

Übungsaufgaben

zur Vorlesung

Elektronische Schaltungen

Sommersemester 2016

Dr. Dipl.-Ing. Stefan Wunsch

M.Sc. Steffen Dörner

Vorwort zur Übung im Sommersemester 2016

Lernziele

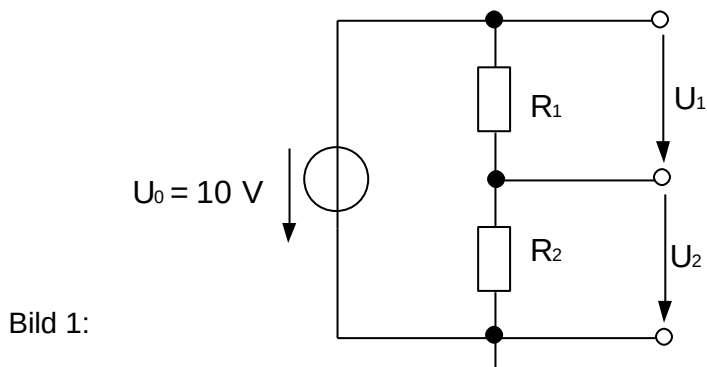
Die Übungsaufgaben sollen den Stoff der Vorlesung vertiefen, das Lösen der Tutoriumsaufgaben vorbereiten und als Grundlage zur Vorbereitung auf die Klausur dienen.

Es werden nicht alle Aufgaben in den Übungsstunden komplett durchgearbeitet werden können.

Für die Aufgaben dieses ersten Teils sind 2 Übungen vorgesehen.

Aufgabe 1:

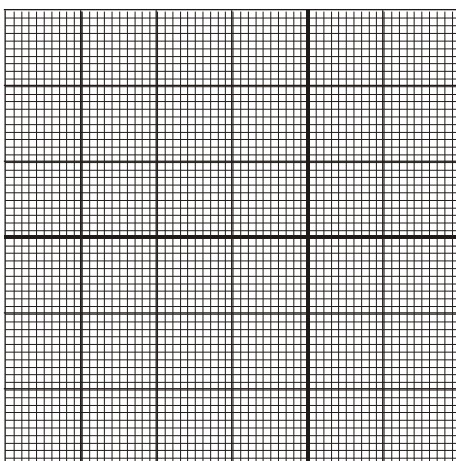
Gegeben ist eine Schaltung nach Bild 1.



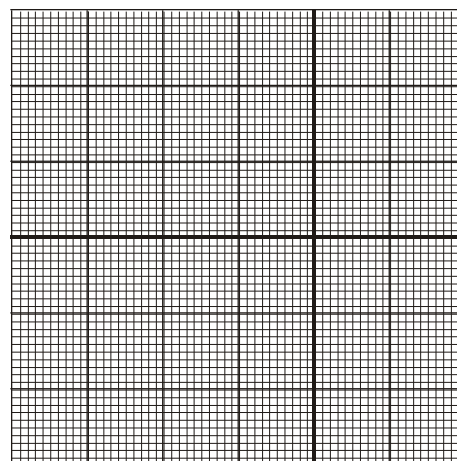
- 1.1 Berechnen Sie die Spannungen U_1 und U_2 , wenn die Widerstände folgende Werte haben:
 $R_1 = 2\text{ k}\Omega$ und $R_2 = 8\text{ k}\Omega$.
- 1.2 Ermitteln Sie die Spannungen U_1 und U_2 graphisch aus einem I/U-Diagramm !

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 U/I-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 U/I-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.

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

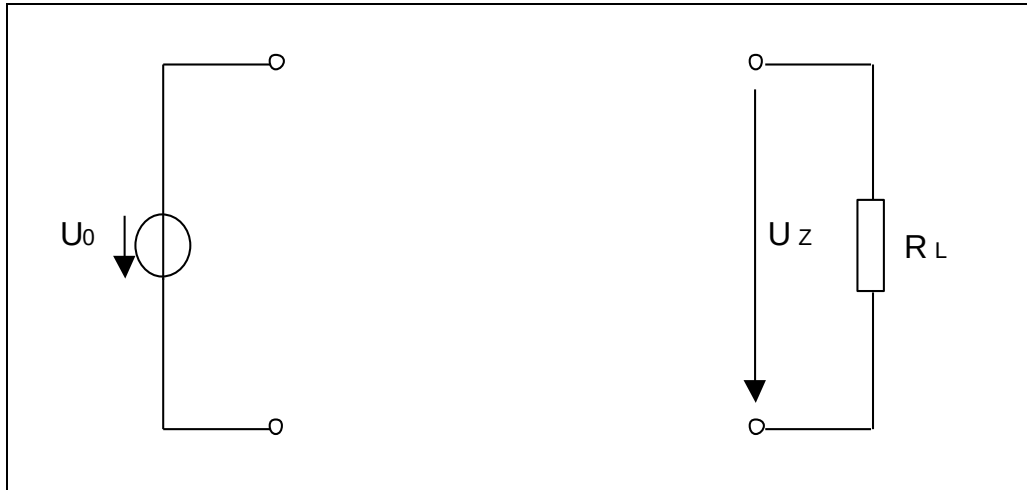


Bild 2

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

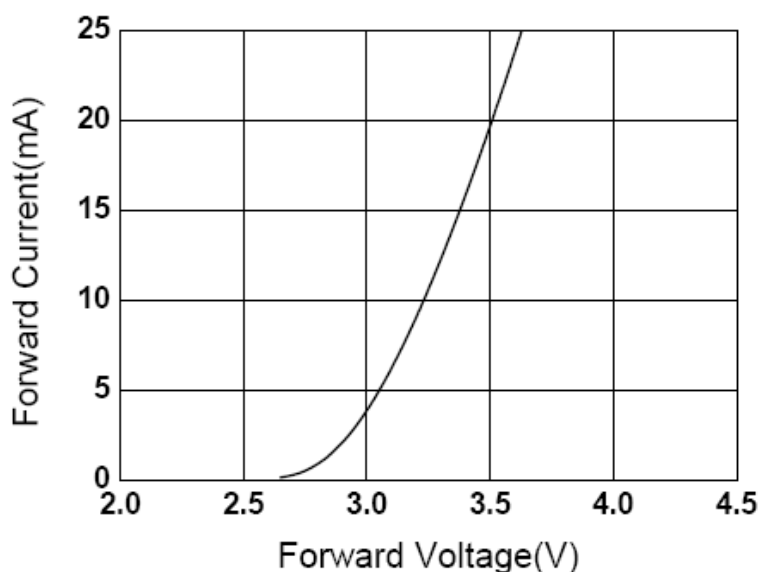


Bild 3:

Aufgabe 4:

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

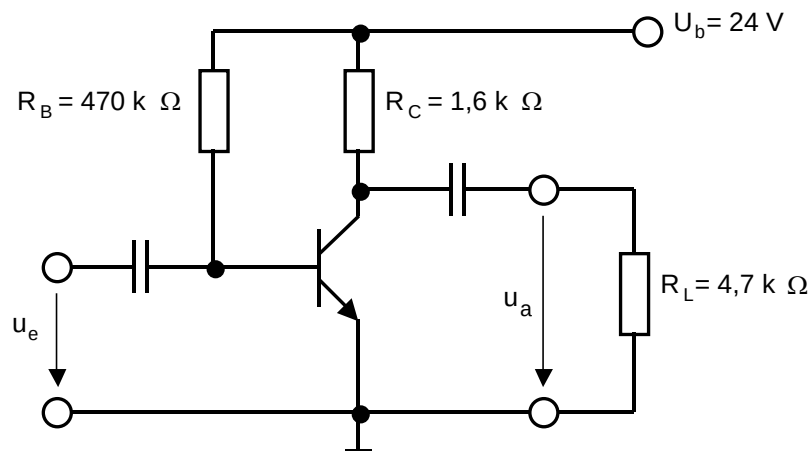


Bild 4

- 4.1 In welcher Grundschialtung 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.

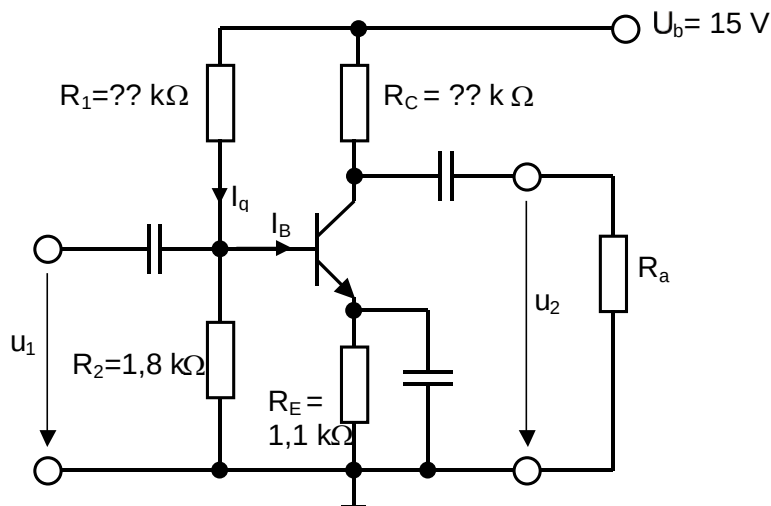


Bild 5:

- 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 ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$) ($I_C = 100\ \text{mA}$, $I_B = 5.0\ \text{mA}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = \text{See Note 1}$)	$V_{CE(sat)}$	— — —	0.09 0.2 0.3	0.25 0.6 0.6	V
Base–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$)	$V_{BE(sat)}$	—	0.7	—	V
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	$V_{BE(on)}$	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.

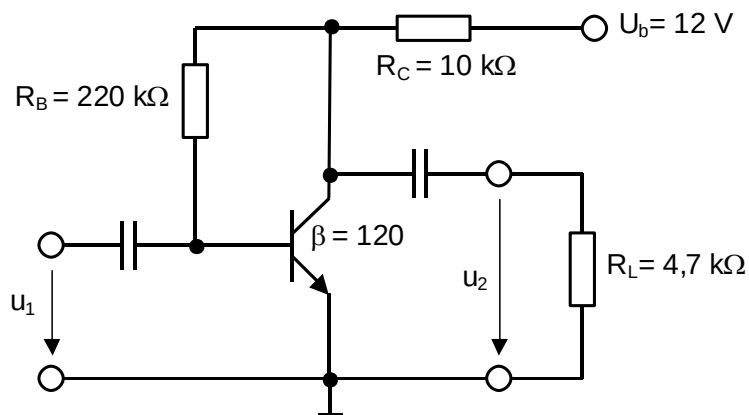


Bild 6:

- 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: $R_1 = 1,2 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 0,82 \text{ M}\Omega$, $R_D = 1,5 \text{ k}\Omega$.

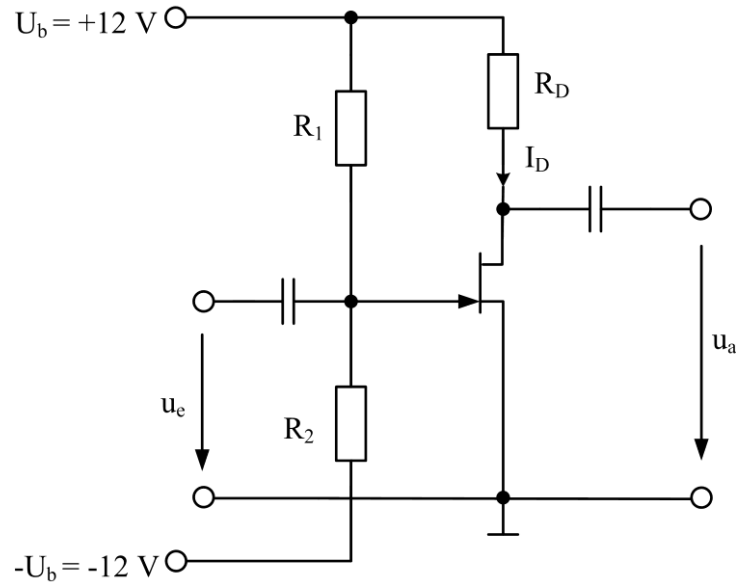


Bild 7

- 7.1 In welcher Grundschialtung 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: $R_S = 500\ \Omega$, $R_D = 2,7\text{ k}\Omega$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$.

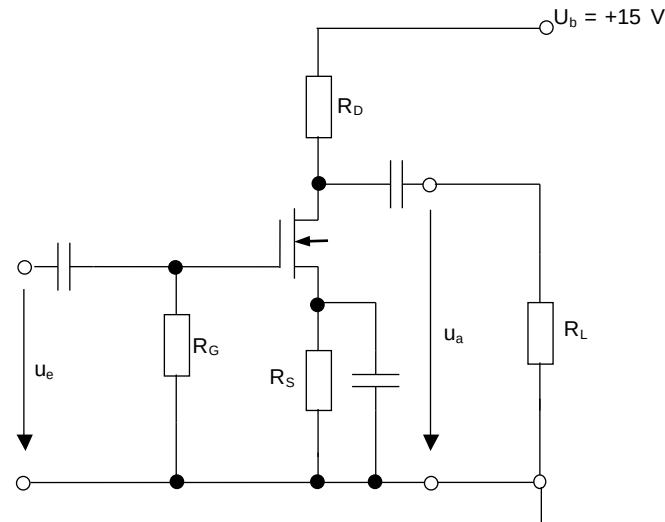


Bild 8

- 8.1 In welcher Grundschialtung 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:

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

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.

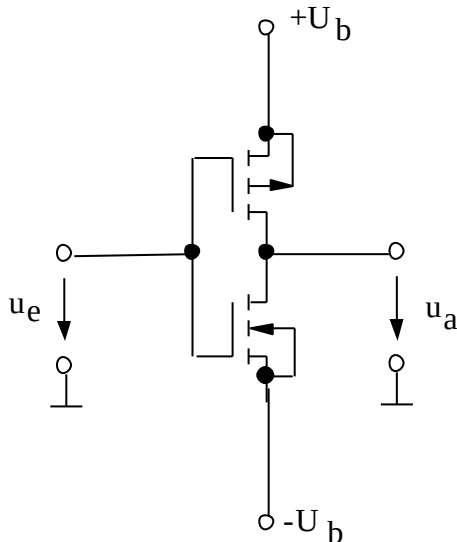


Bild 9.1

- 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!

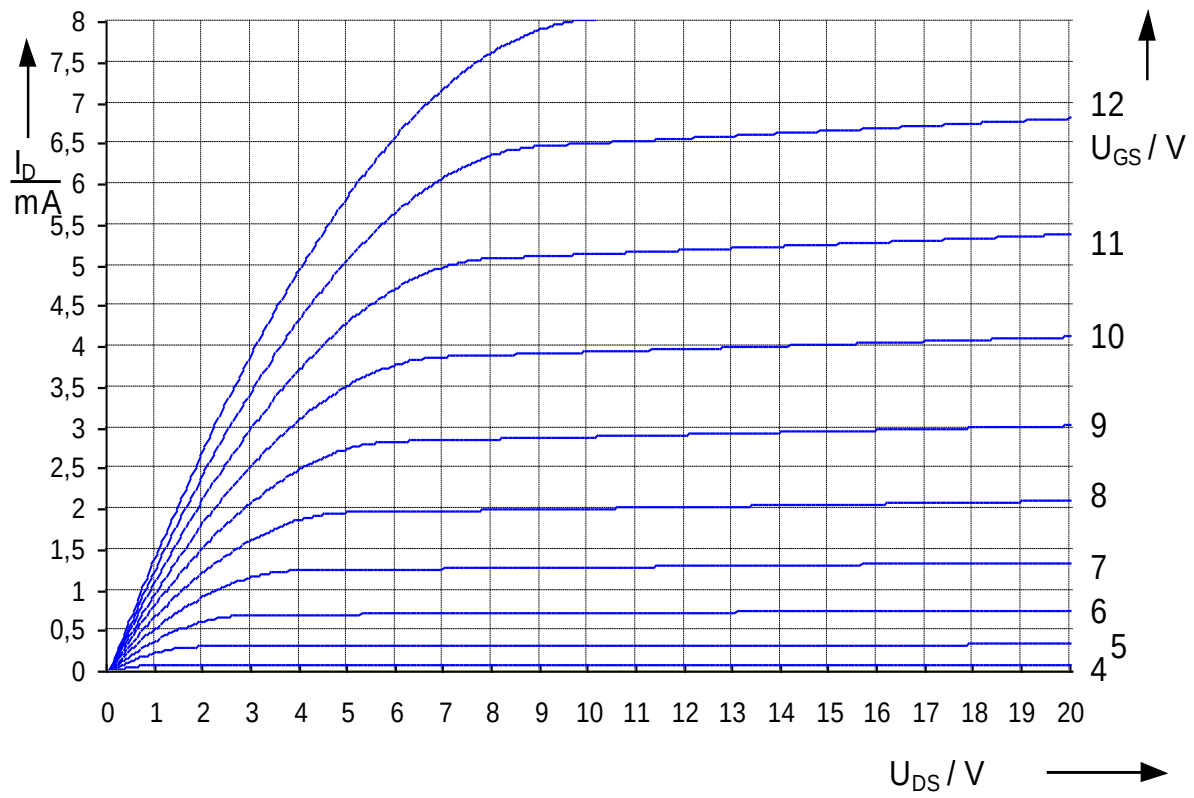


Bild 9.2

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

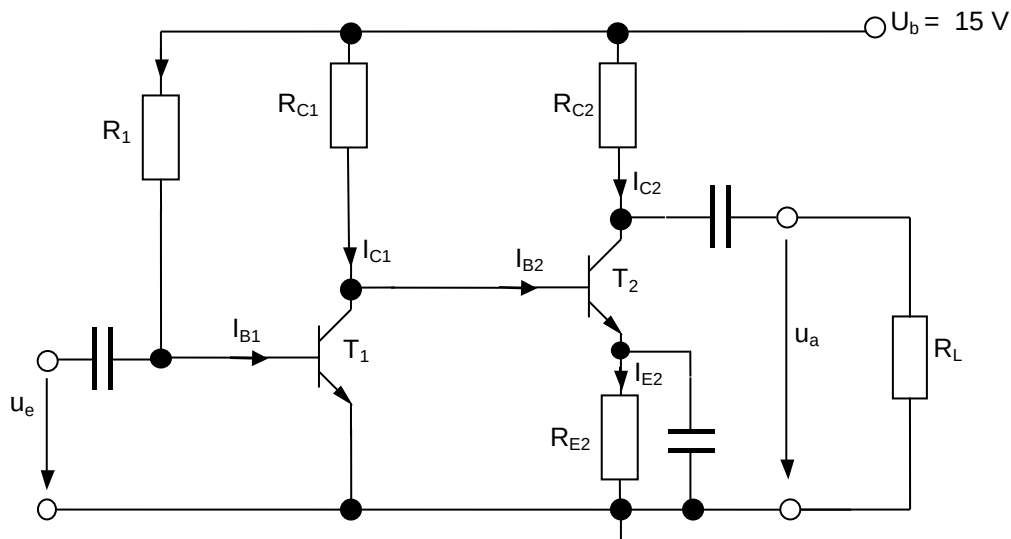


Bild 10

- 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!