

Seminaraufgaben

1.Semester - Wintersemester 1998/99

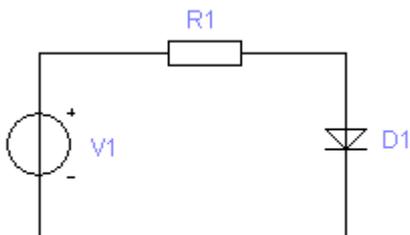
Abt. Technische Informatik
 Gerätebeauftragter
 Dr. rer.nat. Hans-Joachim Lieske
 Tel.: [49]-0341-97 32213
 Zimmer: HG 05-22
 e-mail: lieske@informatik.uni-leipzig.de

Aufgaben zur Übung Technische Informatik I - Elektrotechnische Grundlagen

5. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

Der Arbeitspunkt einer Halbleiterdiode

Gegeben ist folgende Schaltung:



Werte: $V_1 = 3\text{V}$ $R_1 = 50\Omega$
--

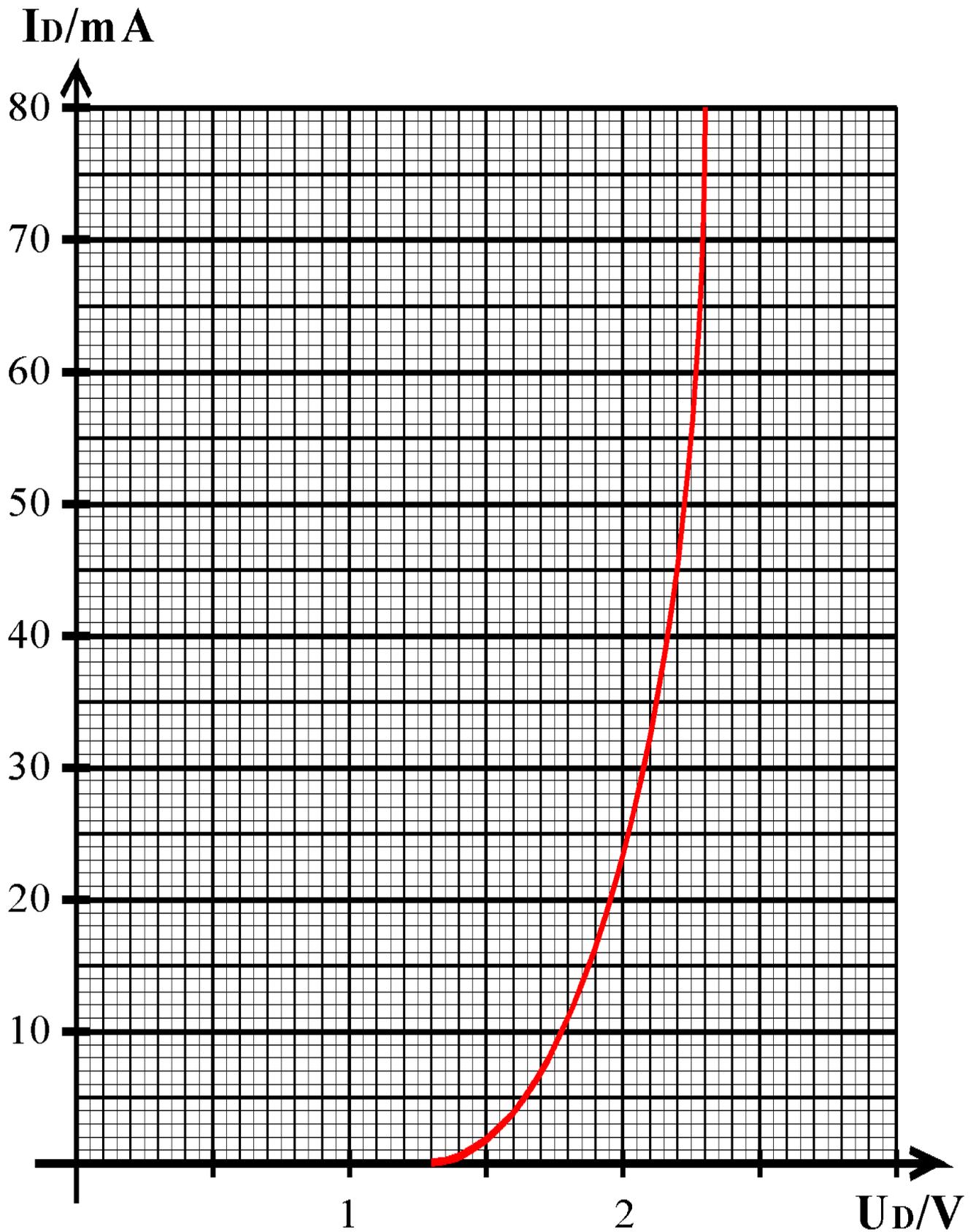
Bestimmen Sie den Arbeitspunkt der Diode.

Aufgabe:

1. Nennen Sie die Leerlaufspannung U_L (Schnittpunkt der Widerstandsgeraden mit der Abszisse).
2. Bestimmen Sie den Kurzschlußstrom I_K (Schnittpunkt der Widerstandsgeraden mit der Ordinate).
3. Zeichnen Sie die Widerstandsgerade.
4. Bestimmen Sie die Arbeitsspannung U_A der Diode (Schnittpunkt der Kennlinie mit der Widerstandsgeraden).
5. Bestimmen Sie den Arbeitsstrom I_A der Diode (Schnittpunkt der Kennlinie mit der Widerstandsgeraden).

Berechnung der Werte auf 3 Stellen genau.

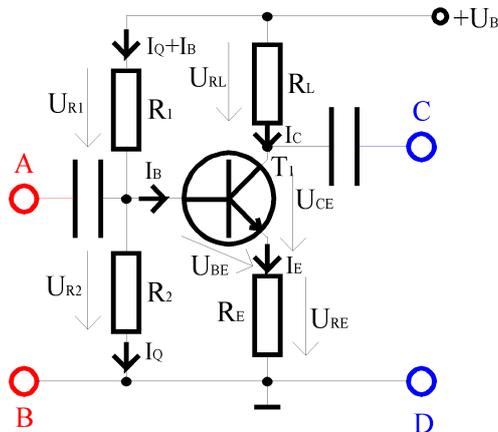
Diode = LED - rot



5. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

Berechnung einer Transistorschaltung mit Stromgegenkopplung

Gegeben ist folgende Schaltung:



Werte:

$$U_B = 12\text{V}$$

$$U_{RE} = 0,1 U_B$$

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

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

$$B_A = \beta_{DCA} = 500$$

$$I_Q = 5 I_B$$

Übliche Werte (nur zur Information):

$$U_{RE} = 0,1 U_B \text{ für } U_{RE} = 0,5\text{V} \dots 1\text{V} \text{ (dies ist hier der Fall)}$$

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

Formeln:

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

$$B_A = I_C / I_B$$

$$I_E = I_C + I_B = I_C + I_C / B_A$$

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

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

Berechnung der Werte auf 3 Stellen genau.

Für die Berechnungen wird hier kein Kennlinienfeld benötigt.

5. Aufgabenkomplex - 3. Aufgabe

Spannungspegel an logischen Schaltungen

Bei idealen logischen Schaltungen bleibt der Spannungspegel erhalten. Bei realen Schaltungen ist dies leider nicht der Fall.

Hier soll an einer einfachen Simulation der Einfluß der Schaltung auf die Spannungspegel untersucht werden. Hier könnte es sich z.B. um die P- oder N-MOS Schaltungstechnik handeln. Allerdings wurden einige Werte zur besseren Anschaulichkeit etwas verändert

Diese Art Schaltungen kann man zum besseren Verständnis mit Relais simulieren. Die Widerstände 10Ω und $100k\Omega$ könnten für einen leitenden- und einem nichtleitenden Transistor stehen.

Wir betrachten hier die Transfer-, ODER und die UND- Funktion.

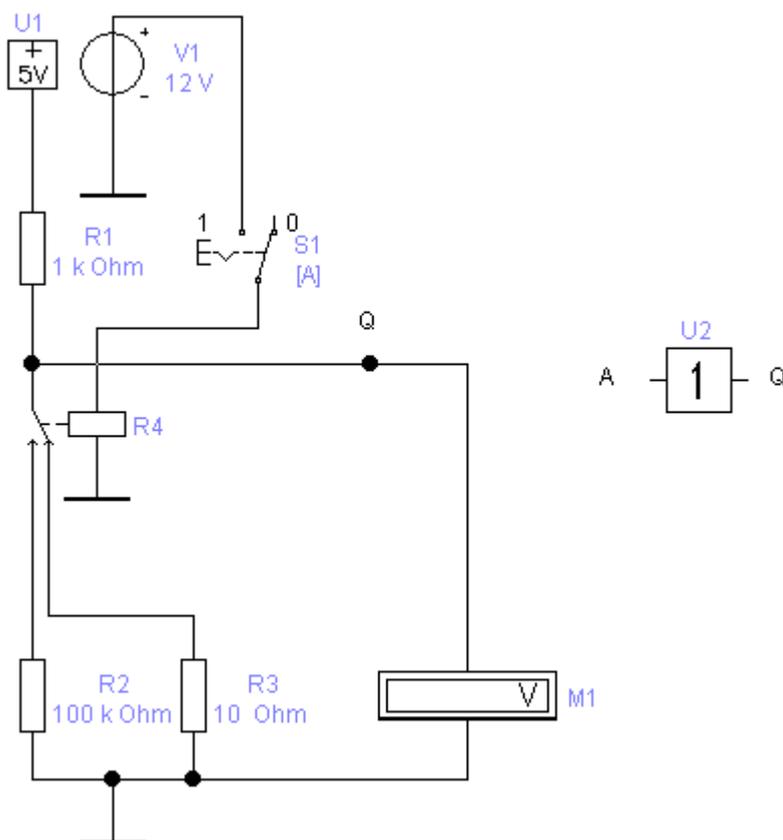
Der Eingang A wurde mit 2^0 gewichtet und der Eingang B mit 2^1 .

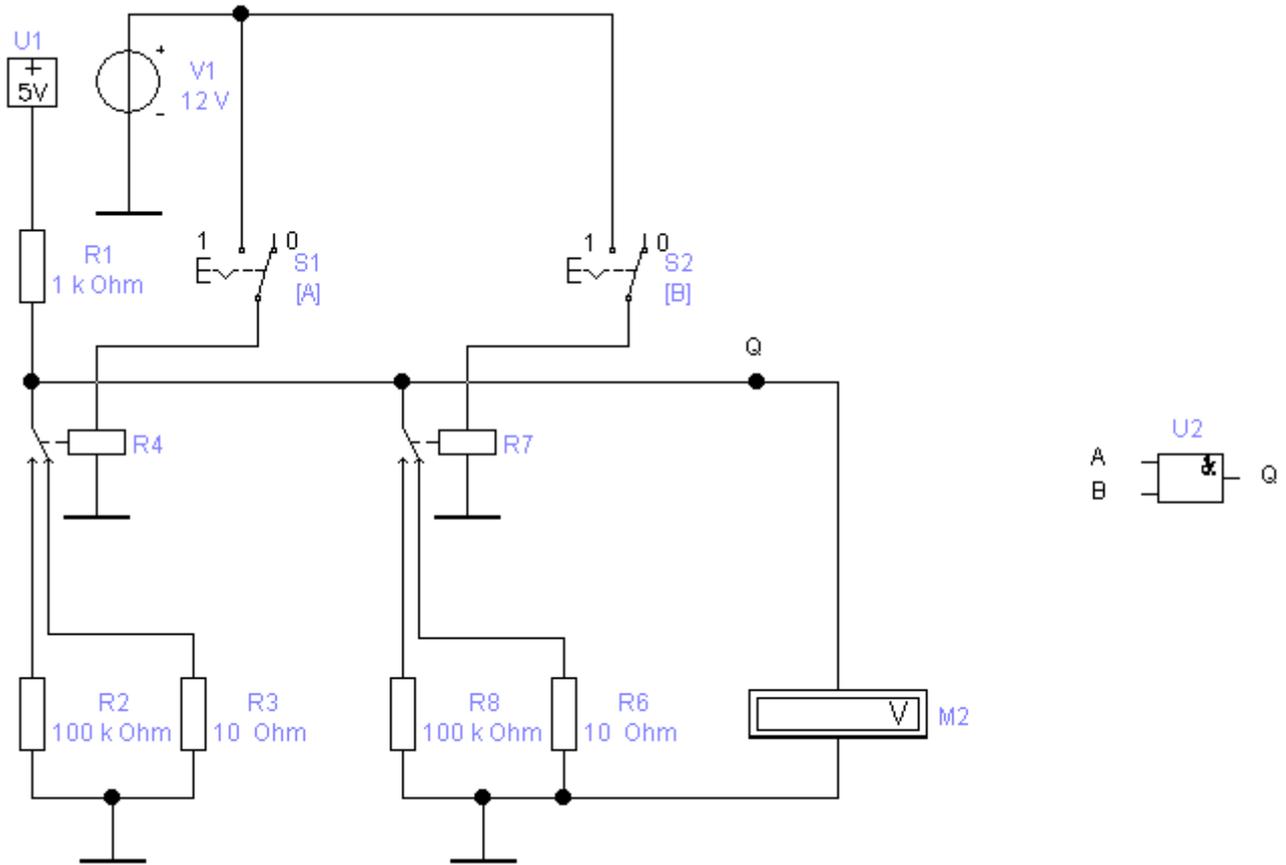
Berechnung der Werte auf 4 Stellen genau.

Aufgabe:

1. Bestimmen Sie die Spannungen am Ausgang Q beim Transferglied für die Eingangsvariable $A=0,1$ und die Eingangsvariablen $BA=00,01,10,11$ für die restlichen Schaltungen.
2. Bestimmen Sie die Ströme, die aus der 5V-Spannungsquelle bei den verschiedenen Eingangsparametern fließen.
3. Bei welcher Eingangskombination und welcher Schaltung treten die größten Ausgangsspannungsdifferenzen an Q für logisch „0“ (gleich low) und für logisch „1“ (gleich high) für den Ausgang Q auf.
4. Wie groß muß der Spannungsbereich für logisch „0“ (gleich low) und für logisch „1“ (gleich high) für den Ausgang Q gewählt werden, damit die Schaltung in den 3 Betriebsarten noch arbeitet.

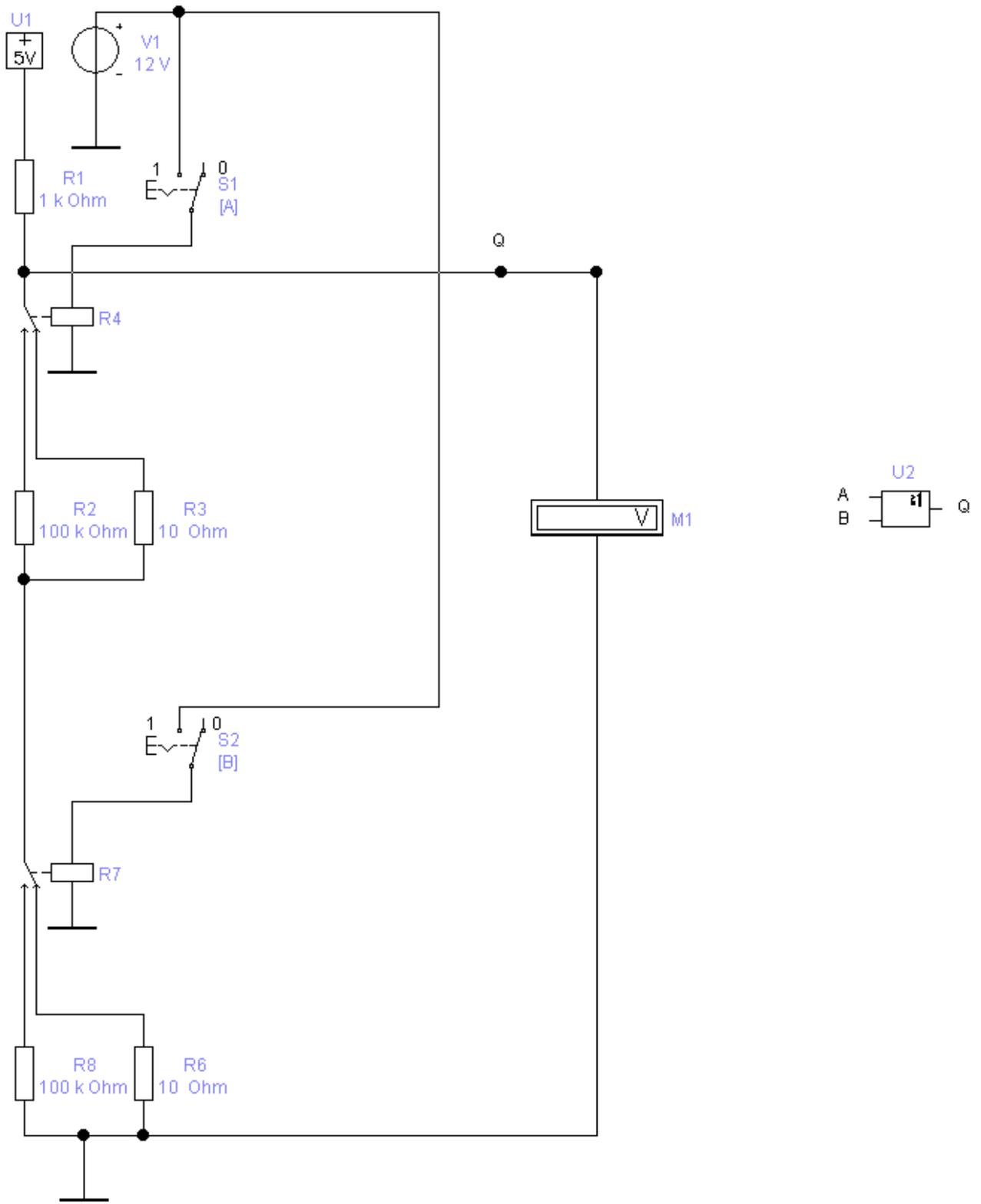
Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.





Spannungen am Ausgang						
Eingangs-variablen	Transfer - Gatter		UND - Gatter		Oder - Gatter	
	B	A	Spannung an Q	Differenz zum Idealwert	Spannung an Q	Differenz zum Idealwert
0	0					
0	1					
1	0	---	---			
1	1	---	---			

Ströme der Spannungsquelle 5V						
Eingangs-variablen	Transfer - Gatter		UND - Gatter		Oder - Gatter	
	B	A	Strom		Strom	
0	0					
0	1					
1	0					
1	1					



Bitte benutzen Sie bei den End- und Zwischenergebnissen die Präfixe. Nichtbeachtung wird als Fehler geahndet. Bei den Berechnungen ist Ihnen die Benutzung freigestellt.

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

Lösung

5. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

Der Arbeitspunkt einer Halbleiterdiode

Berechnung der Werte auf 3 Stellen genau.

1. Nennen Sie die Leerlaufspannung U_L (Schnittpunkt der Widerstandsgeraden mit der Abszisse).

$$U_L = V_1$$

$$U_L = 3V$$

2. Bestimmen Sie den Kurzschlußstrom I_K (Schnittpunkt der Widerstandsgeraden mit der Ordinate).

$$V_L = I_k \cdot R_1 \quad \text{daraus folgt} \quad I_k = \frac{V_L}{R_1}$$

$$I_k = \frac{3V}{50\Omega} = 60mA$$

3. Zeichnen Sie die Widerstandsgerade.

$$\begin{array}{l} \text{Endpunkte} \quad U_L=3V / I_L=0mA \\ \quad \quad \quad \quad U_K=0V / I_K=60mA \end{array}$$

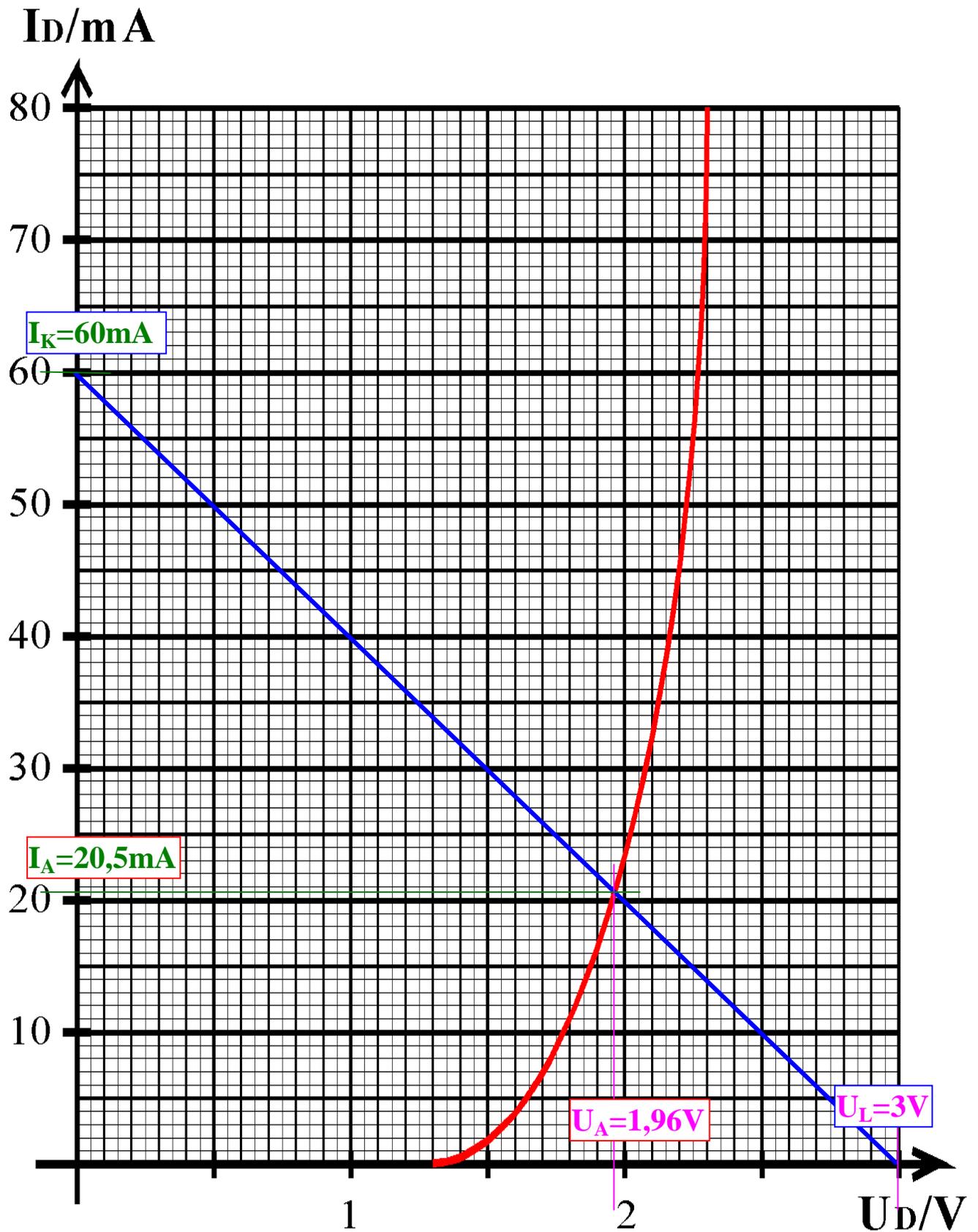
4. Bestimmen Sie die Arbeitsspannung U_A der Diode (Schnittpunkt der Kennlinie mit der Widerstandsgeraden).

$$U_A=1,96V \quad (\pm 0,02V \text{ noch richtig})$$

5. Bestimmen Sie den Arbeitsstrom I_A der Diode (Schnittpunkt der Kennlinie mit der Widerstandsgeraden).

$$I_A=20,5mA \quad (\pm 0,2mA \text{ noch richtig})$$

Diode = LED - rot



5. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

Berechnung einer Transistorschaltung mit Stromgegenkopplung

Berechnung der Werte auf 3 Stellen genau.

Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

1. Berechnen Sie die Spannung U_{RE} und den Emitterwiderstand R_E .

$$U_{RE} = 0,1 \cdot U_B$$

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

$$I_{RE} = I_E = I_C + \frac{I_C}{B_A}$$

$$I_{RE} = 5mA + \frac{5mA}{500} = 5mA + 0,01mA = 5,01mA$$

$$U_{RE} = I_{RE} \cdot R_E$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_{RE}}$$

$$R_E = \frac{1,2V}{5,01mA} = 239,5209\Omega \approx 240\Omega$$

2. Berechnen Sie die Kollektor-Emitterspannung U_{CEA} .

$$U_{CEA} = \frac{U_B - U_{RE}}{2}$$

$$U_{CEA} = \frac{12V - 1,2V}{2} = \frac{10,8V}{2} = 5,4V$$

3. Berechnen Sie die Spannung U_{RL} und den Lastwiderstand R_L .

$$U_{RL} = U_B - U_{CEA} - U_{RE}$$

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

$$I_{RL} = I_{CA}$$

$$I_{RL} = 5mA$$

$$R_L = \frac{U_{RL}}{I_{RL}}$$

$$R_L = \frac{5,4V}{5mA} = 1,08k\Omega$$

4. Berechnen Sie den Basisstrom I_B mittels der Stromverstärkung B_A .

$$B_A = \frac{I_{CA}}{I_{BA}}$$

$$I_{BA} = \frac{I_{CA}}{B_A}$$

$$I_{BA} = \frac{5mA}{500} = 0,01mA = 10\mu A$$

5. Berechnen Sie den Querstrom I_Q

$$I_Q = 5 \cdot I_{BA}$$

$$I_Q = 5 \cdot 10 \mu A = 50 \mu A$$

6. Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2

$$U_{R1} = U_B - U_{BEA} - U_{RE}$$

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

$$I_{R1} = I_Q + I_{BA}$$

$$I_{R1} = 50 \mu A + 10 \mu A = 60 \mu A$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}}$$

$$R_1 = \frac{10,1V}{60 \mu A} = 0,16833 M\Omega = 168,33 k\Omega \approx 168 k\Omega$$

$$U_{R2} = U_{BEA} + U_{RE}$$

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

$$I_{R2} = I_Q$$

$$I_{R2} = 50 \mu A = 50 \mu A$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}}$$

$$R_2 = \frac{1,9V}{50 \mu A} = 0,038 M\Omega = 38 k\Omega$$

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

Zusammenstellung der Ergebnisse								
U_{RE}	R_E	U_{CEA}	U_{RL}	R_L	I_B	I_Q	R_1	R_2
1,2V	240 Ω	5,4V	5,4V	1,08k Ω	10 μA	50 μA	168k Ω	38k Ω

5. Aufgabenkomplex - 3. Aufgabe

Spannungspegel an logischen Schaltungen

Simulation einer P-MOS Schaltung mit variierten Werten

Berechnung der Werte auf 4 Stellen genau.

Aufgabe:

- Bestimmen Sie die Spannungen am Ausgang Q beim Transferglied für die Eingangsvariable $A=0,1$ und die Eingangsvariablen $BA=00,01,10,11$ für die restlichen Schaltungen.

1.1. Transferglied

$$U_{Q,A=0} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot U_1$$

$$U_{Q,A=0} = \frac{10\Omega}{1k\Omega + 10\Omega} \cdot 5V = \frac{10\Omega}{1,01k\Omega} \cdot 5V = 9,90099 \cdot 10^{-3} \cdot 5V = 49,5049 \cdot 10^{-3}V \approx 49,5mV$$

$$U_{Q,A=1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1$$

$$U_{Q,A=1} = \frac{100k\Omega}{1k\Omega + 100k\Omega} \cdot 5V = \frac{100k\Omega}{101k\Omega} \cdot 5V = 0,990099 \cdot 5V = 4,95049V \approx 4,95V$$

1.2. UND Gatter

BA=00:

$$R_{3ers00} = R_3 \parallel R_6 = \frac{R_3 \cdot R_6}{R_3 + R_6}$$

$$R_{3ers00} = \frac{10\Omega \cdot 10\Omega}{10\Omega + 10\Omega} = 5\Omega$$

$$U_{Q,BA=00} = \frac{R_{3ers00}}{R_1 + R_{3ers00}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=00} = \frac{5\Omega}{1k\Omega + 5\Omega} \cdot 5V = \frac{5\Omega}{1,005k\Omega} \cdot 5V = 4,97512 \cdot 10^{-3} \cdot 5V = 24,8756 \cdot 10^{-3}V \approx 24,88mV$$

BA=01 und BA=10:

$$R_{3ers01} = R_{3ers10} = R_2 \parallel R_6 = \frac{R_2 \cdot R_6}{R_2 + R_6} = R_3 \parallel R_8 = \frac{R_3 \cdot R_8}{R_3 + R_8}$$

$$R_{3ers01} = R_{3ers10} = \frac{10\Omega \cdot 100k\Omega}{10\Omega + 100k\Omega} = 9,999\Omega$$

$$U_{Q,BA=01} = \frac{R_{3ers01}}{R_1 + R_{3ers01}} \cdot U_1 = U_{Q,BA=10} = \frac{R_{3ers10}}{R_1 + R_{3ers10}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=10} = U_{Q,BA=01} = \frac{9,999\Omega}{1k\Omega + 9,999\Omega} \cdot 5V = \frac{9,999\Omega}{1,00999k\Omega} \cdot 5V = 9,90010 \cdot 10^{-3} \cdot 5V = 49,50mV$$

BA=11:

$$R_{3ers11} = R_2 \parallel R_8 = \frac{R_2 \cdot R_8}{R_2 + R_8}$$

$$R_{3ers11} = \frac{100k\Omega \cdot 100k\Omega}{100k\Omega + 100k\Omega} = 50k\Omega$$

$$U_{Q,BA=11} = \frac{R_{3ers11}}{R_1 + R_{3ers11}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=11} = \frac{50k\Omega}{1k\Omega + 50k\Omega} \cdot 5V = \frac{50k\Omega}{51k\Omega} \cdot 5V = 0,980392 \cdot 5V = 4,90196V \approx 4,902V$$

1.3. ODER Gatter

BA=00:

$$R_{3ers00} = R_3 + R_6$$

$$R_{3ers00} = 10\Omega + 10\Omega = 20\Omega$$

$$U_{Q,BA=00} = \frac{R_{3ers00}}{R_1 + R_{3ers00}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=00} = \frac{20\Omega}{1k\Omega + 20\Omega} \cdot 5V = \frac{20\Omega}{1,020k\Omega} \cdot 5V = 0,0196078 \cdot 5V = 98,039 \cdot 10^{-3}V \approx 98,04mV$$

BA=01 und BA=10:

$$R_{3ers01} = R_{3ers10} = R_2 + R_6 = R_3 + R_8$$

$$R_{3ers01} = R_{3ers10} = 10\Omega + 100k\Omega = 100,01k\Omega$$

$$U_{Q,BA=01} = \frac{R_{3ers01}}{R_1 + R_{3ers01}} \cdot U_1 = U_{Q,BA=10} = \frac{R_{3ers10}}{R_1 + R_{3ers10}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=10} = U_{Q,BA=01} = \frac{100,01k\Omega}{1k\Omega + 100,01k\Omega} \cdot 5V = \frac{100,01k\Omega}{101,01k\Omega} \cdot 5V = 0,990100 \cdot 5V = 4,951V$$

BA=11:

$$R_{3ers11} = R_2 + R_8$$

$$R_{3ers11} = 100k\Omega + 100k\Omega = 200k\Omega$$

$$U_{Q,BA=11} = \frac{R_{3ers11}}{R_1 + R_{3ers11}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=11} = \frac{200k\Omega}{1k\Omega + 200k\Omega} \cdot 5V = \frac{200k\Omega}{201k\Omega} \cdot 5V = 0,995025 \cdot 5V = 4,97513V \approx 4,975V$$

2. Bestimmen Sie die Ströme, die aus der 5V-Spannungsquelle bei den verschiedenen Eingangsparametern fließen.

2.1. Transferglied

A=0

$$R_{gesQ,A=0} = R_1 + R_3 = 1k\Omega + 10\Omega = 1,01k\Omega$$

$$I_{Q,A=0} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{1,01k\Omega} = 4,95mA$$

A=1

$$R_{gesQ,A=1} = R_1 + R_2 = 1k\Omega + 100k\Omega = 101k\Omega$$

$$I_{Q,A=0} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{101k\Omega} = 49,5\mu A$$

2.2. UND-Gatter

BA=00

$$R_{gesQ,BA=00} = R_1 + R_{3ers00} = 1k\Omega + 5\Omega = 1,005k\Omega$$

$$I_{Q,A=0} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{1,005k\Omega} = 4,975mA$$

BA=01 und BA=10

$$R_{gesQ,BA=01} = R_{gesQ,BA=10} = R_1 + R_{3ers01} = R_1 + R_{3ers10} = 1k\Omega + 9,999\Omega = 1,09999k\Omega$$

$$I_{Q,A=01} = I_{Q,A=10} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{1,09999k\Omega} = 4,545mA$$

BA=11

$$R_{gesQ,BA=11} = R_1 + R_{3ers11} = 1k\Omega + 50k\Omega = 51k\Omega$$

$$I_{Q,BA=11} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{51k\Omega} = 98,04\mu A$$

2.3. ODER-Gatter

BA=00

$$R_{gesQ,BA=00} = R_1 + R_{3ers00} = 1k\Omega + 20\Omega = 1,020k\Omega$$

$$I_{Q,A=0} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{1,020k\Omega} = 4,902mA$$

BA=01 und BA=10

$$R_{gesQ,BA=01} = R_{gesQ,BA=10} = R_1 + R_{3ers01} = R_1 + R_{3ers10} = 1k\Omega + 100,01k\Omega = 101,01k\Omega$$

$$I_{Q,A=01} = I_{Q,A=10} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{101,01k\Omega} = 49,5\mu A$$

BA=11

$$R_{gesQ,BA=11} = R_1 + R_{3ers11} = 1k\Omega + 200k\Omega = 201k\Omega$$

$$I_{Q,BA=11} = \frac{U_1}{R_{gesQ,A=0}} = \frac{5V}{201k\Omega} = 24,88\mu A$$

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

Spannungen am Ausgang							
Eingangsvariablen		Transfer - Gatter		UND - Gatter		ODER - Gatter	
B	A	Spannung an Q	Differenz zum Idealwert	Spannung an Q	Differenz zum Idealwert	Spannung an Q	Differenz zum Idealwert
0	0	49,5mV	dto.	24,88mV	dto.	98,04mV	dto.
0	1	4,95V	50mV	49,5mV	dto.	4,951V	49mV
1	0	---	---	49,5mV	dto.	4,951V	49mV
1	1	---	---	4,902V	98mV	4,975V	45mV

Ströme der Spannungsquelle 5V							
Eingangsvariablen		Transfer - Gatter		UND - Gatter		Oder - Gatter	
B	A	Strom	Ausgangspegel Q	Strom	Ausgangspegel Q	Strom	Ausgangspegel Q
0	0	4,95mA	0	4,975mA	0	4,902mA	0
0	1	49,5μA	1	4,545mA	0	49,5μA	1
1	0	---	---	4,545mA	0	49,5μA	1
1	1	---	---	98,04μA	1	24,88μA	1

rot = größte Abweichung vom Normalwert, blau = geringste Abweichung vom Normalwert

3. Bei welcher Eingangskombination und welcher Schaltung treten die größten Ausgangsspannungsdifferenzen an Q für logisch „0“ (gleich low) und für logisch „1“ (gleich high) für den Ausgang Q auf.

Größte Eingangsspannungsdifferenz für logisch „0“ am Ausgang Q :

ODER – Gatter, BA=00, $U_Q=98,04mV$, $\Delta U_Q=98,04mV$

Größte Eingangsspannungsdifferenz für logisch „1“ am Ausgang Q :

UND – Gatter, BA=11, $U_Q=4,902V$, $\Delta U_Q=98,00mV$

4. Wie groß muß der Spannungsbereich für logisch „0“ (gleich low) und für logisch „1“ (gleich high) für den Ausgang Q gewählt werden, damit die Schaltung in den 3 Betriebsarten noch arbeitet.

Bereich für „0“ = [0;98,04]mV

Bereich für „1“ = [4,902;5]V

Extremwerte für 8 Eingänge:

1. ODER – Gatter, H...BA=0...00: Ausgangsfunktion = 0

BA=00:

$$R_{3ersax8x0} = R_3 + 8 \cdot R_6'$$

$$R_{3ers8x0} = 8 \cdot 10\Omega = 80\Omega$$

$$U_{Q,8x0} = \frac{R_{3ers8x0}}{R_1 + R_{3ers8x0}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=8x0} = \frac{80\Omega}{1k\Omega + 80\Omega} \cdot 5V = \frac{80\Omega}{1,080k\Omega} \cdot 5V = 0,074074 \cdot 5V = 370,37037 \cdot 10^{-3}V \approx 370,4mV$$

2. UND – Gatter, H...BA=1...11: Ausgangsfunktion = 1

$$R_{3ers8x1} = R_{2,1} \parallel R_{2,2} \parallel R_{2,3} \parallel R_{2,4} \parallel R_{2,5} \parallel R_{2,6} \parallel R_{2,7} \parallel R_{2,8}$$

$$R_{3ers8x1} = 100k\Omega \parallel 100k\Omega = 12,5k\Omega$$

$$U_{Q,BA=8x1} = \frac{R_{3ers11}}{R_1 + R_{3ers11}} \cdot U_1$$

$$U_{Q,BA=8x1} = \frac{12,5k\Omega}{1k\Omega + 12,5k\Omega} \cdot 5V = \frac{12,5k\Omega}{13,5k\Omega} \cdot 5V = 0,9259259 \cdot 5V = 4,6299629V \approx 4,630V$$