

Elektronische Schaltungen SS 2022

3. Tutoriumsblatt

Bipolartransistoren

Infos zur Abgabe

Abgabefrist: **19.06.2022** per Ilias an zugewiesene*n Tutor*in

Abzugebende Aufgaben: **Aufgabe 1** (Handschriftlich, eingescannt als .pdf)

Aufgabe 2 (Separate .pdf mit Screenshots + kurzer Beschreibung)

Aufgabe 1 (Emitter-Schaltung)

Die Schaltung in Abb. 1 ist Teil eines größeren Systems. Die vorherige Stufe liefert ein Signal mit einem Gleichspannungsanteil von $U_0 = 1\text{ V}$ und einem Wechsellspannungsanteil u_e mit einer kleinen Amplitude. Die Stromverstärkung des Transistors beträgt $B = \beta = 100$ und seine Early-Spannung beträgt $U_A = 150\text{ V}$. Die Temperaturspannung beträgt $U_T = 26\text{ mV}$. Der Kollektorwiderstand R_C beträgt $500\ \Omega$ und der Lastwiderstand beträgt $R_L = 750\ \Omega$. Die Versorgungsspannung beträgt $U_b = 5\text{ V}$.

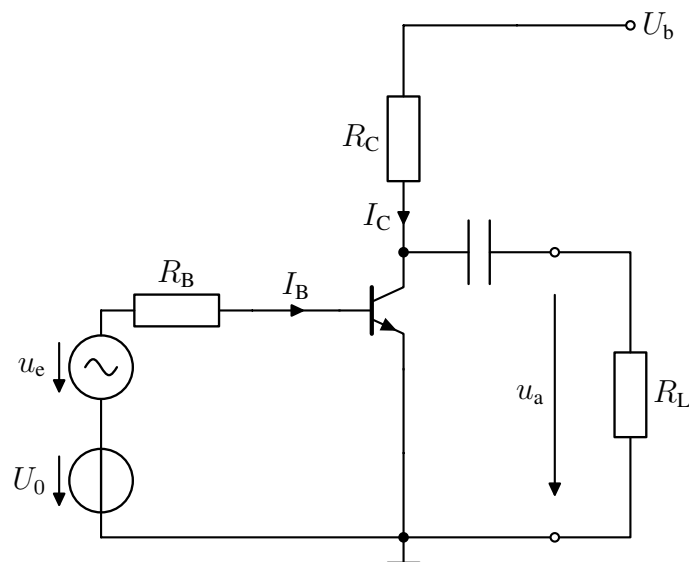


Abbildung 1

- a) Welcher Widerstand R_B soll gewählt werden, um eine Basis-Emitter-Spannung von $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$ und einen Kollektorstrom von 3 mA einzustellen?
- b) Wie groß ist die Kollektor-Emitter-Spannung im Arbeitspunkt?
- c) Zeichnen Sie das Kleinsignal Ersatzschaltbild der Schaltung. Was wird durch den Kollektor-Emitter-Widerstand r_{CE} modelliert und wie groß ist er in dieser Schaltung?
- d) Bestimmen Sie den Eingangs- und Ausgangswiderstand der Schaltung anhand des Kleinsignal-Ersatzschaltbilds.
- e) Finden Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung der Schaltung.
- f) Die Beschaltung mit einem seriellen Basiswiderstand (wie in Abb. 1) wird äußerst selten verwendet. Was ist ihr großer Nachteil?

Aufgabe 2 (SPICE-Aufgabe, DC Charakterisierung)

Die relevantesten Parameter eines gegebenen Bipolartransistors sind in Tabelle 1 gegeben. Das DC-Verhalten des Transistors soll in LTSpice simuliert werden.

	Wert
Sättigungsstrom I_S	4 fA
Early-Spannung U_A	180 V
Stromverstärkung β	150

Tabelle 1

- a) Geben Sie den LTSpice-Befehl an, mit der ein Transistormodell mit diesen Eigenschaften definiert werden kann. Alle weiteren Parameter sollen ihre *Default*-Einstellungen behalten.
- b) Der Kollektorstrom I_C und der Basisstrom I_B sollen gegenüber der Basis-Emitter-Spannung U_{BE} geplottet werden. Reichen Sie einen Screenshot Ihres LTSpice-Schematics (inklusive der verwendeten Simulationseinstellungen) und der resultierenden Plots ein. Achten Sie auf eine sinnvolle Skala für die möglichen Kollektorströme I_C . Wählen Sie für diese Simulation eine sinnvolle Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} , so dass der Transistor im aktiven Bereich betrieben wird.

c) Plotten Sie das Ausgangskennlinienfeld für 5 unterschiedliche Werte der Spannung U_{BE} zwischen 0,7 V und 0,74 V. In den Graphen sollen Kollektor-Emitter-Spannungen zwischen 0 V und 6 V zu sehen sein. Reichen Sie Screenshots Ihres LTSpice-Schematics (inkl. Simulationseinstellungen) und der resultierenden Plots ein.

d) Wie ändern sich die Kennlinien, wenn die Earlyspannung $|U_A| = 15 \text{ V}$ gesetzt wird? Reichen sie den entsprechenden Plot ein und beschreiben Sie die Änderung in wenigen Worten.

e) Setzen Sie eine konstante Versorgungsspannung $U_b = 4 \text{ V}$ und fügen Sie einen Kollektor-Widerstand R_C ein, wie in Abbildung 2. Plotten Sie die Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} des Transistors in Abhängigkeit von U_{BE} . Variieren Sie den Kollektor-Widerstand R_C linear zwischen 50Ω und 250Ω .

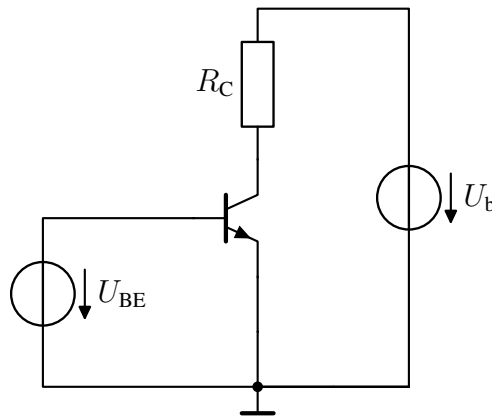


Abbildung 2

Aufgabe 3 (Kollektor-Schaltung)

Gegeben ist die Kollektor-Schaltung in Abb. 3. Die Versorgungsspannung beträgt $U_b = 5\text{ V}$. Die Stromverstärkung des Transistors ist $B = \beta = 200$ und der Early-Effekt kann vernachlässigt werden. Der Emitter-Widerstand beträgt $R_E = 150\ \Omega$. Die Temperaturspannung U_T beträgt 26 mV .

Im Arbeitspunkt soll eine Basis-Emitter-Spannung $U_{BE} = 0,7\text{ V}$ und ein Kollektorstrom $I_C = 17,2\text{ mA}$ vorhanden sein.

Falls Sie Vereinfachungen annehmen, geben Sie diese explizit an.

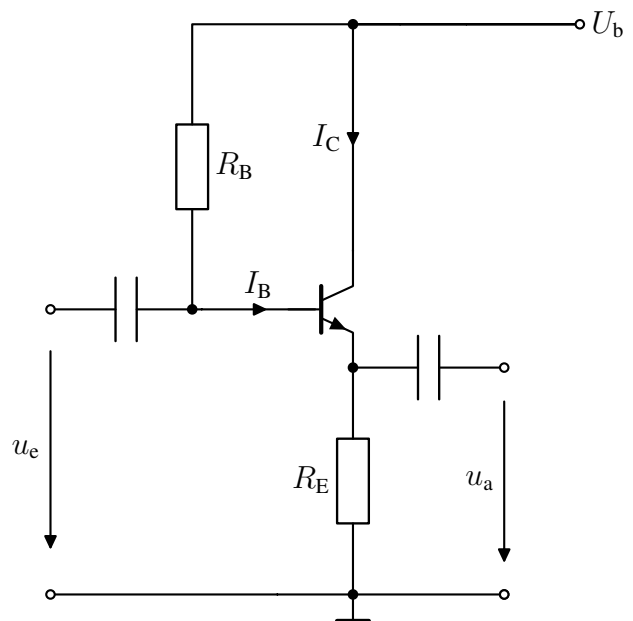


Abbildung 3: Kollektor-Schaltung

- Wie soll R_B gewählt werden, um den o.g. Arbeitspunkt einzustellen. Wie groß ist die Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} an diesem Arbeitspunkt?
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung.
- Ermitteln Sie den Kleinsignal-Eingangs- und -Ausgangswiderstand der Schaltung.
- Geben Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung der Schaltung an.

Aufgabe 4 (Mehrstufige Schaltung)

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 4 mit der Versorgungsspannung $U_b = 8\text{ V}$. Die Basis-Emitter-Spannung der Transistoren beträgt $U_{\text{BE},T1} = U_{\text{BE},T2} = 0,8\text{ V}$. Die Kollektorströme der beiden Stufen sollen jeweils 4 mA betragen. Die Kleinsignalstromverstärkung ist $\beta = 100$. Der Lastwiderstand ist $R_L = 50\ \Omega$. Folgende Annahmen können getroffen werden:

- Die Basisströme I_{B1} und I_{B2} sind vernachlässigbar klein.
- Die Early-Spannung der Transistoren ist sehr groß. r_{CE} kann vernachlässigt werden.

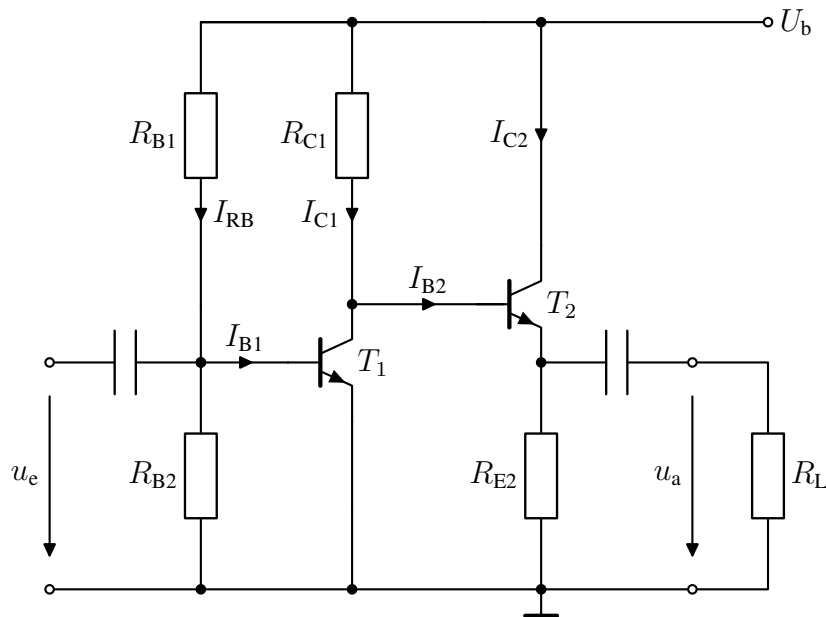


Abbildung 4: Zweistufiger Verstärker

- Welche Widerstände R_{B1} und R_{B2} müssen gewählt werden, um den Transistor T_1 im Arbeitspunkt zu betreiben, und den Strom $I_{\text{RB}} = 0,8\text{ mA}$ einzustellen?
- Wie soll der Widerstand R_{C1} gewählt werden, damit die Kollektor-Emitter-Spannung von T_1 $U_{\text{CE},T1} = 2,8\text{ V}$ beträgt? Wie muss dann R_{E2} gewählt werden, um den Transistor T_2 im oben genannten Arbeitspunkt zu betreiben?
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung.
- Bestimmen Sie den Kleinsignal-Eingangs- und -Ausgangswiderstand der einzelnen Stufen T_1 , T_2 sowie der Gesamtschaltung.

e) Bestimmen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung der gesamten Schaltung. Welchen Vorteil hat diese Schaltung gegenüber einer einfachen Emitter-Schaltung?