

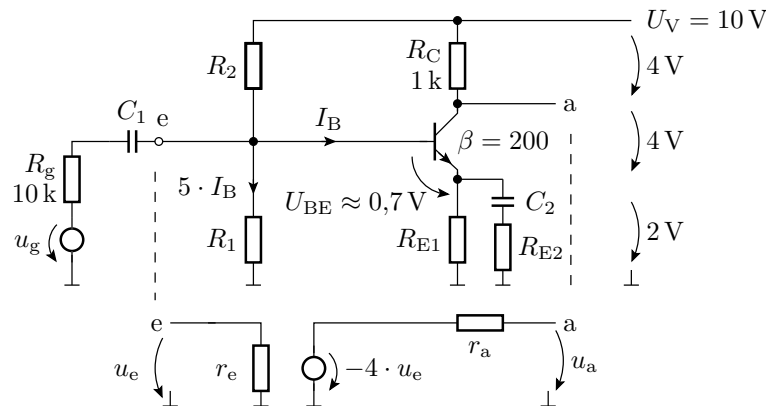
# Elektronik II, Übungsblatt 7 (13P)

Prof. G. Kemnitz, TU Clausthal, Institut für Informatik

8. Juli 2013

## Aufgabe 7.1

Gegeben ist die nachfolgende Verstärkerschaltung und die zugehörige / gewünschte Kleinsignalersatzschaltung im Nutzfrequenzbereich.



- Legen Sie die Werte der Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_{E1}$  so fest, dass sich im Arbeitspunkt näherungsweise die angegebenen Ströme und Spannungen einstellen. 6P
- Wie groß ist  $R_{E2}$  zu wählen, damit in der Kleinsignalersatzschaltung darunter der Verstärkung  $v_{U0} = \frac{u_a}{u_e}$  im Nutzfrequenzbereich  $-4$  beträgt<sup>1</sup>? 2P
- Wie groß ist der Eingangswiderstand  $r_e$  in der Kleinsignalersatzschaltung im Nutzfrequenzbereich? 2P
- Um welchen Faktor wird die Ausgangsspannung  $u_a$  gegenüber der Generatorspannung verstärkt? 1P
- Wie groß ist  $C_1$  mindestens zu wählen, damit die unter Grenzfrequenz nicht größer als 20 Hz ist? 2P
- Simulieren Sie die Schaltung. Kontrollieren Sie den Arbeitspunkt und wählen Sie durch geschicktes Probieren  $C_2$  so, dass die untere Grenzfrequenz von 20 Hz nicht überschritten wird.

Verwenden Sie für Widerstände nur Werte der E12-Reihe (je Dekade die zwölf Zahlenwerte : 1, 1,2, 1,5, 1,8, 2,2, 2,7 3,3, 3,9, 4,7, 5,6, 8,2) und für die Kapazität Werte der E3-Reihe (je Dekade die drei Werte: 1, 2,2, 4,7).

<sup>1</sup> $C_2$  ist in dieser Schaltung so zu bemessen, dass der Spannungsabfall über ihm im Nutzfrequenzbereich vernachlässigbar ist.

## Lösung zu Aufgabe 7.1

- a) Der Emittorstrom ist fast derselbe wie der Kollektorstrom und der Spannungsabfall soll über  $R_{E1}$  soll nur halb so groß wie der über  $R_C$  sein:

$$R_{E1} \approx \frac{R_C}{2} = 500 \Omega$$

Der naheliegende Wert der E12-Reihe ist  $470 \Omega$ .

Die Spannungsabfälle über den Widerständen des Basisspannungsteilers betragen mit den gegebenen Werten  $U_{R1} = 2,7 \text{ V}$  und  $U_{R2} = U_V - U_{R1} = 7,3 \text{ V}$ . Der Basisstrom ergibt sich aus dem Kollektorwiderstand, seinem Spannungsabfall und der Transistorverstärkung:

$$I_B = \frac{4 \text{ V}}{200 \cdot 1 \text{ k}\Omega} = 20 \mu\text{A}$$

Durch  $R_1$  soll der fünffache und durch  $R_2$  der sechsfache Basisstrom fließen:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{2,7 \text{ V}}{100 \mu\text{A}} = 27 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} = \frac{7,3 \text{ V}}{120 \mu\text{A}} = 61 \text{ k}\Omega$$

Die naheliegenden Werte der E12-Reihe sind  $27 \text{ k}\Omega$  und  $56 \text{ k}\Omega$ .

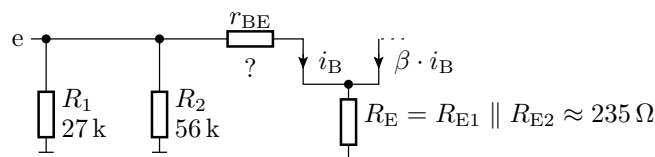
- b) Die Verstärkung beträgt etwa

$$v_{U0} = -\frac{R_C}{R_{E1} \parallel R_{E2}} = -4$$

$$R_{E1} \parallel R_{E2} = \frac{R_C}{4} = 250 \Omega$$

$R_{E1}$  ist etwa doppelt so groß, so dass für  $R_{E2}$  auch etwa  $500 \Omega$  zu wählen sind. Die nächsten E12-Werte wären  $470 \Omega$  und  $560 \Omega$ . Da die Spannungsverstärkung wegen der endlichen Stromverstärkung des Transistors betragsmäßig etwas kleiner als  $\frac{R_C}{R_{E1} \parallel R_{E2}}$  ist, wäre der kleinere Wert  $470 \Omega$  vermutlich die bessere Wahl.

- c) Die nachfolgende Skizze der Kleinsignalersatzschaltung zeigt, welche Widerstände in welcher Weise in den Eingangswiderstand einfließen:



- die Parallelschaltung der Emittorwiderstände, durch die der  $\beta + 1$ -fache Strom fließt, multipliziert mit  $\beta + 1$
- der dazu in Reihe angeordnete Basis-Emitter-Widerstand ist unbekannt und soll vernachlässigt werden.
- $R_1$  und  $R_2$  sind dazu wechsellagemäßig parallel geschaltet:

$$r_e = R_1 \parallel R_2 \parallel (r_{BE} + (\beta + 1) \cdot 235 \Omega)$$

$$= 27 \text{ k}\Omega \parallel 56 \text{ k}\Omega \parallel 200 \cdot 235 \Omega \approx 13 \text{ k}\Omega$$

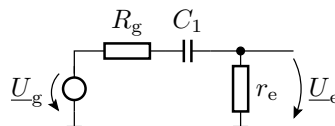
- d) Der Eingangsspannungsteiler aus  $R_g$  und  $r_e$  verringert die Eingangsspannung gegenüber der Generatorspannung um den Faktor:

$$\frac{u_e}{u_g} = \frac{r_e}{R_g + r_e} = \frac{13 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 13 \text{ k}\Omega} = 0,57$$

Multipliziert mit der Verstärkung  $v_{U0} = \frac{u_a}{u_e} = -4$  vergrößert sich die Ausgangsspannung gegenüber der Generatorspannung um den Faktor

$$\frac{u_a}{u_g} = -4 \cdot 0,57 = 2,3$$

- e) Die nachfolgende Skizze zeigt die Ersatzschaltung zur Abschätzung der Verringerung der Eingangsspannung gegenüber der Generatorspannung durch  $C_1$ . Das ist ein RC-Glied aus  $R_g$ ,  $C_1$  und  $r_e$ .



Die Kreisfrequenz für den 3dB-Abfall für ein RC-Glied ist der Kehrwert der Zeitkonstante (Foliensatz 1, Abschnitt ?):

$$\omega_0 = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{(R_g + r_e) \cdot C_1}$$

und soll nicht größer als  $2\pi \cdot 20 \text{ Hz}$  sein:

$$C_1 \geq \frac{1}{(R_g + r_e) \cdot 2\pi \cdot 20 \text{ Hz}} = 350 \text{ nF}$$

Der nächst größere Wert der E3-Reihe ist  $470 \text{ nF}$ .

- f) In der nachfolgenden Simulation ergibt sich durch Probieren  $C_2 \approx 47 \mu\text{F}$ . Der Arbeitspunkt ist durch die Rundung von  $R_{E1}$  auf  $470 \Omega$  verschoben auf  $U_{RE1} = 2,1 \text{ V}$  und  $U_{RC} = 4,6 \text{ V}$ . Die unter Grenzfrequenz ist etwa  $20 \text{ Hz}$ .

