

Elektronische Schaltungen SS 2020

3. Tutoriumsblatt - Aufgaben

Feldeffekttransistoren

– Abgabe –

Aufgabe 1

Untersucht werden soll eine Verstärkerschaltung bestehend aus einem JFET und Widerständen. Verwendet werden soll der BF545A (siehe Datenblatt, Abbildung 2). Außerdem gilt $R_G = 250 \text{ k}\Omega$ und die Vorspannung beträgt $U_b = 20 \text{ V}$.

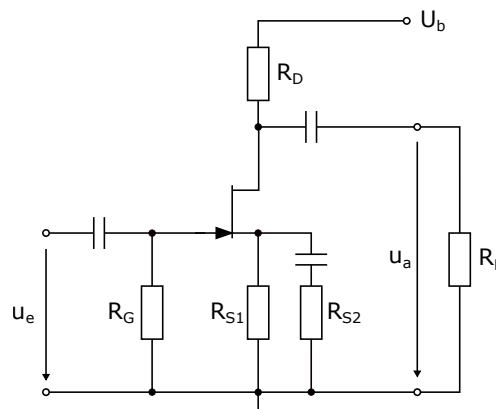


Abbildung 1

- In welcher Grundschaltung wird der Verstärker in Abbildung 1 betrieben?
- Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild!
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild!
- 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).

- e) Zwischen Gate und Source liegt bei einem JFET eine Diode. Wird diese in der Schaltung nach Abbildung 1 in Durchlassrichtung oder in Sperrrichtung betrieben? Welcher Strom fließt nun laut Datenblatt maximal in das Gate des Transistors?
- f) Wie groß ist der maximale Strom I_D , den der Transistor laut Datenblatt bei typischer Ansteuerung treiben kann?
- g) Welche Funktion hat R_G ?
- h) Könnte man diese Schaltung auch als Grundsaltung ohne Stromgegenkopplung betreiben? Begründen Sie!
- i) 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	$I_D = 200\mu\text{A}$; $V_{DS} = 15\text{ V}$	–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	$V_{GS} = 0$; $V_{DS} = 15\text{ V}$				
			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

Abbildung 2

– Im Tutorium –

Aufgabe 2

Gegeben ist eine CMOS-Schaltung nach Abbildung 3. Die Transistoren haben folgende Daten: $U_{\text{thn}} = -U_{\text{thp}} = 3 \text{ V}$, $\beta = 153 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $l = 1 \mu\text{m}$, $U_b = \pm 10 \text{ V}$. Die Early-Spannung beträgt $|U_a| = 200 \text{ V}$. Das Kennlinienfeld des n-Kanal Transistors ist in Abbildung 4 dargestellt. Es ist betragsmäßig identisch mit dem des p-Kanal Transistors.

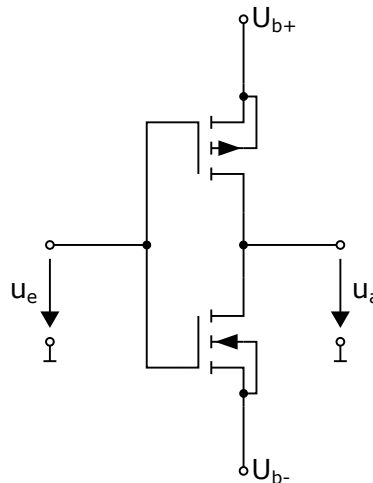


Abbildung 3

- a) 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?
- b) Liegt der Arbeitspunkt im linearen oder im Sättigungsbereich der Transistoren?
- c) Berechnen Sie den Drainstrom im Arbeitspunkt.
- d) Berechnen Sie die statische Verlustleistung der Schaltung in Abbildung 3 im Arbeitspunkt.
- e) Berechnen Sie die Steilheit im Arbeitspunkt.
- f) Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 3.
- g) An den Eingang der Schaltung wird eine kleine Wechselspannung gelegt. Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung A der Schaltung.

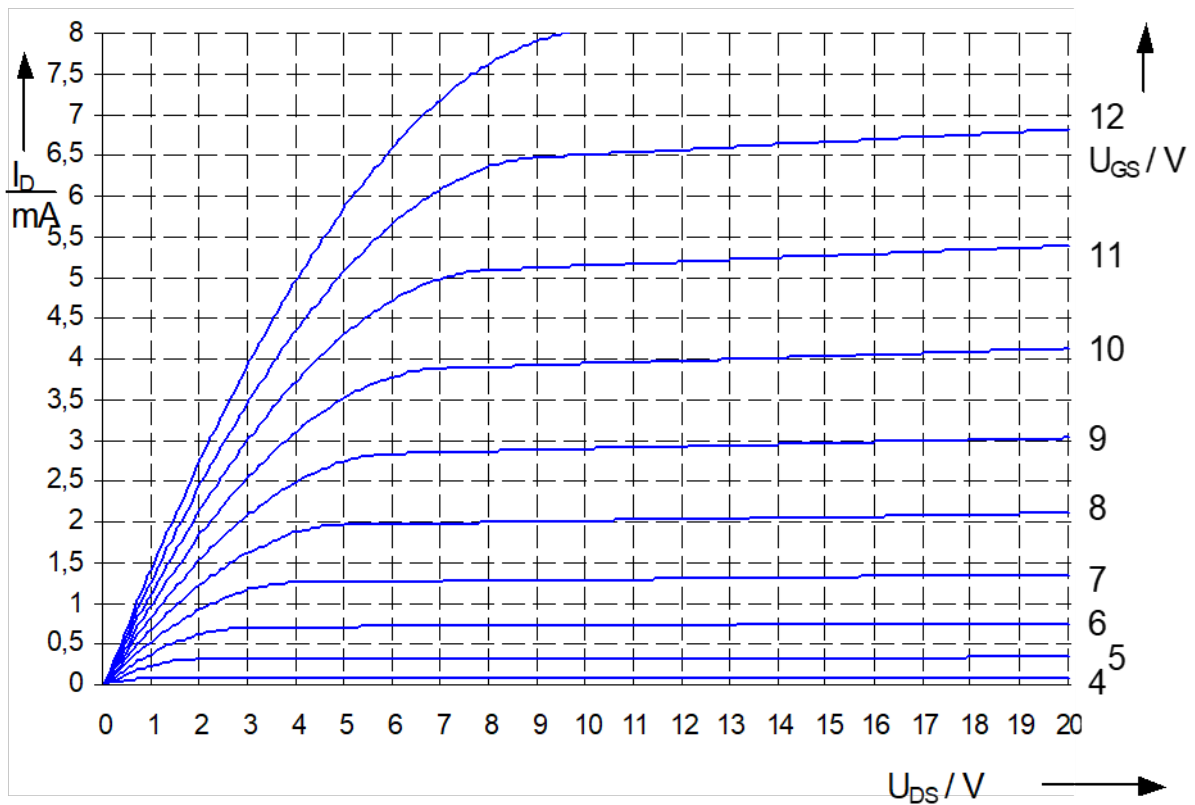


Abbildung 4

Aufgabe 3

Gegeben sei die Schaltung mit einem n-Kanal Sperrschicht-FET nach Abbildung 5. Der Innenwiderstand R_g der Spannungsquelle beträgt $10\text{ k}\Omega$ und die Vorspannung beträgt $U_b = 20\text{ V}$. Der Eingangsstrom des Transistors sei vernachlässigbar klein. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden.

Der Transistor hat ein Kennlinienfeld nach Abbildung 6.

- In welcher Grundsaltung wird der JFET betrieben?
- Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 5!
- Lesen Sie aus dem Kennlinienfeld den Drainstrom I_{D0} ab!
- Der Transistor soll bei $U_{GS} = -2\text{ V}$ betrieben werden. Berechnen Sie den Wert des dazu erforderlichen Widerstands R_S ! ($I_D = 2,5\text{ mA}$)

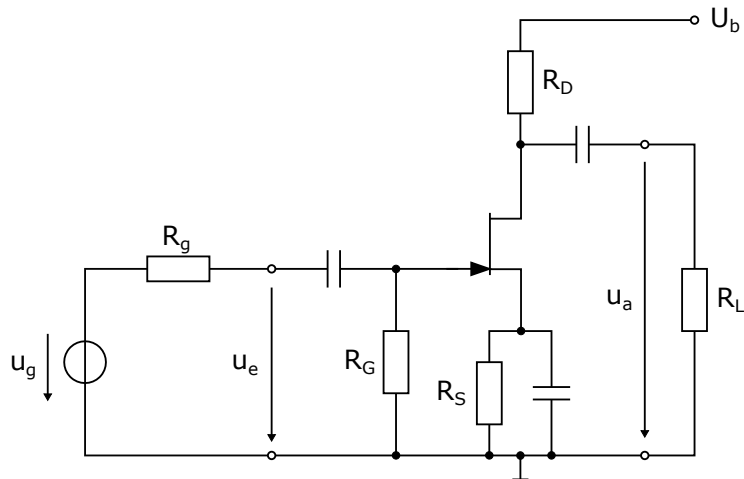


Abbildung 5

- e) $R_D = 3,6 \text{ k}\Omega$. Tragen Sie die Lastgerade in das Kennlinienfeld ein und markieren Sie den Arbeitspunkt! Berechnen Sie die Drain-Source Spannung im Arbeitspunkt!
- f) Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 5!
- g) Berechnen Sie den Eingangswiderstand der Schaltung wenn $R_G = 820 \text{ k}\Omega$ ist!
- h) Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld graphisch die Schwellspannung U_{th} des Transistors und zeichnen Sie ein Diagramm, um die Konstruktion einzutragen! (siehe Skript S. 73)
- i) Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt und die Spannungsverstärkung A der Schaltung, wenn $R_L = 10 \text{ M}\Omega$ ist!
- j) 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!

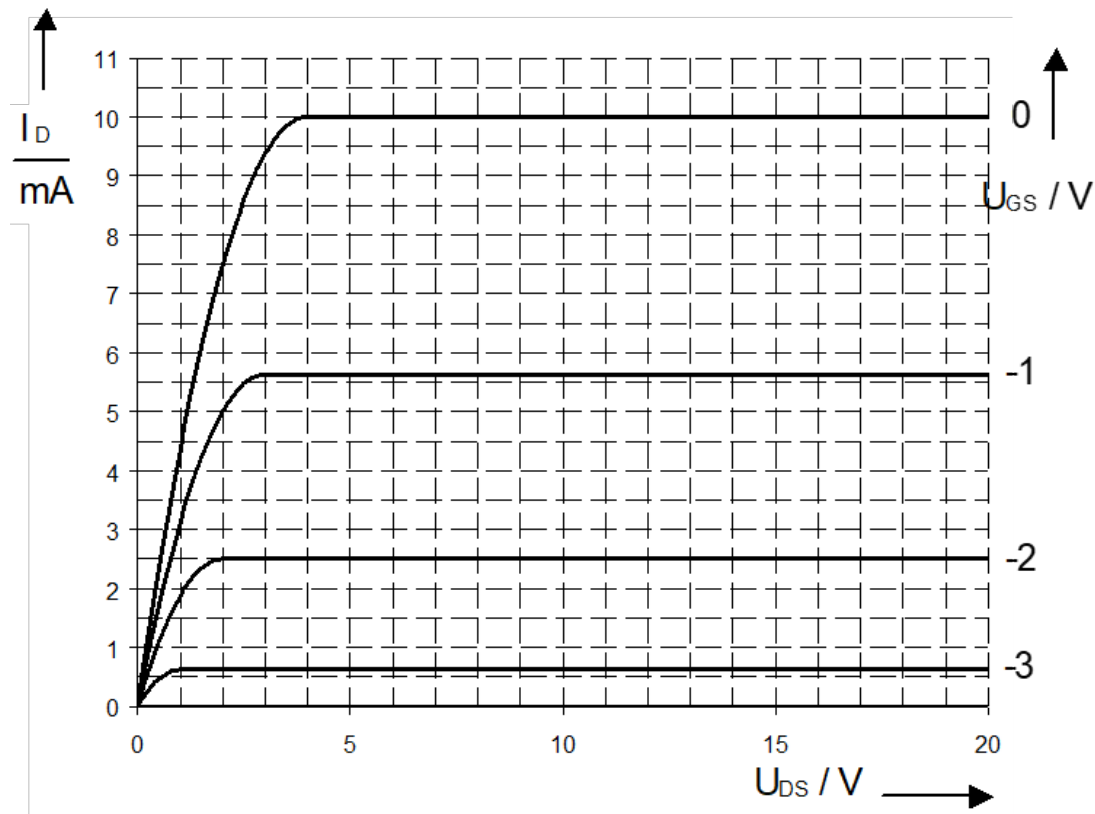


Abbildung 6

Aufgabe 4

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung mit einem selbstleitenden n-Kanal MOSFET nach Abbildung 7. Für den Transistor sind folgende Werte im Datenblatt angegeben: $U_{th} = -1,5 V$, $I_{D0} = 5 mA$. Die Vorspannung beträgt $U_b = 20 V$

- In welcher Grundschaltung wird der MOSFET betrieben?
- Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 7!
- Bei einer punkweisen Aufnahme der Kennlinie wird bei einer angelegten Gate-Source-Spannung $U_{GS} = 2 V$ eine Drain-Source-Spannung $U_{DS} = 2 V$ gemessen. In welchem Bereich des Kennlinienfeldes (linear oder Sättigung) befindet sich der gemessene Punkt? Berechnen Sie den zu diesem Punkt gehörigen Drainstrom I_D !
- Die Schaltung soll bei $U_{GS} = 0 V$ betrieben werden. Welchen Wert muss R_D annehmen, damit der Arbeitspunkt der Schaltung bei der Hälfte der Versorgungsspannung liegt?

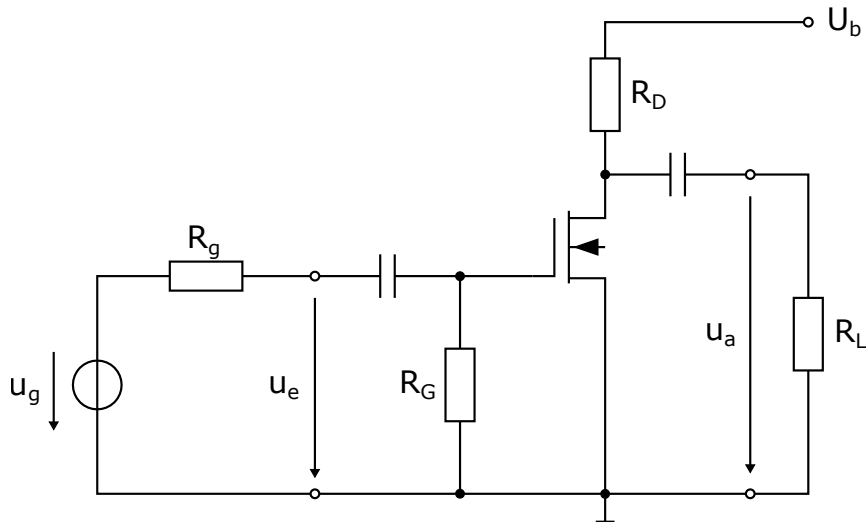


Abbildung 7

- e) Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt.
- f) Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 7!
- g) 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 ?
- h) 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!
- i) Die Schaltung in Abbildung 7 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 ($R_L = \text{Wert aus Teilaufgabe h}$)

– Optional –

Aufgabe 5

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Abbildung 8. Die Stromverstärkung der Transistoren ist $\beta = B = 100$. 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 $U_b = 12 \text{ V}$.

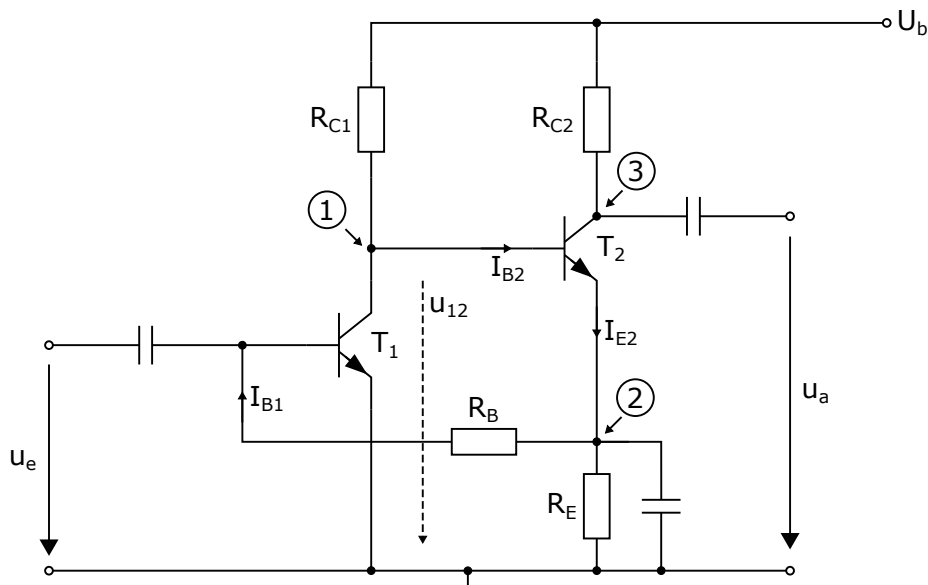


Abbildung 8

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

Aufgabe 6

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Abbildung 9.

Die Widerstände haben die Werte: $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_{C1} = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_{E1} = 1,0 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 1,0 \text{ k}\Omega$, $R_{E2} = 2 \text{ k}\Omega$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$. Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden. Der Stromverstärkungsfaktor der beiden Transistoren ist $B = \beta = 400$. Die Vorspannungen betragen $U_{b+} = 9 \text{ V}$ und $U_{b-} = -9 \text{ V}$. (Annahme: $U_{BE1} = U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$, $I_q \gg I_{B1}$, $I_{C1} \approx I_{E1}$, $I_{B2} \ll I_{C1}$, $I_{C2} \approx I_{E2}$, $r_{CE1} \rightarrow \infty$, $r_{CE2} \rightarrow \infty$, $U_T = 26 \text{ mV}$)

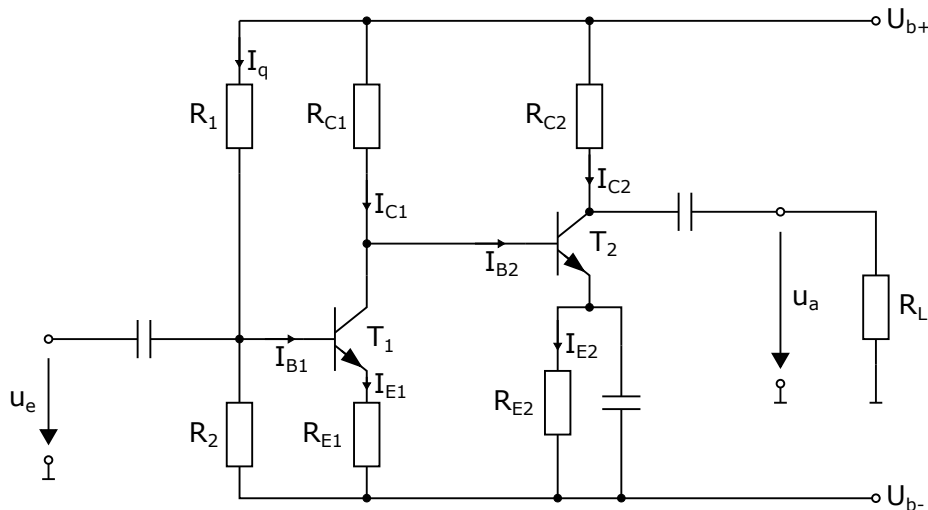


Abbildung 9

- In welchen Grundschaltungen werden die Transistoren betrieben?
- Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 9.
- Berechnen Sie den Arbeitspunkt (I_{C1} und U_{C1}) und die Steilheit S_1 für Transistor 1.
- Berechnen Sie den Arbeitspunkt (I_{C2} und U_{C2}) und die Steilheit S_2 für Transistor 2.
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Abbildung 9.
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand der 2. Verstärkerstufe r_{e2} .
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand der 2. Verstärkerstufe r_{a2} .
- Berechnen Sie die Gesamt-Spannungsverstärkung A_g der Schaltung in Abbildung 9.