

Dimensionierung einer AC-Verstärkerschaltung

ET+ELO Labor, Teil 1

E. Mazlagić, M. Müller

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

15. Oktober 2013

Schaltung

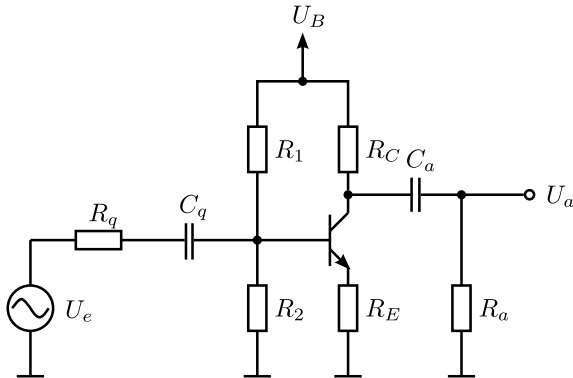


Abbildung : AC-Verstärkerschaltung

Ausgangsseite (R_C , R_E) bestimmen

Richtwert für R_C

Der Richtwert gibt an, dass

$$R_C < 0.3 \cdot R_L$$

gelten muss.

$$\Rightarrow R_C = 0.3 \cdot 22k\Omega = 6.6k\Omega \xrightarrow{E12} 5.6k\Omega$$

$$R_E = \frac{\beta \cdot R_C - V_U \cdot R_{BE}}{V_U \cdot (1 + \beta)} \approx \frac{R_C}{V_U} = \frac{5.6k\Omega}{5.62} = 996.4\Omega \xrightarrow{E12} 1k\Omega$$

Ausgangsseite prüfen

Regel für $\frac{R_C}{R_E}$

Die Regel besagt, dass

$$\frac{R_C}{R_E} < 10$$

sein muss. Ist dies nicht gegeben, so muss zum Emitterwiderstand ein RC-Glied parallel geschaltet werden.

$$\frac{R_C}{R_E} = \frac{5.6k\Omega}{1k\Omega} = 5.6$$

⇒ Wir brauchen kein zusätzliches RC-Glied.

Arbeitspunkt bestimmen

Wir nehmen als Arbeitspunkt $\frac{U_B}{2}$ an da die Sättigungsspannung klein ist für kleine Ströme.

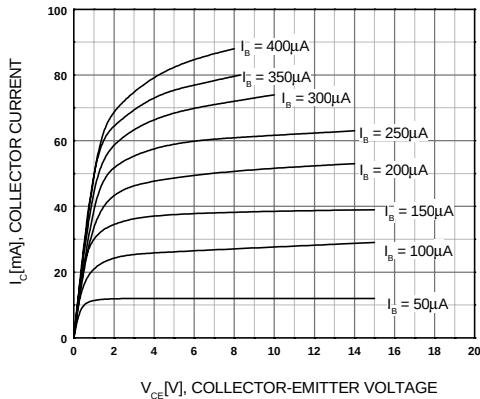


Abbildung : I_C vs. U_{CE} , BC550

Bestimmung der Spannung U_{R_E}

$$U_{BGND} = U_{BE} + U_{R_E}, \quad \text{aus Datenblatt } U_{BE} \approx 660mV$$

$$U_{R_E} = R_E \cdot (I_C + I_B), \quad I_C = \frac{\frac{1}{2} \cdot U_B}{R_C} \approx 1.8mA$$

$$U_{R_E} = 1k\Omega \cdot (1.8mA + I_B) \xrightarrow{I_B \approx 0} U_{R_E} \approx 1k\Omega \cdot 1.8mA = 1.78V$$

$$U_{BGND} = 660mV + 1.78V = 2.45V$$

Dimensionierung von R_1, R_2

Regel für I_B

Die Regel besagt, dass

$$\frac{I_q}{I_B} = n, \quad 3 < n < 10$$

$$\text{Annahme } n = 6 \Rightarrow I_q = n \cdot I_B = 6 \cdot 8.93 \mu\text{A} = 53.57 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{U_{BGND}}{I_{R_2}} = \frac{2.45\text{V}}{53.57 \mu\text{A}} = 45.65 \text{k}\Omega \xrightarrow{E12} 47 \text{k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}} = \frac{U_B - U_{BGND}}{I_q + I_B} = \frac{20\text{V} - 2.45\text{V}}{8.93 \mu\text{A} + 53.57 \mu\text{A}} = 280.9 \text{k}\Omega$$

$$R_1 \xrightarrow{E12} 270 \text{k}\Omega$$

Eingangswiderstand

Für die Berechnung des Eingangswiderstandes kann $X_C = 0$ angenommen werden.

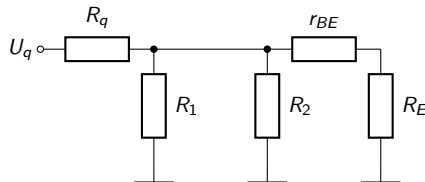


Abbildung : Ersatzschaltbild des Verstärkereingangs

Transformation des Eingangswiderstandes

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{BE} + R_E}}$$

$$r_e^t = r_{BE} + (\beta + 1) \cdot R_e, \quad r_{BE} \xrightarrow{\text{Datenblatt}} 8.7 k\Omega$$

$$r_e = \frac{1}{\frac{1}{r_e^t} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = 37.57 k\Omega$$

Berechnung der DC-Entkopplung

$$f_{gUE} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (r_e + R_q) \cdot C_q}$$

$$\Rightarrow C_q = 423 nF \xrightarrow{E12} 470 nF$$

$$f_{gUA} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (r_a + R_L) \cdot C_A}$$

$$\Rightarrow C_A = 577 nF \xrightarrow{E12} 680 nF$$

Verstärkung

$$\frac{U_a}{U_q} = \frac{R_a}{R_e} = \frac{-3 \cdot \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L}}{R_q + R_e} = -0.46$$

Erste Messungen

Parameter

$$U_{qpp} = 2V, U_B = 20V$$

Ausgangsignal

$$U_{a_{pp}} = 8.1V, U_{RE_{pp}} = 1.85V, U_{R_{2_{pp}}} = 1.92V, A_V = 12.15dB$$

Kosnequenz

Ein grösserer Basisstrom ist nötig $\rightarrow R_1$ kleiner oder R_2 grösser wählen.

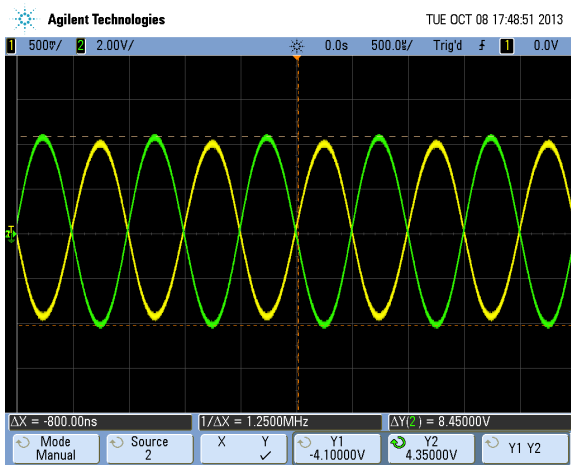


Abbildung : U_a vs. U_e

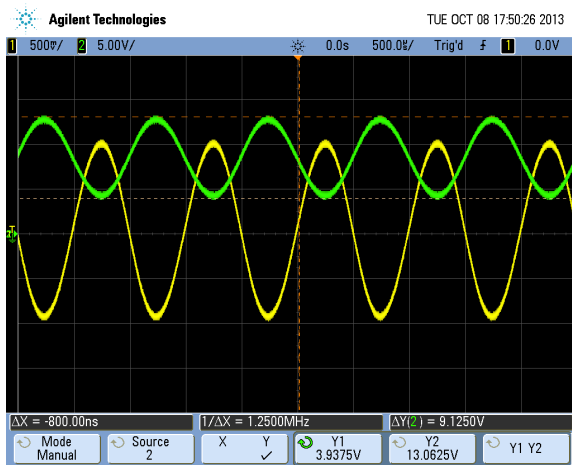


Abbildung : U_C vs. U_e

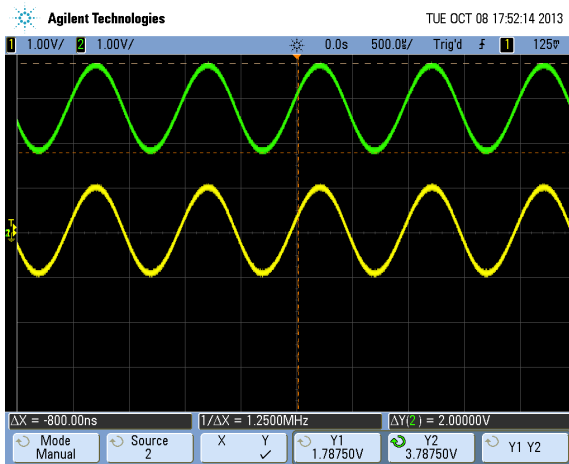


Abbildung : U_{R_2} vs. U_e

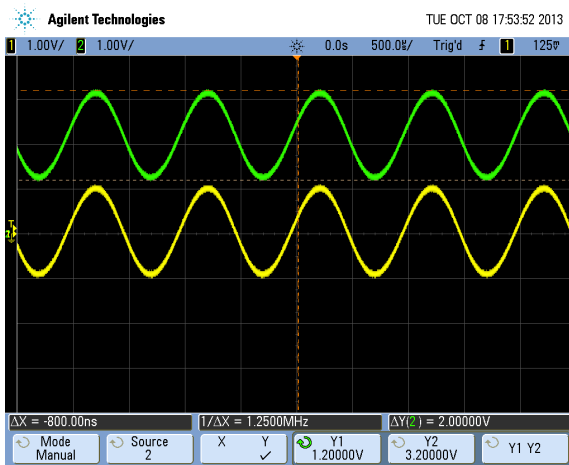


Abbildung : U_{R_E} vs. U_E

Anpassungen

- ❶ Verstärkung zu klein $\Rightarrow R_1$ verkleinern
- ❷ Aussteuerungsgrenze erreicht $\Rightarrow R_2$ vergrößern
- ❸ Arbeitspunkt zu tief $\Rightarrow R_C$ verkleinern

Mit diesen Anpassungen haben wir folgende Werte erreicht:

- $U_{qppmax} = 0.8V$
- $U_A = 3V$
- $A_V = 11.48dB$

Um den optimalen AC-Verstärker zu erstellen, müssten alle Widerstände aufeinander angepasst werden.