

## Übungsaufgabe 2.3.2

### Die Aufgabe:

Für den gleichen Arbeitspunkt, wie er in Aufgabe 2.3.1 verwendet wird, gibt der Hersteller für 1 kHz die h-Parameter  $h_{11} = 2,7 \text{ k}\Omega$ ,  $h_{22} = 18 \text{ }\mu\text{S}$ ,  $h_{12} = 10^{-4}$  und  $h_{21} = 220$  an. Für eine Verstärkerstufe in Emitterschaltung Abb. 2.32 kann damit und mit den in Aufgabe 2.3.1 ermittelten Werten für  $R_C'$  ( $R_E$  soll durch einen Kondensator unwirksam sein),  $R_1$  und  $R_2$  die Leerlaufspannungsverstärkung  $v_{u \text{ leer}} = u_A/u_E$  bei  $i_A = 0$  bestimmt werden.

Frage: Wie groß ist  $v_{u \text{ leer}}$ ?

Hinweis: Am Eingang die Stromteilung beachten; am Ausgang reicht die Gesamtspannung.

### Lösung von Frage 1:

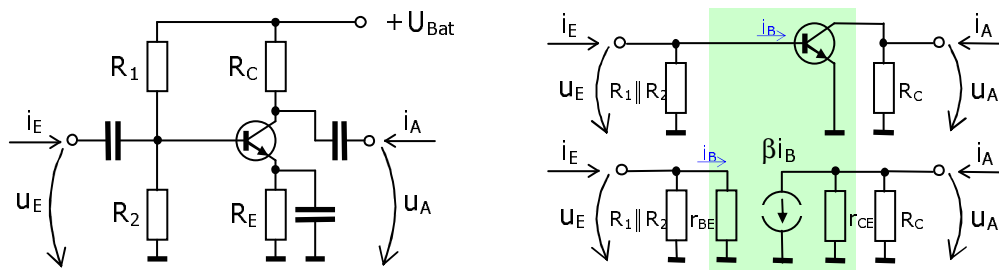


Abb. 1: Emitterschaltung

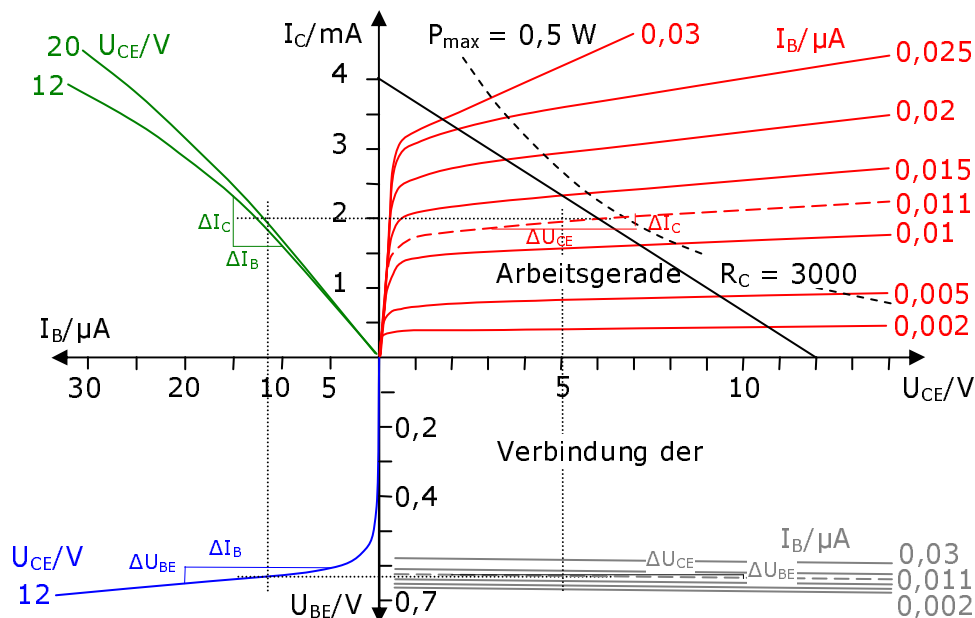


Abb. 2: Kennliniendiagramm des Bipolartransistors

## Die h-Parameter

in Abb. 2.23

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = 2,7 \text{ k}\Omega = r_{BE} \quad \text{III. Quadrant}$$

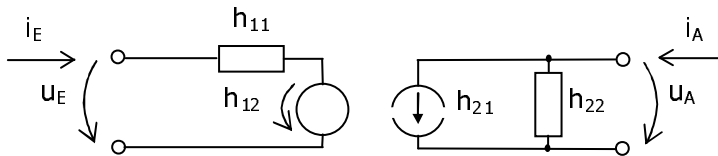
$$h_{12} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{CE}} = 10^{-4} \quad \text{IV. Quadrant}$$

$$h_{21} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = 220 = \beta \quad \text{II. Quadrant}$$

$$h_{22} = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{CE}} = 18 \mu\text{S} = 1/r_{CE} \quad \text{I. Quadrant}$$

Diese Parameter gelten laut Hersteller für  $f = 1 \text{ kHz}$ .

Vierpol:



In Abb. 3 stehen zwei wichtige Formeln:

$$u_E = h_{11} \cdot i_E + h_{12} \cdot u_A \quad \text{und} \quad i_A = h_{21} \cdot i_E + h_{22} \cdot u_A$$

Damit ergibt sich z.B.:

$$\text{Für } u_A = 0 \text{ gilt: } i_A = h_{21} \cdot i_E + h_{22} \cdot 0.$$

$$\text{Daraus wird dann: } \frac{i_A}{i_E} = h_{21} = \beta.$$

$$\text{Leerlaufspannungsverstärkung } v_{u(\text{leer})} = \frac{u_A}{u_E} \quad (\text{bei Leerlauf: } i_A = 0).$$

Aus der Ersatzschaltung mit Ersatzvierpol folgt:

$$i_E = u_E / (R_1 \parallel R_2 \parallel r_{BE})$$

$$u_A = -\beta i_E (r_{CE} \parallel R_C) \quad (\text{Bei obigen Zählpfeilen})$$

$$u_A/u_E = -\beta (r_{CE} \parallel R_C) / (R_1 \parallel R_2 \parallel r_{BE}) \quad (\text{d.h. } u_A \text{ nach oben, umgekehrt wie } u_E)$$

Setzt man jetzt die obigen h-Parameter ein, so bekommt man:

$$v_U = u_A/u_E = -220 \left( (1/18 \mu\text{S}) \parallel 3,3 \text{ k}\Omega \right) / (100 \text{ k}\Omega \parallel 6,8 \text{ k}\Omega \parallel 2,7 \text{ k}\Omega)$$

$$v_U = -220 (1/(18 + 303) \mu\text{S}) / (1/(10 + 147 + 370) \mu\text{S})$$

$$v_U = -220 \cdot 3,1 \text{ k}\Omega / 1,9 \text{ k}\Omega = 359$$

Da  $1/18 \mu\text{S} \gg 3,3 \text{ k}\Omega$  und wenn  $R_1 \gg R_2 \gg 2,7 \text{ k}\Omega$

kann die Näherungsformel:

$$v_U = -\frac{\beta \cdot R_C}{r_{BE}} = -\frac{h_{21} \cdot R_C}{h_{11}} = -\frac{220 \cdot 3,3 \text{ k}\Omega}{2,7 \text{ k}\Omega} = -269.$$

verwendet werden (Hier ist leider  $R_2 \approx 2,7 \text{ k}\Omega$ ) und  $v_U$  wird in der Näherung zu klein.