

Übungsaufgaben

zur Vorlesung

Elektronische Schaltungen

Sommersemester 2018

Dr. Dipl.-Ing. Stefan Wunsch

M.Sc. Steffen Dörner

Vorwort zur Übung im Sommersemester 2018

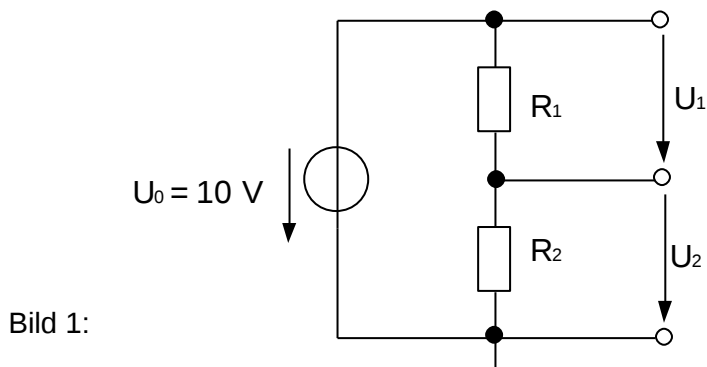
Lernziele

Die Übungsaufgaben sollen den Stoff der Vorlesung vertiefen, das Lösen der Tutoriumsaufgaben vorbereiten und als Grundlage zur Vorbereitung auf die Klausur dienen.

Es werden nicht alle Aufgaben in den Übungsstunden komplett durchgearbeitet.

Aufgabe 1:

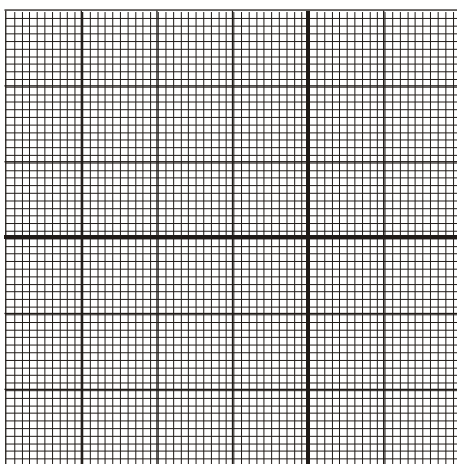
Gegeben ist eine Schaltung nach Bild 1.



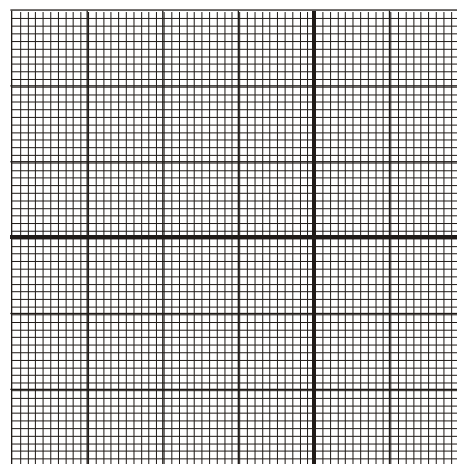
- 1.1 Berechnen Sie die Spannungen U_1 und U_2 , wenn die Widerstände folgende Werte haben: $R_1 = 2\text{ k}\Omega$ und $R_2 = 8\text{ k}\Omega$.
- 1.2 Ermitteln Sie die Spannungen U_1 und U_2 graphisch aus einem I/U-Diagramm !

Aufgabe 2:

- 2.1 Geben Sie exakt die Formel für die Abhängigkeit des Stromes einer Si-Diode von der angelegten Spannung an!
- 2.2 Skizzieren Sie die I/U-Kennlinie einer Si-Diode im Durchlass- und im Sperrbereich, wenn im Datenblatt der Parameter $U_{Br} = -120\text{ V}$ angegeben ist!
- 2.3 Skizzieren Sie die I/U-Kennlinie einer Z-Diode mit $U_Z = 3,3\text{ V}$ im Durchlass- und im Sperrbereich !



2.3



2.4

2.4 Gegeben sind eine Spannungsquelle und ein Lastwiderstand nach Bild 2.

Skizzieren Sie eine komplette, funktionsfähige Schaltung zur Spannungsstabilisierung mit einer Z-Diode und bestimmen Sie die Werte der von Ihnen verwendeten Bauelemente nach der E24 Reihe, wenn der Arbeitsbereich der Z-Diode mit $U_Z = 5,1 \text{ V}$, $3 \text{ mA} < I_Z < 4 \text{ mA}$ angegeben ist.

($U_0 = 12 \text{ V}$, $R_L = 510 \Omega$)

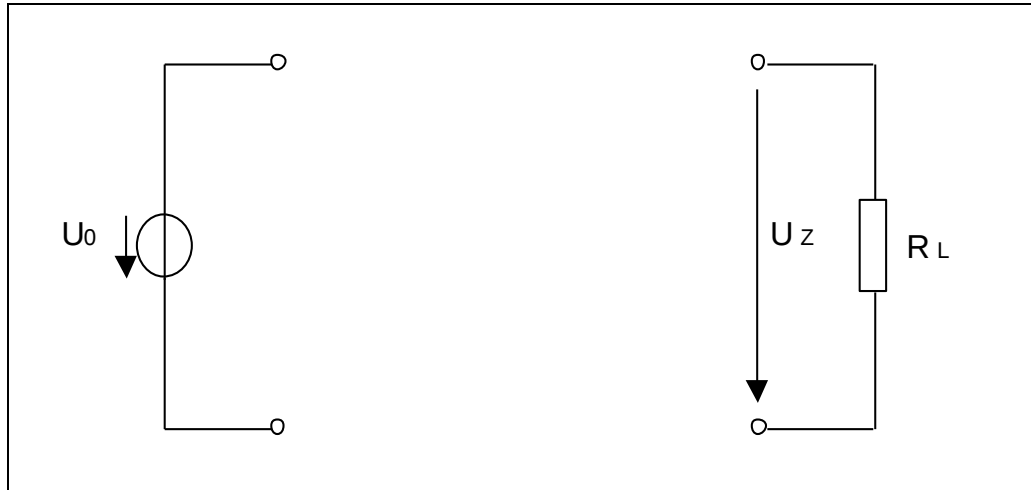


Bild 2

Aufgabe 3:

Sie haben 3 weiße Leuchtdioden, einen Taster, Widerstände aus der E24 Reihe und ein Steckernetzteil mit einer Ausgangs-Gleichspannung von $U_A = 12 \text{ V}$. Die Leuchtdioden haben einen optimalen Arbeitspunkt bei einem Durchlassstrom von 20 mA .

Im Datenblatt ist die I / U Kennlinie für die Dioden nach Bild 3 angegeben.

Entwerfen sie eine Schaltung, mit der die Leuchtdioden während des Drückens des Tasters eingeschaltet werden. Die Leistungsaufnahme der Schaltung soll dabei den kleinsten möglichen Wert haben.

Forward Current vs. Forward Voltage

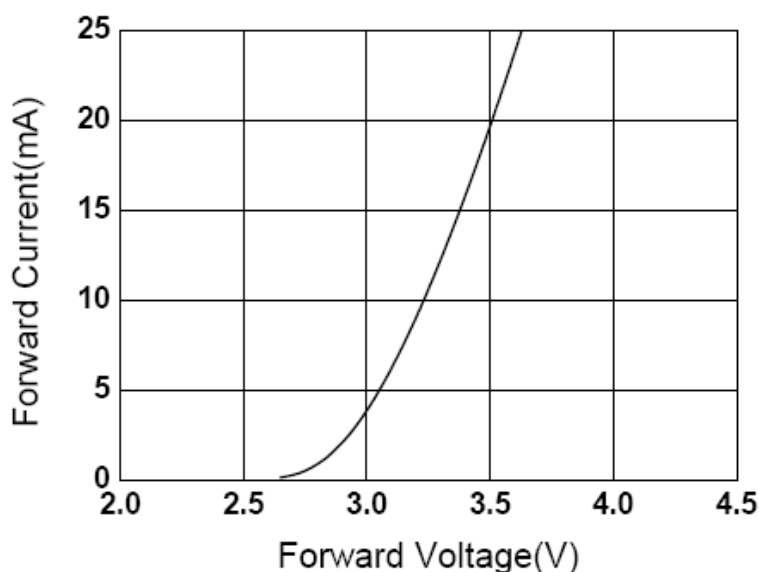


Bild 3:

Aufgabe 4:

Gegeben ist die Schaltung nach Bild 4. Der Transistor habe eine Stromverstärkung von $B = \beta = 150$.

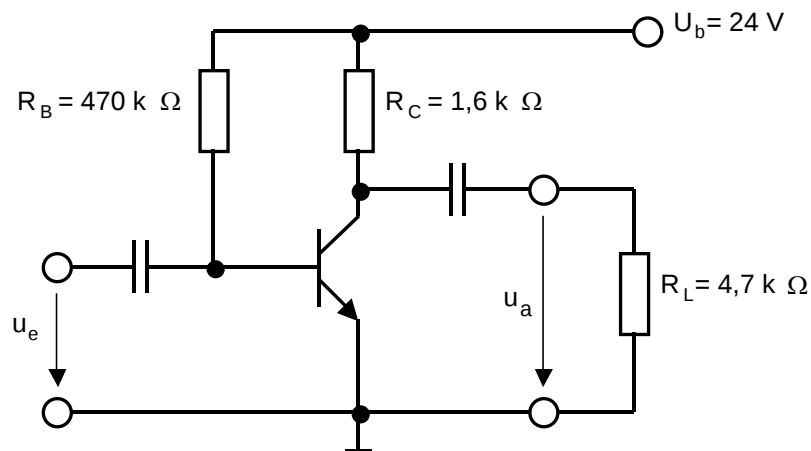


Bild 4

- 4.1 In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- 4.2 Welche Aufgaben haben die Kondensatoren?
- 4.3 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 4!
- 4.4 Berechnen Sie den Basisstrom I_B , den Kollektorstrom I_C , die Kollektor-Emitter Spannung U_{CE} sowie die Steilheit S für den Arbeitspunkt der Schaltung.
- 4.5 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 4!
- 4.6 Berechnen Sie den Kleinsignal-Eingangs- und Ausgangswiderstand (r_e , r_a) und die Kleinsignal-Spannungsverstärkung A der Schaltung.
- 4.7 Beim Testen der Schaltung stellt sich ein Defekt am Transistor heraus. Als Ersatz steht aber nur ein Transistor mit einem $B = \beta = 300$ zur Verfügung. Welches Bauteil der Schaltung muss ausgetauscht werden, damit der Kollektorstrom und die Kollektor-Emitter Spannung im Arbeitspunkt des Transistors mit geringen Abweichungen ($< 5\%$) erhalten bleiben ?
Bestimmen Sie zuerst den exakten Wert des Bauelements, wählen Sie dann den passenden Wert aus der E24 Reihe aus und berechnen Sie nun die Abweichung des neuen Arbeitspunktes vom ursprünglichen.

Aufgabe 5:

Gegeben sei die Schaltung nach Bild 8. Der eingesetzte Transistor ist ein BC 548B. Ein Auszug aus dem Datenblatt des Transistors ist beigelegt. Der Transistor soll bei $U_{BE,on} = 0,7 \text{ V}$, $I_C = 2 \text{ mA}$ und $U_{CE} = 5 \text{ V}$ betrieben werden. Ermitteln Sie aus dem Datenblatt die zur Berechnung der Schaltung notwendigen Daten. Wählen Sie diese aus der Spalte "Typ" aus. Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden.

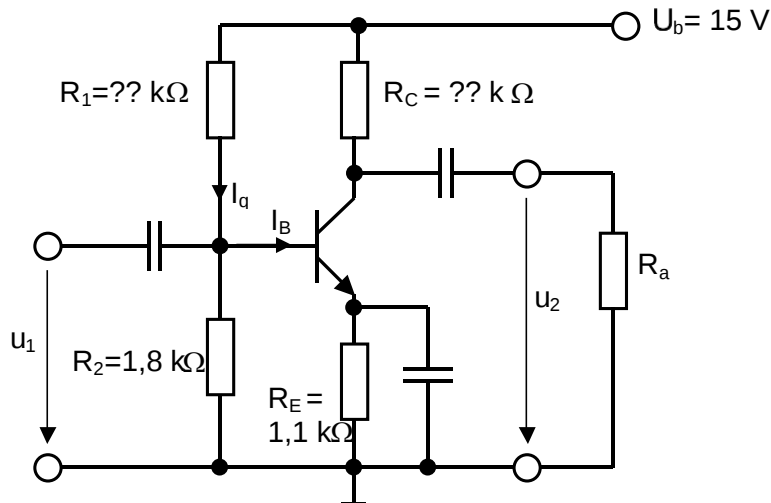


Bild 5:

- 5.1 In Welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- 5.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 5!
- 5.3 Berechnen Sie den Widerstandswert für R_1 und den Strom I_q ! (Annahme: $I_B \ll I_q$)
Anmerkung: Zur Bestimmung des Arbeitspunktes muss B (DC current gain) verwendet werden.
- 5.4 Berechnen Sie den Widerstandswert für R_C !
- 5.5 Berechnen Sie den Basisstrom I_B und die Steilheit S im Arbeitspunkt!
- 5.6 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 5!
- 5.7 Berechnen Sie den Kleinsignal-Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 5.8 Berechnen Sie jeweils den Kleinsignal Ausgangswiderstand r_a und die Kleinsignal-Spannungsverstärkung A (small signal current gain) der Schaltung für
a) $R_a = \infty$ und b) $R_a = 3,9 \text{ k}\Omega$! (Annahme: $r_{CE} \Rightarrow \infty$)

Auszug aus dem Datenblatt:
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain ($I_C = 10\ \mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C	h_{FE}	— — —	90 150 270	— — —	—
($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) BC546 BC547 BC548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/BC548C		110 110 110 110 200 420	— — — 180 290 520	450 800 800 220 450 800	
($I_C = 100\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C		— — —	120 180 300	— — —	
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$) ($I_C = 100\ \text{mA}$, $I_B = 5.0\ \text{mA}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = \text{See Note 1}$)	$V_{CE(\text{sat})}$	— — —	0.09 0.2 0.3	0.25 0.6 0.6	V
Base–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$)	$V_{BE(\text{sat})}$	—	0.7	—	V
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	$V_{BE(\text{on})}$	0.55 —	— —	0.7 0.77	V

SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS

Current–Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 100\ \text{MHz}$) BC546 BC547 BC548	f_T	150 150 150	300 300 300	— — —	MHz
Output Capacitance ($V_{CB} = 10\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)	C_{obo}	—	1.7	4.5	pF
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)	C_{ibo}	—	10	—	pF
Small–Signal Current Gain ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 1.0\ \text{kHz}$) BC546 BC547/548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/548C	h_{fe}	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900	—

Aufgabe 6:

Gegeben sei die Schaltung nach Bild 6.

Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden.

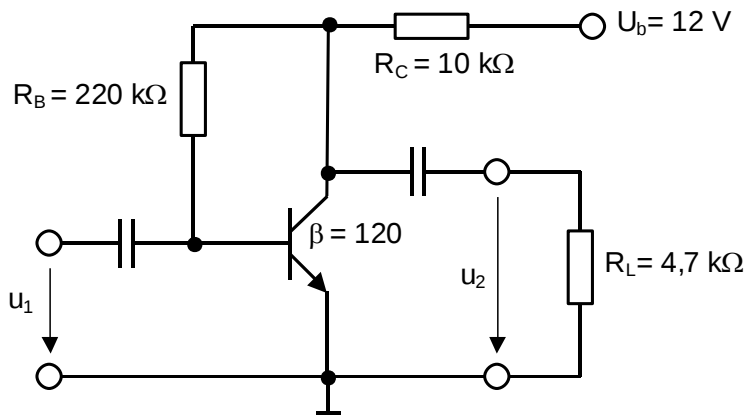


Bild 6:

- 6.1 In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- 6.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 6!
- 6.3 In welchem Arbeitspunkt (I_B , I_C , U_{CE}) wird die Schaltung betrieben?
- 6.4 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 6!
- 6.5 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung $A = u_2 / u_1$ der Schaltung!
- 6.6 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung!

Aufgabe 7:

Gegeben sei die Schaltung nach Bild 7. Der Drainstrom des Transistors ist für $U_{GS} = 0 \text{ V}$ $I_{D0} = 10 \text{ mA}$. Die Schwellspannung beträgt $U_{th} = -7 \text{ V}$. Der Eingangsstrom des Transistors ist vernachlässigbar klein. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_1 = 1,2 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 0,82 \text{ M}\Omega$, $R_D = 1,5 \text{ k}\Omega$.

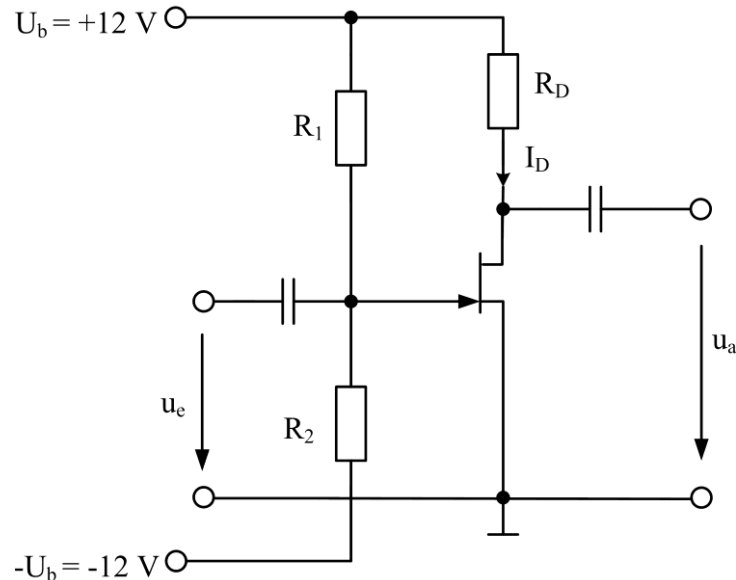


Bild 7

- 7.1 In welcher Grundsaltung wird der Transistor betrieben? Welcher Transistortyp wird in der Schaltung eingesetzt?
- 7.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 7!
- 7.3 In welchem Arbeitspunkt wird die Schaltung betrieben? (Bestimmen Sie U_{GS} , U_{DS} , I_D)
- 7.4 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 7!
- 7.5 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 7.4 Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt und die Spannungsverstärkung A der Schaltung !

Aufgabe 8:

Gegeben sei die Schaltung nach Bild 8. Der Drainstrom des Transistors für $U_{GS} = 0\text{ V}$ ist $I_{D0} = 8\text{ mA}$. Die Schwellspannung beträgt $U_{th} = -2\text{ V}$. Der Eingangswiderstand des Transistors sei unendlich. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_S = 500\ \Omega$, $R_D = 2,7\text{ k}\Omega$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$.

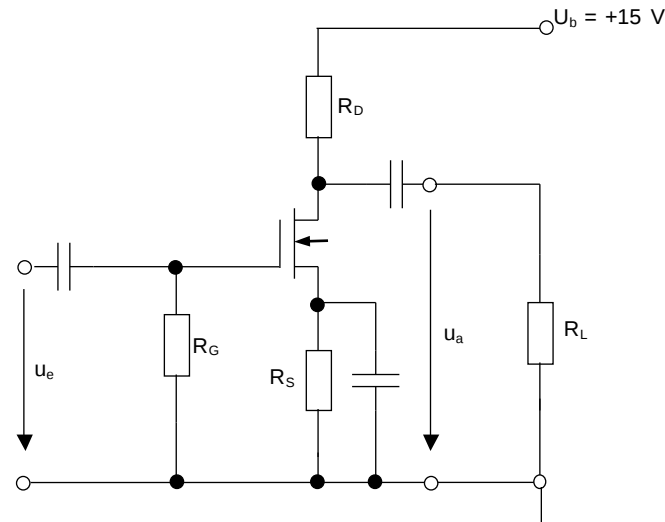


Bild 8

- 8.1 In welcher Grundsaltung wird der Transistor betrieben? Welcher Transistortyp wird in der Schaltung eingesetzt?
- 8.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 7!
- 8.3 Berechnen Sie die Spannungen U_{GS} und U_{DS} wenn im Arbeitspunkt ein Strom $I_D = 2\text{ mA}$ fließen soll !
- 8.4 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 7!
- 8.5 Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt !
- 8.6 Berechnen Sie die Verstärkung A der Schaltung für: a) $R_L = \infty$ und b) $R_L = 10\text{ k}\Omega$

Aufgabe 9:

Gegeben ist eine CMOS-Schaltung nach Bild 9.1. Die Transistoren haben folgenden Daten:

$U_{thn} = -U_{thp} = 3\text{ V}$, $\beta = 153\text{ }\mu\text{A/V}^2$, $\mu_n = 1000\text{ cm}^2/\text{Vs}$, $l = 1\text{ }\mu\text{m}$. $U_b = \pm 10\text{ V}$.

Die Early-Spannung beträgt $|U_A| = 200\text{ V}$.

Das Kennlinienfeld des n-Kanal Transistors ist in Bild 9.2 dargestellt. Es ist betragsmäßig identisch mit dem des p-Kanal Transistors.

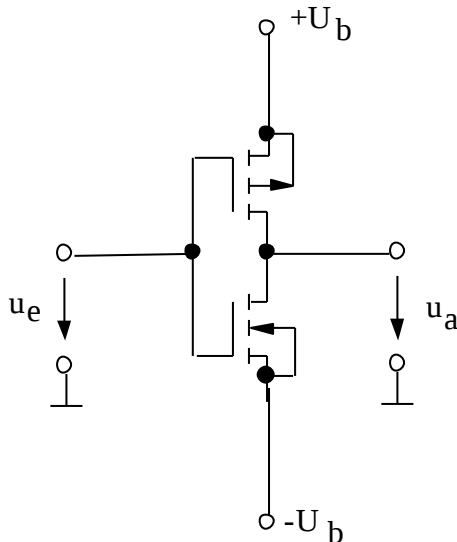


Bild 9.1

- 9.1 Bei welcher Gate-Source-Spannung der Transistoren muss der Arbeitspunkt liegen, damit bei einer Eingangsspannung $u_e = 0\text{ V}$ die Ausgangsspannung $u_a = 0\text{ V}$ wird?
- 9.2 Liegt der Arbeitspunkt im linearen oder im Sättigungsbereich der Transistoren?
- 9.3 Berechnen Sie den Drainstrom im Arbeitspunkt!
- 9.4 Berechnen Sie die statische Verlustleistung der Schaltung in Bild 9.1 im Arbeitspunkt!
- 9.5 Berechnen Sie die Steilheit im Arbeitspunkt!
- 9.6 Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild der Schaltung in Bild 9.1!
- 9.7 An den Eingang der Schaltung wird eine kleine Wechselspannung gelegt. Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung A der Schaltung!

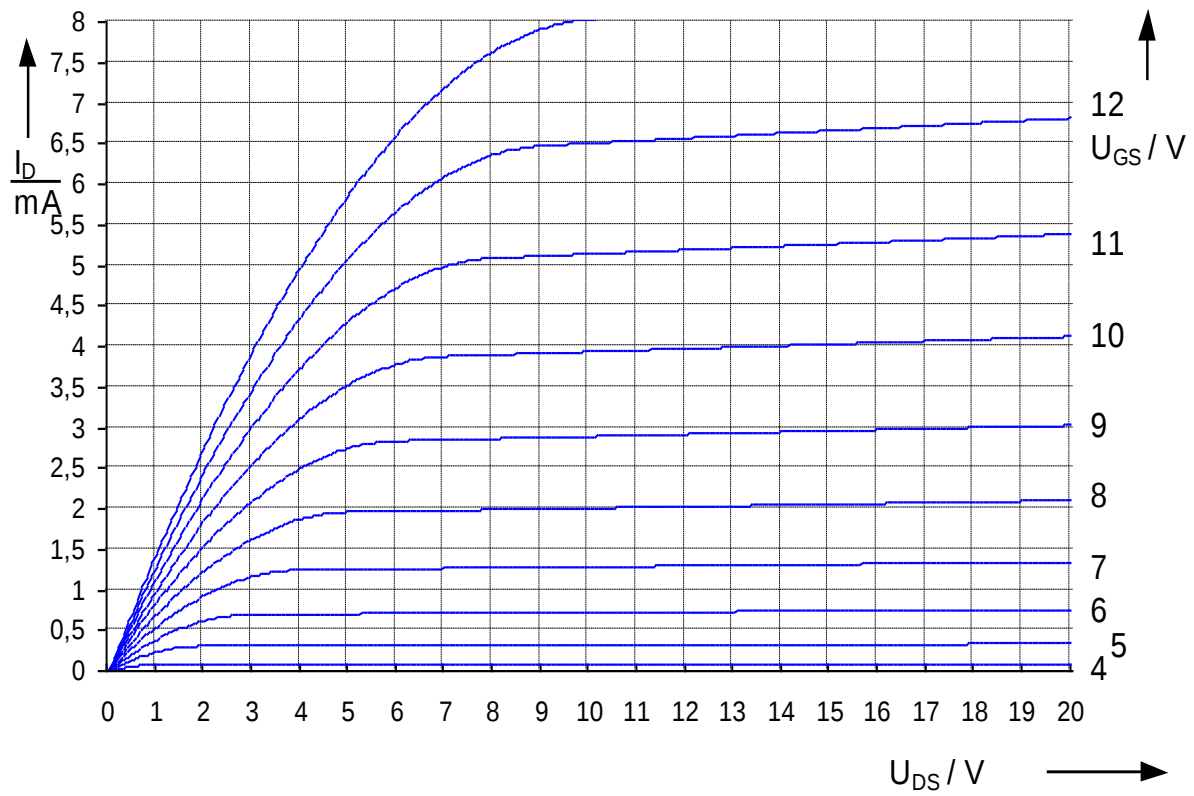


Bild 9.2

Aufgabe 10:

Gegeben ist eine zweistufige Verstärkerschaltung nach Bild 10.

Die Widerstände haben die Werte:

$R_1 = 1,43 \text{ M}\Omega$, $R_{C1} = 3,3 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 1 \text{ k}\Omega$, $R_{E2} = 1,1 \text{ k}\Omega$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.

(Annahme: $U_{BE1} = U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$, $I_{B2} \ll I_{C1}$, $I_{C2} \approx I_{E2}$, $\beta_1 = \beta_2 = 300$, $U_T = 26 \text{ mV}$)

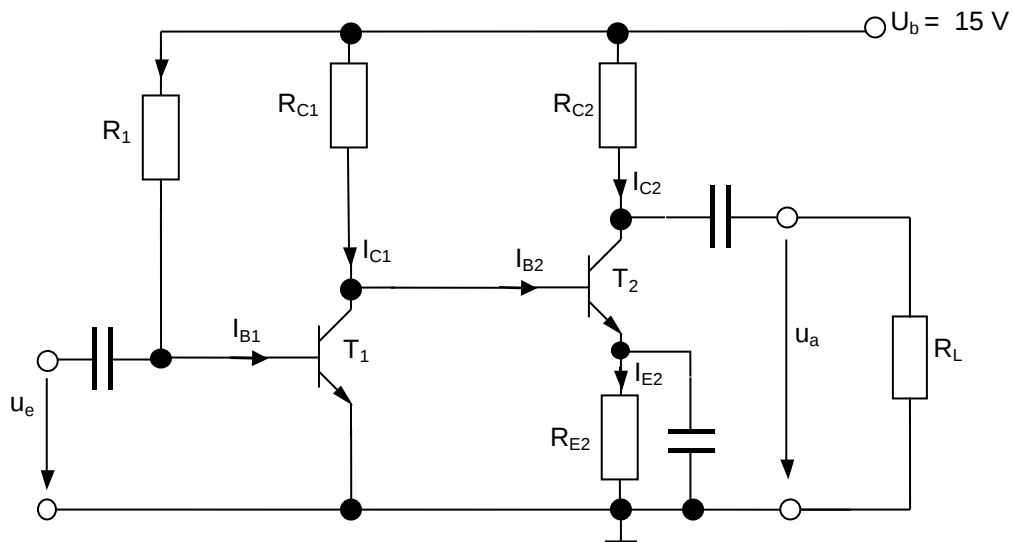


Bild 10

- 10.1 In welchen Grundschaltungen werden die Transistoren betrieben?
- 10.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 10!
- 10.3 Berechnen Sie die Kollektorströme I_{C1} und I_{C2} und die Steilheiten S_1 und S_2 der Transistoren im Arbeitspunkt und die Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE1} des Transistors T_1 im Arbeitspunkt.
- 10.4 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 10!
- 10.5 Berechnen Sie den Kleinsignal-Eingangswiderstand r_{e2} , und die Gesamt-Spannungsverstärkung A_g der Schaltung in Bild 2.2!

Aufgabe 11:

Gegeben ist die Schaltung einer Konstantstromquelle nach Bild 11.1. Die Bauelemente haben folgende Daten: T_1 : $\beta = 400$, $U_{BE} = 0,7\text{V}$, $U_A = -300\text{V}$, $U_{CE,A} = 3\text{V}$, D_1 : $U_D = 0,7\text{V}$ bei $I_D = I_B$, $R_E = 1\text{ k}\Omega$, $U_b = 15\text{V}$.

Mit der Stromquelle soll ein konstanter Strom $I_a = 2\text{ mA}$ eingestellt werden.

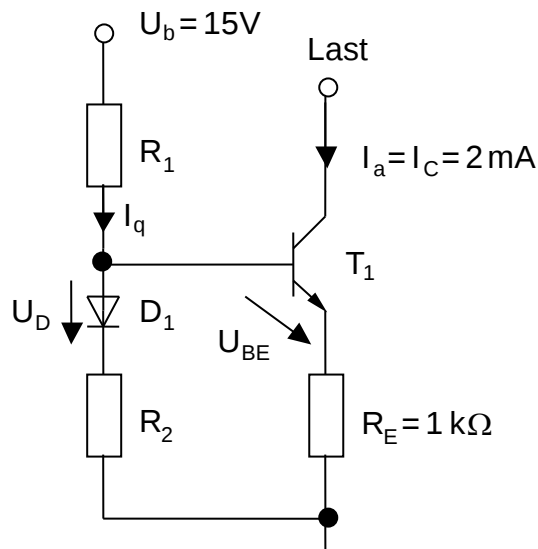


Bild 11.1

- 11.1 Berechnen Sie die den Strom I_q und Werte der Widerstände R_1 und R_2 für die oben angegebenen Daten der Bauelemente !
- 11.2 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a der Konstantstromquelle im Arbeitspunkt!
- 11.3 Welche Aufgabe hat die Diode D_1 in der Schaltung?

Aufgabe 12:

Für einen Differenzverstärker mit MOSFETs vom Anreicherungstyp nach Bild 12.1 sollen grundlegende Berechnungen durchgeführt werden.

Die Daten der Transistoren sind: $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$, $|U_{th}| = 0,5 \text{ V}$, $U_{GS(T1,T2)} = 1,5 \text{ V}$.

Der Arbeitspunkt der Transistoren T_1 , T_2 soll bei $U_{DS} = 2,5 \text{ V}$ und $I_D = 500 \mu\text{A}$ sein.

Im Arbeitspunkt der p-Kanal Transistoren (T_4 , T_5) beträgt die Steigung der Ausgangskennlinie:

$$\left| \frac{\partial I_D}{\partial U_{DS}} \right| = \frac{5 \mu\text{A}}{1 \text{ V}} \text{ und die Drain-Source Spannung } |U_{DS,A}| = 2,3 \text{ V}.$$

Im Arbeitspunkt des n-Kanal Transistors (T_3) beträgt die Steigung der Ausgangskennlinie:

$$\frac{\partial I_D}{\partial U_{DS}} = \frac{2 \mu\text{A}}{1 \text{ V}} \text{ und die Drain-Source Spannung } U_{DS,A} = 1,8 \text{ V}.$$

Die Eingangsspannung u_e ist sinusförmig und besitzt keinen Gleichspannungsanteil ($U_{e=0} = 0 \text{ V}$).

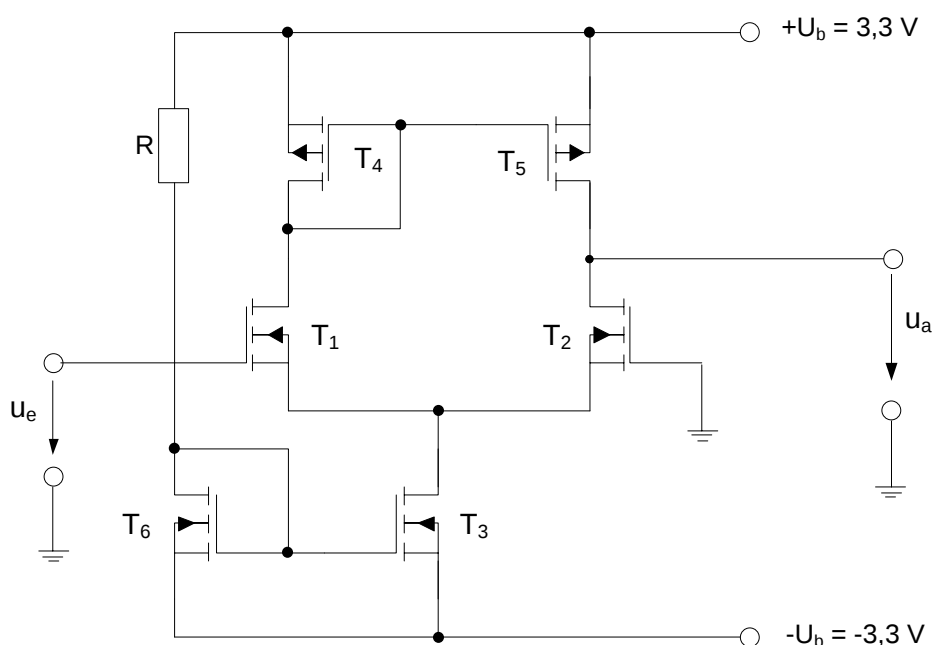


Bild 12.1

- 12.1 Berechnen Sie die Spannung U_a im Arbeitspunkt.
- 12.2 Berechnen Sie die Steilheit der Transistoren T_1 und T_2 im Arbeitspunkt.
- 12.3 Berechnen Sie die differentiellen Widerstände r_{DS} der p-Kanal Transistoren T_4 , T_5 und des n-Kanal Transistors T_3
- 12.4 Berechnen Sie die Gegentaktverstärkung der Schaltung.
- 12.5 Berechnen Sie die Gleichtaktverstärkung der Schaltung.
- 12.6 Berechnen Sie den Gleichtaktunterdrückungsfaktor (CMRR) der Schaltung.

Aufgabe 13:

Gegeben ist die Schaltung nach Bild 13 mit einem Operationsverstärker, der als ideal angesehen werden soll. Die Widerstände haben die Werte: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$. Am nichtinvertierenden Eingang ist eine ideale Spannungsquelle angeschlossen. Die Aussteuer Grenzen des Operationsverstärkers betragen $\pm 15 \text{ V}$.

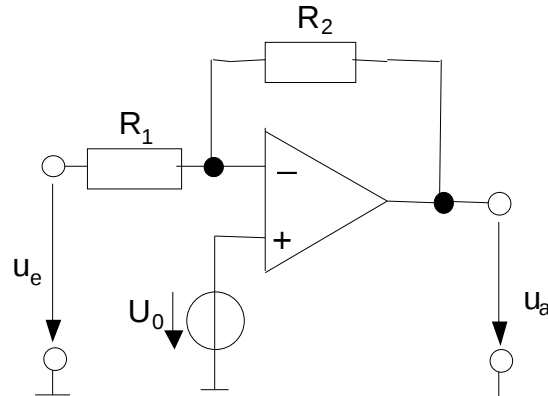


Bild 13

- 13.1 Nennen Sie die 3 wichtigsten Eigenschaften eines „idealen“ Operationsverstärkers!
- 13.2 Um welche Grundschialtung handelt es sich in Bild 13?
- 13.3 Berechnen Sie die Ausgangsspannung u_a als Funktion der Eingangsspannung u_e für den Fall, dass die Spannung $U_0=0\text{V}$ beträgt!
- 13.4 Berechnen Sie die Ausgangsspannung u_a als Funktion der Eingangsspannung u_e für den Fall, dass die Spannung $U_0=5\text{V}$ beträgt!
- 13.5 Skizzieren Sie die Übertragungskennlinien der Schaltung für die beiden Fälle 13.3 und 13.4 !

Aufgabe 14:

Gegeben ist eine Schaltung nach Bild 14.1. Die Aussteuergrenzen des Operationsverstärkers sind $\pm 15 \text{ V}$.

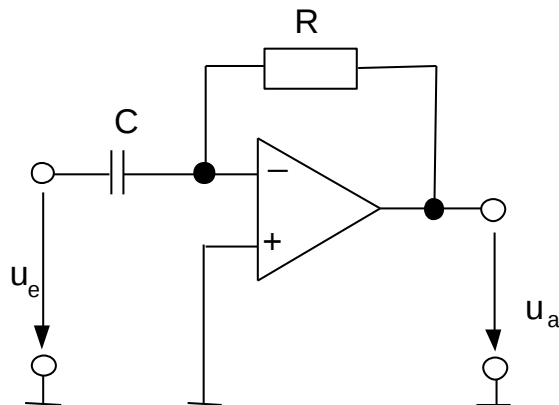


Bild 14.1

- 14.1 Welche Grundschaltung ist in Bild 14.1 dargestellt?
- 14.2 Leiten Sie die allgemeine Gleichung zwischen Ausgangsspannung u_a und Eingangsspannung u_e für die Schaltung in Bild 14.1 her!
- 14.3 Am Eingang der Schaltung wird eine Spannung angelegt, deren zeitlicher Verlauf Bild 14.2 zeigt. Berechnen und skizzieren Sie die Ausgangsspannung u_a , wenn $R = 10 \text{ k}\Omega$ und $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ sind!

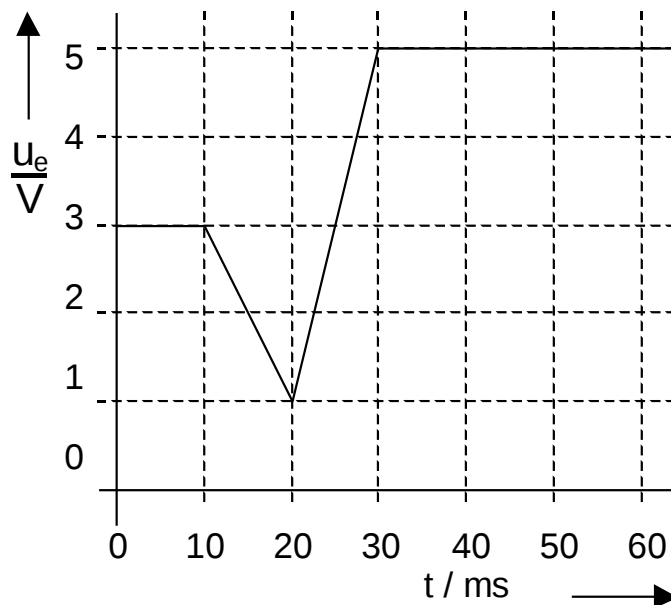


Bild 14.2

- 14.4 Die Schaltung nach Bild 14.1 wird nach Bild 14.3 verändert. Die Bauteile haben die Werte: $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 20\text{ k}\Omega$ und $C = 1\mu\text{F}$. Die Aussteuergrenzen des Operationsverstärkers sind $\pm 15\text{ V}$. Der Kondensator ist zum Zeitpunkt $t = 0$ ungeladen.

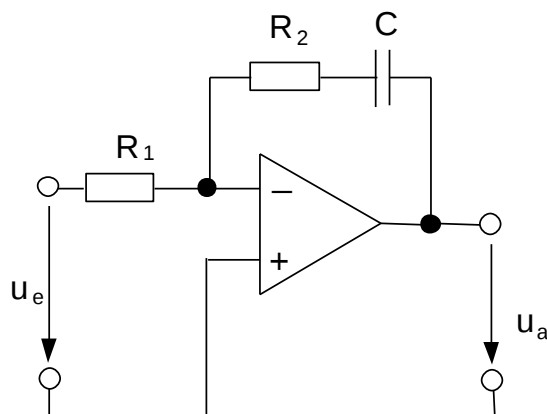


Bild 14.3

- 14.1 Berechnen und Skizzieren Sie die Ausgangsspannung u_a , wenn eine Eingangsspannung nach Bild 14.2 angelegt wird!

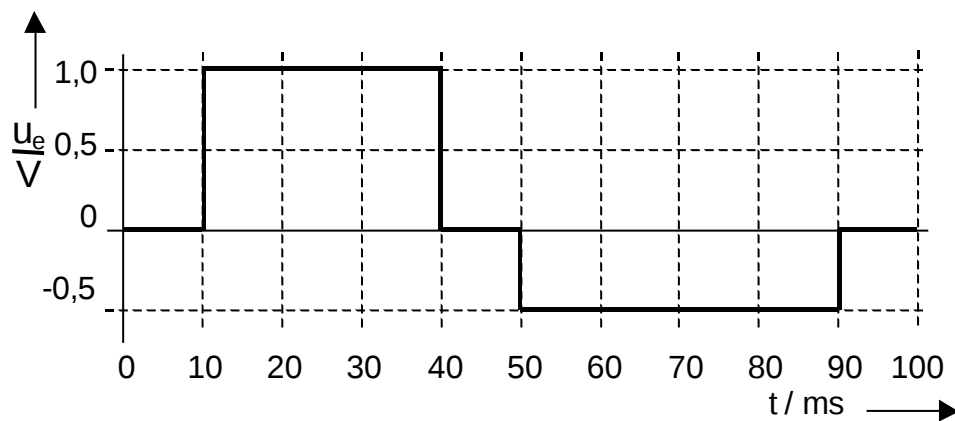


Bild 14.2

Aufgabe 15

Gegeben sind neun Schaltungen mit Operationsverstärkern. Die OPs sollen als ideal betrachtet werden. Die Aussteuergrenzen der Verstärker sind $\pm 12 \text{ V}$.

- 15.1 Welche neun Schaltungen sind in Bild 15.1 realisiert? (genaue Bezeichnung)
Geben sie formelmäßig die Abhängigkeit der Ausgangsspannungen von der bzw. den Eingangsspannungen an!
- 15.2 An den Eingängen der Schaltungen werden Signale $u_e(t)$ bzw. $u_{e2}(t)$ nach Bild 15.2 und 15.3 angelegt. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannungen!
(Die Kondensatoren sind zum Zeitpunkt $t=0$ ungeladen)
(Rechnen und Skizzieren Sie für [4] auch den Fall $u_e = u_{e2}$)

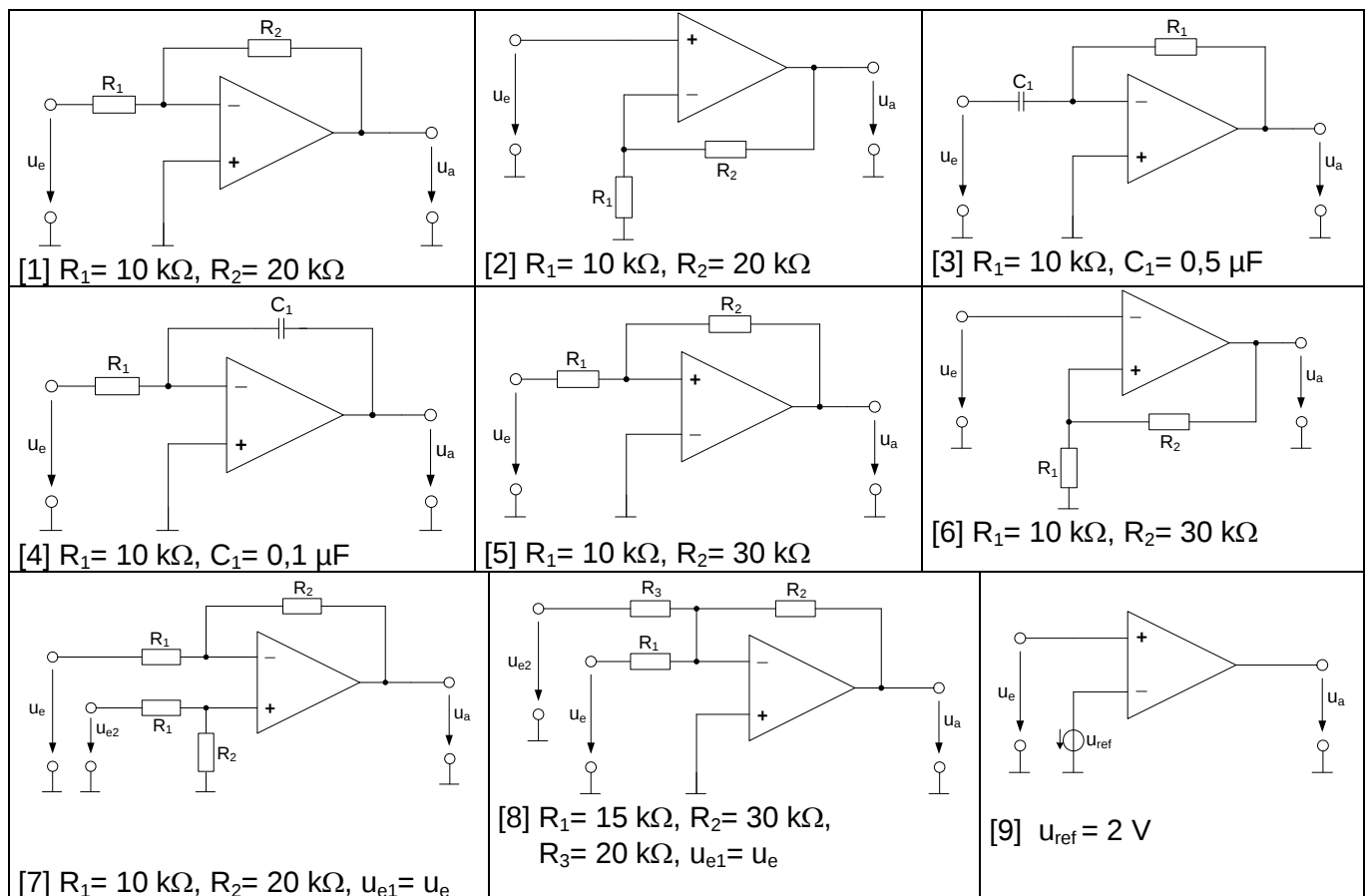


Bild 15.1

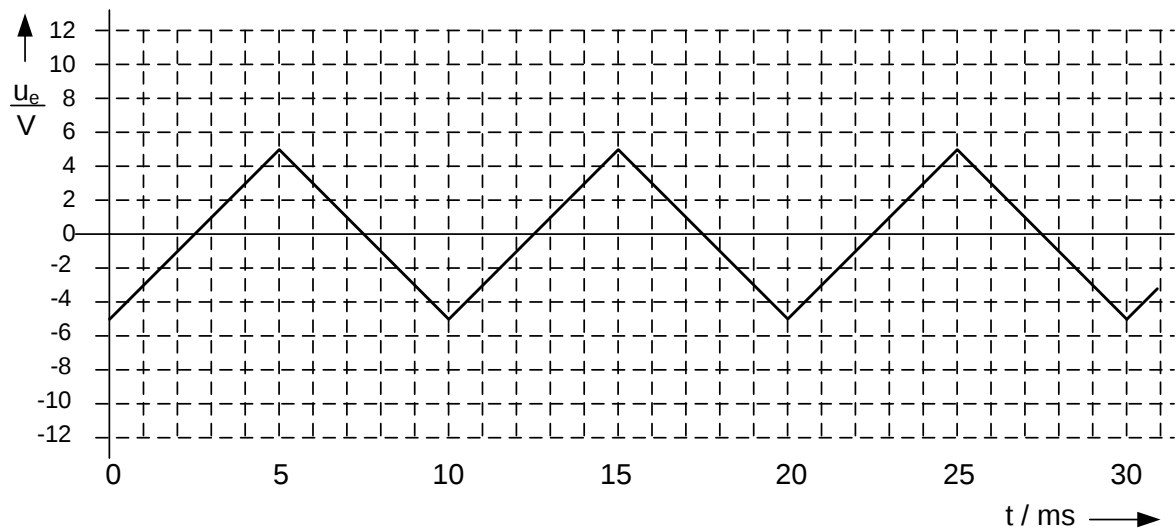


Bild 15.2

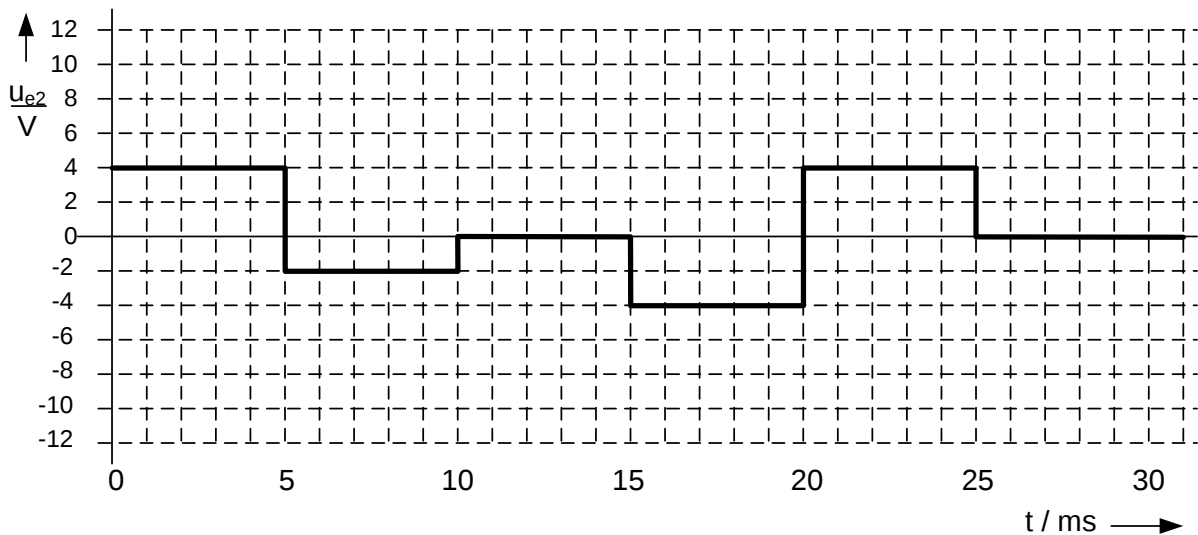
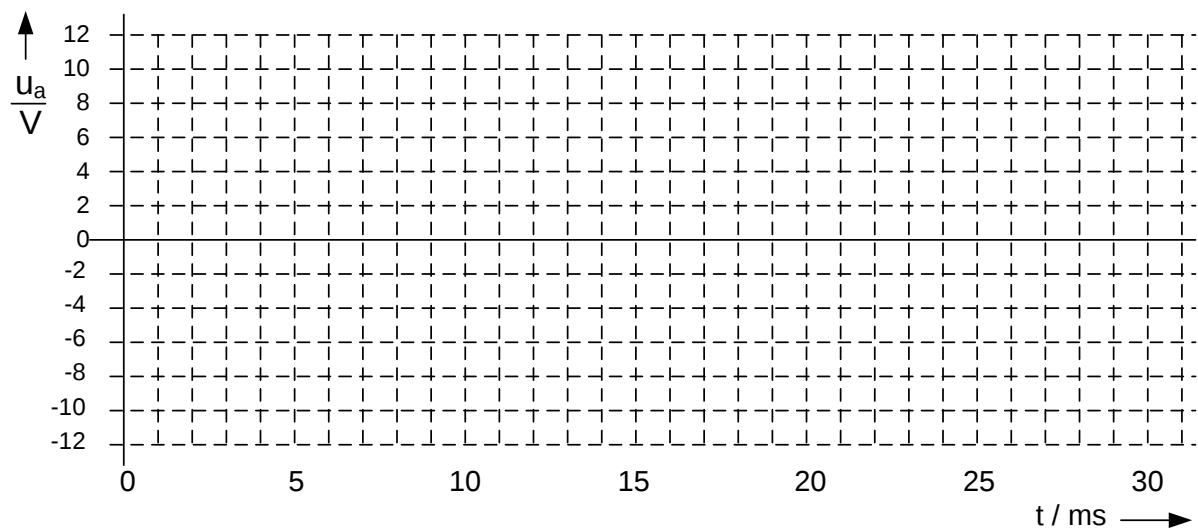
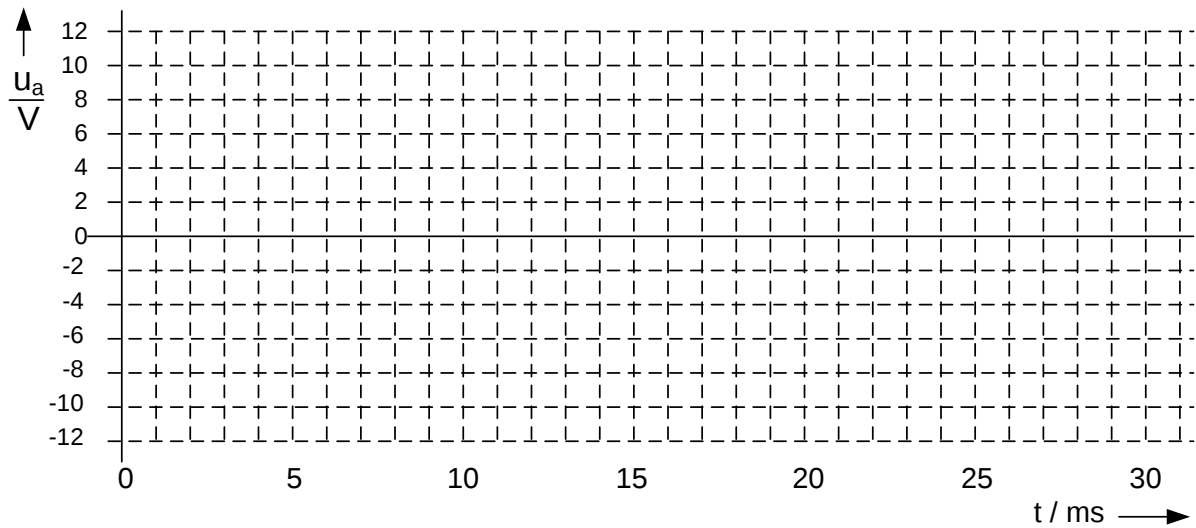


Bild 15.3

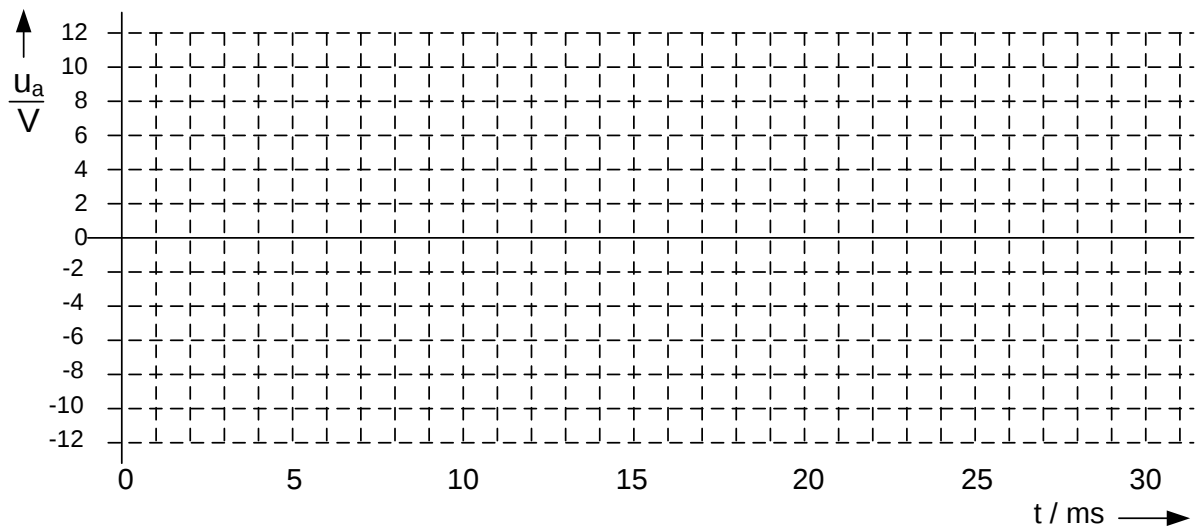
[1]



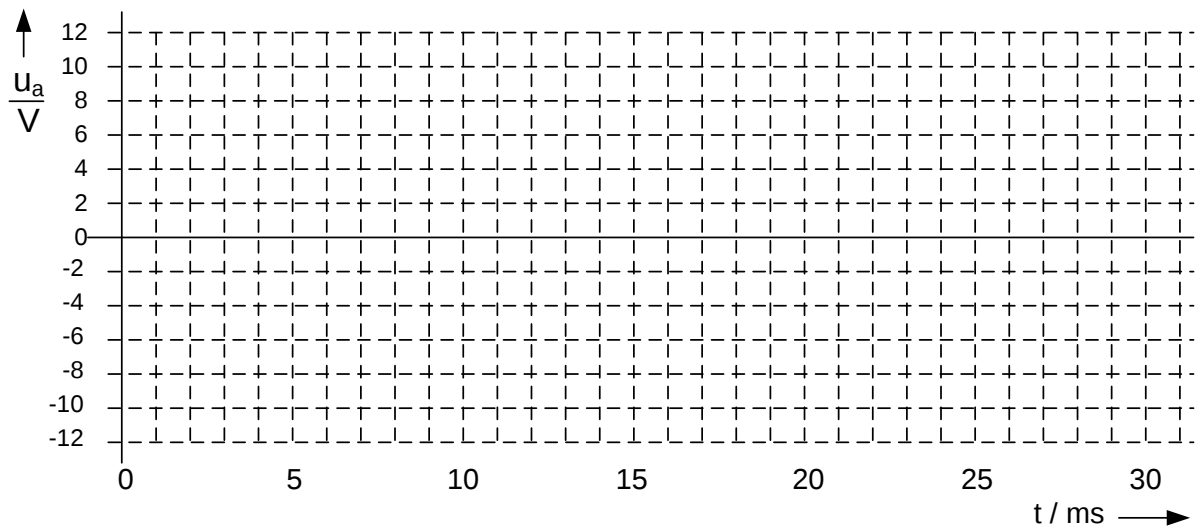
[2]



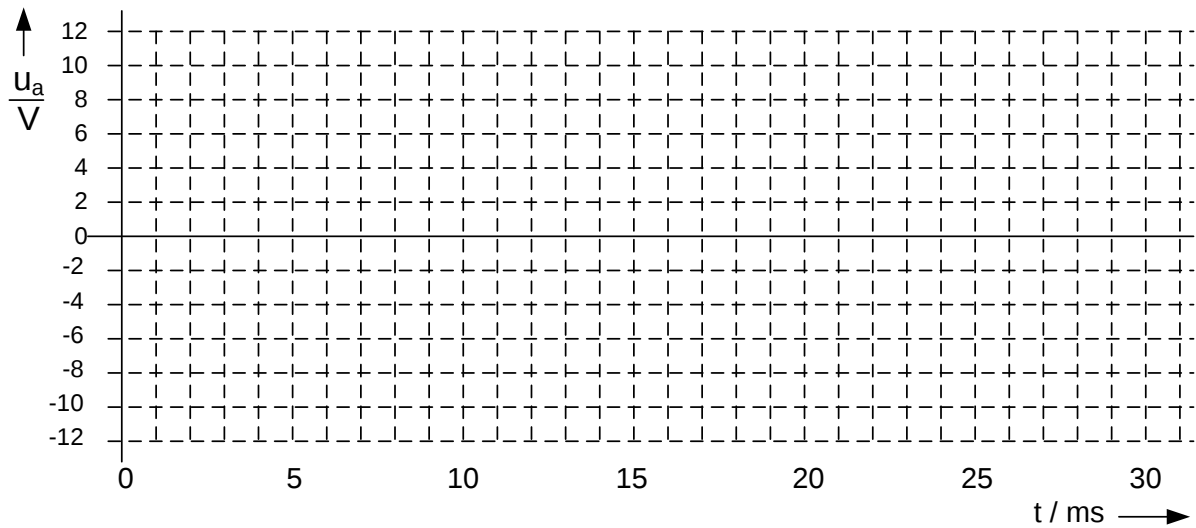
[3]



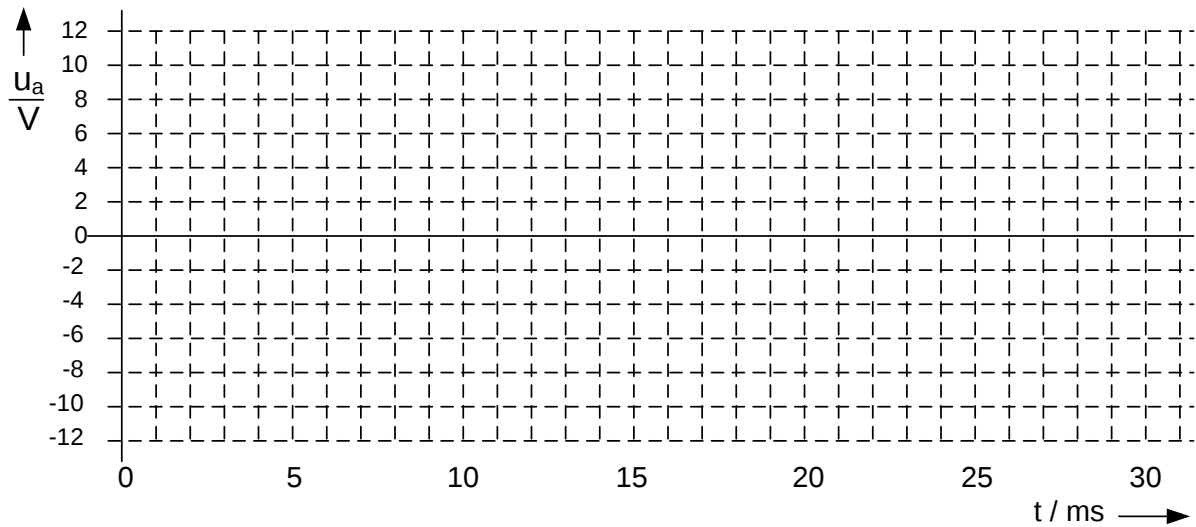
[4]



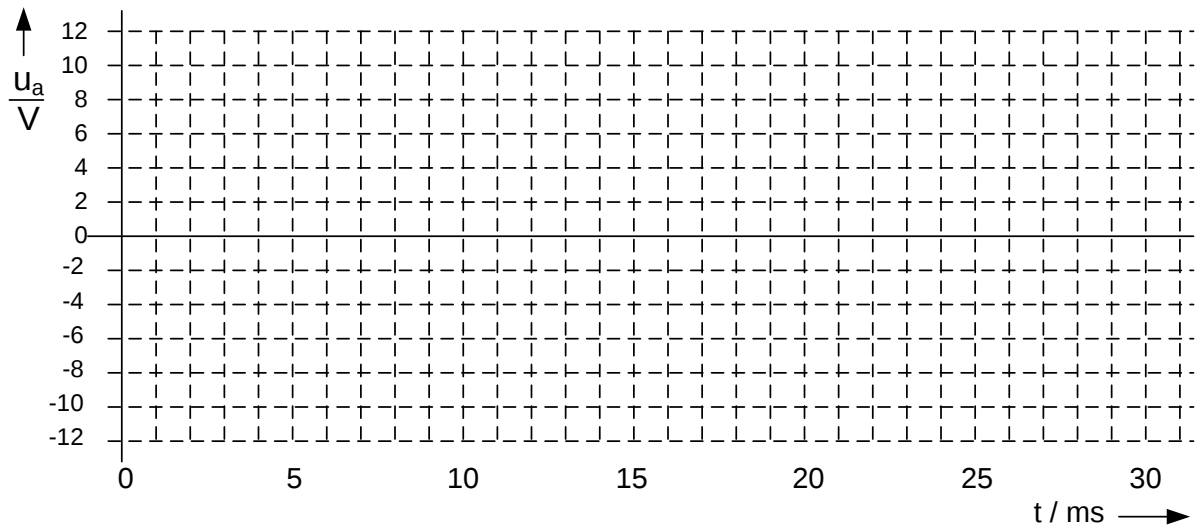
[4] $u_e = u_{e2}$



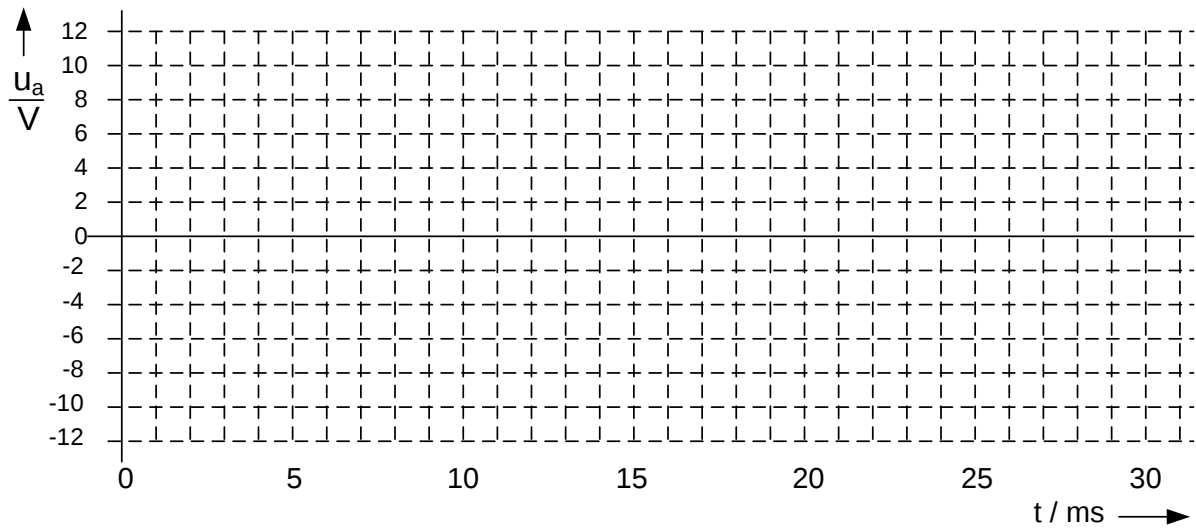
[5]



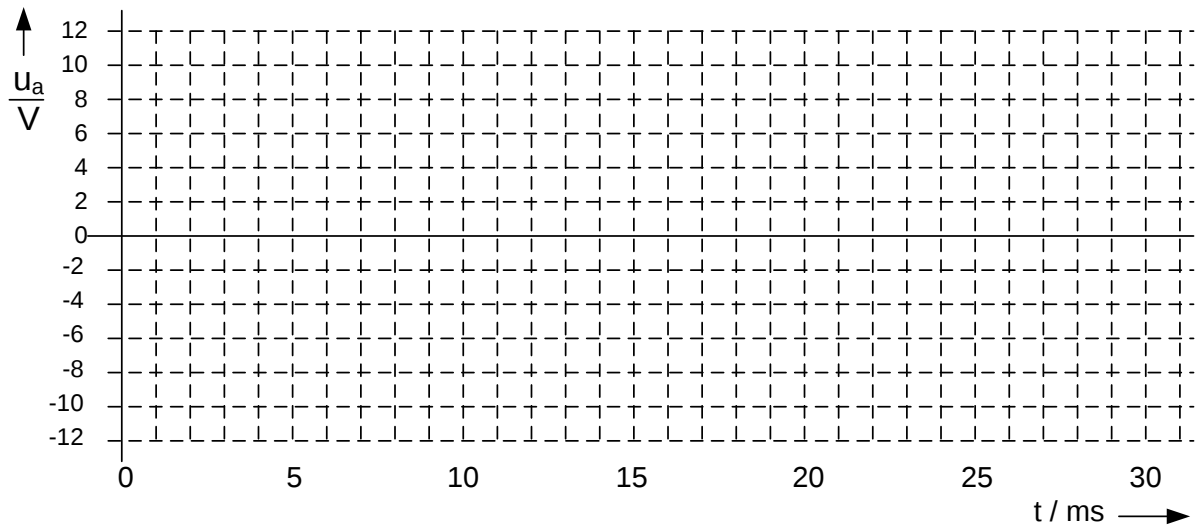
[6]



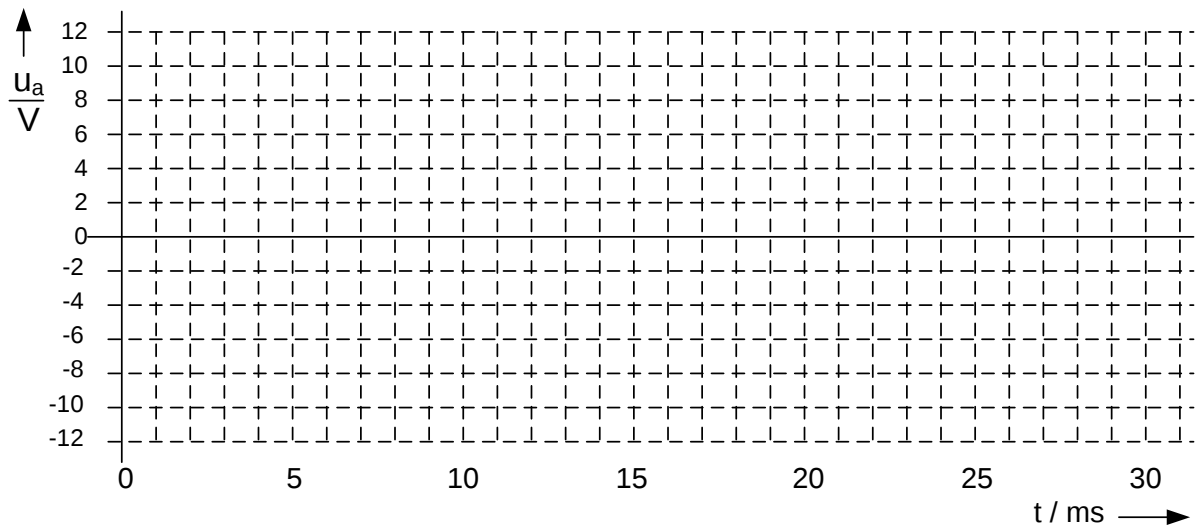
[7]



[8]



[9]



Aufgabe 16

Gegeben ist eine Schaltung nach Bild 16.1.

Die Widerstände haben folgende Daten: $R_{C1} = 9 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 3 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 30 \text{ k}\Omega$, $R_{B1} = 39 \text{ k}\Omega$, $R_{B2} = 20 \text{ k}\Omega$.

Zur Berechnung soll für beide Transistoren angenommen werden:

1. Transistor eingeschaltet: $U_{CE} = 0,2 \text{ V}$.
2. Transistor ausgeschaltet: $I_C = 0$.
3. Der Basisstrom der Transistoren ist: $I_B \approx 0 \text{ }\mu\text{A}$.
4. Die Transistoren schalten bei einer Basis-Emitter-Spannung $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$.

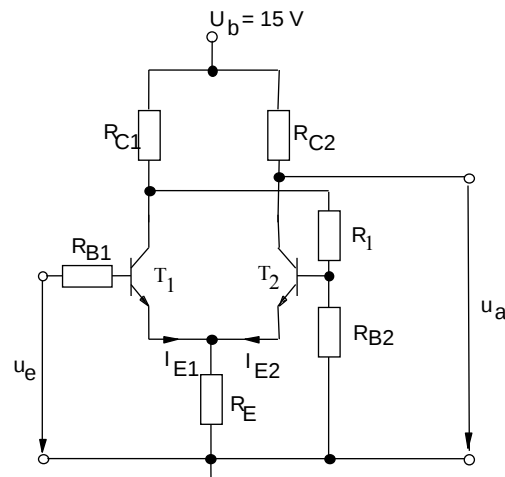


Bild 16.1

- 16.1 Berechnen Sie die beiden Schaltschwellen $u_{e,\text{ein}}$ und $u_{e,\text{aus}}$ für Transistor T_1 !
- 16.2 Berechnen Sie die Grenzwerte der Ausgangsspannung $u_{a,\text{min}}$ und $u_{a,\text{max}}$!
- 16.3 Am Eingang der Schaltung liegt eine Eingangsspannung u_e nach Bild 16.2 an. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung u_a !

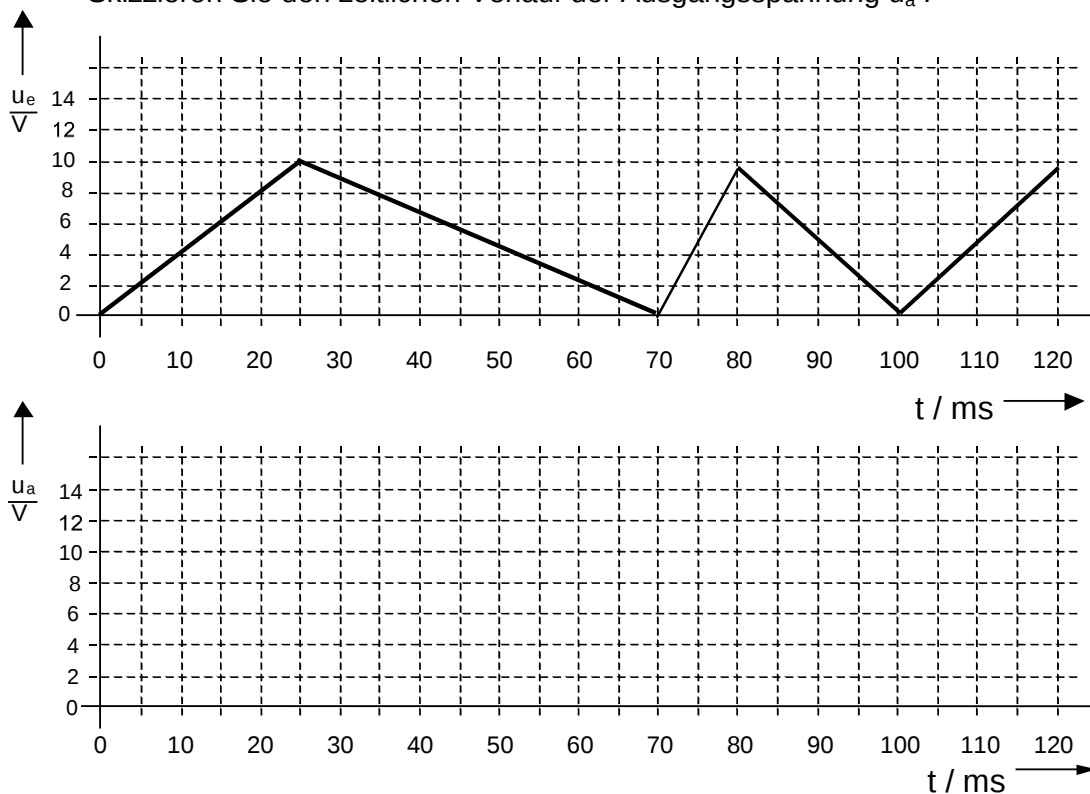


Bild 16.2

Aufgabe 17

Gegeben ist die Schaltung nach Bild 17.1 mit einem Operationsverstärker, der als idealisiert angesehen werden soll. Der Widerstand hat den Wert: $R = 5 \text{ k}\Omega$. Die Aussteuergrenzen des Operationsverstärkers sind $\pm 12 \text{ V}$. Die Durchbruchspannungen der beiden Z-Dioden sind: $ZD_1: U_Z = 2,7 \text{ V}$, $ZD_2: U_Z = 5,1 \text{ V}$

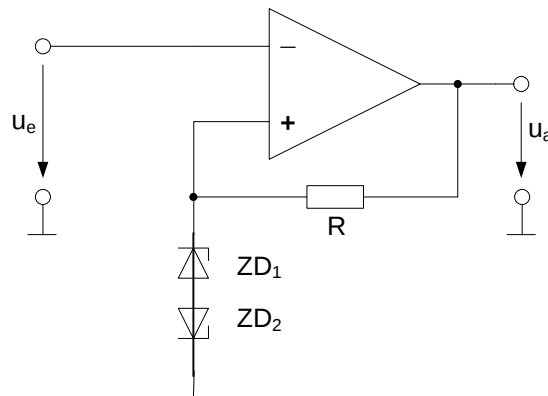


Bild 17.1

17.1 Analysieren Sie die Schaltung nach folgenden Kriterien:

- Art der Rückkopplung
- genaue Bezeichnung der Schaltung

17.2 Berechnen Sie die beiden Spannungswerte U_{e1} und U_{e2} der Eingangsspannung, bei denen die Ausgangsspannung unter idealen Bedingungen $U_a = 0 \text{ V}$ wird! ($-12 \text{ V} < U_e < +12 \text{ V}$)

17.3 Am Eingang der Schaltung liegt eine Eingangsspannung U_e nach Bild 17.2 an. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung U_a !

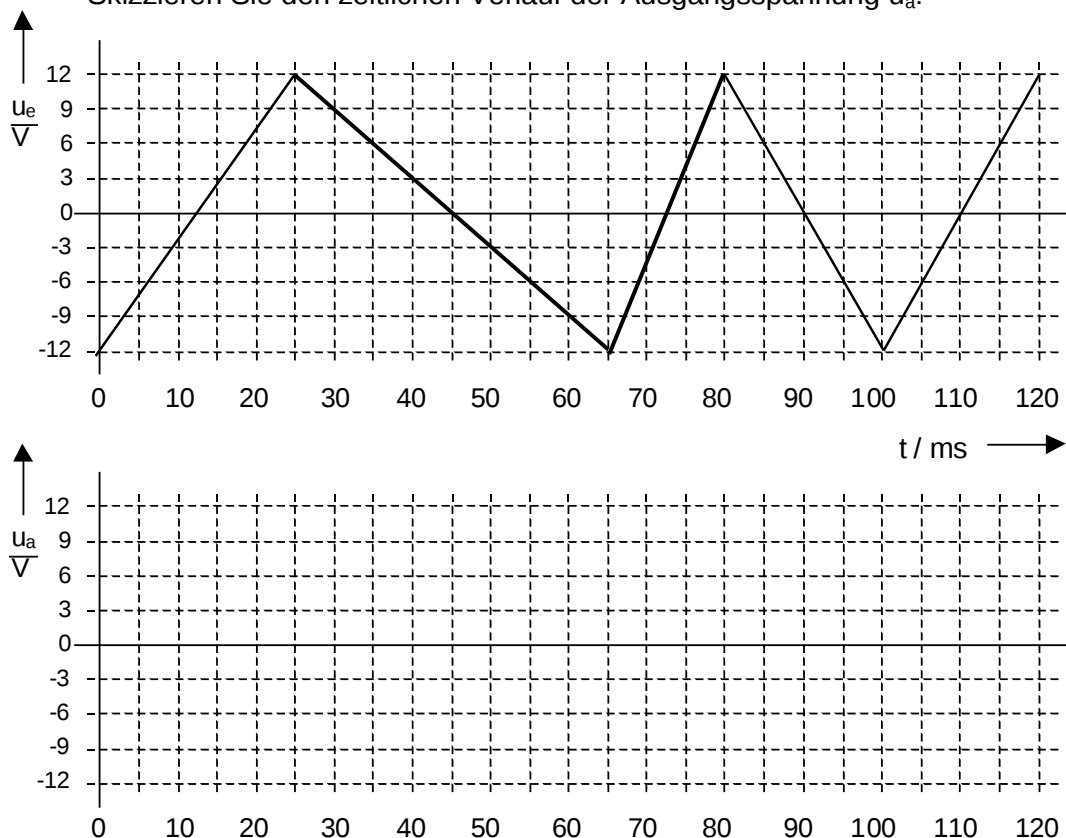
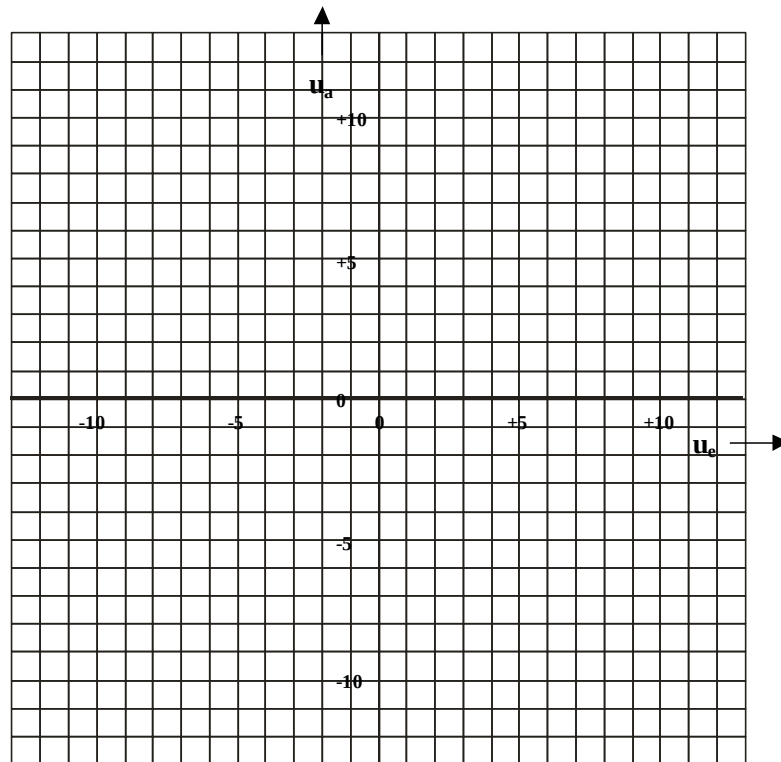


Bild 17.2

17.4 Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_a über der Eingangsspannung u_e !



In den restlichen Übungen werde ich abhängig vom Stoff, der in den Vorlesungen behandelt wird, die grundlegenden zugehörigen Aufgaben durchführen.

Die restlichen Aufgaben habe ich auf Wunsch, nach mehr Übungsaufgaben, noch hinzugefügt.

Aufgabe 18

Eine TTL-Schaltung nach Bild 18.1 a) hat eine Übertragungskennlinie nach Bild 18.1 b).

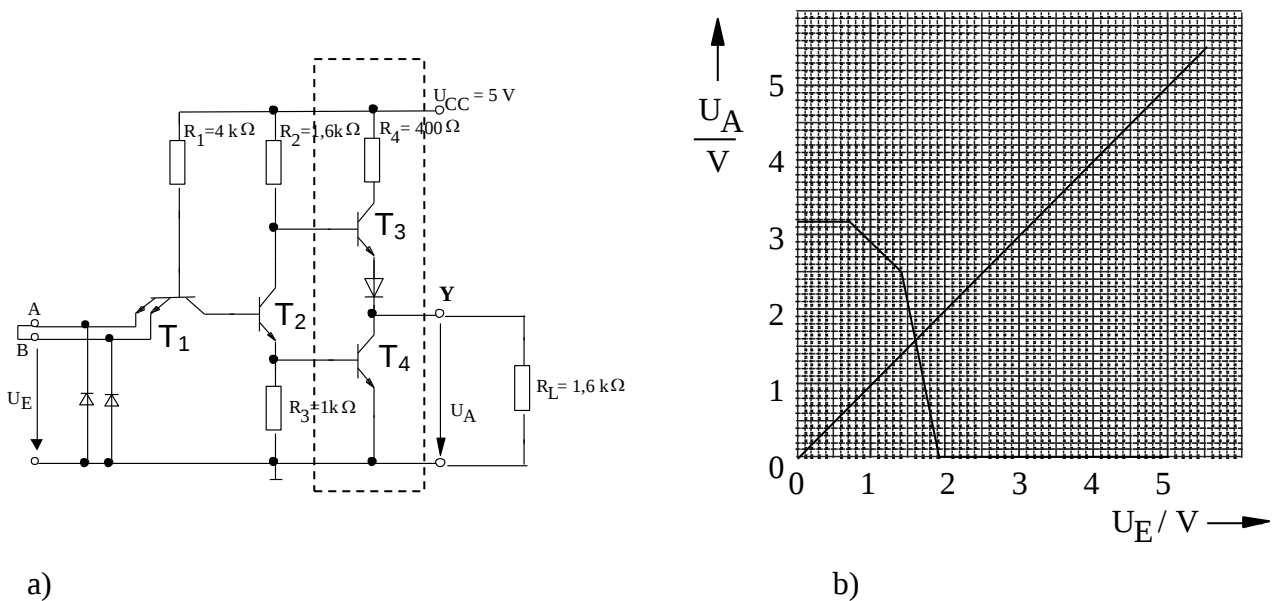


Bild 18.1

18.1 Ermitteln Sie aus Bild 18.1 b) folgende Daten:

U_L , U_H , ΔU , ΔU_H , ΔU_L und die relativen Einzelstörabstände Z_H und Z_L !

18.2 Berechnen Sie die statische Verlustleistung in der gestrichelt umrandeten Ausgangsstufe der Schaltung nach Bild 18.1 a), wenn am Ausgang der H-Pegel anliegt, und die Kollektor-Emitter-Restspannung des eingeschalteten Transistors T_3 0,3 V beträgt !

18.3 Der Widerstand R_L wird entfernt.

An den Ausgang der Schaltung sollen möglichst viele Eingänge von weiteren TTL-Schaltungen angeschlossen werden.

Für einen einzelnen TTL-Eingang gelten folgende Eingangsströme:

$U_E = H$: $I_E = 40\text{ }\mu\text{A}$ und $U_E = L$: $I_E = 1,6\text{ mA}$.

Wie viele TTL-Eingänge können an den Ausgang des Gatters maximal angeschlossen werden, wenn folgende Randbedingungen für die Ausgangsspannung eingehalten werden sollen:

High-Pegel: $U_{A,\min} = 3,5\text{ V}$, Low-Pegel: $U_{A,\max} = 0,2\text{ V}$, wenn der Kollektor-Emitter-Widerstand des eingeschalteten Transistors T_4 $R_{CE} = 12,5\text{ }\Omega$ und die Kollektor-Emitter-Restspannung des eingeschalteten Transistors T_3 0,3 V beträgt?

Aufgabe 19

Ein Inverter nach Bild 19 besteht aus einem n-Kanal FET und einem Lastwiderstand $R = 1\text{ k}\Omega$. Am Ausgang ist eine Lastkapazität $C_L = 2\text{ pF}$ angeschlossen. Im eingeschalteten Zustand beträgt der Drain-Source Widerstand des FET $r_{DSon} = 50\text{ }\Omega$. Die Betriebsspannung der Schaltung ist $U_{DD} = 5\text{ V}$. Die Pegel der Eingangsspannung betragen 0 V und 5 V .

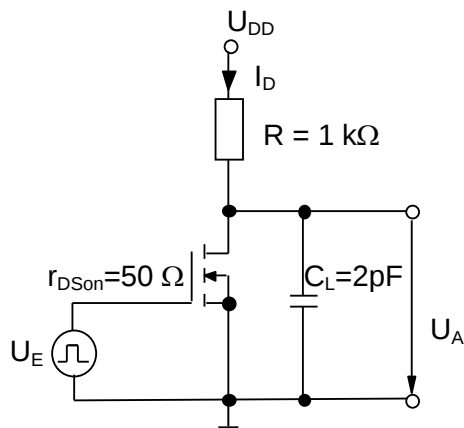
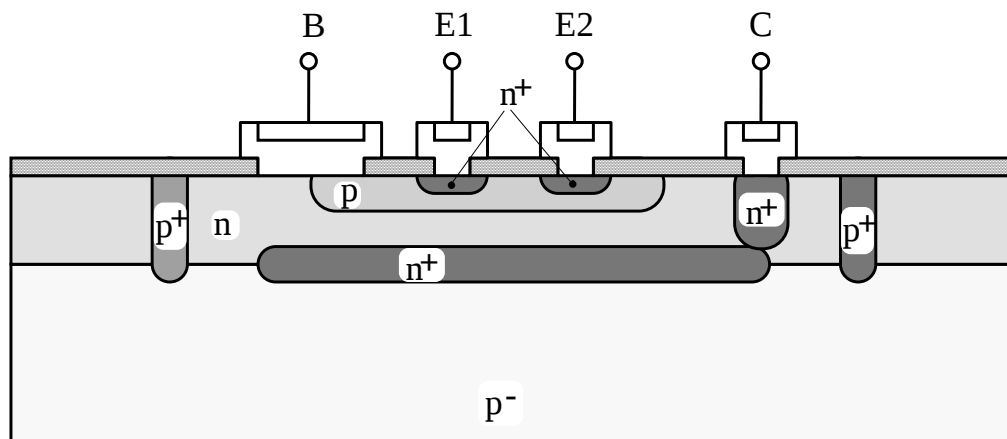


Bild 19

- 19.1 Bestimmen Sie die Spannungswerte der logischen Pegel H und L !
- 19.2 Bestimmen Sie die statische Verlustleistung der Schaltung nach Bild 19!
- 19.3 Bestimmen Sie die dynamische Verlustleistung der Schaltung nach Bild 19 wenn die Taktfrequenz des Eingangssignals 10 MHz beträgt!
- 19.4 Bestimmen Sie die gesamte Verlustleistung der Schaltung bei der Frequenz nach 19.3, wenn das Tastverhältnis des Eingangssignals $r = 0,5$ ist!

Aufgabe 20

- 20.1 Geben Sie die Vorteile der Schottky-TTL Schaltungen gegenüber den Standard-TTL Schaltungen an!
- 20.2 das folgende Bild zeigt den Querschnitt durch einen Multi-Emitter Schottky Transistor. An welcher Stelle befindet sich die Schottky Diode?



Aufgabe 21

Bild 21 zeigt zwei logische Grundsaltungen in CMOS-Technik.

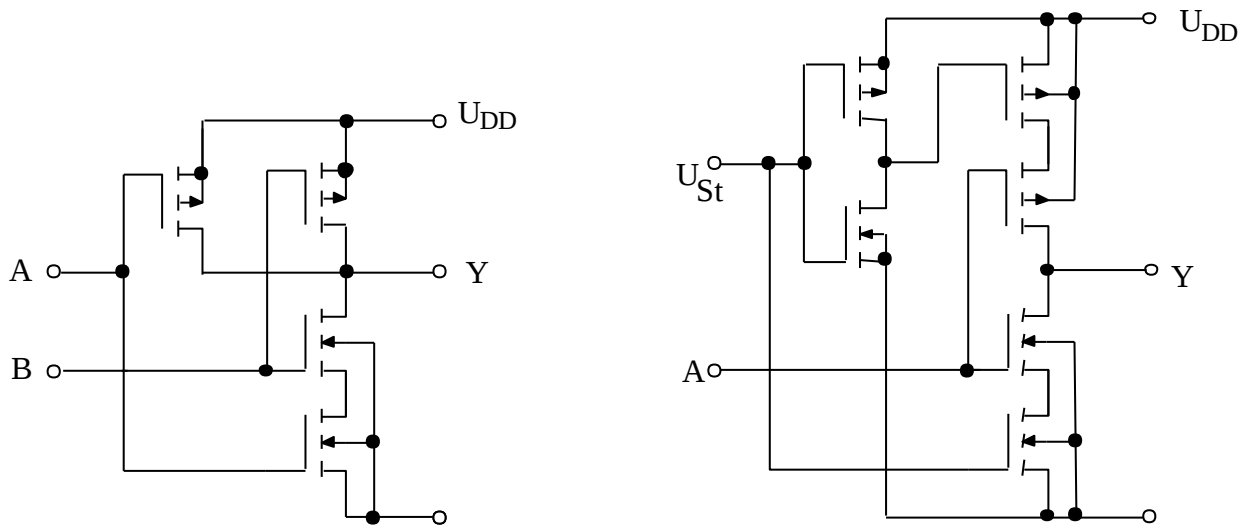


Bild 21

21.1 Skizzieren Sie die zugehörigen logischen Schaltzeichen!

21.2 Geben Sie die Wahrheitstabellen der Schaltungen an. Verwenden Sie dabei folgende Bezeichnungen: Low-Pegel: 0, High-Pegel: 1 und hochohmiger Zustand am Ausgang: HiZ

Aufgabe 22

Bild 22.1 zeigt ein RS-Flipflop aus NOR-Gattern.

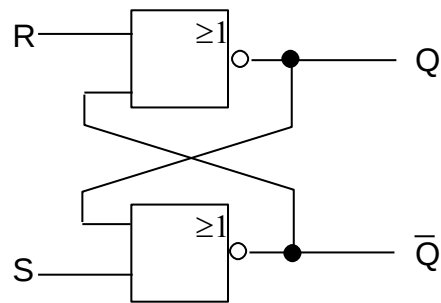


Bild 22.1

- 22.1 Geben Sie die Wahrheitstabelle für dieses Flipflop an!
- 22.2 Skizzieren Sie die Schaltung des Flipflops mit n-Kanal Transistoren und mit FET's vom Verarmungstyp als Last!
- 22.3 An die Eingänge R und S werden Signale nach Bild 22.2 angelegt. Skizzieren Sie das daraus resultierenden Ausgangssignale Q und $\bar{Q}$!

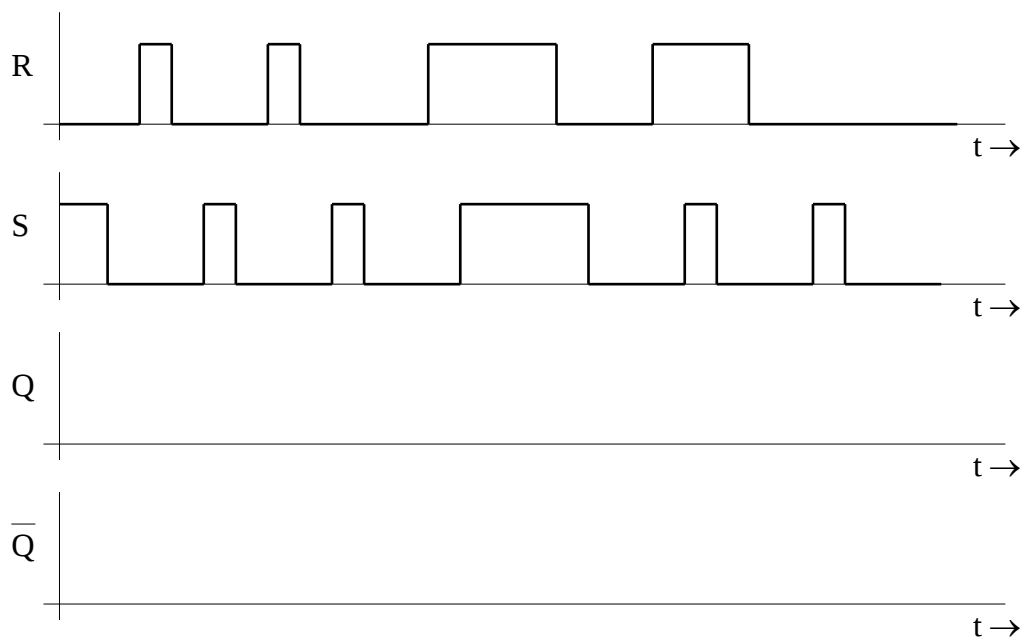


Bild 22.2

Aufgabe 23

Bild 23.1 zeigt drei Normschaltzeichen von JK-Flip-Flops.

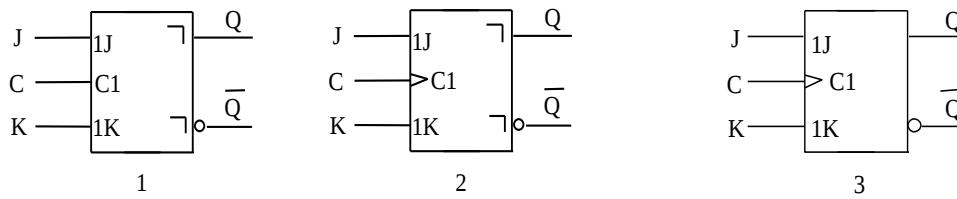


Bild 23.1

An die Eingänge C, J und K werden jeweils die in Bild 23.2 gezeichneten Signale angelegt.

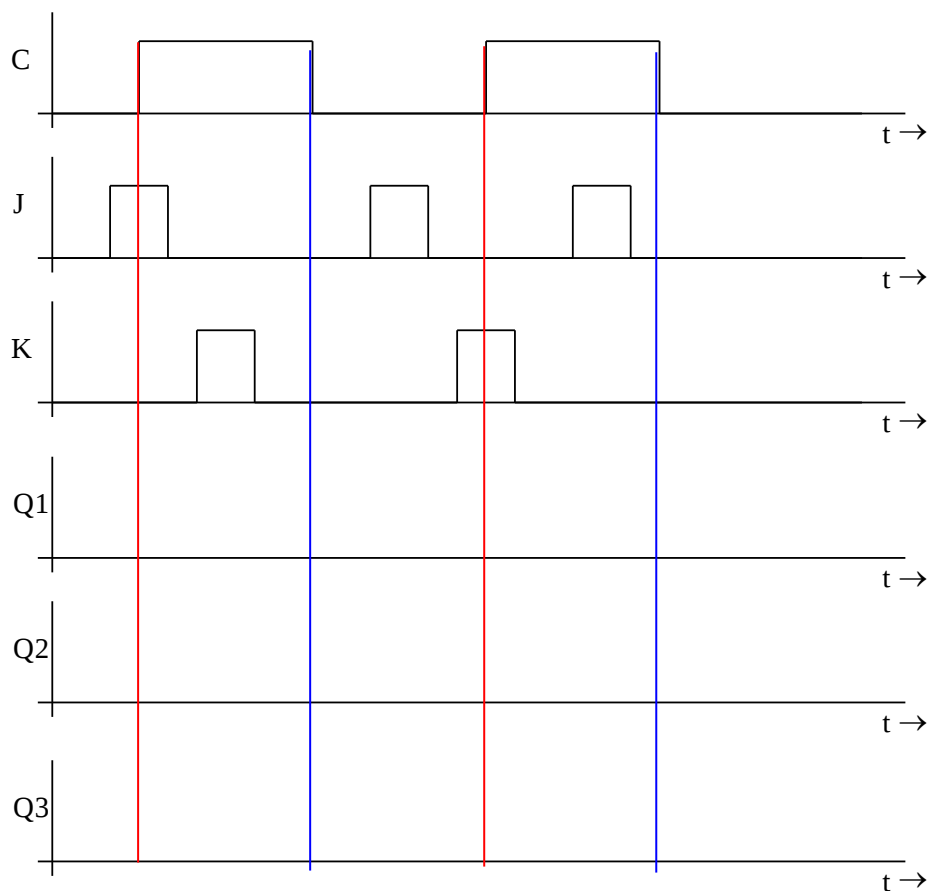


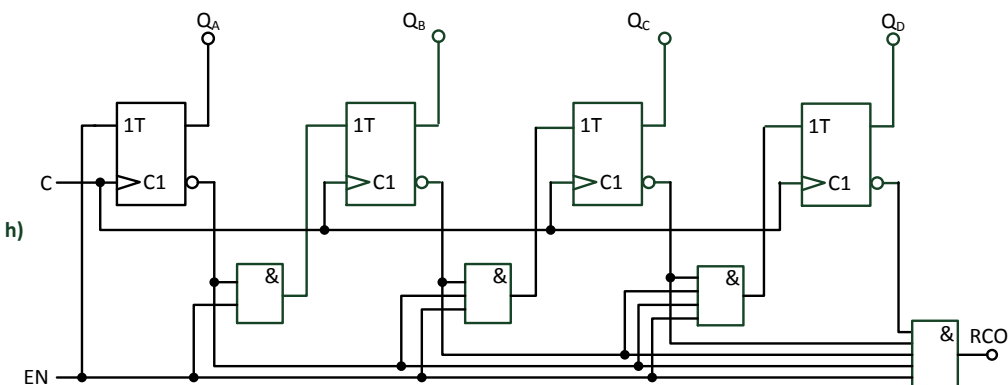
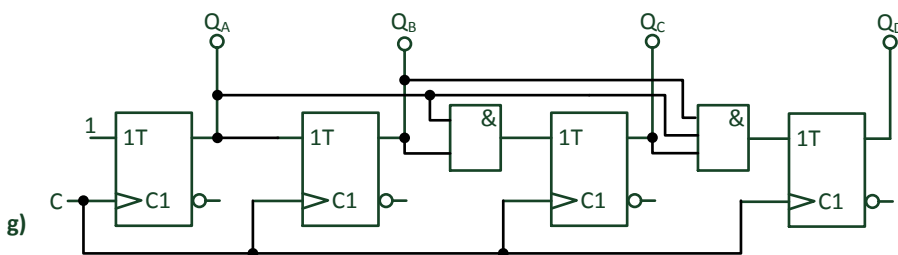
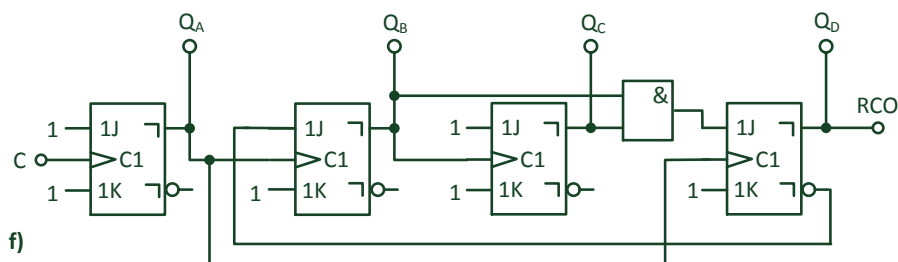
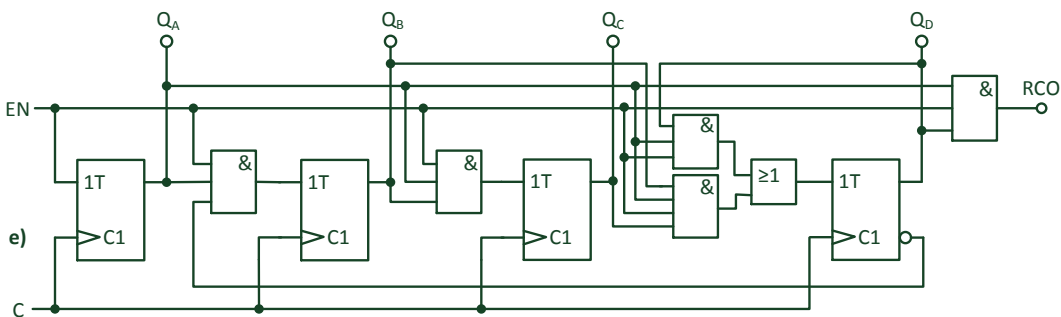
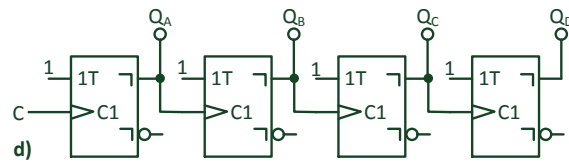
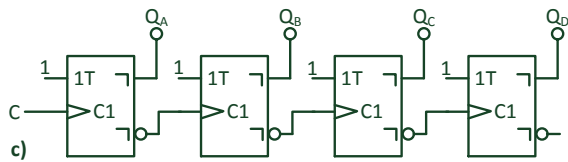
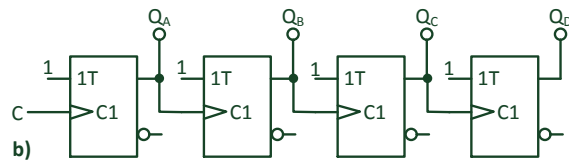
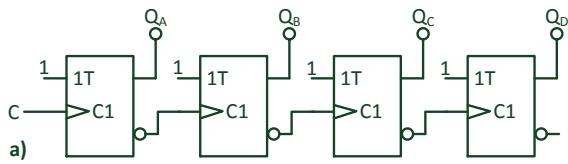
Bild 23.2

Skizzieren Sie für alle in Bild 23.1 dargestellten Flipflops das Signal am Ausgang Q !
(Zum Zeitpunkt t_0 sei Q jeweils auf LOW-Pegel)

Prüfen Sie zuerst, welcher Typ von JK-Flip-Flop durch das logische Symbol dargestellt wird !
(Zustandsgesteuert , Ein- oder Zweiflankengesteuert)

Aufgabe 24

Welche Zählerschaltungen sind unter a - h dargestellt? Analysieren Sie die Schaltungen nach den Kriterien: Zählrichtung: vorwärts- rückwärts; Typ: synchron – asynchron; Zählcode: binär, BCD, ...



Aufgabe 25

An einen synchronen Zähler nach Bild 25.1 werden Signale nach Bild 25.2 angelegt.

$$\overline{D} = H$$

Tragen Sie in Bild 25.2 die Ausgangssignale Q_A bis Q_D und RCO (Übertrag) ein !

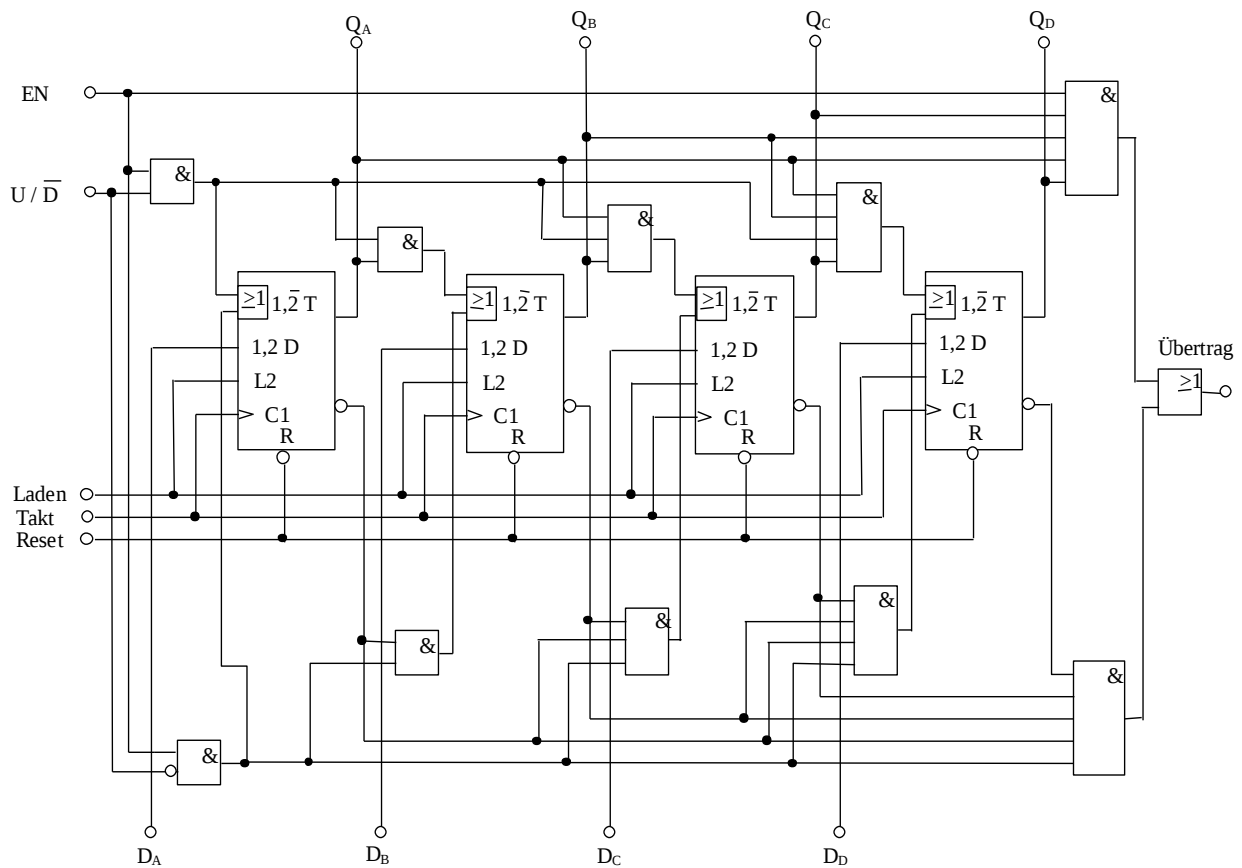


Bild 25.1

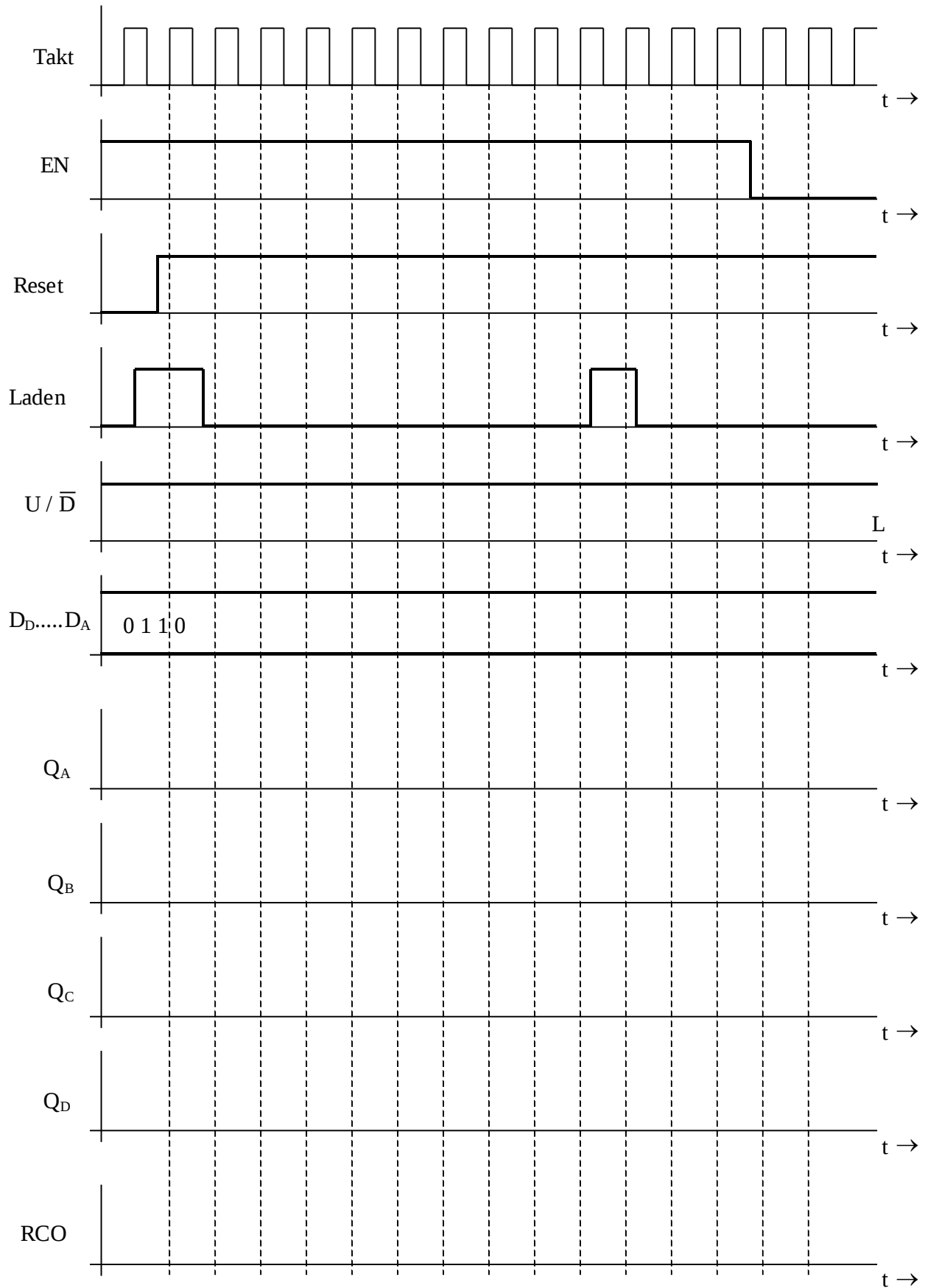


Bild 25.2

Aufgabe 26

Gegeben sind sechs asynchrone BCD - Zähler, ein 32,768 KHz Oszillator und ein synchroner 16 bit Vorwärts- / Rückwärtszähler mit acht Ausgängen nach Bild 26.

Erstellen Sie mit diesen Bauelementen und möglichst wenigen zusätzlichen Gattern eine digitale Uhr !

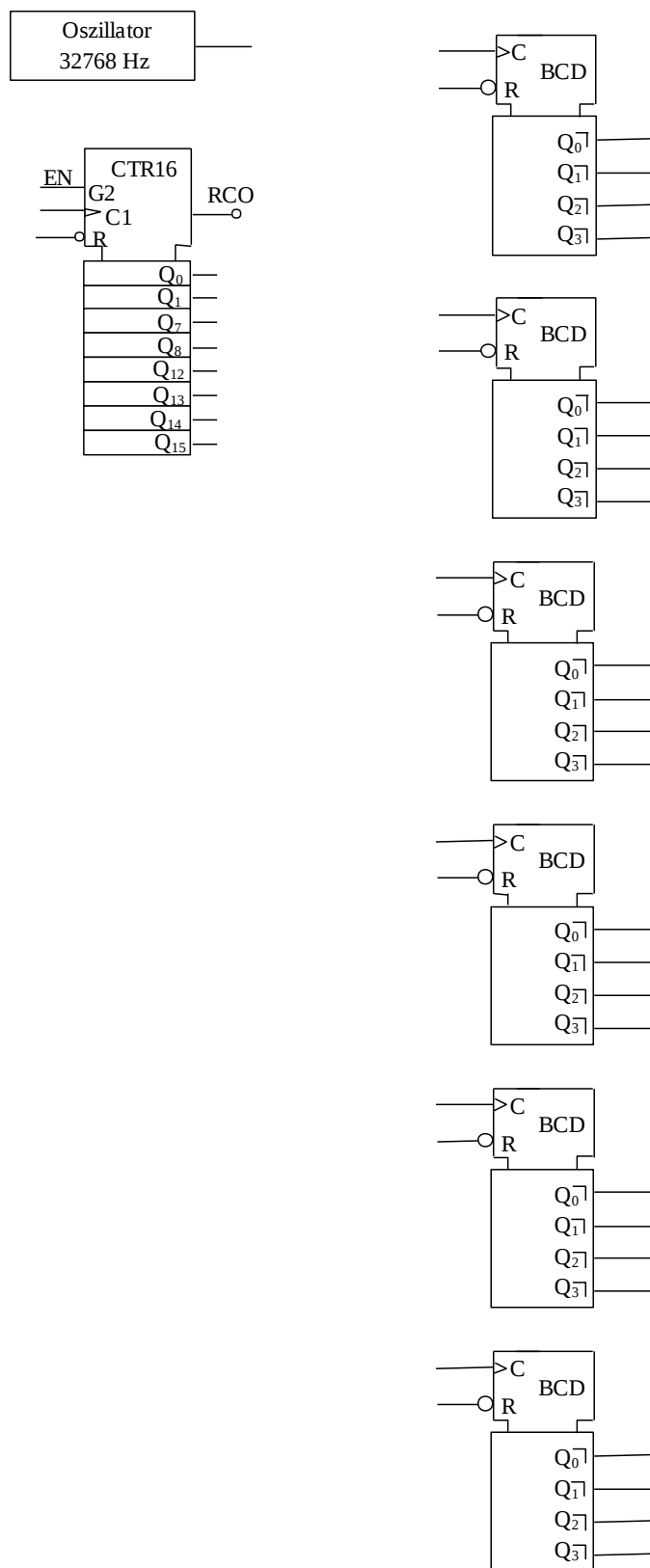


Bild 26

Aufgabe 27

Gegeben ist die Schaltung nach Bild 27.1.

An den Eingängen $D_0 \dots D_7$ liegt folgende Bitkombination: 1 0 0 1 1 1 0 1. Zum Zeitpunkt t_0 wird kurzzeitig der Schalter S betätigt.

27.1 Welche Funktion hat die Schaltung in Bild 27.1?

27.2 Tragen Sie in das Zeitdiagramm (Bild 27.2) die Signalverläufe an den Ausgängen Q_A bis Q_H ein !

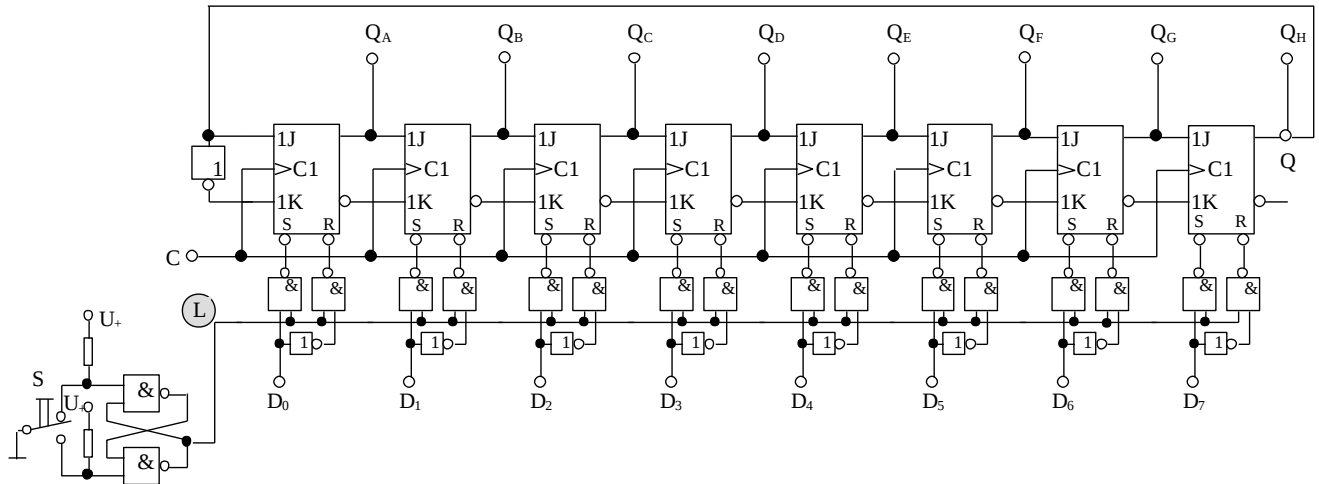


Bild 27.1

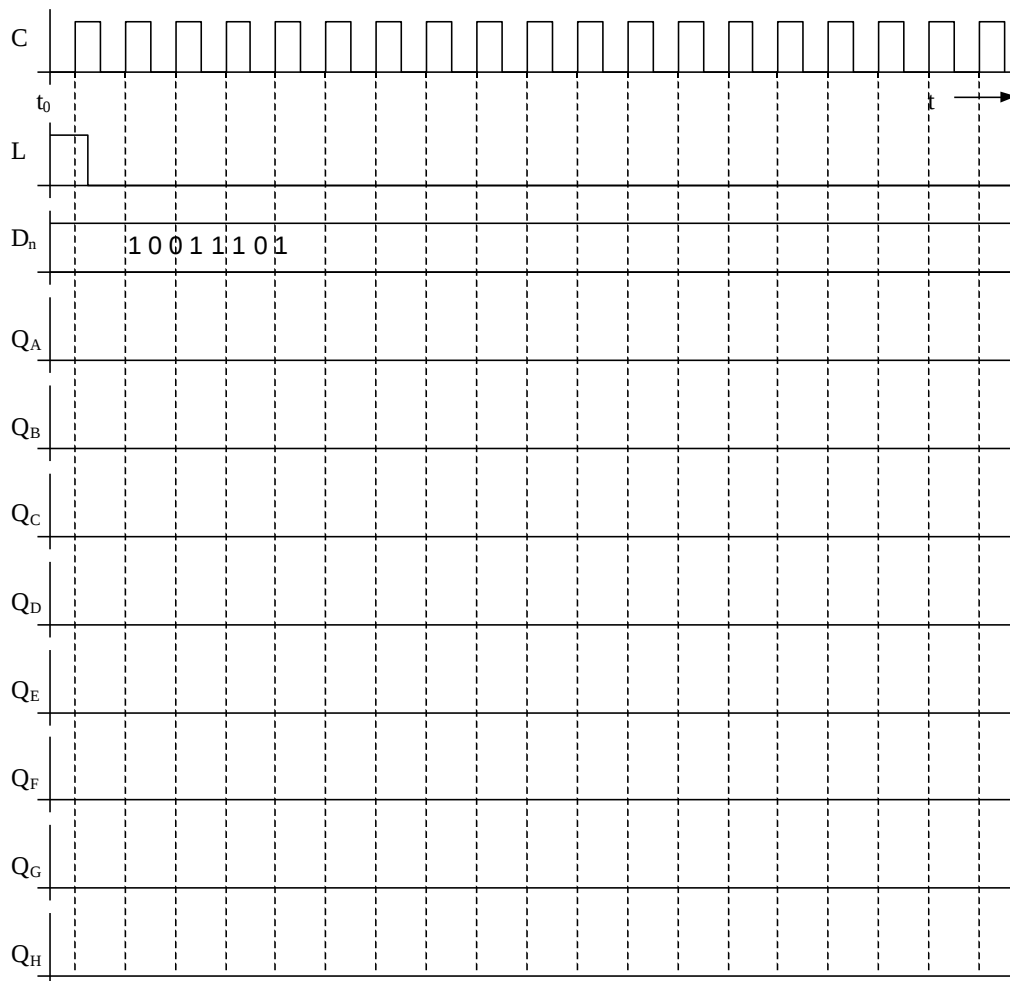


Bild 27.2

Aufgabe 28

Zur Speicherung und Synchronisation von Impulsen wird eine Schaltung nach Bild 28.1 aufgebaut.

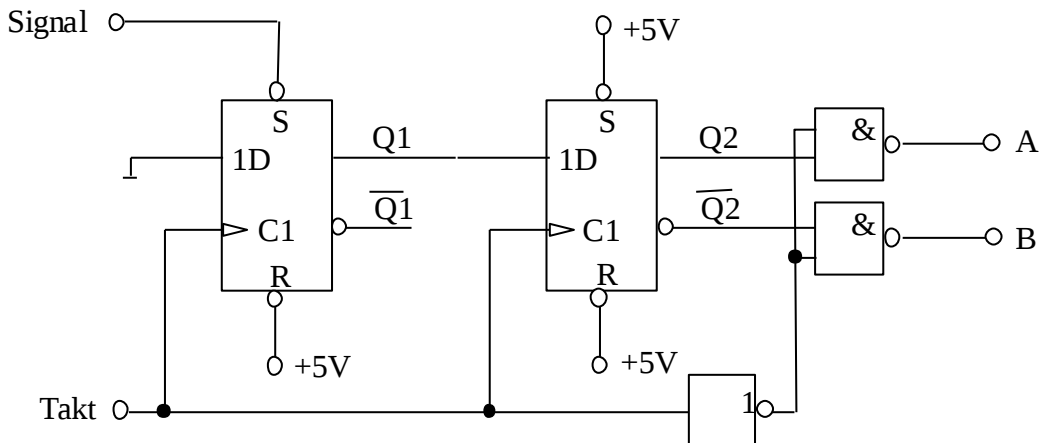


Bild 28.1

An den Eingängen und am Ausgang Q1 liegen die in Bild 28.2 eingezeichneten Signale an. Die Gatterlaufzeit der verwendeten Flipflops beträgt zwischen Takteingang und den Ausgängen 5 ns. Alle anderen Gatterlaufzeiten sollen vernachlässigt werden.

Ermitteln Sie die Signale an den Punkten Q2, A und B und tragen Sie diese im Bild 28.2 ein! ($Q2(t=t_0) = \text{LOW}$)

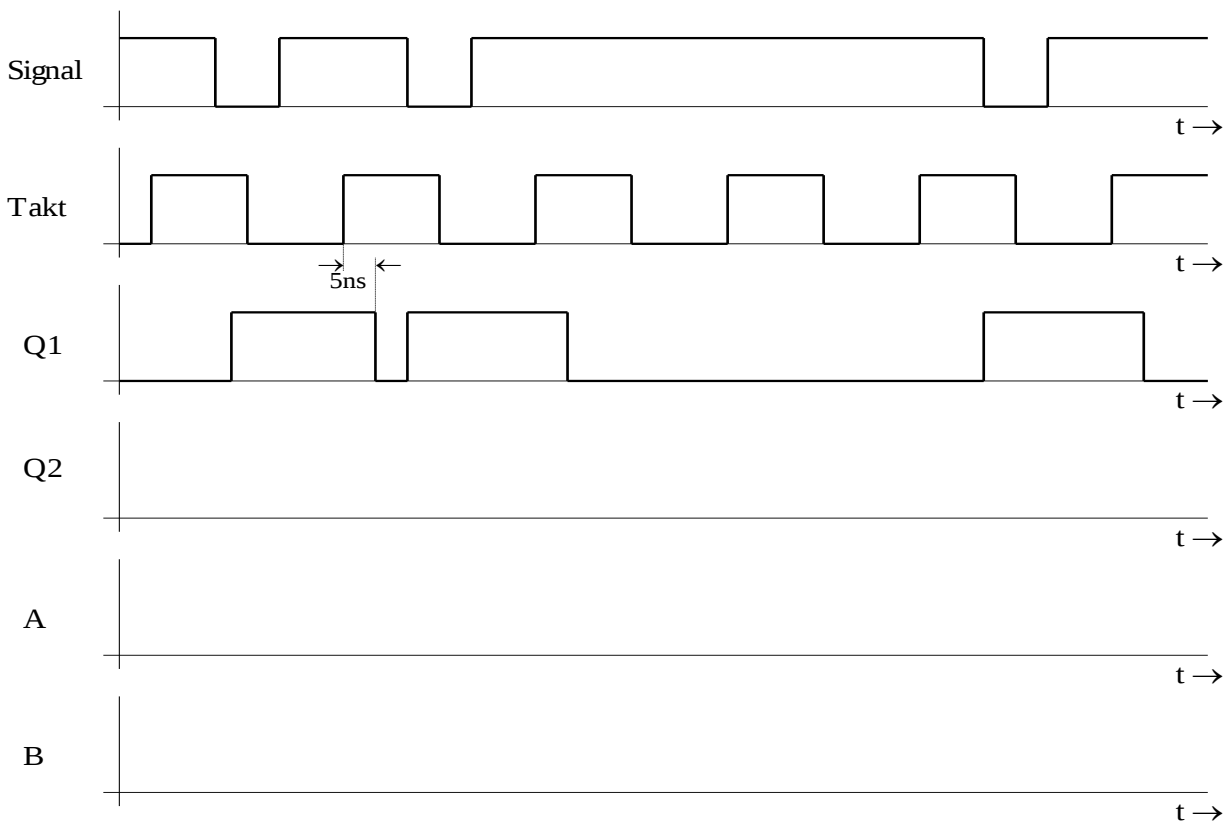


Bild 28.2

Aufgabe 29

Die schaltungstechnische Auslegung einer logischen Schaltung ist in Bild 29.1 dargestellt.

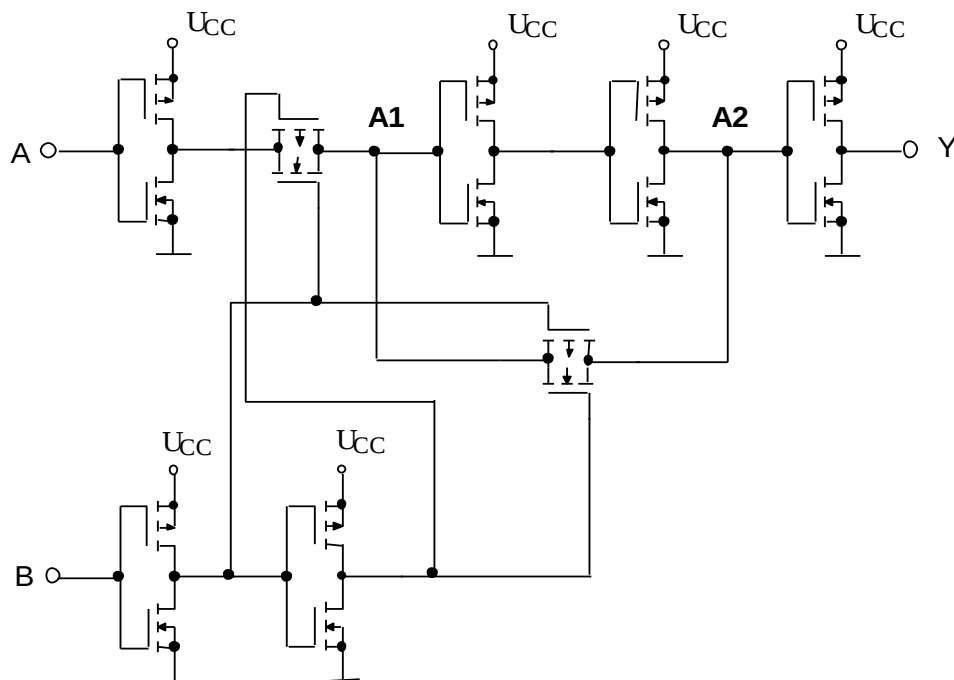


Bild 29.1

29.1 Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Schaltung aus logischen Elementen mit den genormten Symbolen nach DIN 40900 !

29.2 Ergänzen Sie die folgende Wahrheitstabelle für die Schaltung nach Bild 29.1!

B	A	A1	A2	Y
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

29.3 Um welche logische Funktion handelt es sich hierbei?

29.4 Skizzieren Sie das logische Symbol für die Gesamtschaltung in Bild 29.1!

Aufgabe 30

Gegeben ist die schaltungstechnische Auslegung einer logischen Schaltung in CMOS-Technologie nach Bild 30.

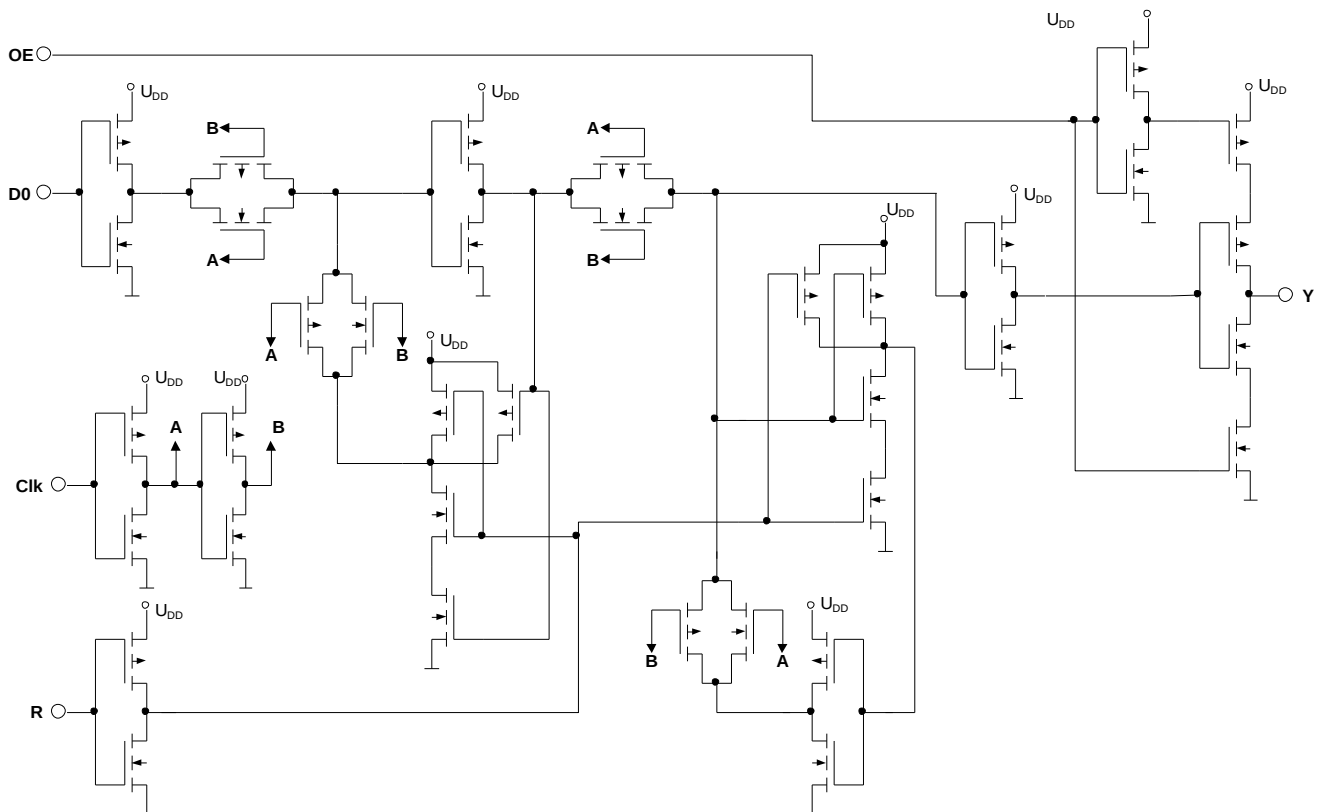


Bild 30

- 30.1 Zeichnen Sie die Schaltung aus logischen Elementen (Inverter, NAND, NOR,) mit den genormten Symbolen nach DIN 40900 !
- 30.2 Erstellen Sie die vollständige Wahrheitstabelle für die Schaltung in Bild 29! (Verwenden Sie dazu die Bezeichnungen bzw. Symbole: 1 , 0 , HiZ, X, $\uparrow$, $\downarrow$)

OE	R	Clk	D0	Y

- 30.3 Welche Funktion ist in der Schaltung nach Bild 29 realisiert?
- 30.4 Skizzieren Sie das logische Symbol für die Gesamtschaltung in Bild 29!

Aufgabe 31

- 31.1 Ergänzen Sie die in Bild 31.1 dargestellte Schaltung zu einem synchronen binären Vorwärtszähler. Verwenden Sie gegebenenfalls zusätzliche logische Grundgatter (Inverter, UND- bzw. ODER-Gatter) !

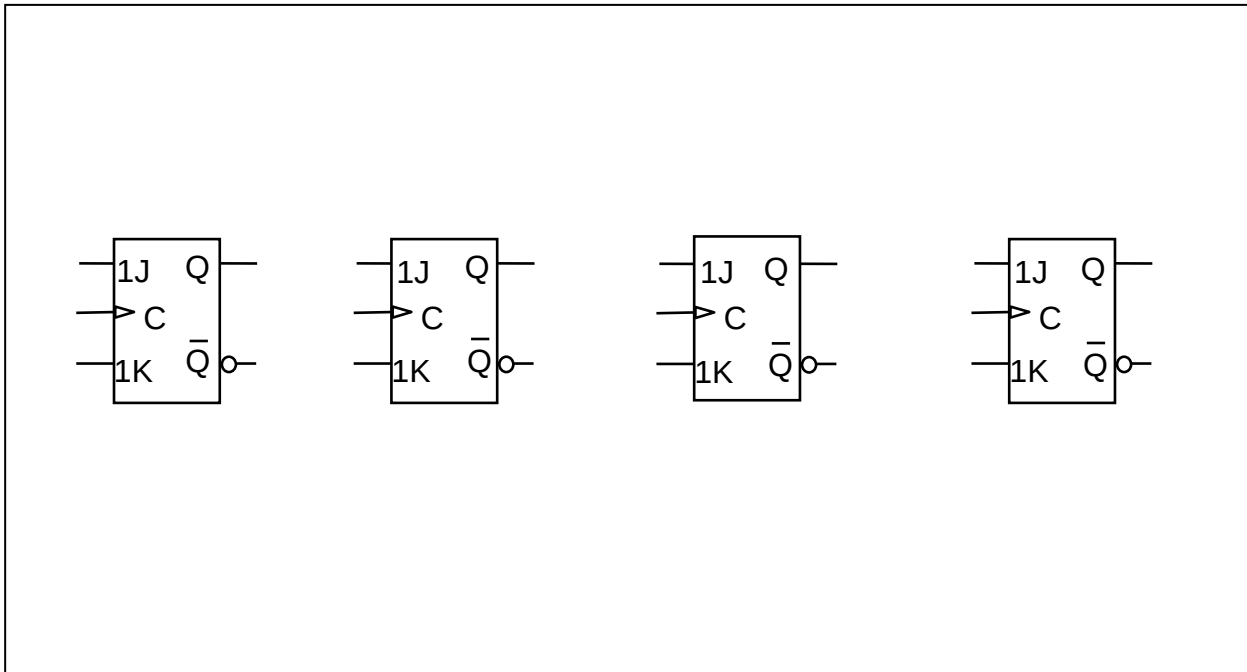


Bild 31.1

- 31.2 Ergänzen Sie die in Bild 31.2 dargestellte Schaltung zu einem asynchronen binären Vorwärtszähler. Verwenden Sie gegebenenfalls zusätzliche logische Grundgatter (Inverter, UND- bzw. ODER-Gatter) !

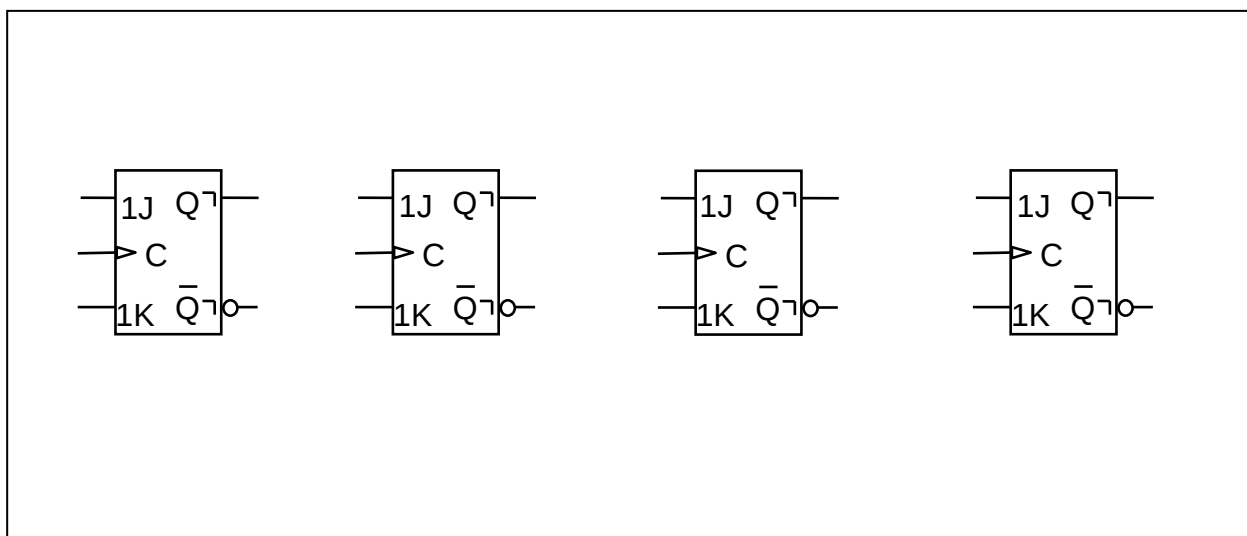


Bild 31.2

Aufgabe 32

Gegeben ist eine Schaltung nach Bild 32.1. Mit dieser Schaltung soll ein Frequenzteiler aufgebaut werden, dessen Ausgangsfrequenz $1/12$ der Taktfrequenz beträgt. Das Tastverhältnis des Ausgangssignals muss nicht symmetrisch sein. Die Dauer des Ausgangssignals soll aber mindestens eine Periodendauer T des Eingangstaktes betragen. Der Start der Frequenzteilung soll durch einmaliges Betätigen des Tasters S erfolgen. Danach soll die Frequenzteilung kontinuierlich weitergeführt werden. (Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung sind die Zustände der Ausgänge Q_A bis Q_D unbekannt aber ungleich $0\ 0\ 0\ 0$.)

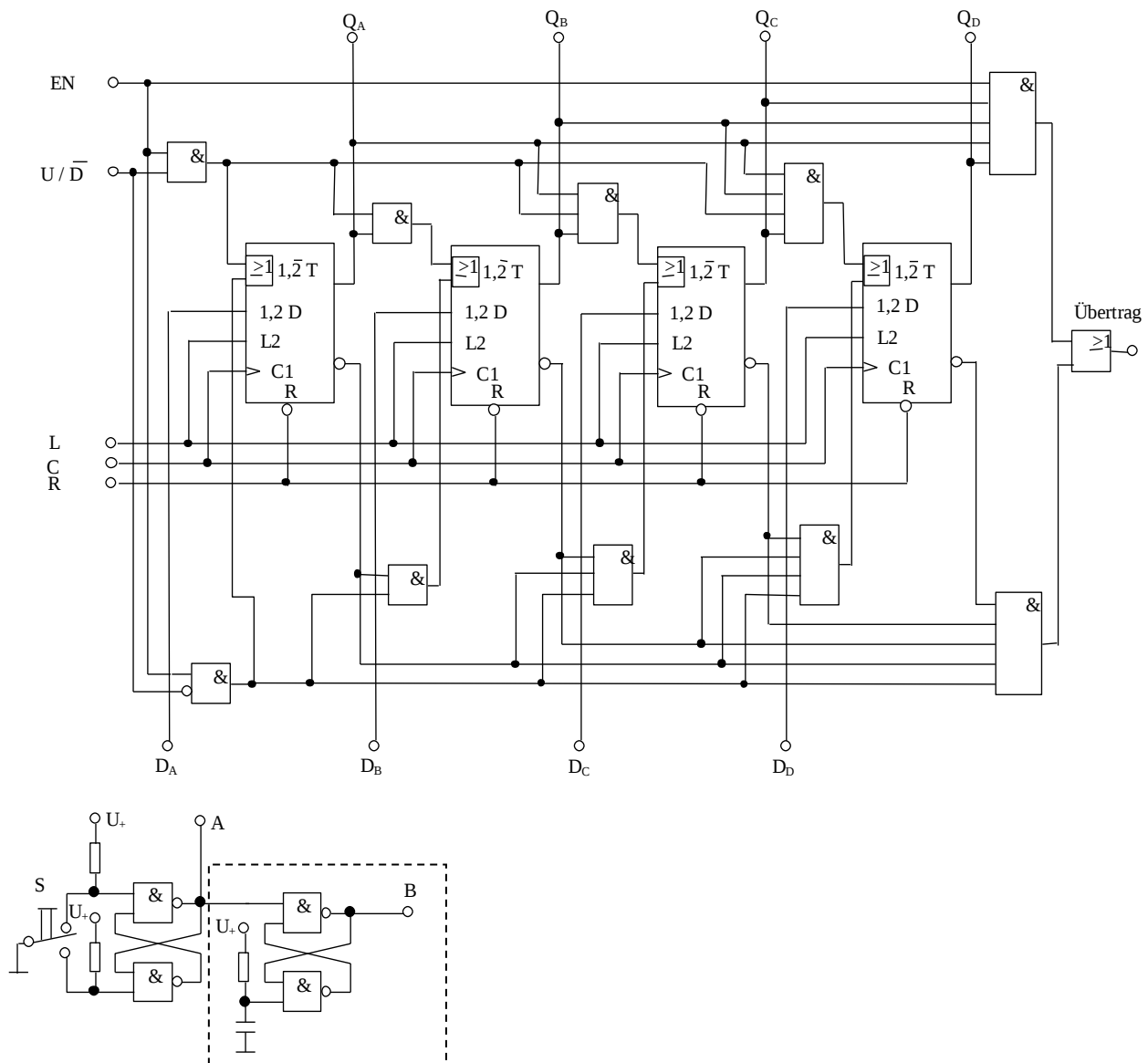
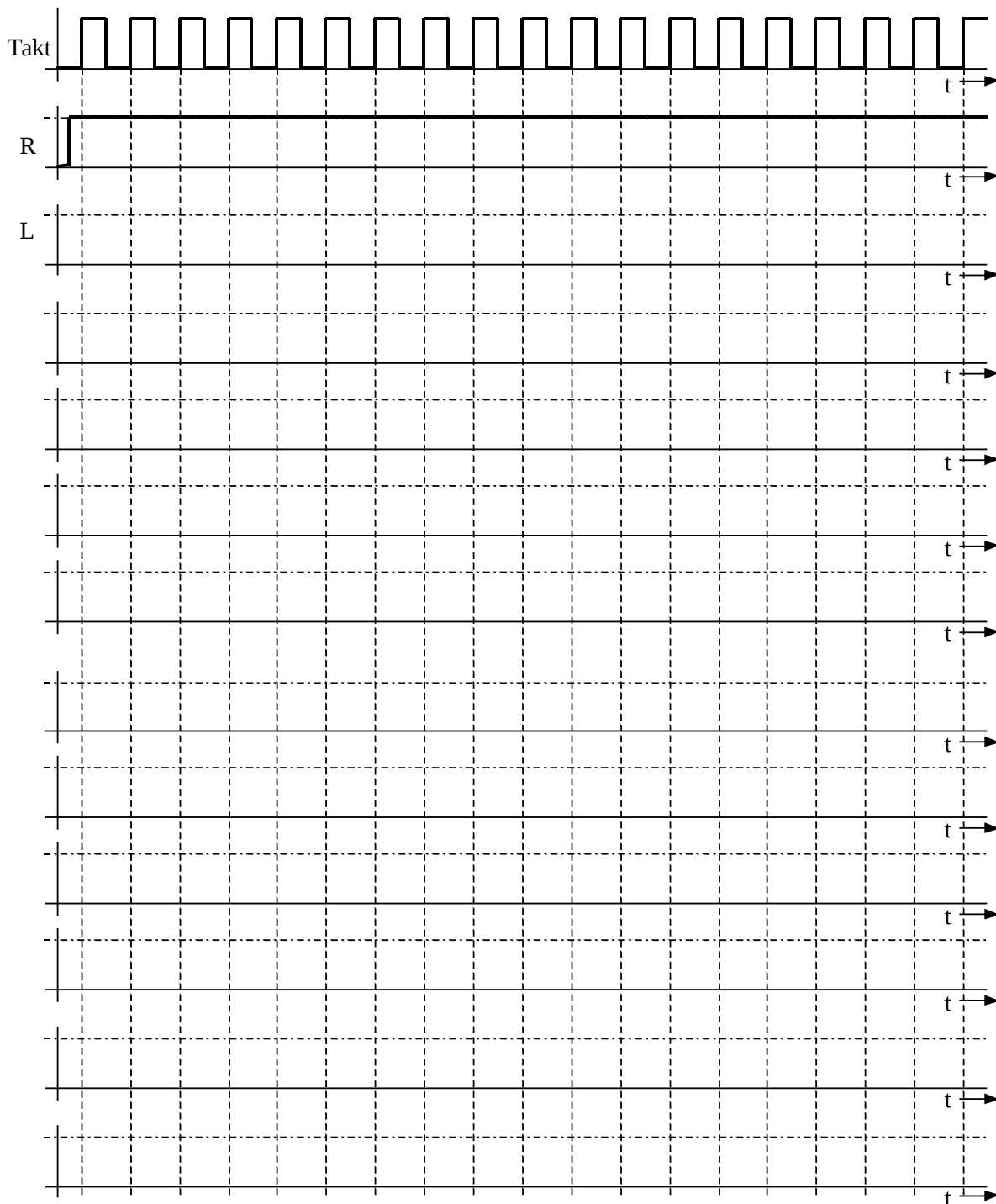


Bild 32.1

- 32.1 Ergänzen Sie die Schaltung durch eventuell notwendige Gatter und Verbindungen und definieren Sie die logischen Pegel an den freien Eingängen, damit die geforderten Bedingungen erfüllt werden! (Zusatzfrage: Welche Funktion erfüllt das gestrichelt umrandete Flipflop?)
- 32.2 Erstellen Sie eine Zustandstabelle (Wahrheitstabelle) für die Gesamtschaltung!

- 32.3 Skizzieren Sie ein Zeitdiagramm für Ihre Schaltung und überprüfen Sie die korrekte Funktion! Das Betätigen des Tasters S soll ein R-Signal auslösen, dessen Verlauf im Zeitdiagramm bereits eingetragen ist.



Aufgabe 33

- 33.1 Gegeben sind 2 JK-Flipflops nach Bild 33.1. Erstellen Sie damit ohne die Verwendung von zusätzlichen logischen Elementen einen synchronen Frequenzteiler, mit dem die Eingangsfrequenz f um den Faktor 2 und den Faktor 4 geteilt wird!

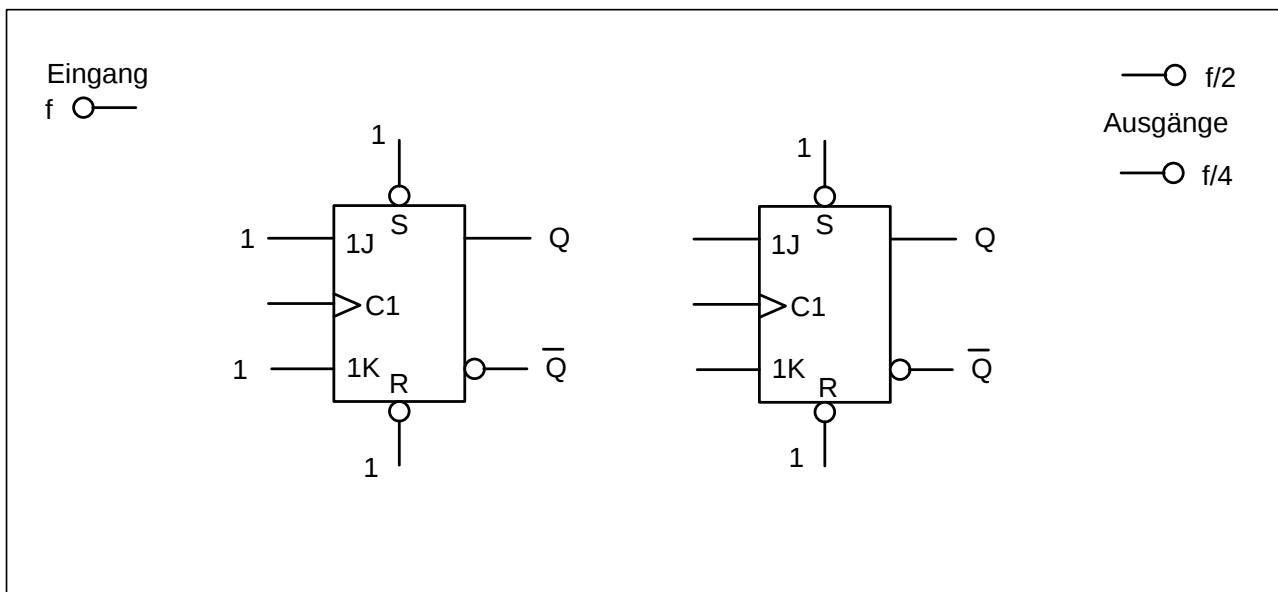


Bild 33.1

- 33.2 Gegeben sind 2 D-Flipflops nach Bild 33.2. Erstellen Sie damit ohne die Verwendung von zusätzlichen logischen Elementen einen Frequenzteiler, mit dem die Eingangsfrequenz f um den Faktor 2 und den Faktor 4 geteilt wird!

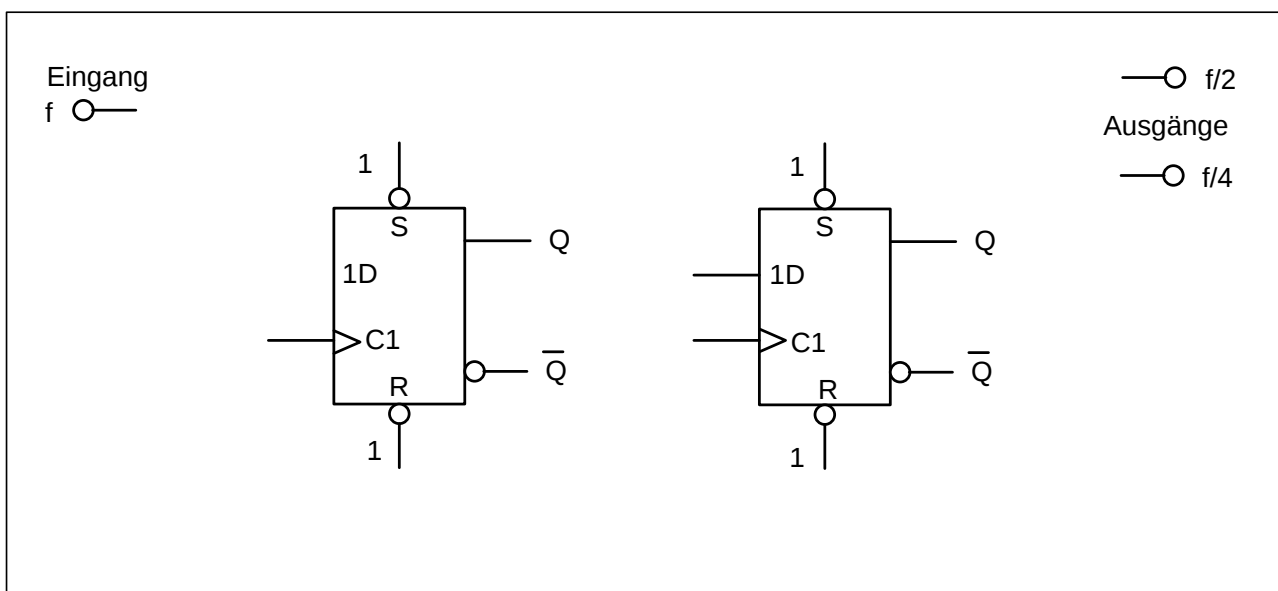


Bild 33.2

Aufgabe 34

In der Vorlesung wurden einige Verfahren der Digital.-Analog - und der Analog-Digital - Wandlung vorgestellt.

D/A-Wandlung:

- 34.1 Beschreiben Sie das Wägeverfahren !
- 34.2 Welche Vorteile bietet das R-2R Leiternetzwerk?
- 34.3 Wodurch entstehen die sogenannten "Glitches" bei D/A-Wandlern ?

A/D-Wandlung:

- 34.4 Geben Sie die Vor- und Nachteile des Parallelverfahrens an!
Wie ist ein Prioritätsdekor aufgebaut und welche Aufgabe hat die Schaltung?
- 34.5 Beschreiben Sie die Eigenschaften des Verfahrens der sukzessiven Approximation!
- 34.6 Das Ein-Rampen-Verfahren gehört zu den integrierenden Verfahren.
Beschreiben Sie das Verfahren!

Aufgabe 35:

Die Schaltung eines 8 bit D/A-Wandlers mit einer Verstärkerschaltung am Ausgang ist in Bild 35 angegeben.

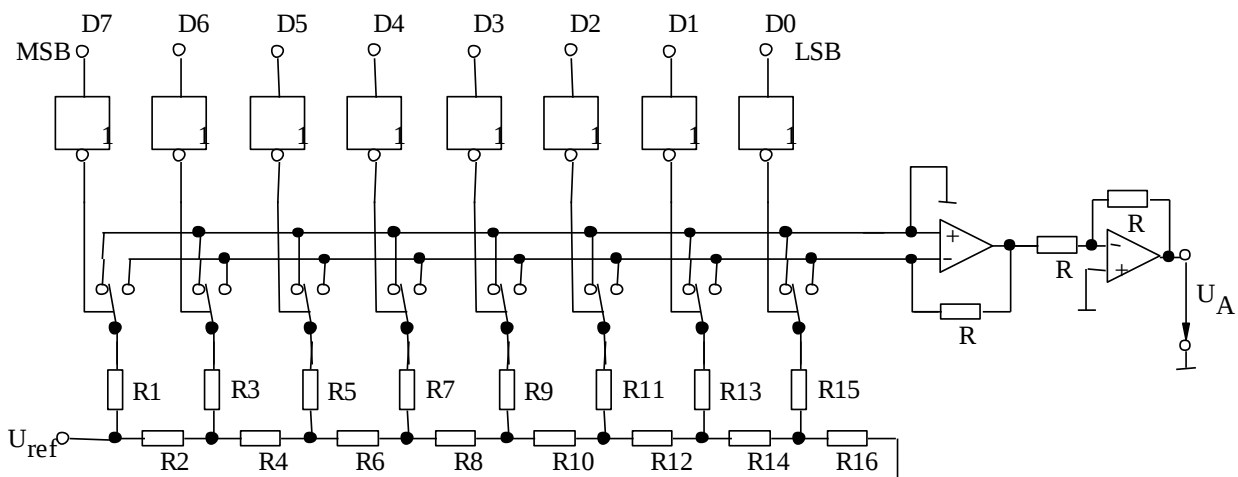


Bild 35

- 35.1 Wie groß müssen die Widerstände R1 bis R16 gewählt werden, damit ein binär gewichtetes Eingangssignal in ein entsprechendes analoges Ausgangssignal U_Q umgesetzt wird?
Geben Sie die Widerstandswerte in Vielfachen des Widerstandes R an!

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16

- 35.2 Die Ausgangsspannung U_A soll Werte zwischen 0 V und 5,10 V annehmen.
Wie groß muss die Referenzspannung U_{ref} sein?
(Angabe auf 2 Stellen nach dem Komma)

Aufgabe 36

Mit einem 8 Bit Parallel A-D-Wandler sollen analoge Eingangsspannungen digitalisiert werden. Die Referenzspannung des Wandlers beträgt $U_{\text{ref}} = 10,20 \text{ V}$. Das Eingangssignal ist für die Zeit der Wandlung als konstant anzunehmen. Der Linearitätsfehler der A-D-Wandler ist vernachlässigbar klein.

Ermitteln Sie die binäre Ausgangsinformation (bit8 bit1) für folgende Werte der Eingangsspannung: a) 9,890 V, b) 7,510 V, c) 4,125 V, d) 2,50 V und e) 0,0125 V

Aufgabe 37:

Das Blockschaltbild eines A/D-Wandlers ist in Bild 37.1 gezeigt.

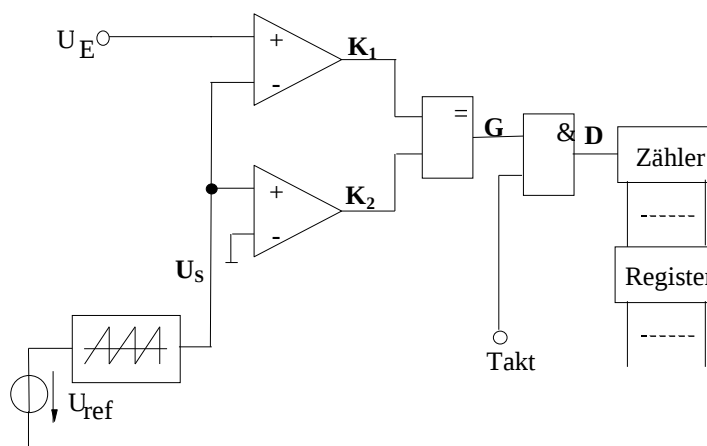


Bild 37.1

37.1 Nach welchem Verfahren arbeitet der A/D Wandler nach Bild 37.1!

37.2 Am Eingang liegt eine konstante Spannung U_E . Tragen Sie in das folgende Diagramm die Ausgangssignale K_1 und K_2 der beiden Komparatoren und G des logischen Gatters ein!

