

Weiterführung Stromgegenkopplung

$$V_U = -\frac{R_C \parallel R_L}{R_E}$$

! Die Verstärkung der Schaltung wird durch die Stromgegenkopplung erheblich herabgesetzt.

Bsp.:

Änderung von V_U : vorher: 126,7 nachher: 7

PSpice-Ablauf:

- Messung von U_{RE}, U_e
 - U_{RE} schwankt um einen Spannungswert, U_e schwankt um 0V
 - durch Löschen von $U_e, C_1 \rightarrow$ Arbeitspunkt für U_{RE} wird konstant angezeigt (um diesen Punkt schwankt U_{RE})
 - Kurven sind phasengleich \rightarrow beide sinusförmig
 - U_{RE} schwankt zwischen AP+/- Amplitude von U_e
- \rightarrow man findet an U_{RE} fast den gesamten Wechselanteil der Eingangsspannung U_e

Die Änderung der Eingangsspannung ΔU_e (Spitze-Spitze-Wert) wird als Spannungsänderung über dem Widerstand R_E sichtbar:

$$\Delta U_e \approx \Delta U_{RE}$$

Messung am Kollektor:

- DC Anteil \rightarrow überlagert mit Wechselsignal \rightarrow 180° phasenverschoben

Es gilt:

$$U_B = U_{RC} + U_{CE} + U_{RE}$$

Ziel: Möglichst große Eingangsspannungen sollen verstärkt werden können!

Auslegung der Ruhestrome (und Ruhepotenziale) für die maximale Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Spannungsbereichs

- ΔU_e soll V_U -fach verstärkt werden \rightarrow es muss V_U -fach in den zur Verfügung stehenden Spannungsbereich „reinpassen“
- der zur Verfügung stehende Spannungsbereich ($0V - U_B$) wird durch den Spannungsabfall an R_E eingeschränkt, wobei gilt $\Delta U_e \approx \Delta U_{RE}$.

- Es muss gelten:

$$U_B - \Delta U_{RE} \geq |V_U| \cdot \Delta U_e$$

mit $\Delta U_{RE} = \Delta U_e$ ergibt sich

$$U_B - \Delta U_e \geq |V_U| \cdot \Delta U_e$$

$$U_B \geq \Delta U_e \cdot (|V_U| + 1)$$

im Grenzfall (max. Ausnutzung)

$$U_B = \Delta U_{e_{\max}} \cdot (|V_U| + 1)$$

$$1. \quad \Delta U_{e\max} = \frac{U_B}{(|V_U|+1)}$$

➔ für das Ruhepotenzial U_{RE} muss im Grenzfall gelten, damit der Spannungsbereich maximal ausgenutzt wird

$$2. \quad U_{RE} = \frac{\Delta U_{e\max}}{2}$$

$$2. \text{ in } 1. \quad U_{RE} = \frac{U_B}{2 \cdot (|V_U|+1)}$$

➔ Bereich $0-U_B$ V, da herein muss U_e und U_{RE} hereinpasse

Aus U_{RE} ergibt sich U_{RC} , denn es gilt:

$$|V_U| = \frac{R_C \parallel R_L}{R_E} = \frac{(R_C \parallel R_L) \cdot I_C}{R_E \cdot I_C} = \frac{R_C \cdot I_C}{R_E \cdot I_E} = \frac{U_{RC}}{U_{RE}}$$

(eigentlich gilt $I_E = I_C + I_B$, I_B wird vernachlässigt, für R_L wird ein unendlicher Widerstand angenommen)

$$\rightarrow U_{RC} = |V_U| \cdot U_{RE}$$

Zahlenbeispiel ($V_U = 7, U_B = 10V$)

$$U_{RE} = \frac{10V}{2 \cdot (7+1)} = 0,625V = 625mV$$

$$U_{RC} = 7 \cdot 0,625V = 4,375V$$

Durch die Wahl des Arbeitspunktes I_C ergibt sich $R_C = \frac{U_{RC}}{I_C}$.

Mit $I_E \approx I_C$ ergibt sich $R_E = \frac{U_{RE}}{I_E} \approx \frac{U_{RE}}{I_C}$.

U_{BE} wird der Eingangskennlinie für I_B entnommen, wobei gilt

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

Für U_{RC} gilt $U_{R2} = U_{BC} + U_{BE}$ mit geeigneter Wahl von I_q z.B. $I_q = (5 \dots 10) \cdot I_B$ ergibt sich

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_q} = \frac{U_{BE} - U_{RE}}{I_q}$$

Für U_{R1} gilt

$$U_{R1} = U_B - U_{R2}$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_q + I_B} = \frac{U_B - U_{BE} - U_{RE}}{I_q + I_B}$$

Zahlenbeispiel:

Es sei $U_B = 10V, I_C = 10mA, \beta = 300, V_U = 10$ (R_L sei zu vernachlässigen)

$$\Delta U_{e\max} = \frac{U_B}{|V_U|+1} = \frac{10V}{11} = 0,909V = 909mV$$

Ruhepotenziale, damit $\Delta U_{e\max}$ erreichbar ist:

$$U_{RE} = \frac{\Delta U_{e\max}}{2} = 4,5mV$$

$$U_{RC} = U_{RE} \cdot |V_U| = 4,54V$$

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_C} = \frac{4,54V}{10mA} = 454\Omega$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_C} = \frac{454mV}{I_C} = 33\mu A$$

aus Eingangskennlinie $f(33\mu A) = 700mV$

wähle $I_q = 10 \cdot I_B = 330\mu A$

$$R_2 = \frac{U_{BE} + U_{RE}}{I_q} = \frac{0,7V + 0,454V}{330\mu A} = 3,5k\Omega$$

$$R_1 = \frac{U_B - U_{BE} - U_{RE}}{I_q + I_B} = \frac{10V - 0,7V - 0,454V}{363\mu A} = 24k\Omega$$

Simulation:

$$\Delta U_a = 932,033m \quad \Delta U_e = 100m \Rightarrow V_U = 9,3$$

Stromgegenkopplung nur für Gleichstrom

- Widerstand R_E wird durch Kondensator C_E überbrückt

→ R_E ist nur für Gleichstrom wirksam

→ Bei Einstellung des Arbeitspunktes (Ruhepotenziale) muss R_E berücksichtigt werden

Auslegung von C_E

Forderung: C_E soll auch bei der niedrigsten noch zu verstärkenden Frequenz f_u des Eingangssignals R_E überbrücken.

$$\Rightarrow X_{CE}(f_u) \ll R_E \quad (X_{CE} = \text{Impedanz von } C_E)$$

für die Auslegung wird angenommen:

$$1. \quad X_{CE}(f_u) = \frac{1}{10} \cdot R_E$$

$$2. \quad X_{CE}(f_u) = \frac{1}{2\pi \cdot f_u \cdot C_E}$$

2 = 1 und auflösen nach C_E :

$$C_E = \frac{10}{2\pi \cdot f_u \cdot R_E}$$

Spannungsgegenkopplung:

$$U_{RC} = I_C \cdot R_C, U_B = U_{RC} + U_{CE}, I_N = I_B \text{ (im AP, der angenommen wird)}$$

$$U_{CE} - U_{BE} = U_{RN}$$

$$I_B = \frac{U_{RN}}{R_N} = \frac{U_{CE} - U_{BE}}{R_N}$$