

Einstellung der Ruhestrome

Einstellung der Ruhestrome

- I_B legt I_C fest und damit den Arbeitspunkt auf der Widerstandsgeraden im Ausgangskennlinienfeld. Es gilt:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

1. Möglichkeit zur Einstellung von I_B : durch Basisspannungsteiler

Prinzip:

- I_B wird durch U_{BE} eingestellt
- U_{BE} wird durch Spannungsteiler R_1, R_2 eingestellt
- durch R_1 fließt der Strom $I_q + I_B$
- durch R_2 fließt der Strom I_q

Es gilt:

$$U_B = U_{R1} + U_{BE} \Rightarrow U_{BE} = U_B - U_{R1}$$

$$U_{R1} = R_1 \cdot (I_q + I_B)$$

$$U_{BE} = U_B - (R_1 \cdot (I_q + I_B))$$

Wichtiges Auslegungskriterium:

- I_q sollte sehr viel größer sein als I_B

$$\rightarrow I_q = (5 \dots 10) \cdot I_B$$

Durch die Auslegung wird U_{BE} weitgehend unabhängig von Temperaturschwanken, die sich auf I_B auswirken \rightarrow Die Erwärmung des Halbleiters hat weniger Einfluss auf U_{BE}

Zahlenbeispiel zur Dimensionierung des Spannungsteilers:

$$U_B = 10V, \beta = 100, I_C = 5mA$$

a) I_B berechnen:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5mA}{100} = 50\mu A$$

b) U_{BE} auf Eingangskennlinie ablesen:

$$U_{BE}(I_B = 50\mu A) = 680mV$$

c) R_C berechnen:

Bei maximaler Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Spannungsbereichs

$$U_{BE} = U_{CE} = \frac{U_B}{2} = \frac{10V}{2} = 5V$$

für R_C gilt

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_C} = \frac{5V}{5mA} = 1k\Omega$$

d) Basisspannungsteiler auslegen:

$$U_{R1} = U_B - U_{BE} = 10V - 0,68V = 9,32V$$

Strom durch $R_1 \Rightarrow I_q + I_B$

$$I_q = (5 \dots 10) \cdot I_B \Rightarrow I_q = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 50\mu A = 500\mu A$$

$$\text{Wähle } R_1 = \frac{U_{R1}}{I_q + I_B} = \frac{9,32V}{550\mu A} \approx 17k\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_{BE}}{I_q} = \frac{680mV}{500\mu A} = 1360\Omega \approx 1,3k\Omega$$

2. Möglichkeit zur Einstellung von I_B : Durch Basisvorwiderstand

Prinzip:

- I_B wird über Vorwiderstand eingestellt

Es gilt:

$$U_B = U_{RB} + U_{BE} \Rightarrow U_{RB} = U_B - U_{BE}$$

$$R_B = \frac{R_{RB}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{U_B - U_{BE}}{I_B}$$

Für das Zahlenbeispiel berechnet sich entsprechend:

$$U_B = 10V, \beta = 100, I_C = 5mA, R_C = 1k\Omega$$

$$R_B = \frac{10V - 0,68V}{50\mu A} = 186k\Omega$$

Verstärkereigenschaften

R_i : Innenwiderstand der Spannungsquelle

R_L : Lastwiderstand am Verstärkerausgang

(Wechsel-)Spannungsverstärkung (!!Achtung Wechselgrößen!!):

$$V_u = \frac{U_a}{U_e}$$

(WS-) Eingangswiderstand (!!Achtung Wechselgrößen!!):

Der Verstärker stellt für die Signalquelle eine Last dar. Dies wird durch den (Wechselstrom-) Ersatzwiderstand r_e abgebildet.

$$r_e = \frac{U_e}{i_e}$$

Einschub: Spannungsquellen

Spannungsquelle ideal:

- liefert eine konstante Spannung (unabhängig von der Last)

Spannungsquelle real:

- Je stärker die Quelle belastet wird, desto mehr sinkt die Spannung an den Klemmen
 - Dies wird abgebildet durch einen Innenwiderstand der Quelle
 - Wenn die Quelle stärker belastet wird, dann sinkt die Spannung an den Klemmen, weil am Innenwiderstand Spannung abfällt
-

Zahlenbeispiel zur Berechnung des (WS-) Eingangswiderstand (!!Achtung Wechselgrößen!!):

$$R_i = 50k\Omega, V_Q = 1V, r_e = 1k\Omega$$

$$U_e = 1V \cdot \frac{1k\Omega}{50k\Omega + 1k\Omega} = 19,6mV$$

Fazit: r_e sollte möglichst groß sein, damit U_e ebenfalls groß ist

(WS-) Ausgangswiderstand:

Vorstellbar als Innenwiderstand des Verstärkerausgangs wobei der Verstärker eine reale Spannungsquelle darstellt.

r_a sollte möglichst klein sein, damit U_a auch bei großen Strömen weitgehend konstant bleibt

$$r_a = \frac{U_v - U_a}{I_a}$$

Es gilt:

$$U_a = U_v \cdot \frac{R_L}{r_a + R_L}$$

$$R_L = \frac{U_a}{I_a}$$

Wechselstrom Ersatzschaltbild des Transistors

Achtung: $\Delta U_{BE}, \Delta I_B$ sind nur die Änderungen der Basis/Emitterspannung bzw. des Basisstroms. (→ s. Diode)

Einschub: reale Stromquelle

- je stärker die Quelle belastet wird, desto stärker sinkt die an den Klemmen abgegebene Spannung U
 - Strom und Spannungsquellen sind gegeneinander überführbar:
 - o Stromquelle: max. *Strom* : I_0 , max. *Spannung* : $I_0 \cdot R_i$
 - o Spannungsquelle hat den Innenwiderstand parallel und die maximale Spannung als Quellspannung
-

Berechnungsformeln für die (WS-) Widerstände:

$$r_e = R_1 \parallel R_2 \parallel r_{BE}$$

$$r_a = r_{CE} \parallel R_C$$