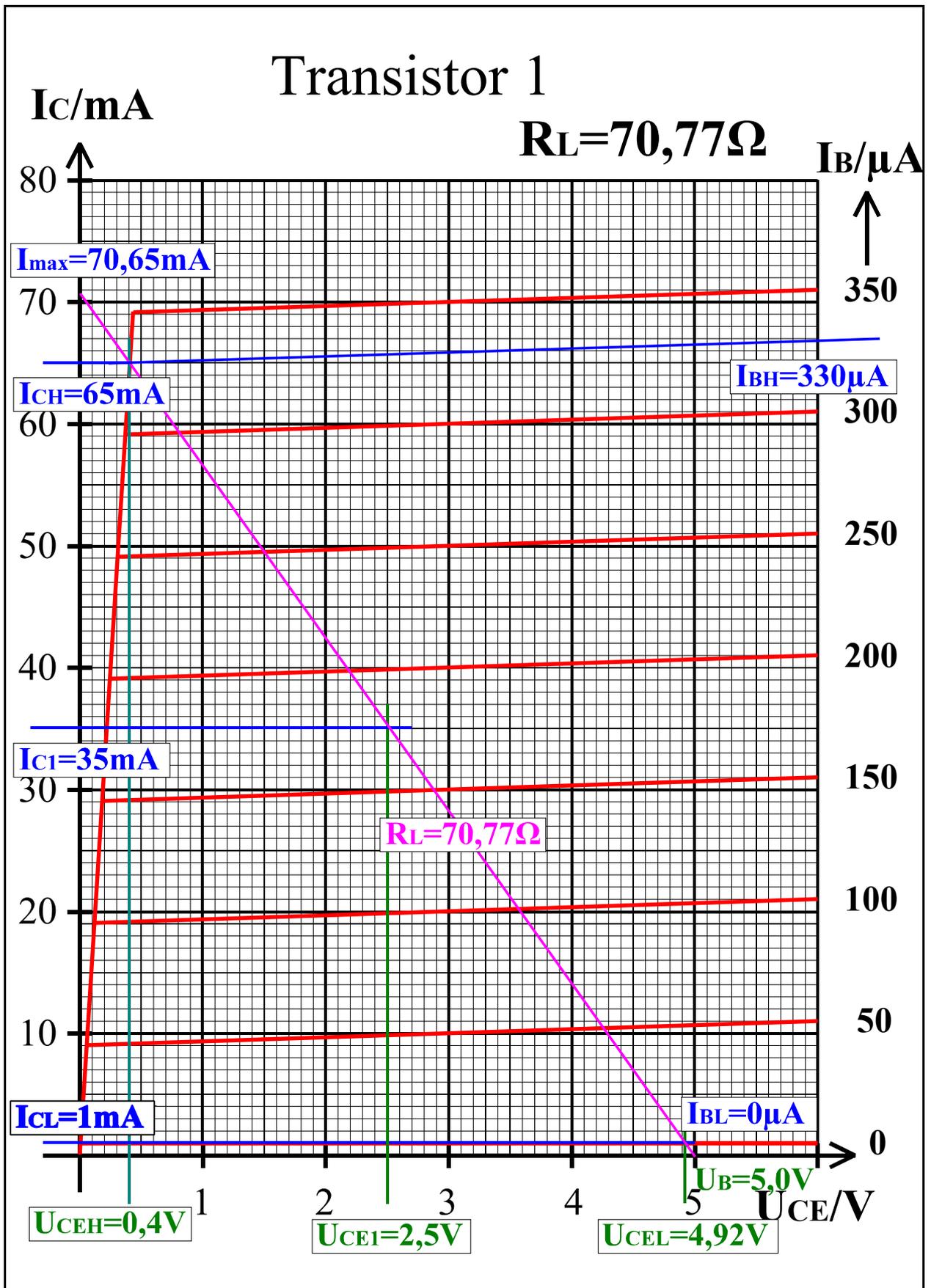


Abb. 10

Transistor 1

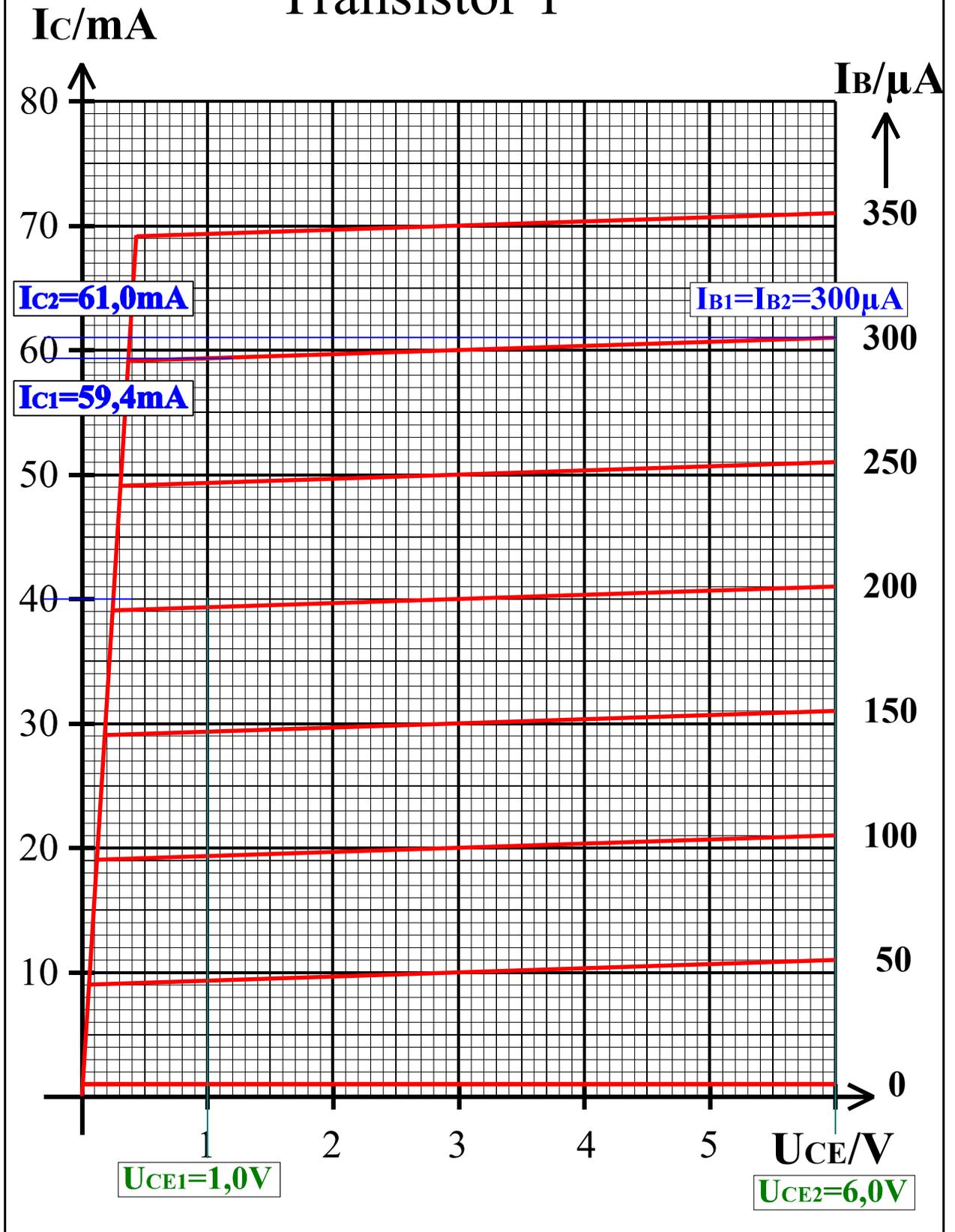


Abb. 11

Lösung: Aufgabe 2.5.2.

Addition und Subtraktion mittels eines binären 4 Bit Addierwerkes

1. Operation: $13+11=24$

Operation: $13+11=24$	dezimal	hexadezimal	binär
1. Summand Zahl	13	0DH	1101B
Betrag Zweierkomplement			
2. Summand Zahl	11	0BH	1011B
Betrag Zweierkomplement			
1. Summand	13	0DH	1101B
2. Summand	11	0BH	1011B
Ergebnis	16 +8	1 8H	1 1000B
Ergebnis Betrag Zweierkomplement Zahl	24=16 +8	1 8H	1 1000B

Tafel 9

$$\begin{aligned}
 (E_{3,1}, E_{2,1}, E_{1,1}, E_{0,1}) &= (1, 1, 0, 1) \\
 (E_{3,2}, E_{2,2}, E_{1,2}, E_{0,2}) &= (1, 0, 1, 1) \\
 (S_3, S_2, S_1, S_0) &= (1, 0, 0, 0) \\
 (\ddot{U}_3, \ddot{U}_2, \ddot{U}_1, \ddot{U}_0) &= (1, 1, 1, 1)
 \end{aligned}$$

Tafel 10

2. Operation: $3-7=-4$

Operation: $3-7=-4$	dezimal	hexadezimal	binär

1. Summand			
Zahl	3	3H	0011B
Betrag			
Zweierkomplement			
2. Summand			
Zahl	-7	-07H	-0111B
Betrag	7	07H	0111B
Zweierkomplement	9	09H	1001B

1. Summand	3	3H	0011B
2. Summand	9	9H	1001B

Ergebnis	12	CH	1100B

Ergebnis			
Betrag	12	CH	1100B
Zweierkomplement	4	4H	0100B
Zahl	-4	-4H	-0100B

Tafel 11

$$\begin{aligned}
 (E_{3,1}, E_{2,1}, E_{1,1}, E_{0,1}) &= (0, 0, 1, 1) \\
 (E_{3,2}, E_{2,2}, E_{1,2}, E_{0,2}) &= (1, 0, 0, 1) \\
 (S_3, S_2, S_1, S_0) &= (1, 1, 0, 0) \\
 (\ddot{U}_3, \ddot{U}_2, \ddot{U}_1, \ddot{U}_0) &= (0, 0, 1, 1)
 \end{aligned}$$

Tafel 12

3. Operation: $-2+(-4)=-6$

Operation: $-2-4=-6$	dezimal	hexadezimal	binär
<hr/>			
1. Summand			
Zahl	-2	-2H	-0010B
Betrag	2	2H	0010B
Zweierkomplement	14	EH	1110B
2. Summand			
Zahl	-4	-4H	-0100B
Betrag	4	4H	0100B
Zweierkomplement	12	0CH	1100B
<hr/>			
1. Summand	14	EH	1110B
2. Summand	12	0CH	1100B
<hr/>			
Ergebnis	16 +10	1 AH	1 1010B
<hr/>			
Ergebnis			
Betrag	10	AH	1010B
Zweierkomplement	6	06H	0110B
Zahl	-6	-06H	-0110B

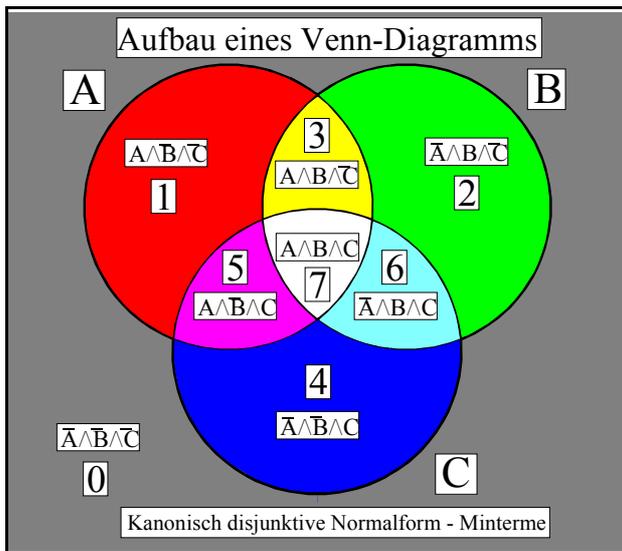
Tafel 13

$$\begin{aligned}
 (E_{3,1}, E_{2,1}, E_{1,1}, E_{0,1}) &= (1, 1, 1, 0) \\
 (E_{3,2}, E_{2,2}, E_{1,2}, E_{0,2}) &= (1, 1, 0, 0) \\
 (S_3, S_2, S_1, S_0) &= (1, 0, 1, 0) \\
 (\ddot{U}_3, \ddot{U}_2, \ddot{U}_1, \ddot{U}_0) &= (1, 1, 0, 0)
 \end{aligned}$$

Tafel 14

Lösung: Aufgabe 2.5.3.

logische Gleichungen von Venn-Diagrammen



Bei der Zuordnung von $A=2^0$, $B=2^1$ und $C=2^2$ ergeben sich im Venn-Diagramm folgende Zahlen.

0,1,2,3,4,5,6,7

$$Q = \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee \neg A \wedge B \wedge \neg C \vee A \wedge B \wedge \neg C \vee \neg A \wedge \neg B \wedge C \vee A \wedge \neg B \wedge C \vee \neg A \wedge B \wedge C \vee A \wedge B \wedge C$$

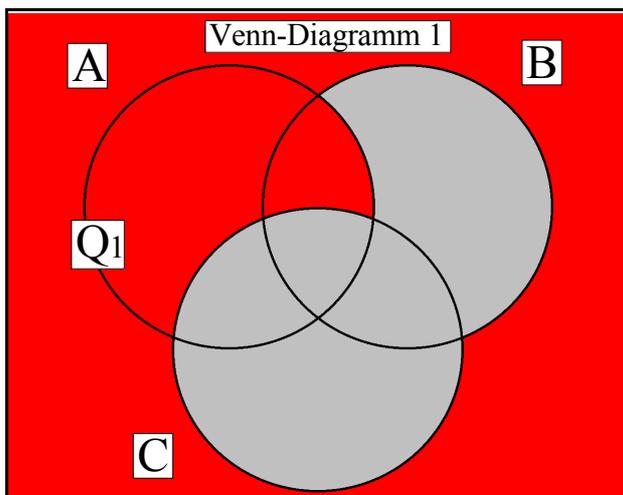
Abb. 12

1. Bestimmung der kanonisch disjunktiven Normalform und der optimierten logischen Gleichung für das 1. Venn-Diagramm

$$Q_1 = \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee A \wedge B \wedge \neg C$$

$$= A \wedge \neg C \vee \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C$$

$$= \neg C \wedge (A \vee \neg B)$$



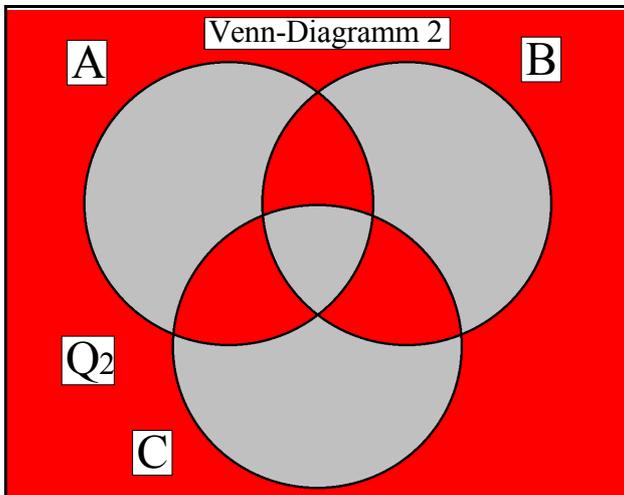
0,1,3

Abb. 13

2. Bestimmung der kanonisch disjunktiven Normalform und der optimierten logischen Gleichung für das 2. Venn-Diagramm

$$Q_2 = \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee A \wedge B \wedge \neg C \vee A \wedge \neg B \wedge C \vee \neg A \wedge B \wedge C$$

$$= \neg (A \text{ XOR } B \text{ XOR } C)$$



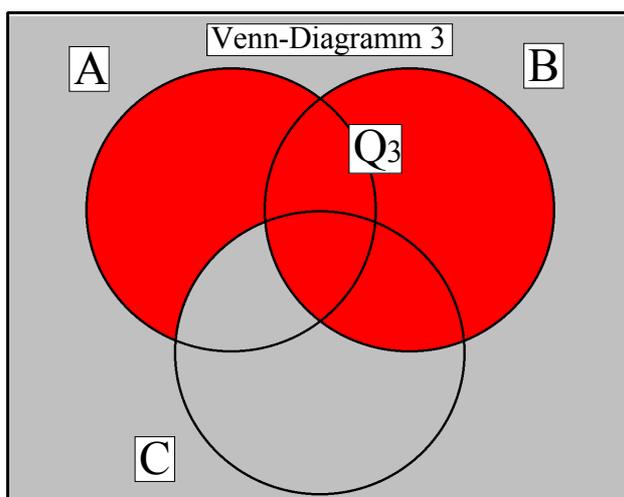
0,3,5,6

Abb. 14

3. Bestimmung der kanonisch disjunktiven Normalform und der optimierten logischen Gleichung für das 3. Venn-Diagramm

$$Q_3 = A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee \neg A \wedge B \wedge \neg C \vee A \wedge B \wedge \neg C \vee \neg A \wedge B \wedge C \vee A \wedge B \wedge C$$

$$= B \vee A \wedge \neg C$$



1,2,3,6,7

Abb. 15

Lösung: Aufgabe 2.5.4.

Venn-Diagramme von logischen Gleichungen

1. Bestimmung der kanonisch disjunktiven Normalform und des Venn-Diagramms der 1. logischen Gleichung

$$Q_1 = \neg(A \text{ XOR } B \text{ XOR } C)$$

$$= \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee A \wedge B \wedge \neg C \vee A \wedge \neg B \wedge C \vee \neg A \wedge B \wedge C$$

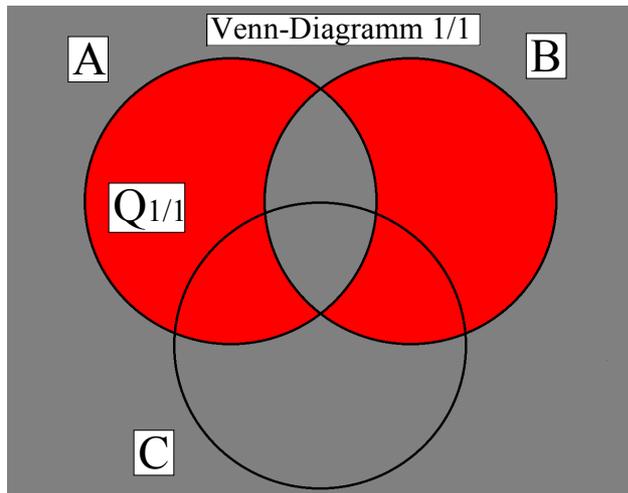


Abb. 17 $Q_{1/1} = (A \text{ XOR } B)$

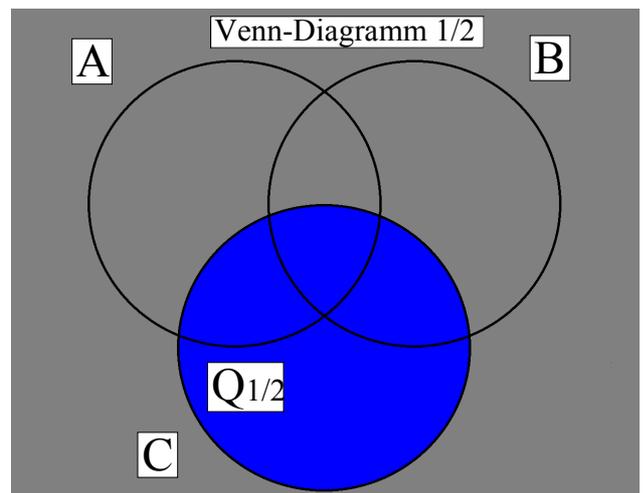


Abb. 16 $Q_{1/2} = B$

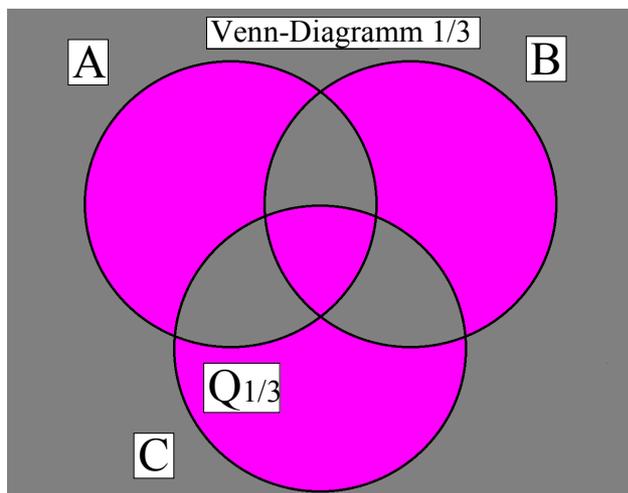


Abb. 18 $Q_{1/3} = (A \text{ XOR } B \text{ XOR } C)$

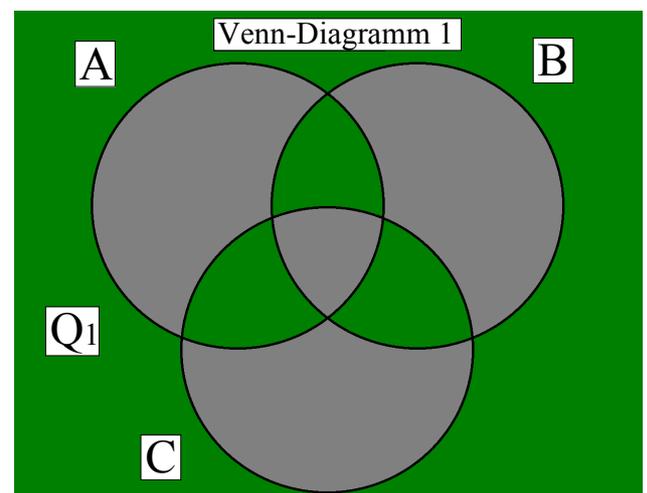


Abb. 19 $Q_1 = \neg(A \text{ XOR } B \text{ XOR } C)$

0,3,5,6

2. Bestimmung der kanonisch disjunktiven Normalform und des Venn-Diagramms der 2. logischen Gleichung

$$Q_2 = \neg(A \vee B \vee C) \vee (C \wedge A)$$

$$= \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee A \wedge \neg B \wedge C \vee A \wedge B \wedge C$$

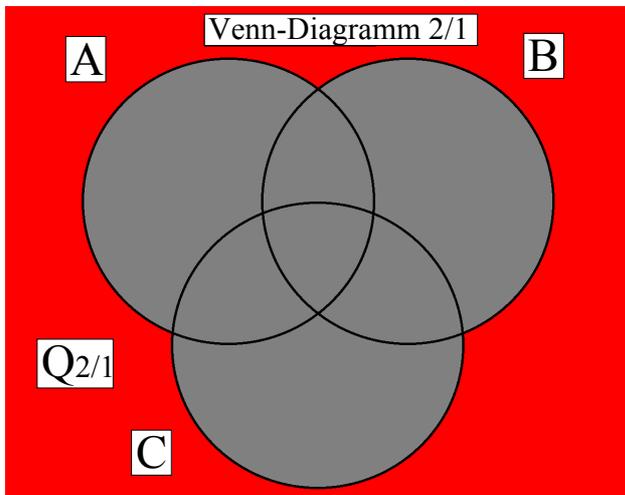


Abb. 20 $Q_{2/1} = \neg(A \vee B \vee C)$

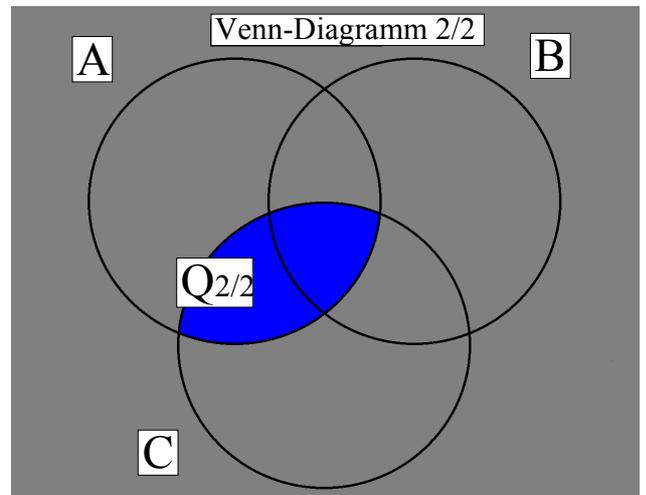
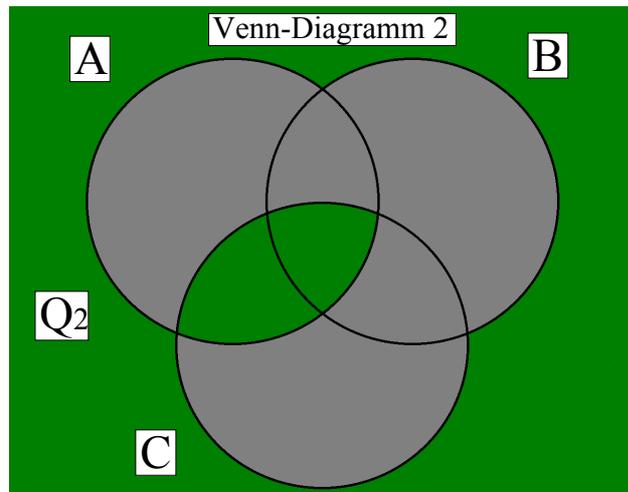


Abb. 21 $Q_{2/2} = (C \wedge A)$



0,5,7

Abb. 22 $Q_2 = \neg(A \vee B \vee C) \vee (C \wedge A)$

3. Bestimmung der kanonisch disjunktiven Normalform und des Venn-Diagramms der 3. logischen Gleichung

$$Q_3 = \neg(A \wedge C) \vee B$$

$$= \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee A \wedge \neg B \wedge \neg C \vee \neg A \wedge B \wedge \neg C \vee A \wedge B \wedge \neg C \vee \neg A \wedge \neg B \wedge C \vee \neg A \wedge B \wedge C \vee A \wedge B \wedge C$$

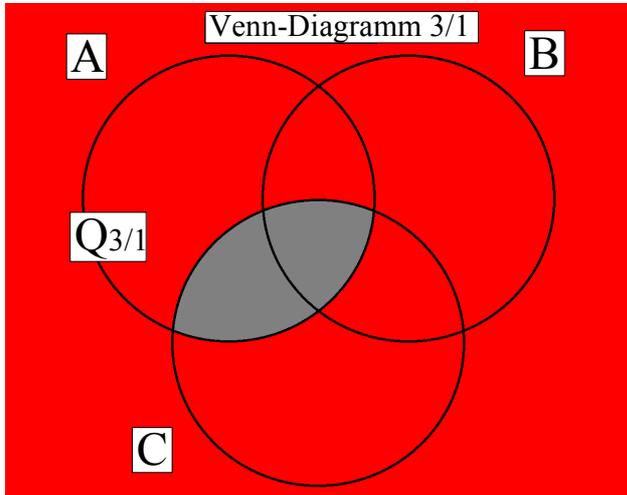


Abb. 23 $Q_{3/1} = \neg(A \wedge C)$

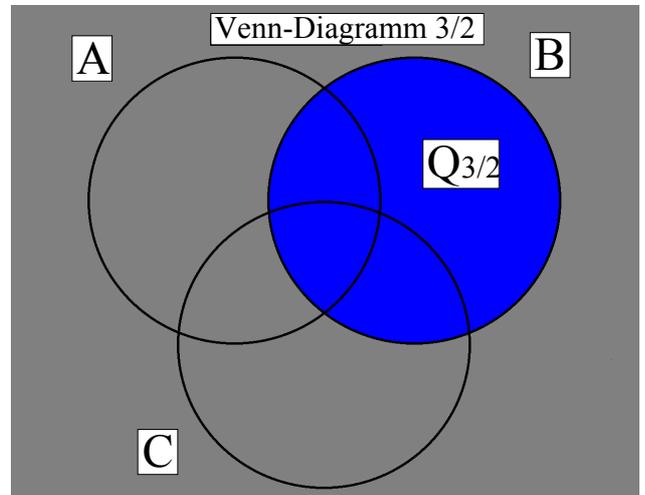
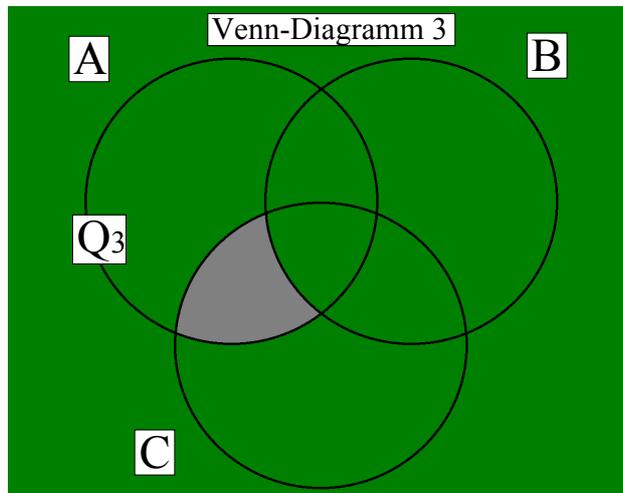


Abb. 24 $Q_{3/2} = B$



0,1,2,3,4,6,7

Abb. 25 $Q_3 = \neg(A \wedge C) \vee B$