

Aufgaben zum Tutorium 1

"Elektronische Schaltungen"

SS 2018

Aufgabe 1

Gegeben sei eine Schaltung nach Bild 1.1.

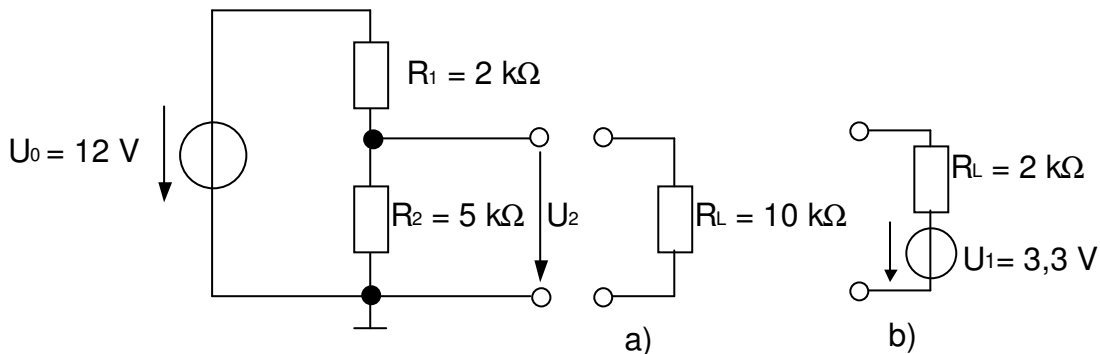


Bild 1.1

- 1.1 Die Schaltung wird im Leerlauf betrieben. Welche Spannung U_2 stellt sich ein?
- 1.2 Parallel zu R_2 wird der Widerstand $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (Fall a) angeschlossen. Welche Spannung U_2 stellt sich jetzt ein?
- 1.3 Parallel zu R_2 wird die Serienschaltung aus dem Widerstand $R_L = 2\text{ k}\Omega$ und einer Spannungsquelle mit $U_1 = 3,3\text{ V}$ (Fall b) angeschlossen. Welche Spannung U_2 stellt sich jetzt ein?

Aufgabe 2

Eine Siliziumdiode wird bei einer Temperatur von 0° C betrieben.
($k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}\text{ Ws / K}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ As}$)

- 2.1 Berechnen Sie die Temperaturspannung U_T der Diode !
- 2.2 Der Sättigungsstrom der Diode sei $I_S = 10\text{ nA}$.
Bestimmen Sie den Widerstand R_D und den differentiellen Widerstand $r_D = dU / dI$ der Diode für die Fälle:
a) $U = U_T$ b) $U = 15 U_T$
- 2.3 **Skizzieren Sie die Strom-Spannungskennlinien der beiden Schaltungen in Bild 2.3a und 2.3b im Durchlass- und im Sperrbereich!**
(Die eingezeichneten Pfeile geben die positive Zählrichtung an. Die beiden Dioden sind Si-Dioden und die beiden Z-Dioden sind vom Typ ZD 3,3)

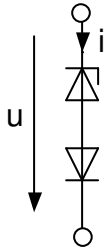


Bild 2.3a

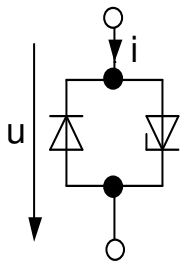
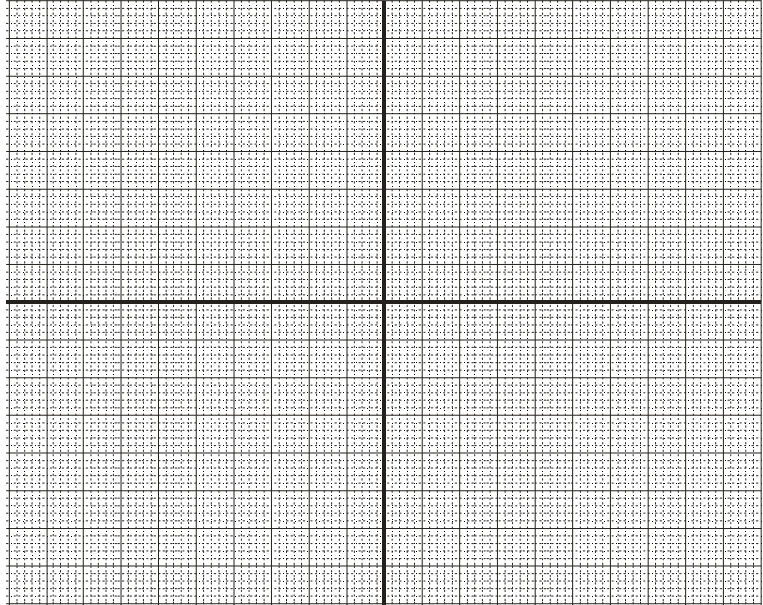
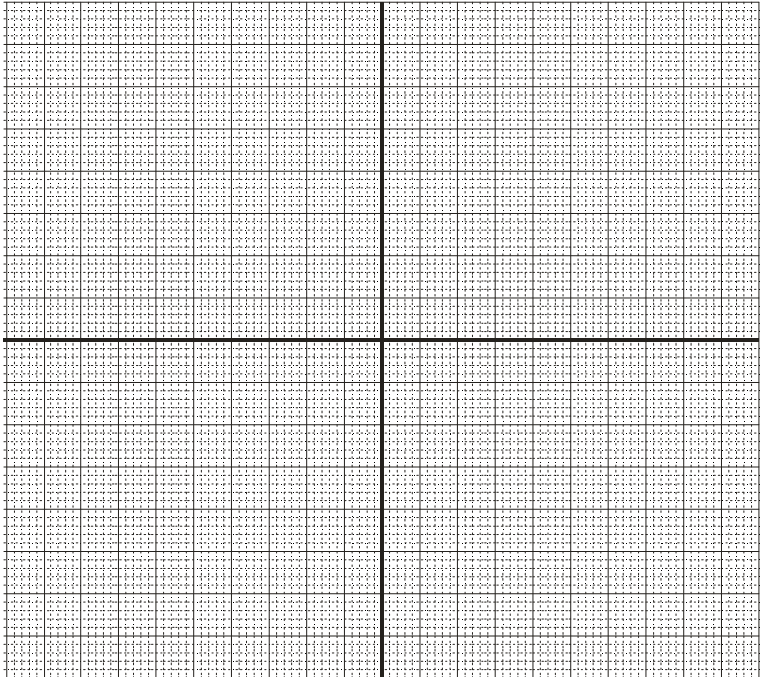


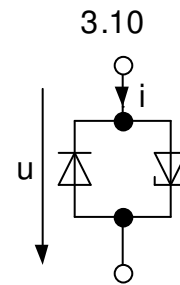
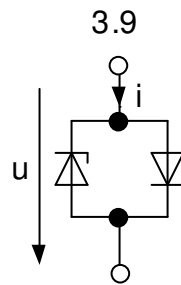
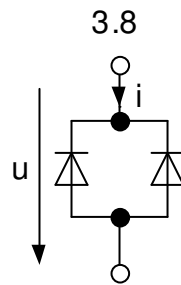
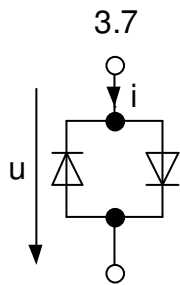
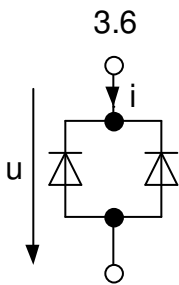
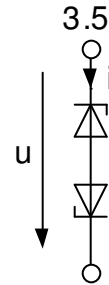
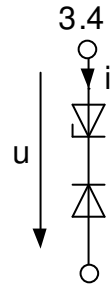
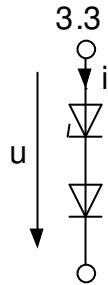
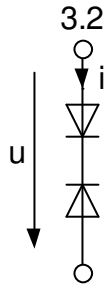
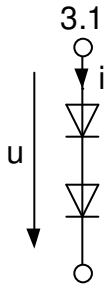
Bild 2.3b



Aufgabe 3

Skizzieren Sie die idealisierten Strom-Spannungskennlinien der Diodenschaltungen 3.1 bis 3.10 im Durchlass und im Sperrbereich! Geben Sie die Werte der auftretenden Knickspannungen an! Die eingezeichneten Pfeile geben die positive Zählrichtung an.

Die Dioden sind alle Si-Dioden und die Z-Dioden sind alle vom Typ ZD 3,3



Aufgabe 4

Gegeben ist eine Schaltung zur Spannungsstabilisierung nach Bild 4.1. Die Strom-Spannungs-Kennlinie der Z-Diode für die eingezeichnete Stromrichtung ist in Bild 4.2 dargestellt.

4.1 Bestimmen Sie graphisch den Arbeitspunkt der Z-Diode für den Fall: $U_0 = 12\text{ V}$,

$$R_V = 2\text{ k}\Omega, R_L = \infty !$$

4.2 Welche Werte müssen R_V und R_L annehmen, wenn $U_0 = 12\text{ V}$ und $I_L = 12\text{ mA}$ sind und der Arbeitspunkt aus 4.1 erhalten bleiben soll?

Welchen Widerstandswert aus der E24-Reihe wählen Sie?

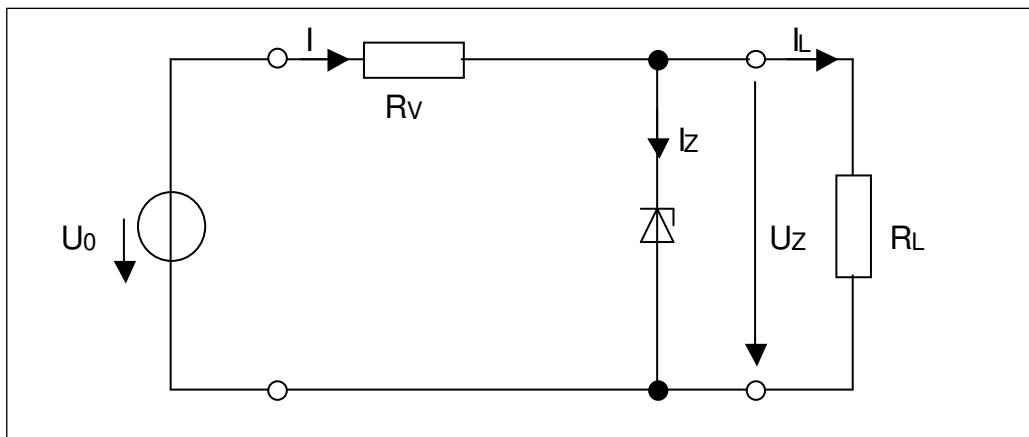


Bild 4.1

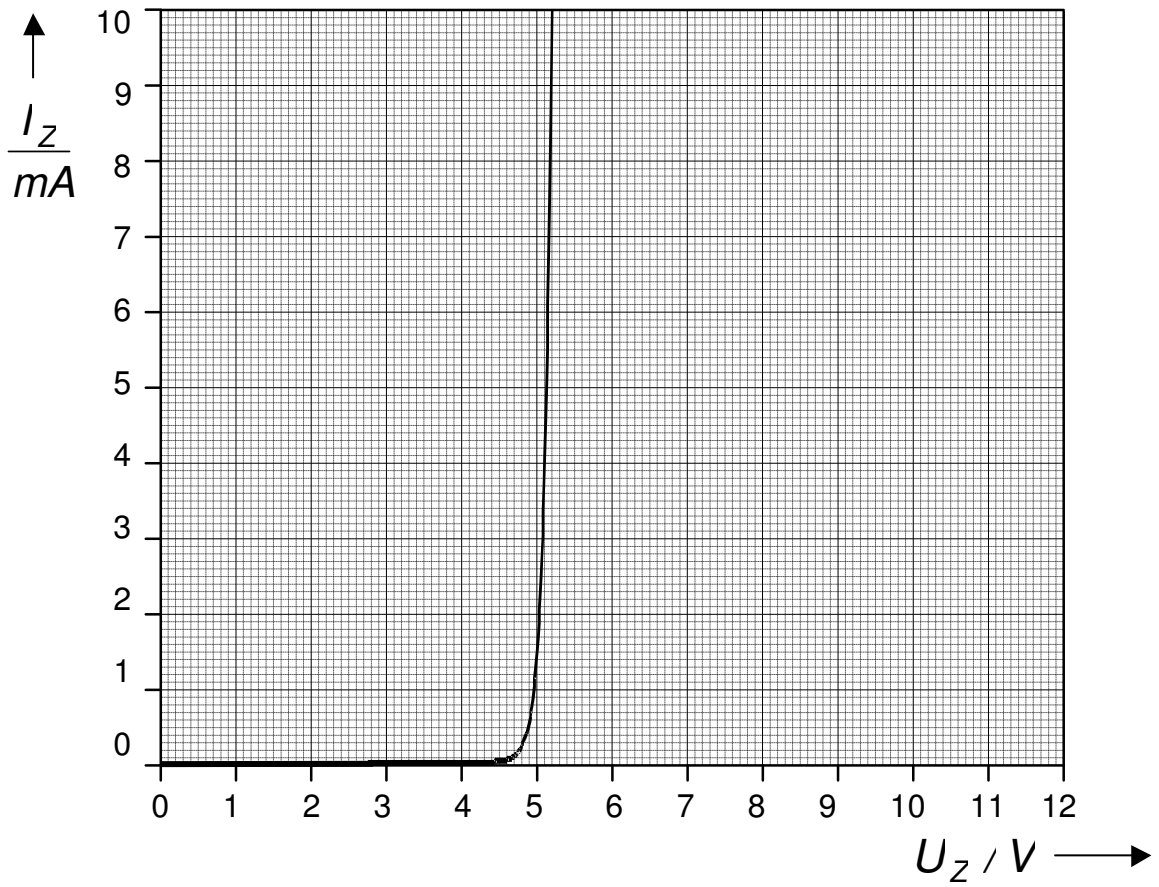


Bild 4.2

Aufgabe 5

Mit einer Schaltung nach Bild 5.1 soll eine Eingangsspannung $u_0 = 9\text{ V} + 2\text{ V} \sin \omega t$ stabilisiert werden. Die Z-Diode habe eine Kennlinie nach Bild 5.2 und $R_V = 620\ \Omega$.

5.1 Ermitteln Sie zeichnerisch die "Restwelligkeit" der Spannung U_Z . Ermitteln Sie dazu die Min-Max Spannungswerte und den Arbeitspunkt ohne überlagerte Sinusschwingung.

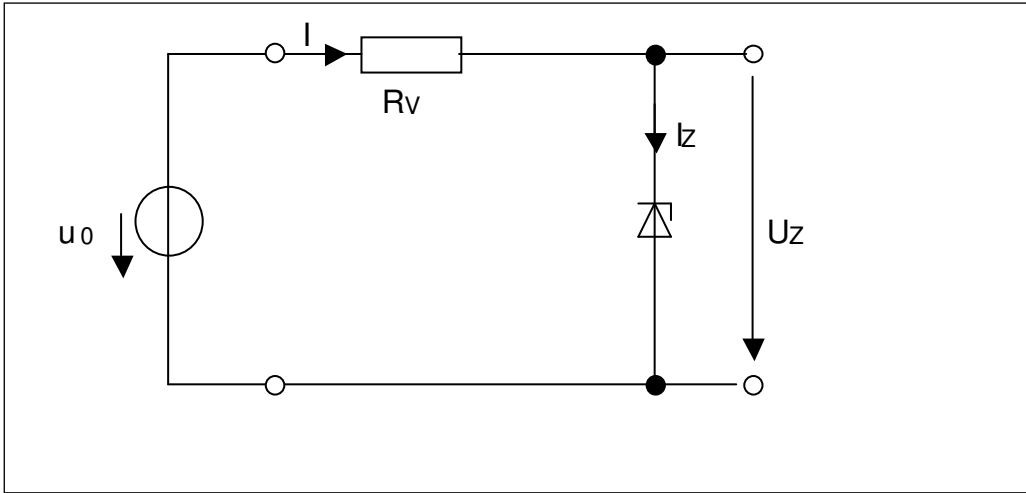


Bild 5.1

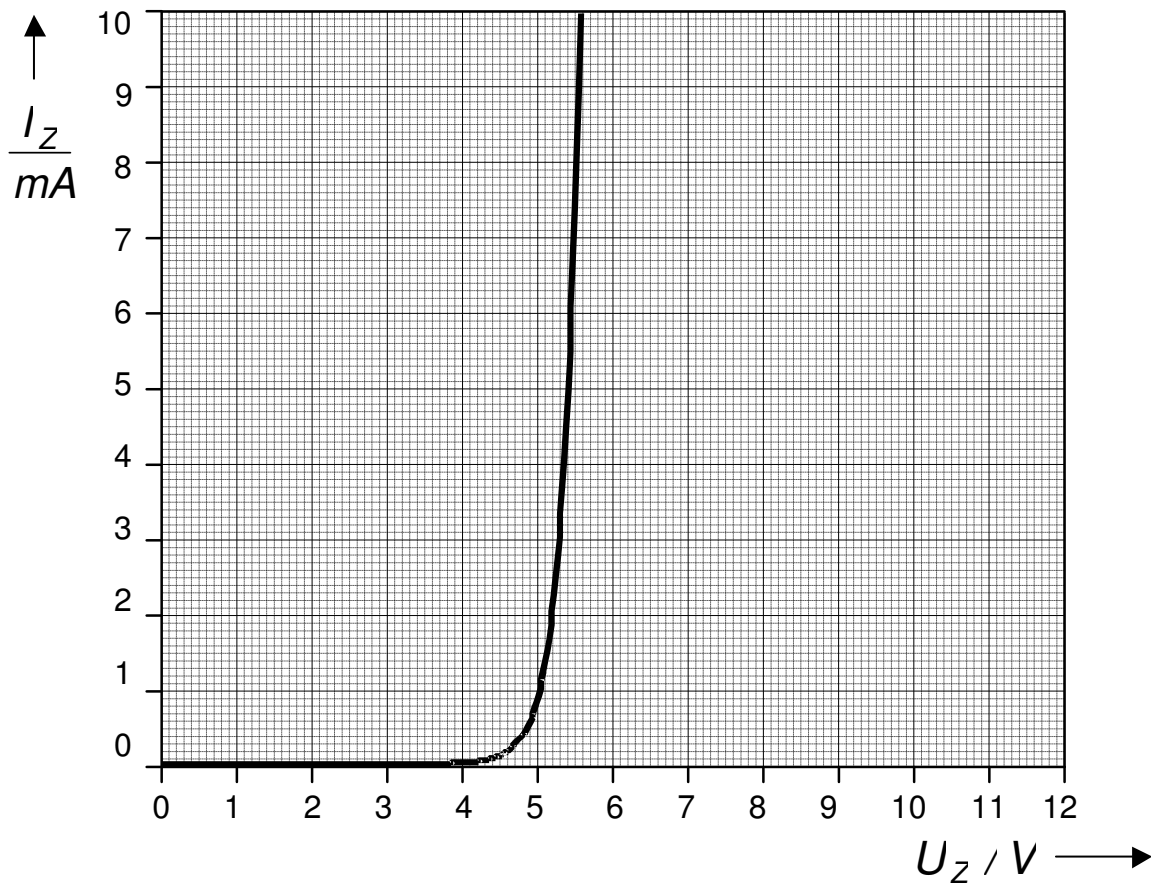


Bild 5.2

Aufgabe 6

Ihre Aufgabe in einem Unternehmen ist es, eine Lichtschranke mit Hilfe eines infraroten Laserstrahls zu realisieren. Zu diesem Zweck soll eine infrarot Laserdiode mit einer bestimmten Signalfolge an und ausgeschaltet werden. Als Laserquelle wird eine sogenannte VCSEL Laserdiode verwendet, die die unten angegebenen Parameter besitzt.

Laserdioden benötigen einen Schwellstrom. Das bedeutet, dass unterhalb dieses Stroms die Diode kein Laserlicht abgibt. Die optische Leistung ist ab dem Schwellstrom linear proportional zum Diodenstrom.

- 6.1 Entwerfen Sie einen einfachen Schaltplan, der folgenden Betrieb ermöglicht:
Die Diode soll an einer 10V Quelle betrieben werden und konstant eine optische Leistung von 3 mW abgeben. Orientieren Sie sich zur Arbeitspunktbestimmung an den unten abgebildeten Grafen.
- 6.2 Sie prägen der Diode eine zusätzliche, symmetrische Rechteckspannung auf (direkt über die Diode). Wie groß muss die Spannungsamplitude sein, damit die Diode, die sich im DC-Arbeitspunkt aus a befindet optisch zwischen „An“ und „Aus“ variiert. Die Diode soll nicht unterhalb des Schwellstromes betrieben werden. Wie groß ist die optische Leistung dann im Maximum?

Fig. 1 Typical Power Output vs Forward Current

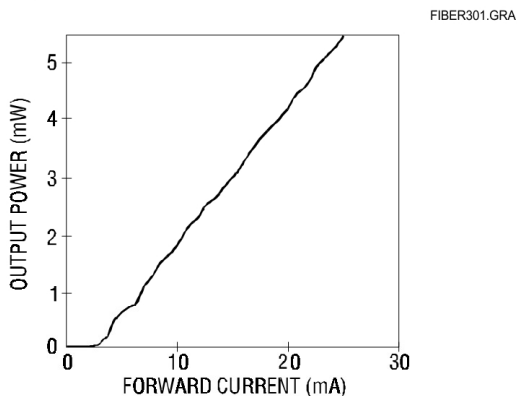


Fig. 2 Typical Threshold Current vs Temperature

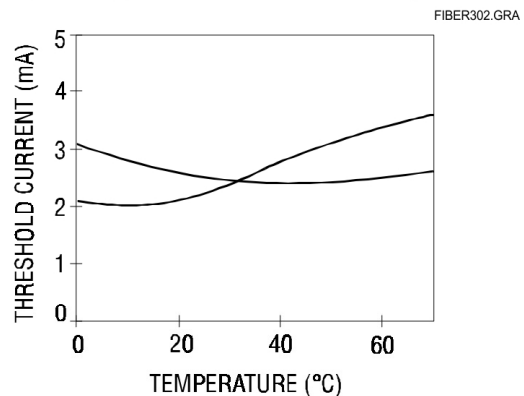


Fig. 3 Typical Spectral Output vs Wavelength

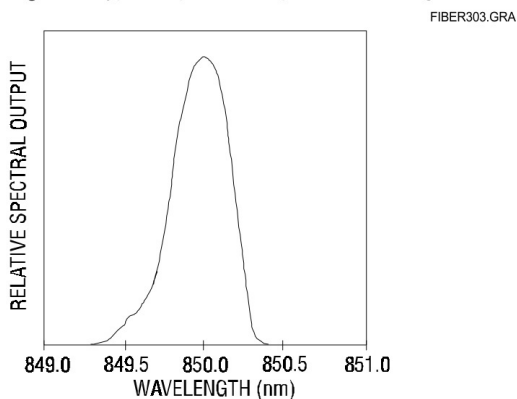
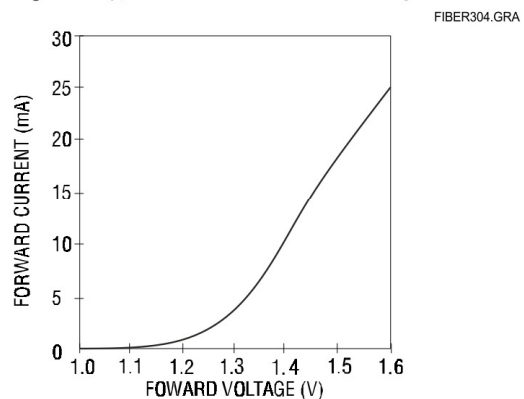


Fig. 4 Typical Current vs Forward Voltage



High Speed Fiber Optic VCSEL

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (0°C<T<70°C unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST CONDITIONS
Output power						
HFE4080-321/XBA	P _o	400	1800	2000	μW	I _f = 10 mA
		-4.0	+2.6	+3.0	dBm	
HFE4080-322/XBA	P _o	800	1900	2200	μW	I _f = 10 mA
		-1.0	+2.8	+3.4	dBm	
Threshold current	I _{TH}		3.5	6	mA	
Slope Efficiency	η		0.3		mW/mA	I _f = 10 mA
Forward Voltage	V _F		1.40	1.60	V	I _f = 10 mA
Reverse Breakdown Voltage	BVR	5.0	10.0		V	I _r = 10 μA
Peak Wavelength	λ _p	820	850	860	nm	I _f = 10 mA DC
Spectral Bandwidth	Δλ		0.5		nm	I _f = 10 mA DC
Rise and fall time	t _r , t _f		100	400	ps	Prebias above threshold, T = 25°C, 10-90%
Analog bandwidth						I _f = 10 mA DC
Analog bandwidth	BW		6		GHz	Small signal sinusoidal modulation
Relative Intensity Noise	RIN		-125	-116	dB/Hz	Measured into 1 GHz noise bandwidth
I _{TH} Temperature Coefficient	ΔI _{TH} /ΔT	-0.042	0	.042	mA/°C	I _f = 10 mA
η Temperature Coefficient	Δη/ΔT		-0.001		mW/mA/°C	I _f = 10 mA
P _o Temperature Coefficient	ΔP _o /ΔT		0		dB/°C	I _f = 10 mA
λ _p Temperature Coefficient	Δλ _p /ΔT		0.06		nm/°C	I _f = 10 mA
V _F Temperature Coefficient	ΔV _F /ΔT		-0.2		mV/°C	I _f = 10 mA
Series Resistance	r _s		30.0		Ω	DC
Thermal Resistance	θ _a		900		°C/W	

Lösungen zum Tutorium 1 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 1

Lösung Aufgabe 6

Aufgaben zum Tutorium 2

"Elektronische Schaltungen"

SS 2018

Aufgabe 7

Gegeben ist das Kennlinienfeld (Bild 7.1) eines npn-Transistors. Der Transistor wird in einer Schaltung nach Bild 7.2 betrieben. Der Arbeitspunkt liegt bei $U_{CE} = 10\text{ V}$, $I_C = 37,5\text{ mA}$.

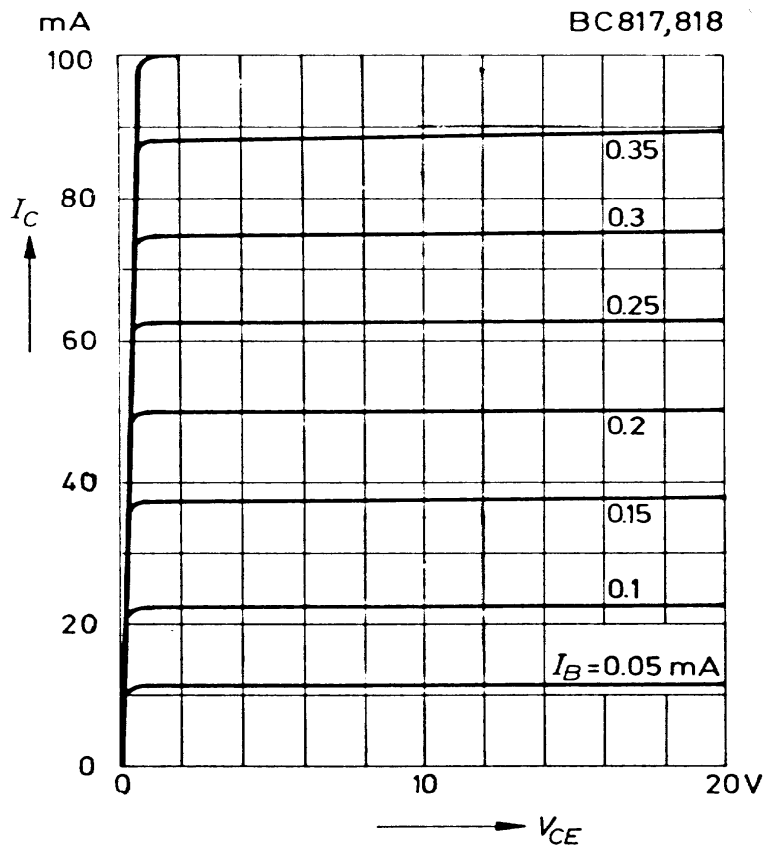


Bild 7.1

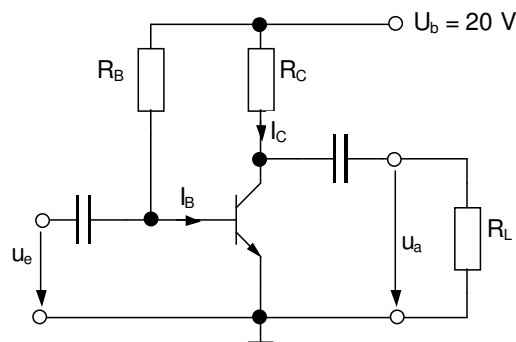


Bild 7.2

- 7.1 Bestimmen Sie aus dem Kennlinienfeld die Stromverstärkung B des Transistors im angegebenen Arbeitspunkt !
- 7.2 Welchen Wert muss der Widerstand R_C haben, damit der Arbeitspunkt eingestellt werden kann ? Tragen Sie die Lastgerade für R_C in das Kennlinienfeld ein !
- 7.3 Berechnen Sie den Widerstandswert von R_B für den angegebenen Arbeitspunkt !
- 7.4 Wie ändert sich die Lastgerade bei Wechselstrombetrieb, wenn der Lastwiderstand $R_L = R_C$ ist ?
- 7.5 Berechnen Sie die Verstärkung $A = u_a / u_e$ der Schaltung !

Aufgabe 8

Gegeben sei eine Schaltung nach Bild 8.1. Der Transistor habe eine Stromverstärkung von $\beta = B = 150$.

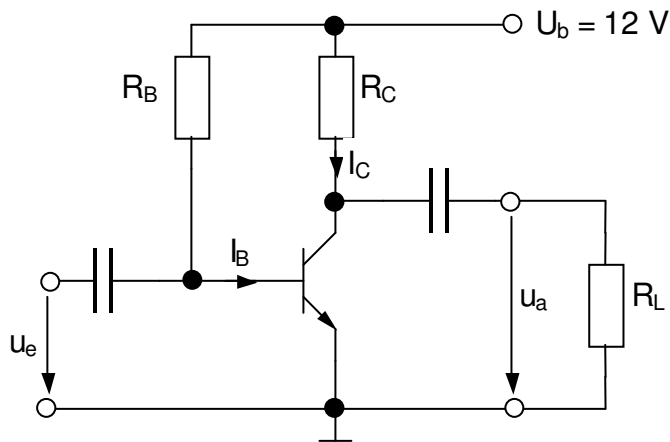


Bild 8.1

- 8.1 In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- 8.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 8.1 !
- 8.3 Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 8.1 !
- 8.4 Zur Einstellung des Arbeitspunktes der Schaltung soll ein Basisstrom von $9\mu\text{A} \leq I_B \leq 10\mu\text{A}$ zugelassen werden. Bestimmen Sie den dazu notwendigen Wert des Basisvorwiderstands R_B aus der E24 Widerstandsreihe !
- 8.5 Der Arbeitspunkt der Schaltung soll bei einer Kollektor-Emitter-Spannung $U_{CE} \approx 6,0\text{ V}$ liegen. Berechnen Sie den Wert des Widerstands R_C (E24 - Reihe) der dieser Forderung am nächsten kommt !
- 8.6 Berechnen Sie die Steilheit S für die Schaltung mit den in 8.4 und 8.5 ermittelten Widerstandswerten !
- 8.7 An den Eingang wird eine Wechselfspannung u_1 angelegt. Bestimmen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 8.8 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung der Schaltung $A = u_a / u_e$ für folgende zwei Fälle:
a) Leerlauf am Ausgang ($R_L = \infty$) und b) $R_L = R_C$!

Aufgabe 9

Gegeben ist eine Transistorschaltung nach Bild 9.1. Der Transistor habe eine Stromverstärkung von $\beta = B = 400$. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_{V1} = 9,1 \text{ k}\Omega$, $R_{V2} = 3,9 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1,2 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1 \text{ k}\Omega$, $R_L = 6 \text{ k}\Omega$ (Annahme: $I_B \ll I_Q$)

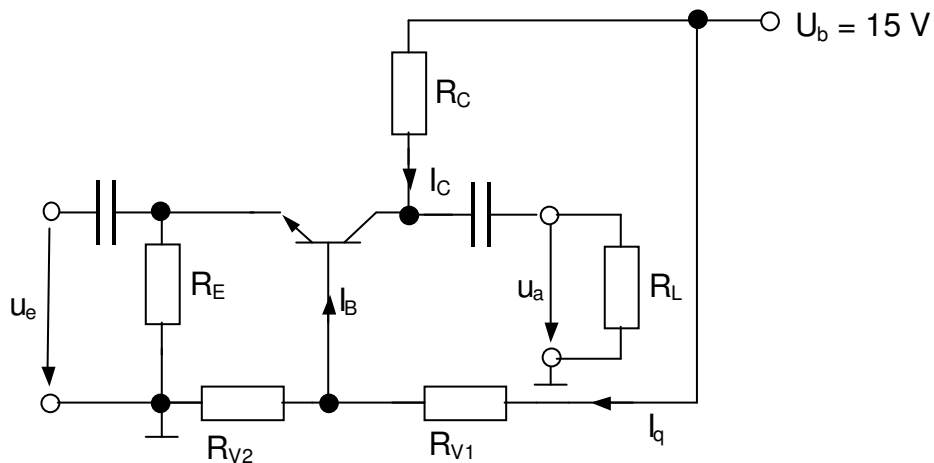


Bild 9.1

- 9.1 In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben ?
- 9.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 9.1 !
- 9.3 Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 9.1 !
- 9.4 In welchem Arbeitspunkt wird der Transistor betrieben ?
- 9.5 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung A der Schaltung !
- 9.6 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 9.7 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a der Schaltung !

Aufgabe 10

Die Eingangsstufe eines Mikrofonverstärkers soll durch eine Transistorschaltung nach Bild 10.1 realisiert werden. Der Transistor hat eine Stromverstärkung von $\beta = B = 200$. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_G = 100 \text{ k}\Omega$, $R_E = 2 \text{ k}\Omega$. Der Basisstrom beträgt $I_B = 10 \text{ }\mu\text{A}$.

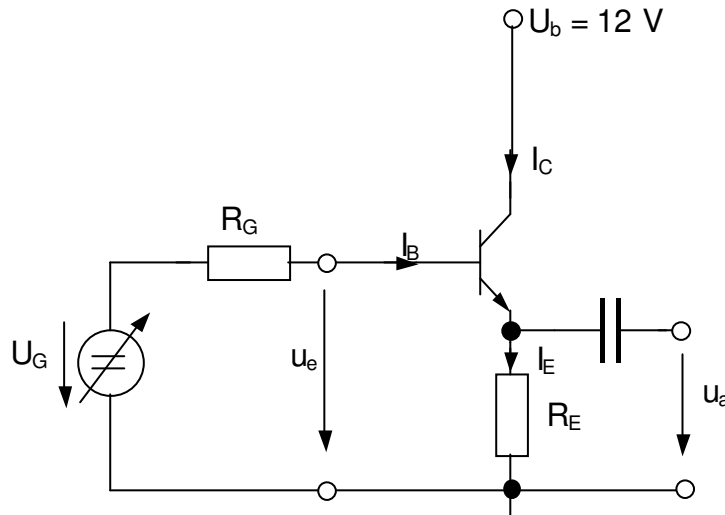


Bild 10.1

- 10.1 In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben ?
- 10.2 Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 10.1 !
- 10.3 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e und den Ausgangswiderstand r_a der Schaltung !
- 10.4 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung A der Schaltung !

Verständnisaufgabe (optional):

Sie haben in der Vorlesung Bipolar- und Feldeffekttransistoren kennengelernt.

Welchen Transistortyp, bzw. welche Grundschaltung würden Sie für die folgenden Anwendungen verwenden? Diskutieren Sie in kleinen Gruppen! Nehmen Sie zu Recherchezwecken Ihr Skript und vergleichen Sie Parameter, wie Geschwindigkeit, Stromverbrauch, Steilheit, Flächenverbrauch,...

- Verstärker für ein Hochfrequenzsignal bei mehreren GHz.
- Ausgangstreiberstufe eines IC, belastbar mit mehreren mA.
- Digitales IC für Taktraten im MHz Bereich.
- Antennenverstärker mit hoher Verstärkung.

Aufgabe 11:

Gegeben ist eine Transistorschaltung nach Bild 11.1. Der Transistor habe eine Stromverstärkung von $\beta = B = 225$. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden. Folgende Widerstandswerte sind gegeben: $R_C = 6 \text{ k}\Omega$, $R_E = 3 \text{ k}\Omega$, $R_L = 3 \text{ k}\Omega$.

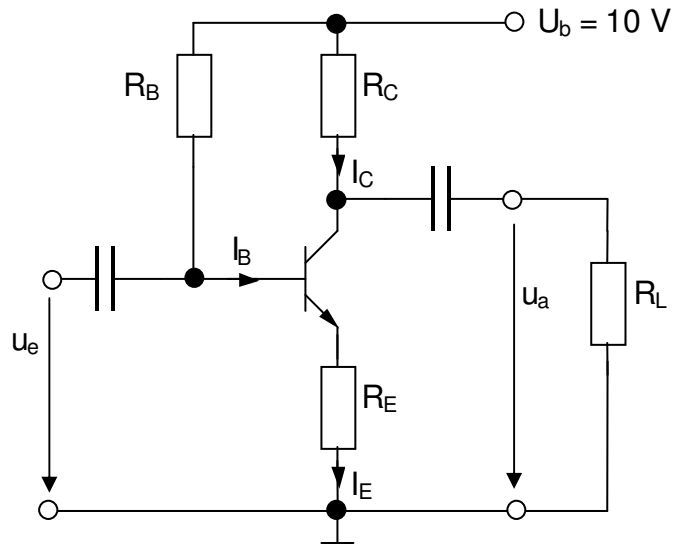


Bild 11.1

- 11.1 In welcher Grundschialtung wird der Transistor betrieben?
- 11.2 Skizzieren Sie das Großsignal-Ersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 11.1.
- 11.3 Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 11.1.
- 11.4 Berechnen Sie die Ströme I_B und I_C , sowie den Widerstand R_B für eine Kollektor-Emitterspannung $U_{CE} = 4 \text{ V}$.
- 11.5 Berechnen Sie die Steilheit S mit den in Aufgabe 11.4 gefundenen Werten.
- 11.6 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung A der Schaltung.

Lösungen zum Tutorium 2 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung

Aufgabe 9.1 bis 9.3

Aufgabe 11

Aufgaben zum Tutorium 3

"Elektronische Schaltungen"

SS 2018

Aufgabe 12

Gegeben ist ein CMOS – Verstärker nach Bild 12.1. Die Spannungsquelle liefert ein sinusförmiges Signal mit $u_g = 30$ mV Effektivwert. Der Innenwiderstand der Quelle ist $R_g = 1$ M Ω . Die Transistoren haben folgende Daten:

$U_{thn} = 2$ V, $U_{thp} = -2$ V, $\beta_n = \beta_p = 1$ mA / V², $l_n = l_p = 1$ μ m, $w_n = 5$ μ m, $\mu_n = 1200$ cm²/Vs, $\mu_p = 400$ cm²/Vs, $\epsilon_{ox} = 4,6$ (4,52), $t_{ox} = 20$ nm (24nm); $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ As / Vm. Die Early-Spannung der beiden Transistoren ist $|U_A| = 400$ V. Die Werte der Widerstände sind $R = 10$ M Ω , $R_L = 10$ k Ω . Die Versorgungsspannung ist $U_b = 12$ V.

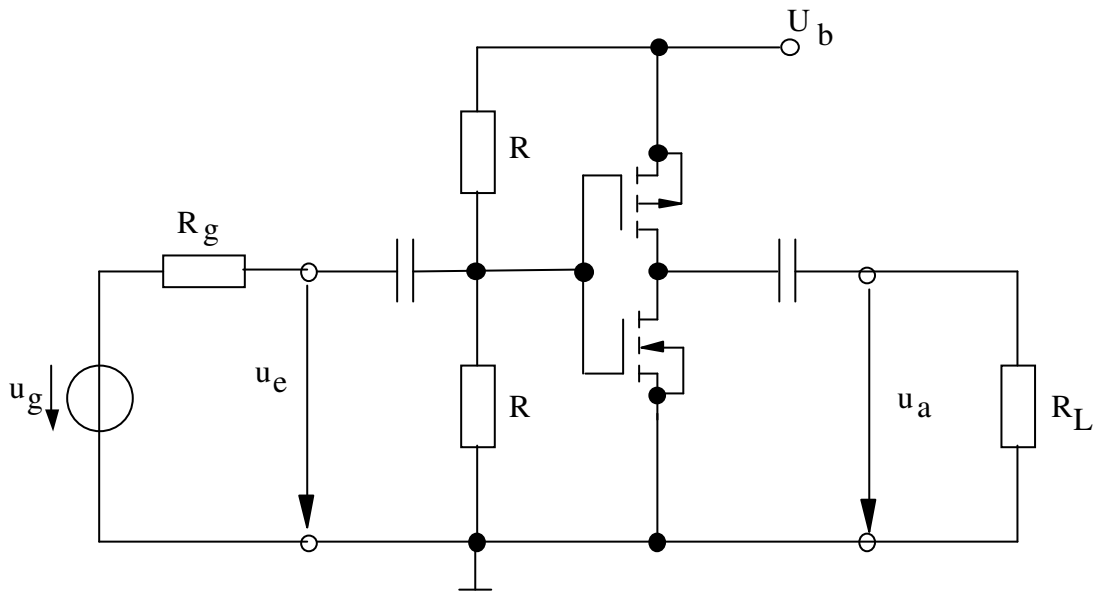


Bild 12.1

- 12.1 Bestimmen Sie für den Arbeitspunkt der Schaltung folgende Größen: U_{DS} , U_{GS} , I_D
- 12.2 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_{ein} und die Eingangsspannung u_e der Schaltung !
- 12.3 Berechnen sie die Steilheit S und die Spannungsverstärkung A der Schaltung im Arbeitspunkt !
- 12.4 Berechnen Sie folgenden Kapazitäten: C_{GSn} , C_{GSp} und C_{ein} der CMOS - Schaltung !
- 12.5 Die Signalfrequenz der Quelle ist $f = 20$ kHz. Berechnen Sie den kapazitiven Blindeingangswiderstand X_C der CMOS - Schaltung für diese Frequenz!

Aufgabe 13

Gegeben sei die Schaltung mit einem n-Kanal Sperrschicht-FET nach Bild 13.1. Der Innenwiderstand R_g der Spannungsquelle beträgt $10\text{k}\Omega$. Der Eingangsstrom des Transistors sei vernachlässigbar klein. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden.

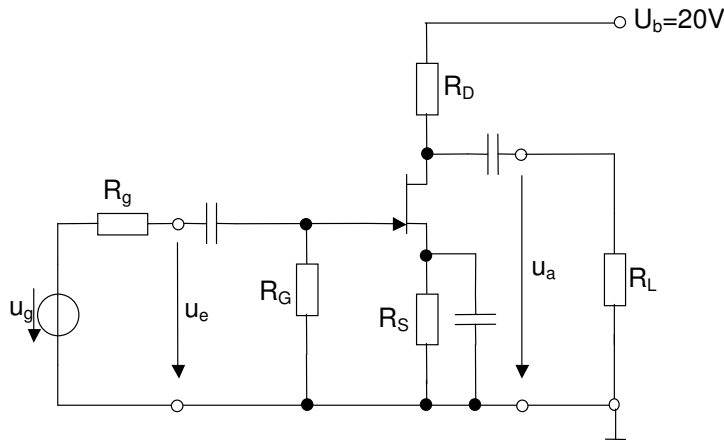


Bild 13.1

Der Transistor hat ein Kennlinienfeld nach Bild 13.2

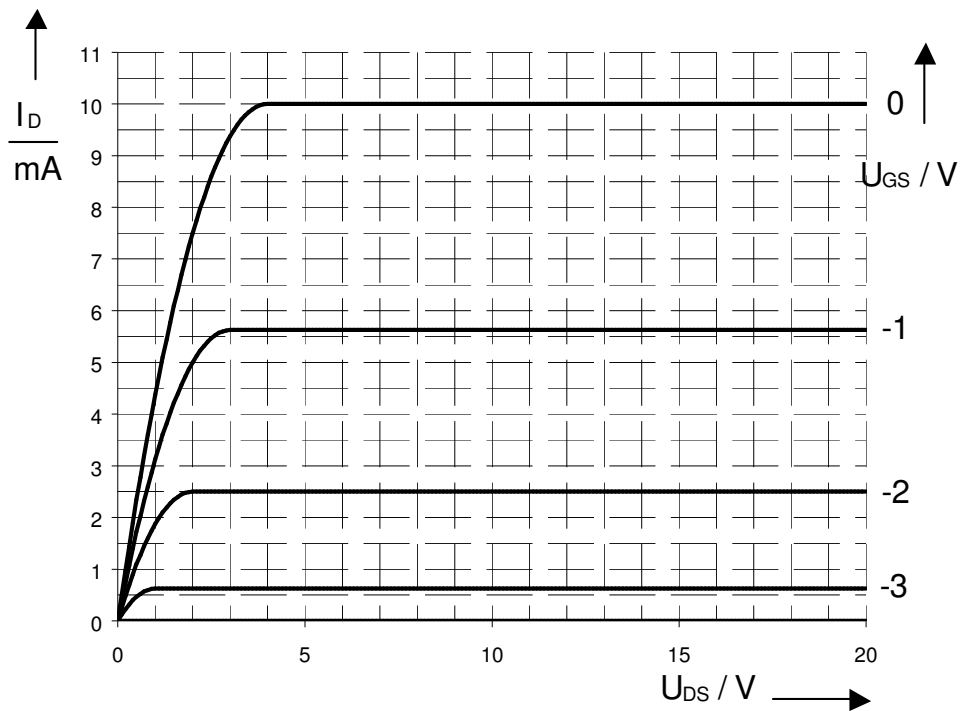


Bild 13.2

- 13.1 In welcher Grundschaltung wird der JFET betrieben?
- 13.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 13.1 !
- 13.3 Lesen Sie aus dem Kennlinienfeld den Drainstrom I_{D0} ab !
- 13.4 Der Transistor soll bei $U_{GS} = -2\text{V}$ betrieben werden. Berechnen Sie den Wert des dazu erforderlichen Widerstands R_S ! ($I_D = 2,5\text{ mA}$)
- 13.5 $R_D = 3,6\text{ k}\Omega$. Tragen Sie die Lastgerade in das Kennlinienfeld ein und markieren Sie den Arbeitspunkt! Berechnen Sie die Drain-Source Spannung im Arbeitspunkt!

- 13.6 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 13.1 !
- 13.7 Berechnen Sie den Eingangswiderstand der Schaltung wenn $R_G = 820 \text{ k}\Omega$ ist !
- 13.8 Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld graphisch die Schwellspannung U_{th} des Transistors und tragen Sie die Konstruktion in Bild 13.3 ein !
(siehe Skript S. 63, bitte zuerst die Achsen beschriften)

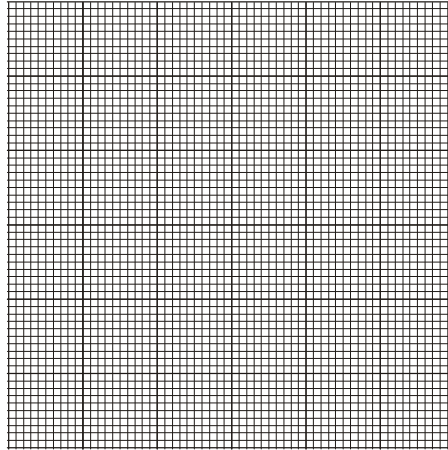


Bild 13.3

- 13.9 Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt und die Spannungsverstärkung A der Schaltung, wenn $R_L = 10 \text{ M}\Omega$ ist !
- 13.10 Tragen Sie die Lastgerade für den Betrieb mit Wechselspannungen für die angegebenen Widerstandswerte ($R_D = 3,6 \text{ k}\Omega$, $R_L = 10 \text{ M}\Omega$) in das Kennlinienfeld ein!

Aufgabe 14

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung mit einem selbstleitenden n-Kanal MOSFET nach Bild 14.1. Für den Transistor sind folgende Werte im Datenblatt angegeben: $U_{th} = -1,5 \text{ V}$, $I_{D0} = 5 \text{ mA}$.

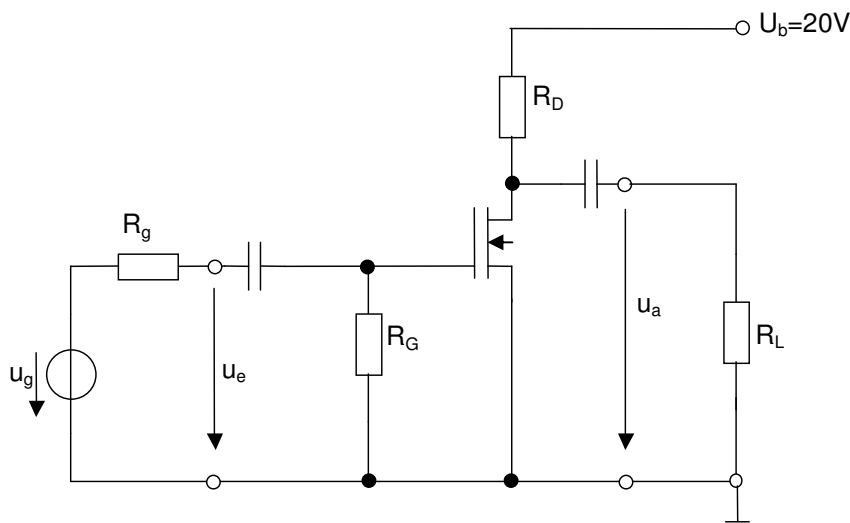


Bild 14.1

- 14.1 In welcher Grundschialtung wird der MOSFET betrieben?
- 14.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 14.1 !
- 14.3 Bei einer punktwweisen Aufnahme der Kennlinie wird bei einer angelegten Gate-Source-Spannung $U_{GS} = 2 \text{ V}$ eine Drain-Source-Spannung $U_{DS} = 2 \text{ V}$ gemessen. In welchem Bereich des Kennlinienfeldes (linear oder Sättigung) befindet sich der gemessene Punkt ? Berechnen Sie den zu diesem Punkt gehörigen Drainstrom I_D !
- 14.4 Die Schaltung soll bei $U_{GS} = 0 \text{ V}$ betrieben werden. Welchen Wert muss R_D annehmen, damit der Arbeitspunkt der Schaltung bei der Hälfte der Versorgungsspannung liegt ?
- 14.5 Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt.
- 14.6 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 14.1
- 14.7 Die Signalquelle hat eine Leerlaufspannung $u_g = \pm 0,1 \text{ V}$ und einen Innenwiderstand $R_g = 510 \text{ k}\Omega$. Welchen Wert muss der Widerstand R_G annehmen, damit die Eingangsspannung u_e im Bereich $u_e = \pm 0,05 \text{ V}$ liegt ?
- 14.8 Die Schaltung soll eine Mindestspannungsverstärkung $A_{min} = 10$ nicht unterschreiten. Welchen Wert darf der Lastwiderstand R_L minimal annehmen, damit die geforderte Bedingung eingehalten wird !
- 14.9 Die Schaltung in Bild 14.1 soll durch Hinzufügen eines Bauelements so verändert werden, dass der Arbeitspunkt der Schaltung bei $U_{GS} = -0,5 \text{ V}$ liegt.
 - Wie kann das erreicht werden?
 - Berechnen sie den Drainstrom und die Drain-Source-Spannung für den neuen Arbeitspunkt.
 - Welches Bauelement muss verändert werden, damit der Arbeitspunkt wieder bei $U_{DS} = 10 \text{ V}$ liegt
 - Berechnen Sie die Verstärkung der so veränderten Schaltung ($R_L = \text{Wert aus 14.8}$)

Aufgabe 15 (optional)

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Bild 15. Die Stromverstärkung der Transistoren ist $B = \beta = 100$. Die Basis-Emitter-Spannung der beiden Transistoren ist $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$.
 Werte: $R_{C1} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 12 \text{ k}\Omega$, $R_B = 330 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1,8 \text{ k}\Omega$, und $U_b = 12 \text{ V}$.

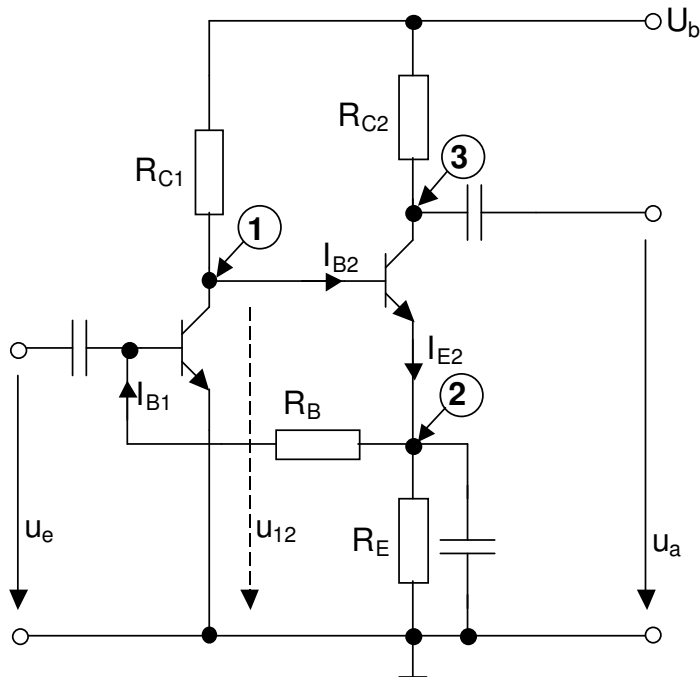


Bild 15

- 15.1 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der gesamten Schaltung!
- 15.2 Berechnen Sie die Gleichspannungen an den Punkten 1, 2 und 3 !
- 15.3 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der gesamten Schaltung!
- 15.4 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 15.5 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a der Schaltung !
- 15.6 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung $A = u_a / u_e$ der Schaltung !

Aufgabe 16 (optional)

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Bild 16.1.

Die Widerstände haben die Werte: $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_{C1} = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_{E1} = 1,0 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 1 \text{ k}\Omega$, $R_{E2} = 2 \text{ k}\Omega$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$. Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden. Der Stromverstärkungsfaktor der beiden Transistoren ist $B = \beta = 400$.

(Annahme: $U_{BE1} = U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$, $I_q \gg I_{B1}$, $I_{C1} \approx I_{E1}$, $I_{B2} \ll I_{C1}$, $I_{C2} \approx I_{E2}$, $r_{CE1}, r_{CE2} \rightarrow \infty$, $U_T = 26 \text{ mV}$)

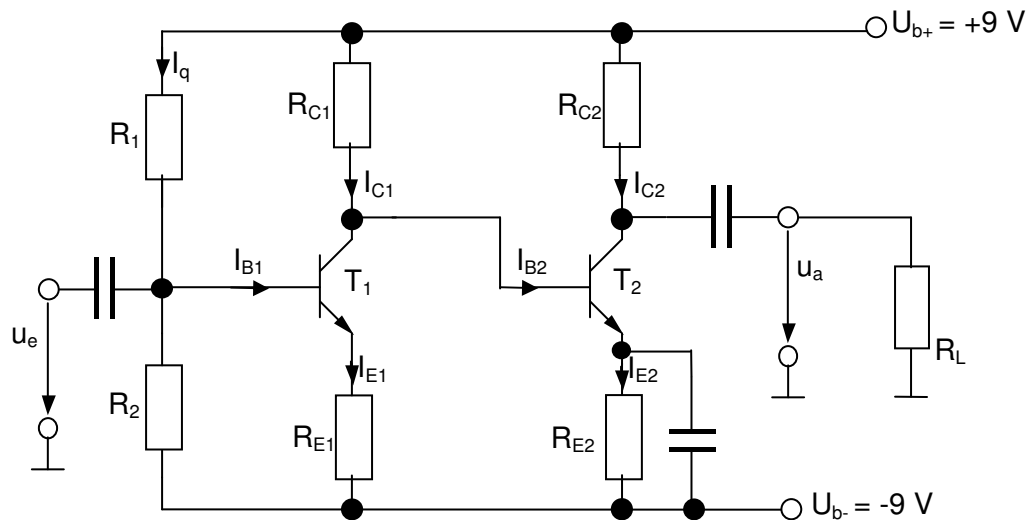


Bild 16.1

- 16.1 In welchen Grundschaltungen werden die Transistoren betrieben?
- 16.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 16.1
- 16.3 Berechnen Sie den Arbeitspunkt (I_{C1} und U_{CE1}) und die Steilheit S_1 für Transistor 1
- 16.4 Berechnen Sie den Arbeitspunkt (I_{C2} und U_{CE2}) und die Steilheit S_2 für Transistor 2
- 16.5 Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 16.1
- 16.6 Berechnen Sie den Eingangswiderstand der 2. Verstärkerstufe r_{e2} .
- 16.7 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand 2. Verstärkerstufe r_{a2} .
- 16.8 Berechnen Sie die Gesamt-Spannungsverstärkung A_g der Schaltung in Bild 16.1!

Aufgabe 17

Untersucht werden soll eine Verstärkerschaltung bestehend aus einem JFET und Widerständen. Verwendet werden soll der BF545A (siehe Datenblatt, Bild 17.2). $R_G=250\text{k}\Omega$.

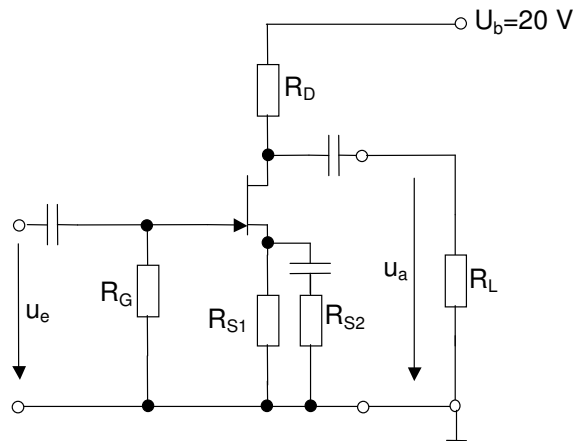


Bild 17.1

- 17.1 In welcher Grundschaltung wird der Verstärker in Bild 17.1 betrieben?
- 17.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild!
- 17.3 Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild!
- 17.4 Berechnen Sie den maximal zulässigen Strom, den das Bauteil laut Datenblatt bei 25°C verträgt bevor es wegen Überhitzung kaputt geht. Nehmen Sie dabei den schlimmsten Fall an (die gesamte Versorgungsspannung liegt am Transistor an).
- 17.5 Zwischen Gate und Source liegt bei einem JFET eine Diode. Wird diese in der Schaltung nach Bild 17.1 in Durchlassrichtung oder in Sperrrichtung betrieben?
Welcher Strom fließt nun laut Datenblatt maximal in das Gate des Transistors?
- 17.6 Wie groß ist der maximale Strom I_D , den der Transistor laut Datenblatt bei typischer Ansteuerung treiben kann.
- 17.7 Welche Funktion hat R_G ?
- 17.8 Könnte man diese Schaltung auch als Grundschaltung ohne Stromgegenkopplung betreiben? Begründen Sie!
- 17.9 Wie groß ist U_{th} laut Datenblatt (maximale Angabe)?

N-channel silicon junction field-effect transistors

BF545A; BF545B; BF545C

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DS}	drain-source voltage		–	± 30	V
V_{GSO}	gate-source voltage	open drain	–	–30	V
V_{GDO}	gate-drain voltage (DC)	open source	–	–30	V
I_G	forward gate current (DC)		–	10	mA
P_{tot}	total power dissipation	up to $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	–	250	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	150	$^\circ\text{C}$
T_j	operating junction temperature		–	150	$^\circ\text{C}$

STATIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)GSS}$	gate-source breakdown voltage	$I_G = -1\mu\text{A}; V_{DS} = 0$	–30	–	–	V
V_{GSoff}	gate-source cut-off voltage BF545A BF545B BF545C	$I_D = 200\mu\text{A}; V_{DS} = 15\text{ V}$	–0.4	–	–2.2	V
			–1.6	–	–3.8	V
			–3.2	–	–7.8	V
		$I_D = 1\mu\text{A}; V_{DS} = 15\text{ V}$	–0.4	–	–7.5	V
I_{DSS}	drain current BF545A BF545B BF545C	$V_{GS} = 0; V_{DS} = 15\text{ V}$	2	–	6.5	mA
			6	–	15	mA
			12	–	25	mA
I_{GSS}	gate leakage current	$V_{GS} = -20\text{ V}; V_{DS} = 0$	–	–0.5	–1000	pA
$ y_{fs} $	forward transfer admittance	$V_{GS} = 0; V_{DS} = 15\text{ V}$	3	–	6.5	mS
$ y_{os} $	common source output admittance	$V_{GS} = 0; V_{DS} = 15\text{ V}$	–	40	– S	μ

Bild 17.2

Lösungen zum Tutorium 3 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 17

Aufgaben zum Tutorium 4

"Elektronische Schaltungen"

SS 2018

Aufgabe 18 (optional)

Gegeben ist eine Transistorschaltung nach Bild 18.1. Beide Transistoren haben eine Stromverstärkung von $\beta = B = 400$.

Die Widerstände haben folgende Werte: $R_{C1} = R_{C2} = 2 \text{ k}\Omega$, $R_E = 2 \text{ k}\Omega$.
 $U_b = \pm 5 \text{ V}$

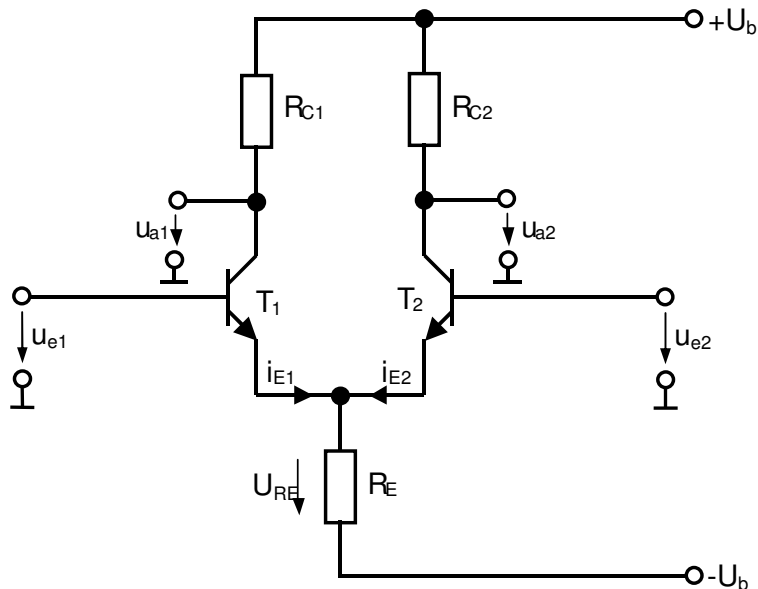


Bild 18.1

- 18.1 Um welche Grundschaltung handelt es sich hierbei?
- 18.2 Skizzieren Sie das Großsignal – Ersatzschaltbild der Schaltung!
- 18.3 Berechnen Sie die Arbeitspunkte der beiden Transistoren für $u_{e1} = u_{e2} = 0 \text{ V}$!
(Annahme: $U_{BE,T1} = U_{BE,T2} = 0,7 \text{ V}$)
- 18.4 Skizzieren Sie das Kleinsignal – Ersatzschaltbild der Schaltung!
- 18.5 Berechnen Sie den Gleichtakt-Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 18.6 Berechnen Sie die Gleichtakt-Spannungsverstärkung A_G der Schaltung !
- 18.7 Berechnen Sie die Gegentakt-Spannungsverstärkung der Schaltung !
- 18.8 Berechnen Sie den Gleichtaktunterdrückungsfaktor der Schaltung !

Aufgabe 19:

Gegeben sei eine Schaltung nach Bild 19.1. Die Operationsverstärker haben einen Frequenzgang nach Bild 19.2. Die Schaltung soll unter idealisierten Bedingungen betrachtet werden. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1 \text{ M}\Omega$.

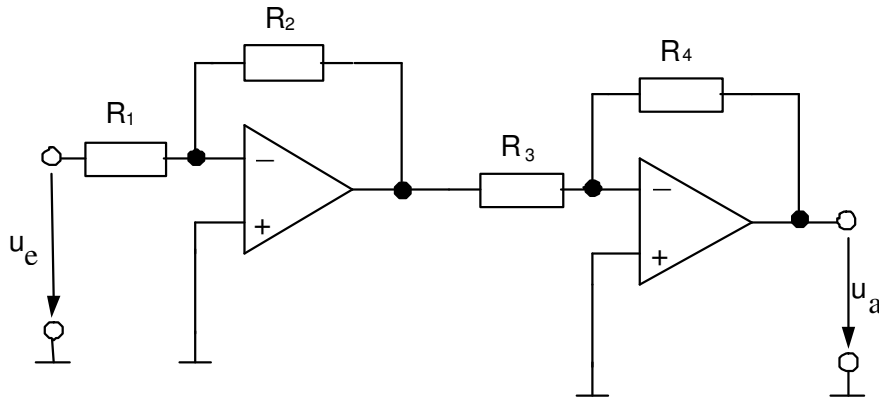


Bild 19.1

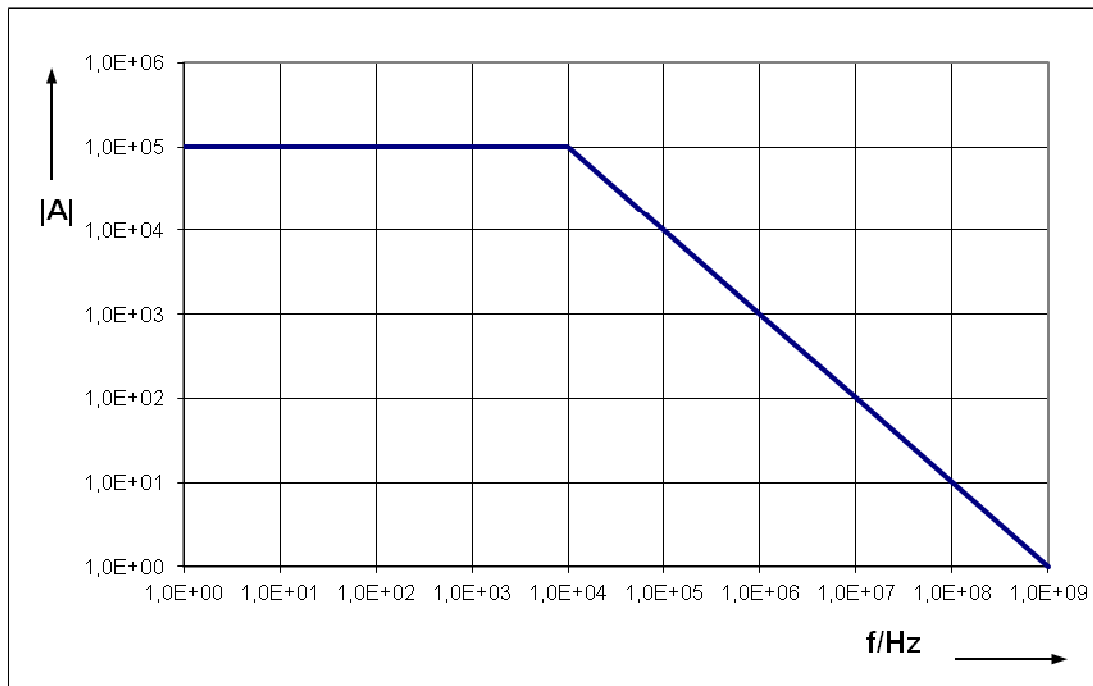


Bild 19.2

- 19.1 Nennen Sie die drei wichtigsten Eigenschaften eines idealen Operationsverstärkers!
- 19.2 Berechnen Sie die Gesamtverstärkung $|A_{\text{ges}}|$ der Schaltung. Bis zu welcher Grenzfrequenz f_{g1} kann die Schaltung betrieben werden?
- 19.3 Die Schaltung nach Bild 19.1 soll für folgende Randbedingungen neu ausgelegt werden: $|A_{\text{ges}}| = 100$, $f_{g2} = 100 \text{ MHz}$. Welche Werte müssen die Widerstände R_2 bis R_4 annehmen, wenn $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ bleiben soll?

Aufgabe 20

Mit der Schaltung in Bild 20.1 wird eine Referenzspannung erzeugt, die nur noch eine geringe Abhängigkeit von der Versorgungsspannung U_b besitzt.

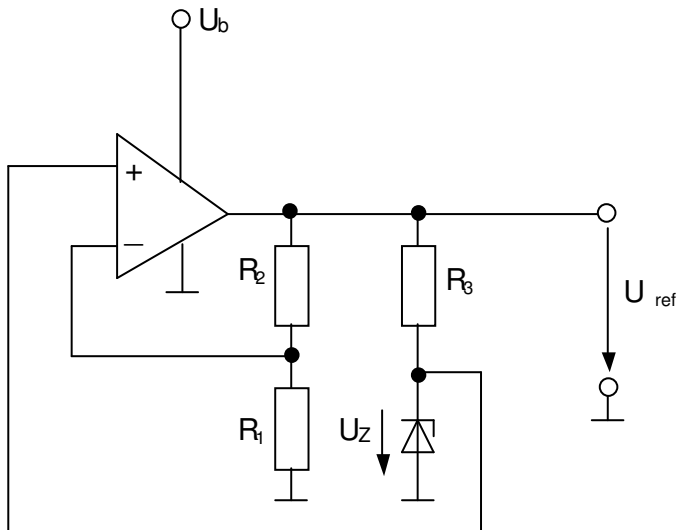


Bild 20.1

- 20.1 Berechnen Sie formelmäßig die Spannung U_{ref} in Abhängigkeit der Widerstände und der Zenerspannung U_Z ! (Der Operationsverstärker soll als ideal betrachtet werden)
- 20.2 Welche Aufgabe hat der Widerstand R_3 ?
- 20.3 Die Versorgungsspannung beträgt $U_b = 12 \text{ V}$. Die Zenerdiode hat eine Spannung $U_Z = 2,7 \text{ V}$.
- 20.4 Berechnen Sie den Widerstandwert für R_2 , wenn $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ist und $U_{\text{ref}} = 5,0 \text{ V}$ sein soll! Der Strom durch die Zenerdiode darf nicht weniger als 1 mA betragen. Welchen Widerstandswert kann R_3 maximal annehmen (E24-Reihe)?

Aufgabe 21

In Bild 21.1 ist eine mehrstufige Verstärkerschaltung dargestellt. Es kommen zwei Operationsverstärker (TL072) zum Einsatz, die jeweils mit $\pm 15\text{ V}$ versorgt werden. In Bild 21.2 ist ein Ausschnitt des Datenblatts gezeigt. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_1 = 1,2\text{ M}\Omega$; $R_2 = 600\text{ k}\Omega$; $R_3 = 470\text{ k}\Omega$; $R_5 = 11\text{ k}\Omega$; $R_6 = 1,1\text{ M}\Omega$; $R_L = 10\text{ k}\Omega$

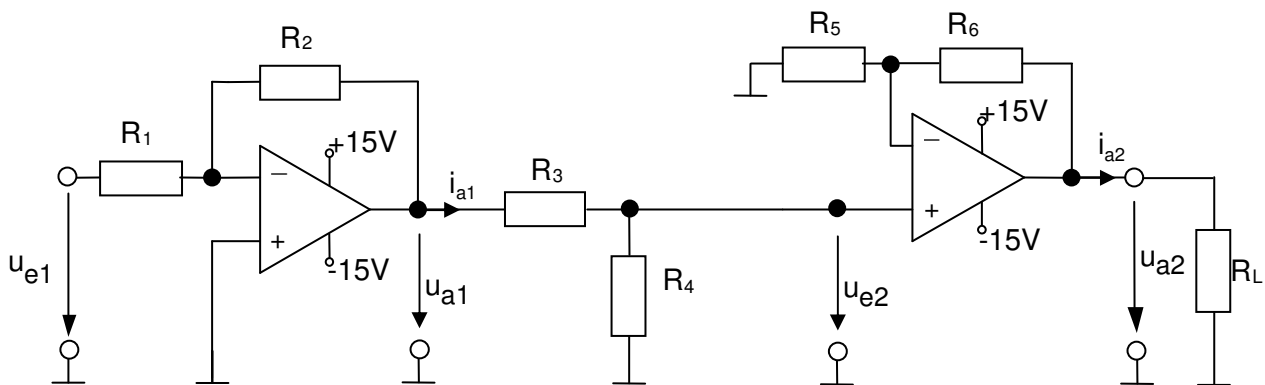


Bild 21.1

- 21.1 In welchen Grundschaltungen werden die beiden Operationsverstärker betrieben?
- 21.2 Berechnen Sie die Verstärkung u_{a1}/u_{e1} sowie die Verstärkung u_{a2}/u_{e2} .
- 21.3 Bis zu welcher Grenzfrequenz f_g kann die Schaltung betrieben werden?
- 21.4 Berechnen Sie R_4 damit sich eine gesamte Verstärkung der Schaltung $A_{ges} = -45,45$ einstellt.
- 21.5 Berechnen Sie den Strom i_{a2} für eine Eingangsspannung $u_{e1} = 285\text{ mV}$. Rechnen Sie mit den Werten aus Aufgabe 21.4.

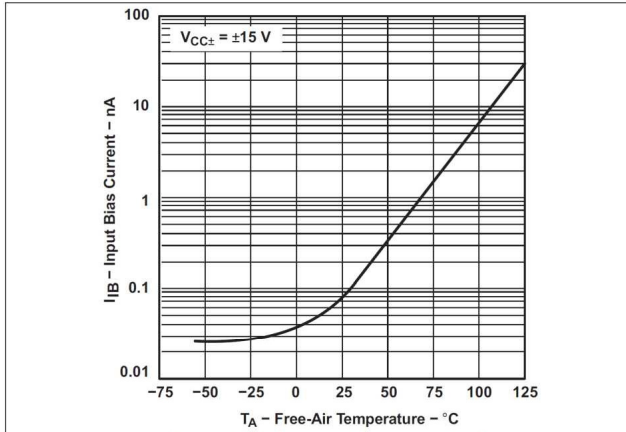


Figure 1. Input Bias Current vs Free-Air Temperature

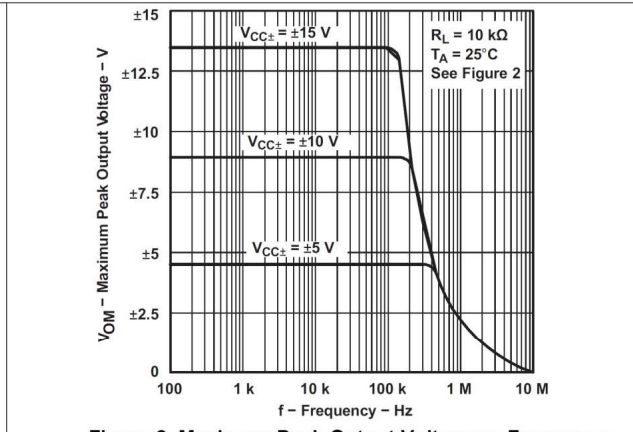


Figure 2. Maximum Peak Output Voltage vs Frequency

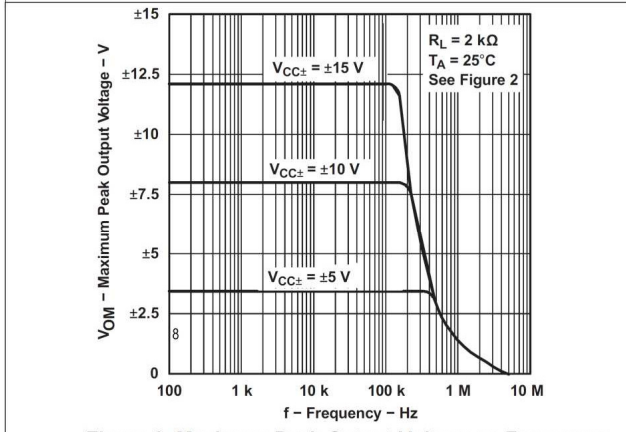


Figure 3. Maximum Peak Output Voltage vs Frequency

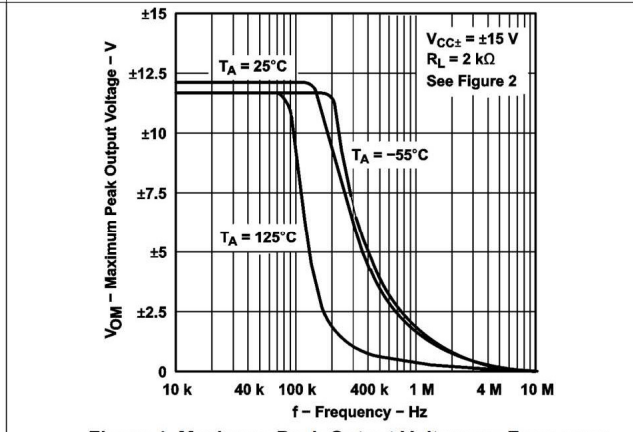


Figure 4. Maximum Peak Output Voltage vs Frequency

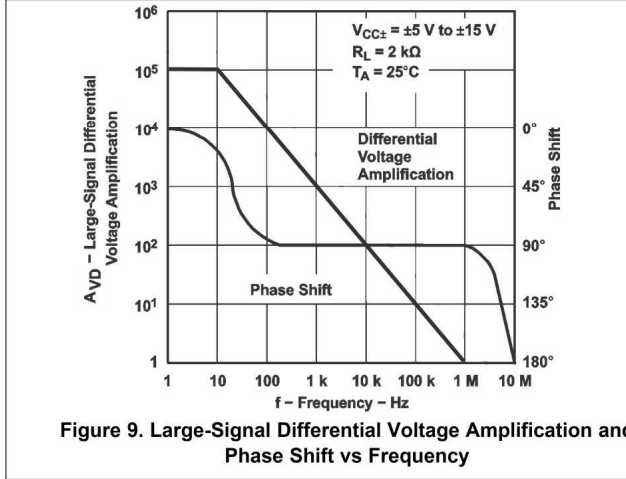


Figure 9. Large-Signal Differential Voltage Amplification and Phase Shift vs Frequency

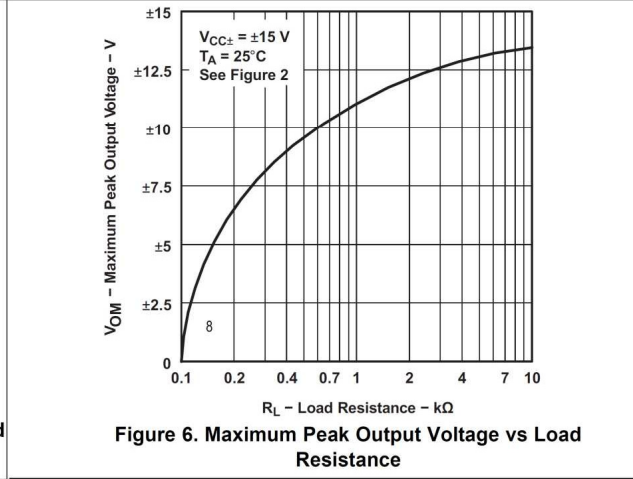


Figure 6. Maximum Peak Output Voltage vs Load Resistance

Aufgabe 22

Gegeben ist eine Schaltung nach Bild 22.1. Der Operationsverstärker besitzt ideale Eigenschaften. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 20\text{ k}\Omega$, $R_3 = 50\text{ k}\Omega$, $R_N = 100\text{ k}\Omega$,

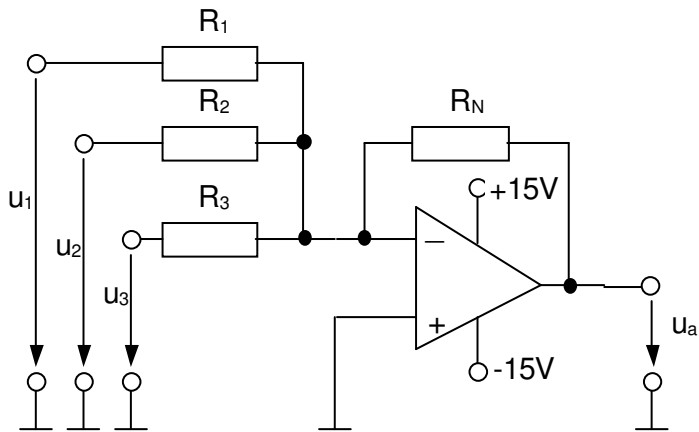


Bild 22.1

- 22.1 In welcher Grundschaltung wird der Operationsverstärker betrieben?
- 22.2 Geben Sie die Ausgangsspannung u_a als Funktion der Eingangsspannungen u_1 bis u_3 an!
- 22.3 An den Eingängen liegen die in Bild 22.2 skizzierten Spannungen u_1 , u_2 und u_3 an:
Skizzieren Sie die Ausgangsspannung u_a !

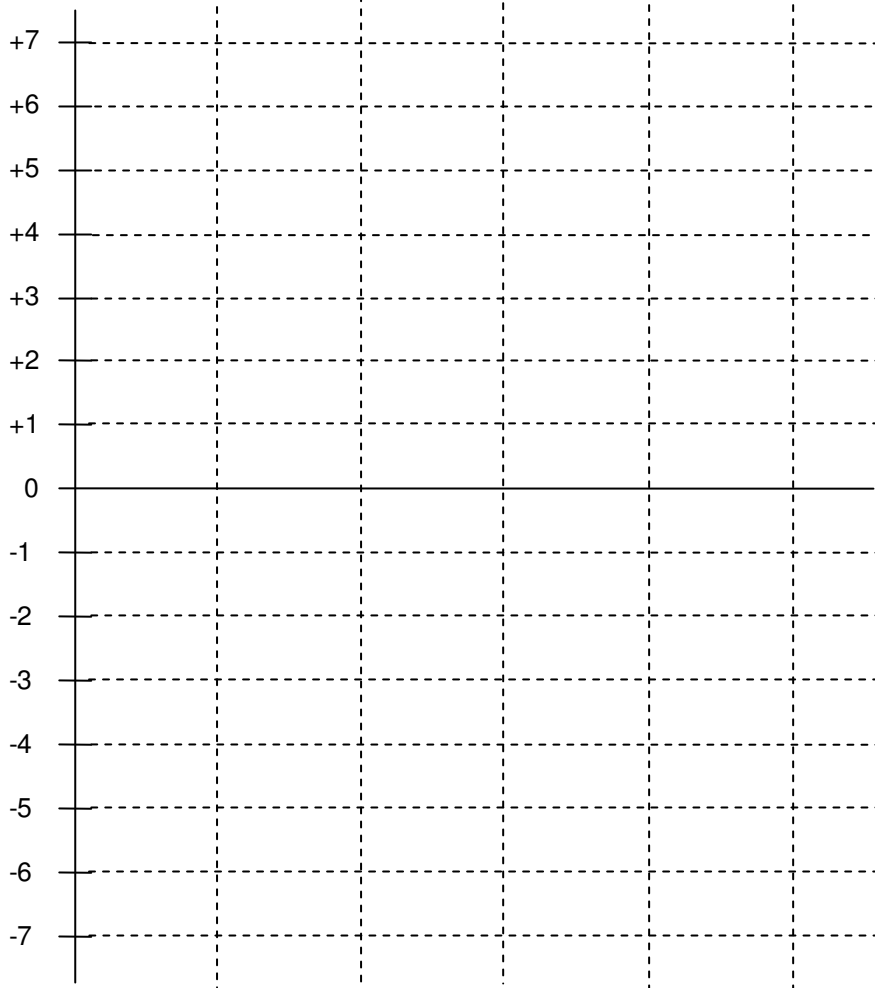
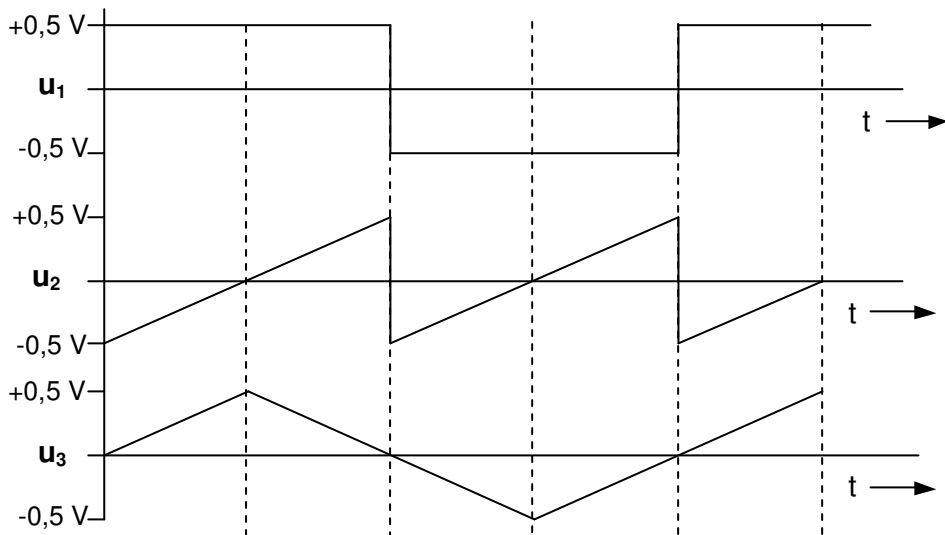


Bild 22.2

Lösungen zum Tutorium 4 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 21

Aufgaben zum Tutorium 5

"Elektronische Schaltungen"

SS 2018

Aufgabe 23

Gegeben ist eine Schaltung mit 3 Operationsverstärkern nach Bild 23.1. Die Widerstände haben die Werte: $R_1 = 10,303 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 510 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10,0 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10,0 \text{ k}\Omega$

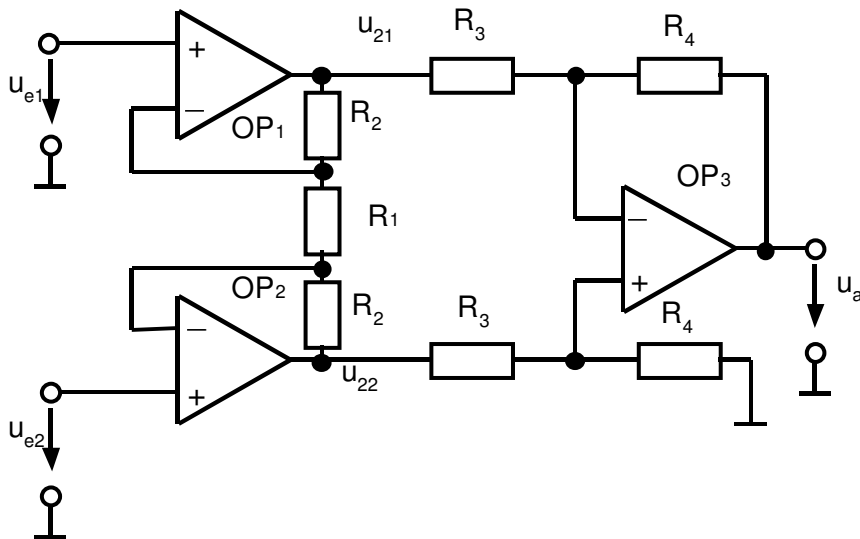


Bild 23.1

- 23.1 In welchen Grundschaltungen werden die Verstärker OP_1 , OP_2 und OP_3 betrieben?
- 23.2 Bestimmen Sie formelmäßig die Ausgangsspannung u_a als Funktion der Eingangsspannungen u_{e1} und u_{e2} und berechnen Sie die Verstärkung A der Schaltung!
- 23.3 Wie ändert sich die Verstärkung, wenn $R_4 = 20,0 \text{ k}\Omega$ ist?
- 23.4 Wie groß muss R_1 werden, damit die Gesamtverstärkung der Schaltung $A=1000$ ist? ($R_2 = 510 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10,0 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10,0 \text{ k}\Omega$)

Aufgabe 24

Die Bilder 24.1 und 24.2 zeigen digitale Schaltungen mit Feldeffekt-Transistoren.

24.1 Ergänzen Sie die Wahrheitstabelle und bestimmen Sie die logische Funktion!

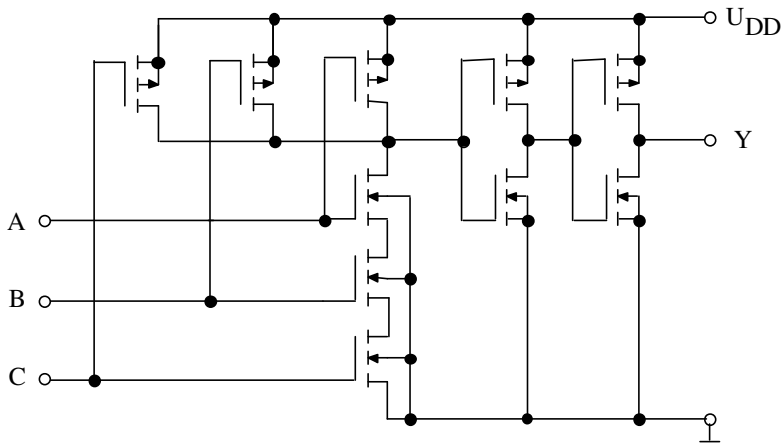


Bild 24.1

Wahrheitstabelle:

A	B	C	Y
1	1	1	
1	0	1	
0	1	1	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	0	
0	1	0	
0	0	0	
logische Funktion:			

24.2 Modifizieren Sie die folgende Schaltung durch Einzeichnen einer oder mehrerer Verbindungen derart, dass die nebenstehende Wahrheitstabelle erfüllt wird!

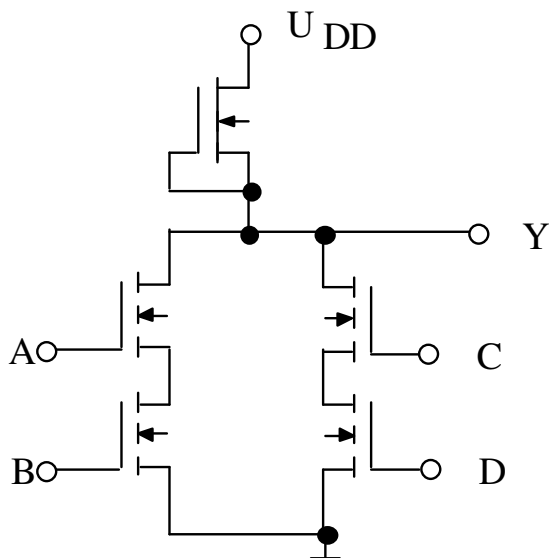


Bild 24.2

Wahrheitstabelle:

A	B	C	D	Y
1	1	1	1	0
1	0	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	0	0	1	1
0	1	0	1	1
0	0	0	1	1
1	1	1	0	0
1	0	1	0	0
0	1	1	0	0
0	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	1
0	0	0	0	1

Aufgabe 25

Zur Abschätzung von Schaltzeiten und Störabständen digitaler Schaltungen soll ein idealisierter Inverter (Bild 25.1) mit dem zeitlichen Verlauf von Eingangsspannung U_E und Ausgangsspannung U_A nach Bild 25.2 betrachtet werden.

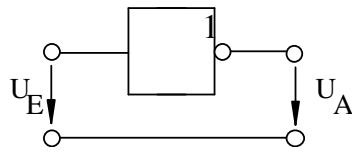


Bild 25.1

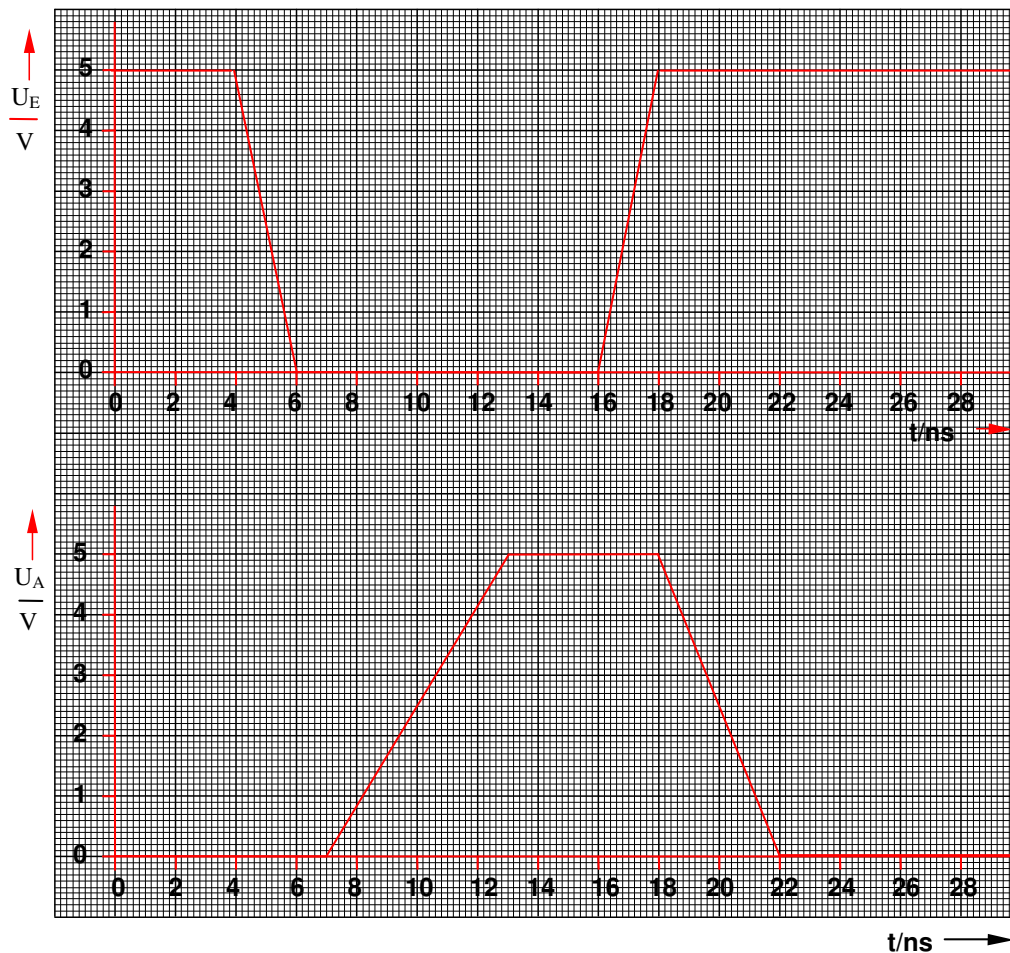


Bild 25.2

25.1 Bestimmen Sie aus Bild 25.2 folgende Daten des Inverters:

- Verzögerungszeit beim Übergang vom HIGH-Pegel zum LOW-Pegel am Eingang
- Verzögerungszeit beim Übergang vom LOW-Pegel zum HIGH-Pegel am Eingang
- Anstiegszeit der Ausgangsspannung
- Abfallzeit der Ausgangsspannung
- Gatterlaufzeit des Inverters

25.2 Der Inverter hat eine Übertragungskennlinie nach Bild 25.3. Ermitteln Sie graphisch die absoluten (ΔU_H , ΔU_L) und die relativen (Z_H , Z_L) Störabstände des Inverters.

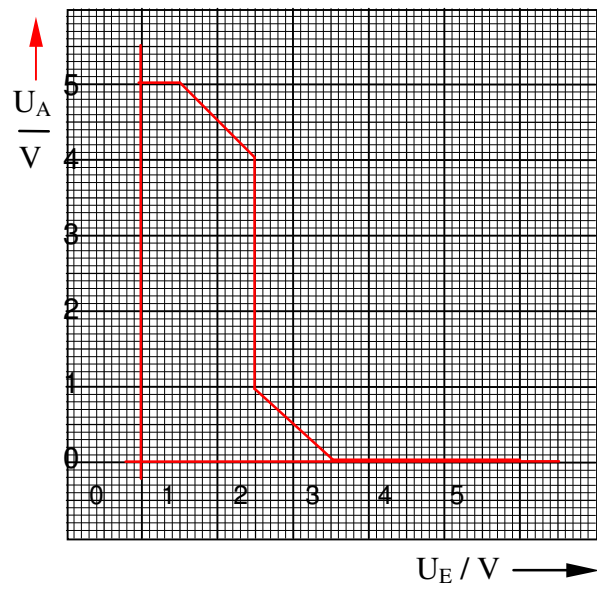


Bild 25.3

Aufgabe 26:

Zwei Inverter mit einem n-Kanal Feldeffekt-Transistor und einem Lastwiderstand bzw. einem Lasttransistor sind in Bild 26.1 a) und b) dargestellt. Das Kennlinienfeld des Transistors mit der Lastkennlinie (Schaltung b) zeigt Bild 26.2.

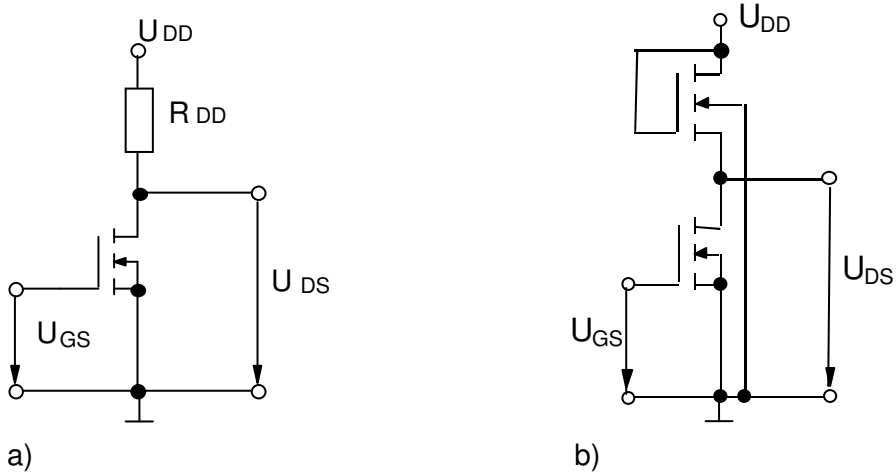


Bild 26.1

a)

b)

- 26.1 Der Lastwiderstand sei $R_{DD} = 8 \text{ k}\Omega$. Tragen Sie die Lastgerade in das Kennlinienfeld ein. Skizzieren Sie die Übergangskennlinien der beiden Inverterschaltungen (U_{DS} über U_{GS}), wenn die Inverter bei $U_{DD} = 10 \text{ V}$ betrieben werden! (Lasttransistor: $U_{th} = 1,2 \text{ V}$) (Ermitteln Sie die notwendigen Punkte aus dem Kennlinienfeld)
- 26.2 Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld die Steilheit S des Transistors zwischen $U_{GS} = 2 \text{ V}$ und $U_{GS} = 3 \text{ V}$ und zwischen $U_{GS} = 3,5 \text{ V}$ und $U_{GS} = 4,5 \text{ V}$!
- 26.3 Am Eingang der Schaltungen liegt eine Spannung $U_{GS} = 10 \text{ V}$ an. Berechnen Sie die Verlustleistungen der Inverter für diesen Fall!

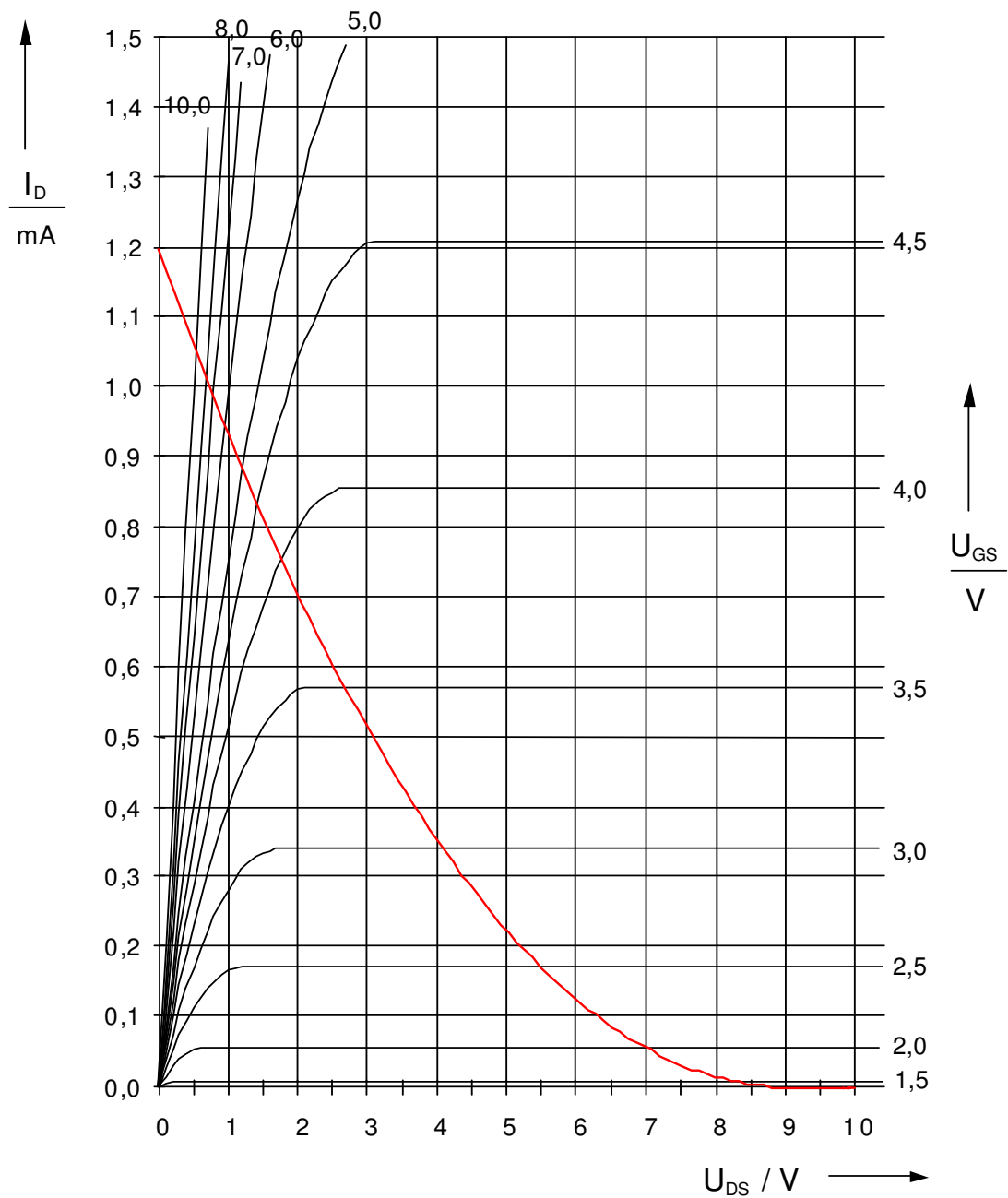


Bild 26.2

Aufgabe 27

- 27.1 Zeichnen Sie ein 2-fach NAND Gatter mit n-Kanal MOSFET Transistoren und einem Lasttransistor vom Verarmungstyp.
- 27.2 Zeichnen Sie ein 2-fach NOR Gatter in CMOS-Technik

Lösungen zum Tutorium 5 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 24

Lösung Aufgabe 27

Aufgaben zum Tutorium 6

"Elektronische Schaltungen"

SS 2018

Aufgabe 28:

Gegeben ist eine Schaltung nach Bild 28.1

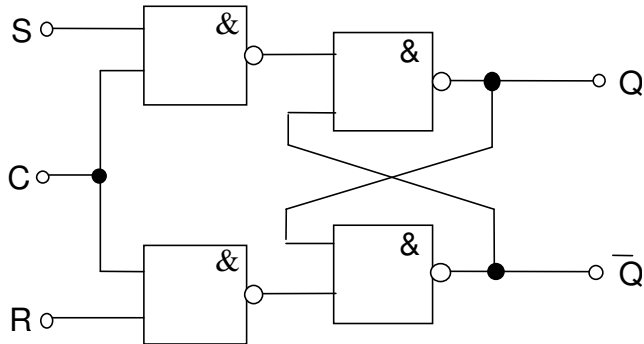


Bild 28.1

28.1 Skizzieren Sie das genormte Schaltsymbol für die Schaltung!

28.2 Vervollständigen Sie die Wahrheitstabelle für die Schaltung!

C	S	R	Q	\bar{Q}
0	x	x		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

28.3 An die Eingänge der Schaltung werden Signale nach Bild 28.2 angelegt. Tragen Sie den Signalverlauf an den Ausgängen in das Diagramm ein!

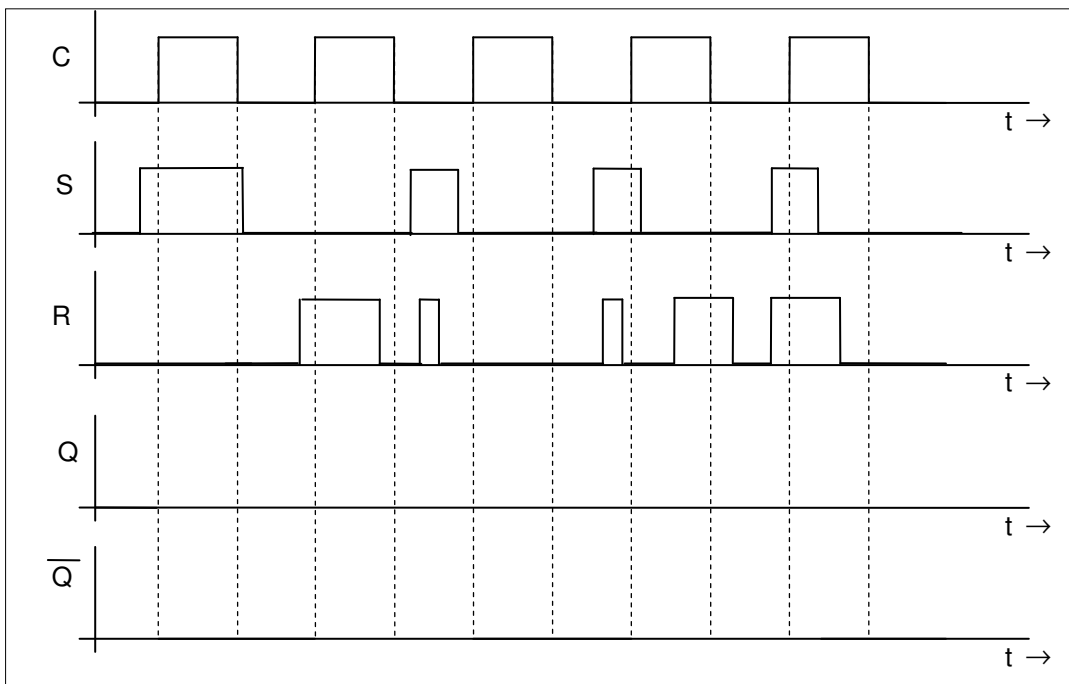


Bild 28.2

Aufgabe 29:

Gegeben ist ein Flip-Flop nach Bild 29.1

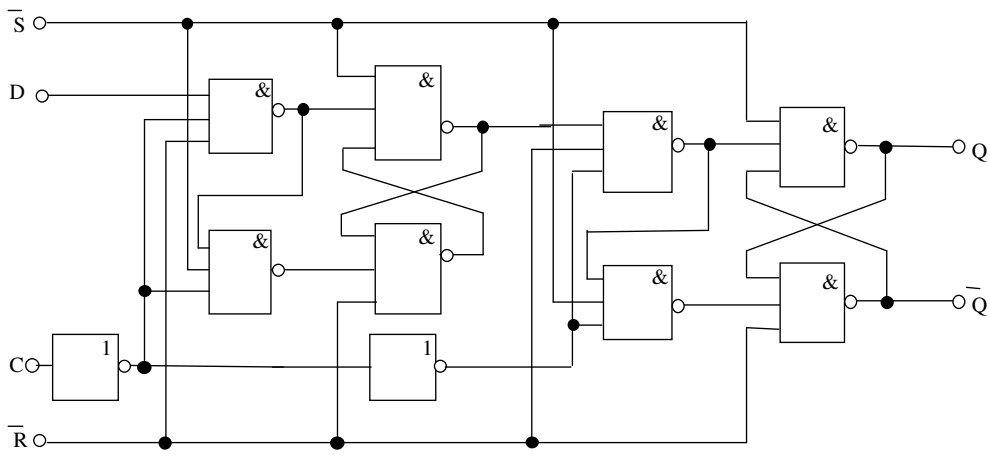


Bild 29.1

29.1 Beschreiben Sie die Funktion des Flip-Flops in Worten !

29.2 Beschreiben Sie die Funktion des Flip-Flops anhand einer Wahrheitstabelle !

29.3 An den Eingängen der Schaltung werden die Signale nach Bild 29.2 angelegt. Skizzieren Sie die Signale an den Ausgängen Q und \bar{Q} ! ($Q(t=0) = \text{HIGH}$)

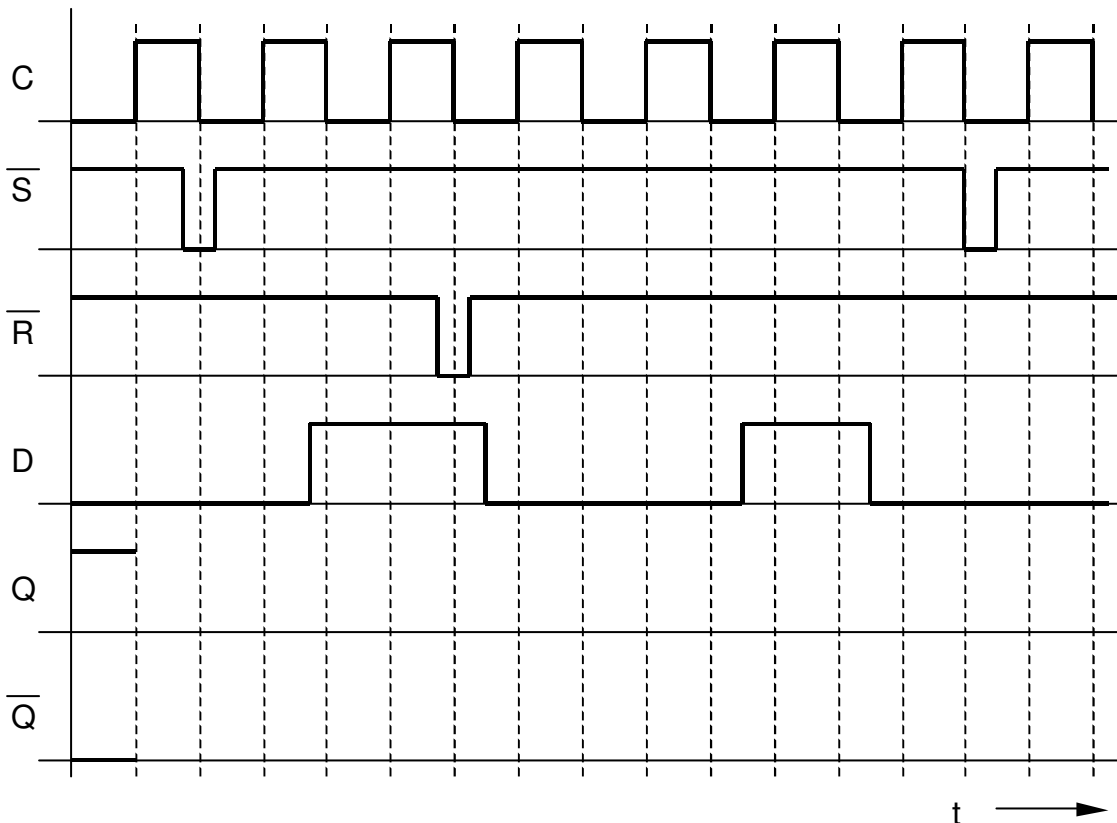


Bild 29.2

Aufgabe 30:

Die Bilder 30a bis 30d zeigen vier JK-Flip-Flops, die aus bekannten Grundelementen zusammengesetzt sind.

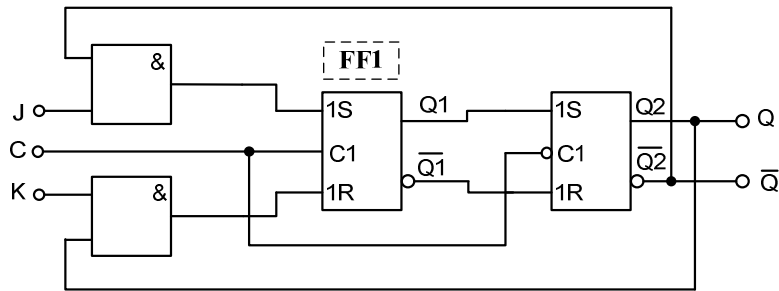


Bild 30a

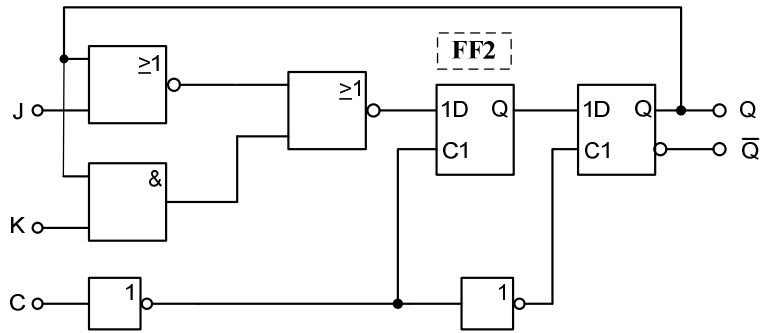


Bild 30b

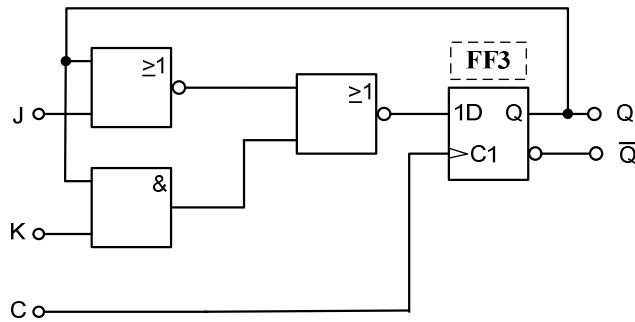


Bild 30c

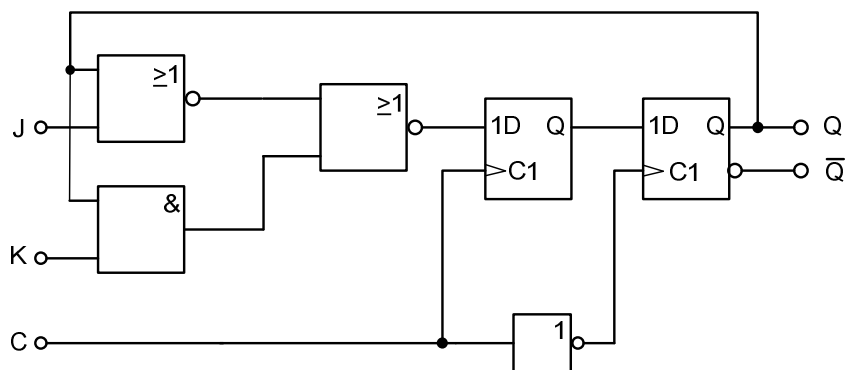


Bild 30d

- 30.1 Erstellen Sie die Wahrheitstabellen für die Flip-Flops **FF1** (in Bild 30a) , **FF2** (in Bild 30b) und **FF3** (in Bild 30c) !
- 30.2 Zeichnen Sie die logischen Symbole der vier JK-Flip-Flops! Achten Sie dabei auf folgende Details: Taktzustands- oder Taktflankengesteuert !
- 30.3 In Bild 30.2 ist ein zeitlicher Verlauf von Eingangssignalen (C, J und K) vorgegeben. Ergänzen Sie für die vier Flip-Flops Bild 30a bis 30d die zugehörigen Ausgangssignale am jeweiligen Q Ausgang der Flipflops !

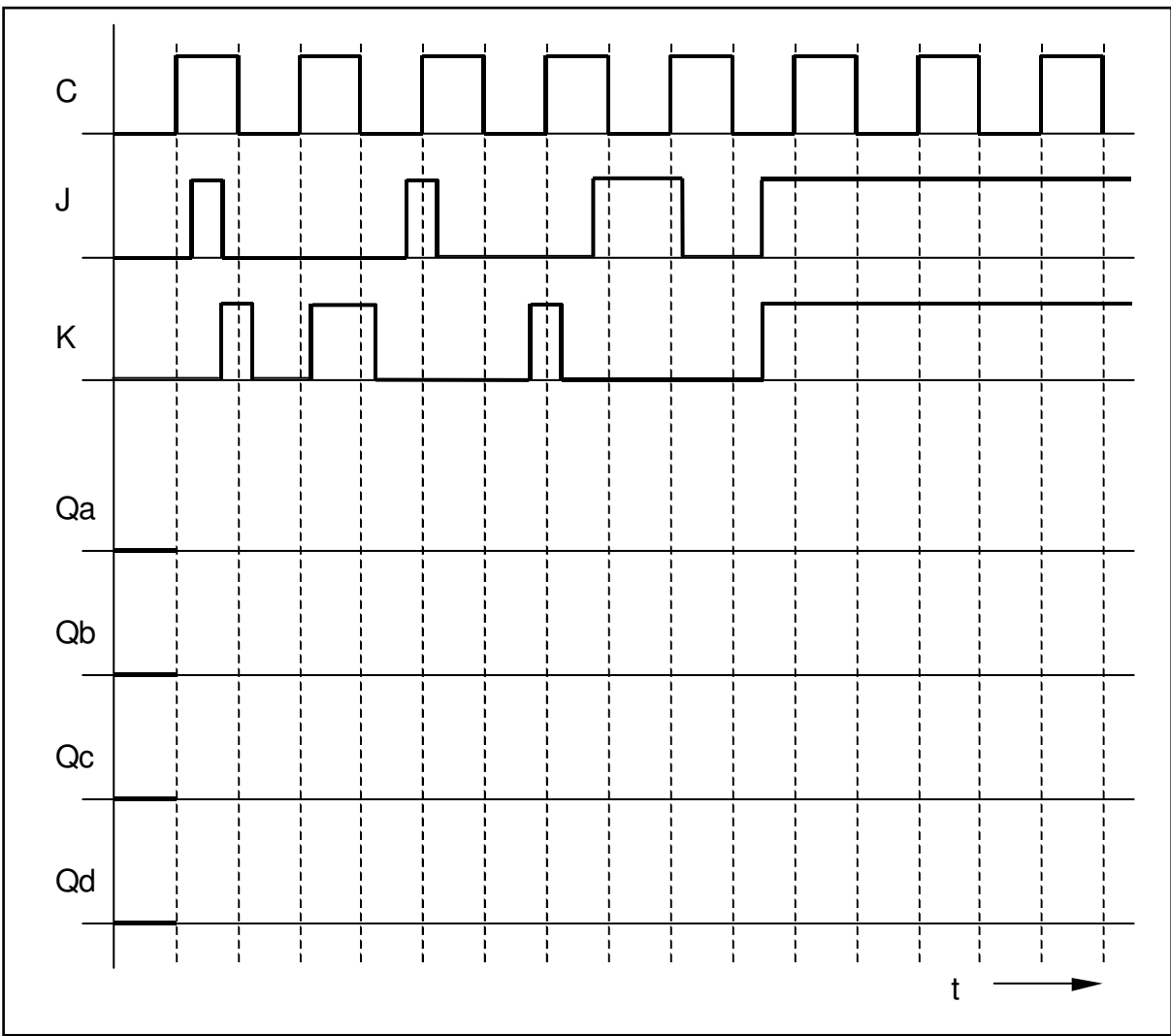


Bild 30.2

Aufgabe 31:

In Bild 31.1 ist die schaltungstechnische Auslegung eines logischen Gatters in CMOS dargestellt.

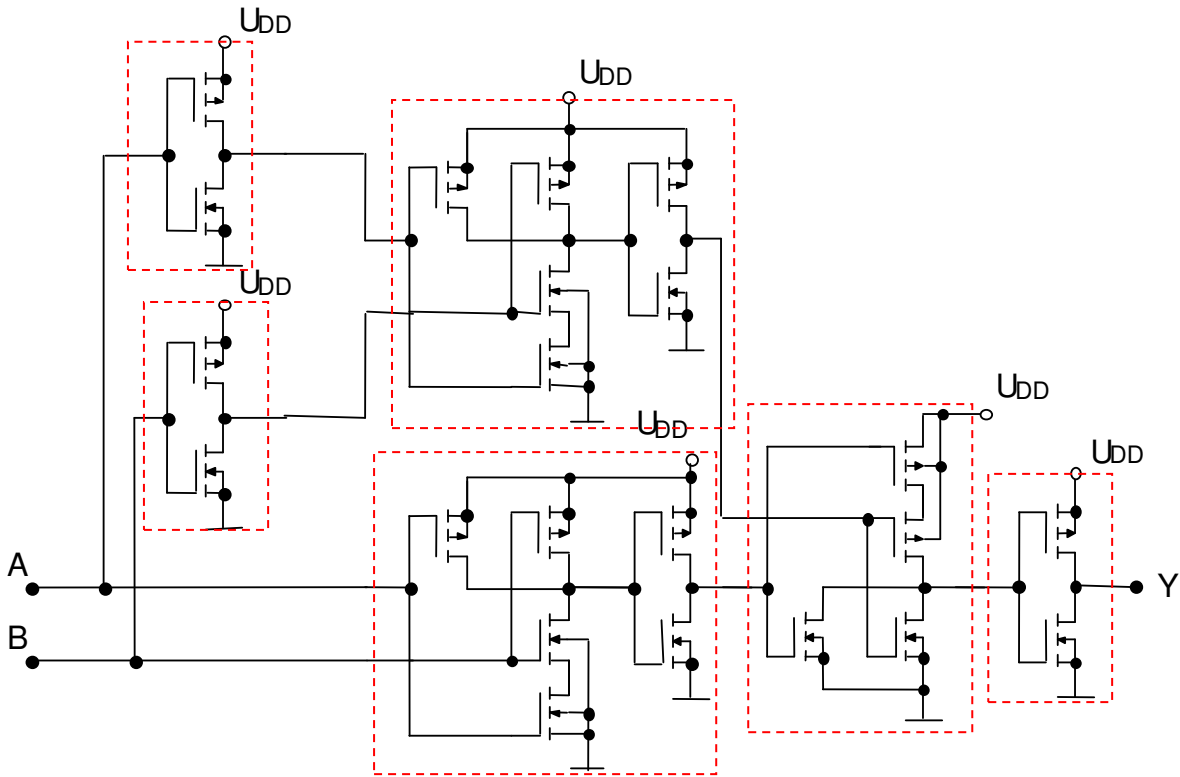


Bild 31.1

- 31.1 Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Schaltung aus den 6 markierten logischen Gattern mit den genormten Symbolen nach DIN 40900!
- 31.2 Ergänzen Sie die Wahrheitstabelle für die Schaltung nach Bild 30.1!

A	B	Y
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

- 31.3 Um welche logische Funktion handelt es sich?
- 31.4 Geben Sie das genormte Symbol nach DIN 40900 für diese Funktion an!

Aufgabe 32

Entwurf eines Lauflichtes.

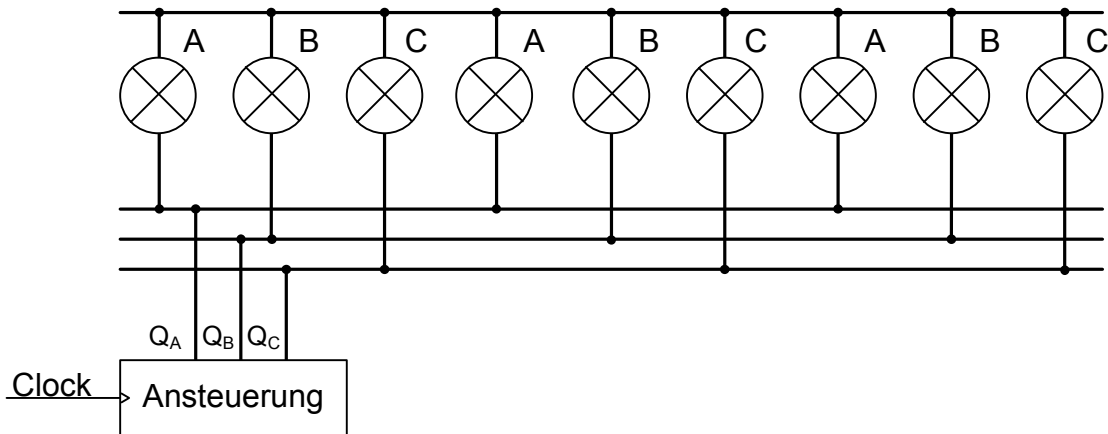


Bild 32.1

Gegeben sind drei Schaltkreise (A, B, C) mit jeweils drei LEDs. Alle LEDs in einem Schaltkreis sind parallel geschaltet. Wir nehmen an, dass die Versorgung der Schaltung über einen Treiber-
ausgang erfolgt, der ausreichend Strom und Spannung liefert, so dass die LEDs geschaltet werden können. Die Lauflichtansteuerung ist so geschaltet, dass wenn die Ausgänge Q_A , Q_B und Q_C auf Level `high` liegen, die jeweiligen LEDkreise A, B, bzw. C angeschaltet werden. Die LEDs sollen nun als Lauflichtgeschaltet werden.

- 32.1 Entwickeln Sie eine getaktete Schieberegisterschaltung bestehend aus D-Flipflops und weiteren Logikelementen, die folgende Aufgabe erfüllt (Verwenden Sie möglichst wenig Komponenten):
- Die LEDs sollen zu Beginn alle ausgeschaltet sein (Startbelegung aller Ausgänge der FF ist `low`).
 - Das Lauflicht soll nacheinander einmal die drei Zustände A, B, C auf Pegel `high` setzen und abschließend komplett verlöschen.
 - Dieser Zyklus soll sich automatisch wiederholen, so lange die Schaltung getaktet ist.
- 32.2 Erstellen Sie eine Wahrheitstabelle mit allen Zuständen.



**Institut für Mikro- und
Nanoelektronische Systeme**
Leiter: Prof. Dr. rer. nat. habil. Michael Siegel

Hertzstr. 16
D-76187 Karlsruhe

Telefon: +49 608 44961
Fax: +49 757925
E-Mail: info@ims.kit.edu
Web: <http://www.ims.kit.edu>

Lösungen zum Tutorium 6 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 28

Lösung Aufgabe 32