

## Elektronische Schaltungen SS 2021

### 3. Übungsblatt

### Bipolartransistoren

#### Aufgabe 1 (Großsignalanalyse - $I/U$ Kennlinie, Arbeitspunkt)

Gegeben ist die Schaltung in Abb. 1. Die Stromverstärkung des Transistors ist  $B = \beta = 200$  und seine Early-Spannung beträgt  $|U_A| = 50 \text{ V}$ . Die Versorgungsspannung beträgt  $U_b = 4 \text{ V}$ . Der Lastwiderstand beträgt  $R_L = 50 \Omega$  und der Kollektor-Widerstand ist  $R_C = 250 \Omega$ . Die Temperaturspannung beträgt  $U_T = 26 \text{ mV}$ .

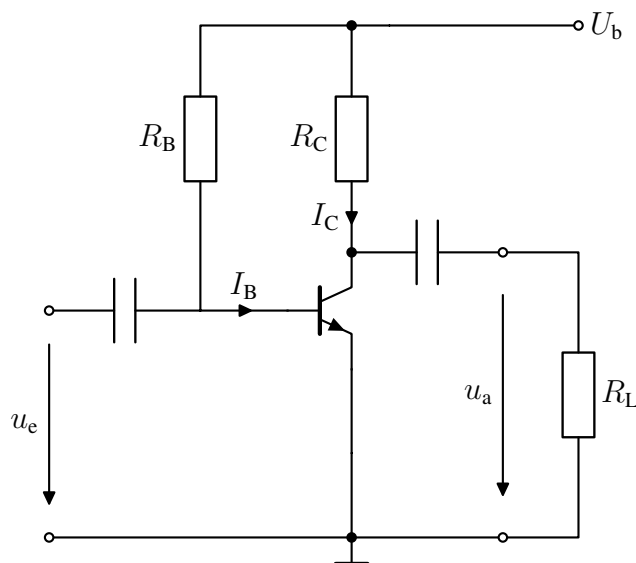


Abbildung 1

- In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- Die Eingangskennlinie des Transistors ist in Abb. 2 gegeben. Ermitteln Sie den Widerstand  $R_B$ , mit dem eine Basis-Emitter-Spannung  $U_{BE}$  von  $0,7 \text{ V}$  im Arbeitspunkt eingestellt werden kann. Stellen Sie hierfür eine sinnvolle Widerstandsgerade auf und tragen Sie diese in Abb. 2 ein.

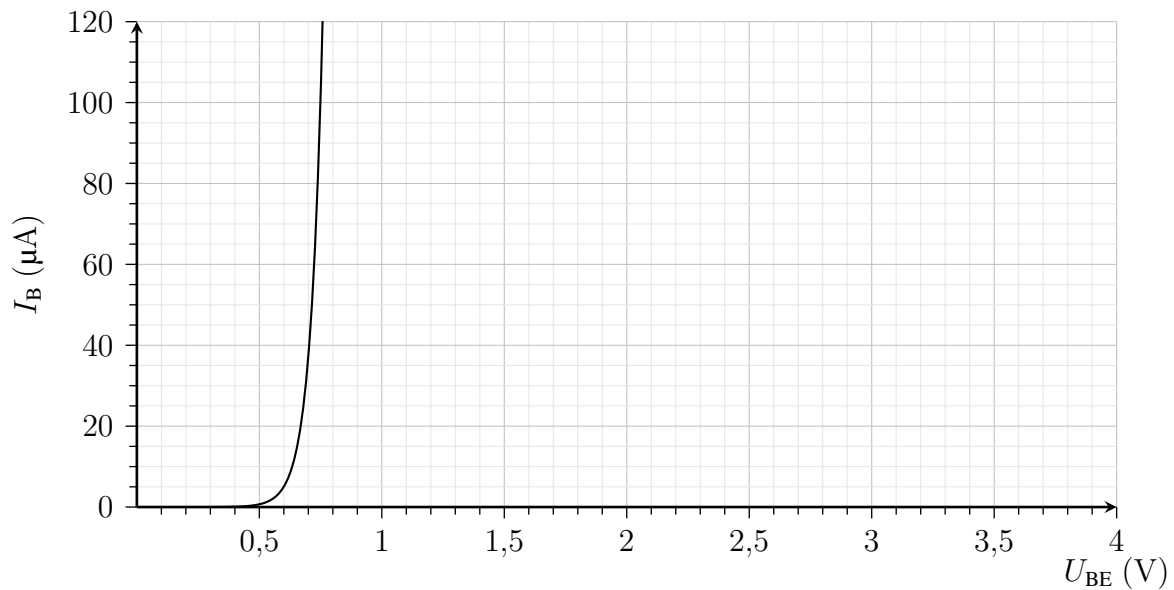


Abbildung 2: Eingangskennlinie des Bipolartransistors in Abb. 1.

c) Abb. 3 zeigt das Ausgangskennlinienfeld des Bipolartransistors in Abb. 1. Zeichnen Sie die entsprechende Lastgerade für den Widerstand  $R_C$  ein und markieren Sie den Arbeitspunkt in Abb. 3. Welche Spannung  $U_{CE}$  fällt im Arbeitspunkt am Transistor ab?

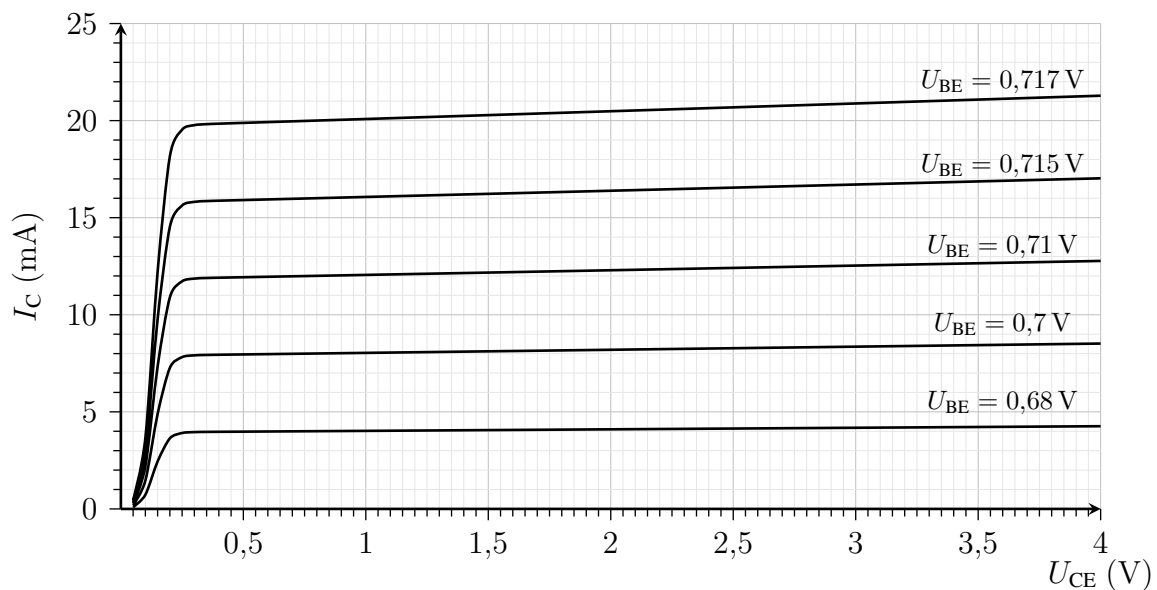


Abbildung 3: Ausgangskennlinienfeld des Bipolartransistors in Abb. 1.

d) Was ist der Early-Effekt? Woran kann man in Abb. 3 erkennen, dass Early Effekt vorhanden ist? Durch welches Bauteil lässt sich dieser Effekt im Kleinsignalersatzschaltbild modellieren?

- e) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung?
- f) Bestimmen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung der Schaltung.
- g) Bestimmen Sie den Eingangs- und Ausgangswiderstand der Schaltung.

## Aufgabe 2 (Arbeitspunktbestimmung, Kleinsignalanalyse)

Gegeben ist die Schaltung in Abb. 4. Der Transistor besitzt die folgenden Charakteristiken:  $B = \beta = 250$ ,  $|U_A| = 100 \text{ V}$ . Im Arbeitspunkt fließt ein Strom von  $I_C = 10 \text{ mA}$  und es gilt  $U_{BE} = 0,9 \text{ V}$ . Die Annahme  $I_C \approx I_E$  kann getroffen werden. Die Vorspannung beträgt  $U_b = 5 \text{ V}$ , der Lastwiderstand beträgt  $R_L = 100 \Omega$ . Außerdem gilt  $R_C = 200 \Omega$  und  $U_T = 26 \text{ mV}$ .

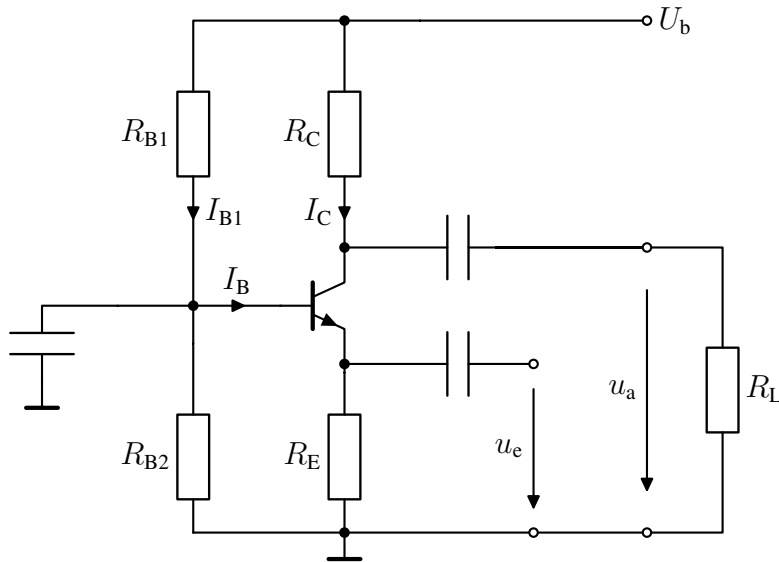


Abbildung 4

- a) In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- b) Zwischen Kollektor und Emitter soll eine Spannung von  $U_{CE} = 2 \text{ V}$  abfallen. Finden Sie einen passenden Emitter-Widerstand  $R_E$ , um diesen Arbeitspunkt einzustellen.
- c) Die Widerstände  $R_{B1}$  und  $R_{B2}$  sollen so gewählt werden, dass  $I_{B1} = 10I_B$  und dass sich die o.g. Basis-Emitter-Spannung  $U_{BE}$  einstellt. Finden Sie die Widerstände  $R_{B1}$  und  $R_{B2}$ .
- d) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus Abb. 4.

e) Finden Sie die Spannungsverstärkung  $A_u$  der Schaltung, den Eingangswiderstand  $r_e$  und den Ausgangswiderstand  $r_a$ . Wie unterscheidet sich diese Schaltung von der in Aufgabe 1?

### Aufgabe 3 (Designaufgabe mit Spice)

Sie möchten eine kleine Tonanlage bauen. Der erste Schritt dafür besteht darin, das elektrische Signal aus einem Mikrofon zu verstärken, um es an einen Lautsprecher weiterzugeben. Bei einer Gesangsaufnahme liefert das Mikrofon ein elektrisches Signal, das vereinfacht als  $u_{\text{mic}} = 10 \text{ mV} \sin(2\pi f_0 t)$  ausgedrückt werden kann, wobei  $f_0 = 1 \text{ kHz}$ . Sie möchten die Amplitude um den Faktor  $A = 50$  verstärken. Ihnen steht eine Versorgungsspannung von  $6 \text{ V}$  zur Verfügung. Die Eingangsimpedanz des Lautsprechers beträgt  $R_{\text{ein}} = 100 \Omega$ .

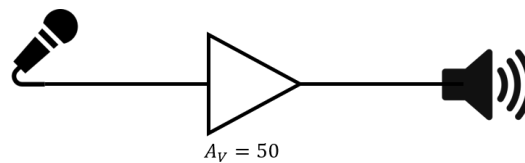


Abbildung 5

Definieren Sie für die SPICE-Simulation einen Transistor mit dem Sperrstrom  $I_s = 1 \text{ fA}$ ,  $\beta = 100$ ,  $|U_a| = 100 \text{ V}$  und sonst allen Default-Einstellungen.

(**Hinweis:** Diese vereinfachte Aufgabe ähnelt bestimmten Aufgabenstellungen des Schaltungs-Design-Alltags. Die folgenden Teilaufgaben können Ihnen beim Lösen helfen. Jedoch kann es sehr hilfreich fürs Verständnis sein, ein Paar Möglichkeiten spielerisch und ohne Vorgaben mit SPICE auszuprobieren. Viel Spaß!)

- Damit das Mikrofonsignal ungestört bleibt, soll der Ausgang des Mikrofons möglichst unbelastet bleiben. Welche einstufige Grundschaltung eignet sich am besten?
- Wie hoch muss die Steilheit  $S$  des Bipolartransistors mindestens sein, um die erwünschte Verstärkung an der Last zu erzeugen? Welchen Basisstrom muss eingestellt werden, um diese Steilheit zu erreichen?
- Beschalten Sie die Schaltung so, dass der Transistor im aktiven Bereich betrieben wird. Wie ändert sich die Verstärkung?

**d)** Passen Sie den Verstärker nochmal an, um die richtige Spannungsverstärkung wieder sicher zu stellen.

**e)** Ein Musikkollege möchte sich Ihre Tonanlage ausleihen, um ein Lied mit seiner Posaune aufzunehmen. Aufgrund des deutlich lauterem Ton des Instruments liefert das Mikrofon ein viel stärkeres Signal, das als  $u_{\text{mic}} = 100 \text{ mV} \sin(2\pi f_0 t)$  ausgedrückt werden kann. Wird die Aufnahme gut? Führen Sie eine Transient-Simulation durch, um den Unterschied festzustellen.