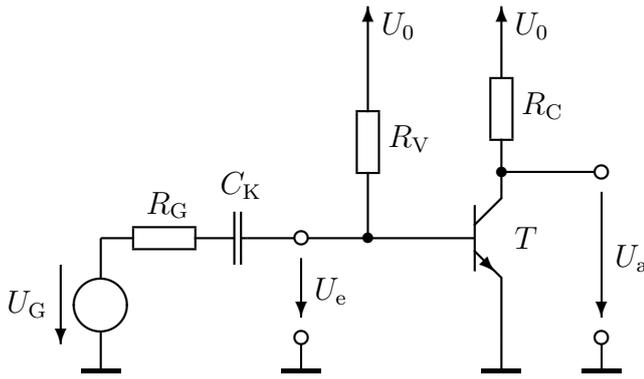


BEISPIEL 2.1: Emitterschaltung mit Basisstromsteuerung



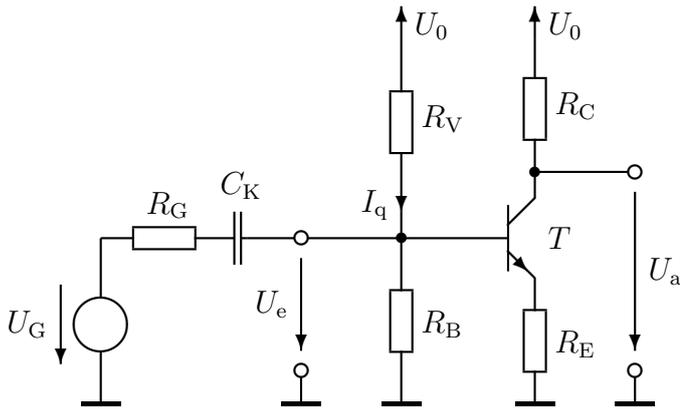
| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Versorgungsspannung: | $U_0 = 5 \text{ V}$ |
| Generator-Innenwiderstand: | $R_G = 50 \Omega$ |
| Koppelkondensator: | $C_K \rightarrow \infty$ |
| Flussspannung: | $U_f = 0,6 \text{ V}$ |
| Temperaturspannung: | $U_T = 25 \text{ mV}$ |
| Stromverstärkung: | $B = 100$ |
| Restspannung: | $U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$ |
| Ausgangs-Ruhspeisung: | $U_{a0} = 3 \text{ V}$ |
| Kollektor-Ruhestrom: | $I_{C0} = 10 \text{ mA}$ |

Dies ist die klassische Spannungsverstärker-Grundschialtung mit kapazitiver Einkopplung des Signals. Der Generator liefert ein zeitabhängiges Signal, das über den Kondensator C_K in den Verstärker eingekoppelt wird. Bei genügend großem Kondensator ($C_K \rightarrow \infty$) bzw. genügend hoher Frequenz kann die Impedanz des Kondensators vernachlässigt werden, und das Signal wird ungehindert übertragen. Hingegen ist der Verstärker gleichspannungsmäßig vom Generator getrennt, sodass der Arbeitspunkt des Transistors unabhängig vom Generator eingestellt werden kann.

Die Schaltung liefert hohe Spannungsverstärkung, hat aber ansonsten einige Probleme...

- Dimensionieren Sie die Widerstände R_V und R_C so, dass sich der Kollektor-Ruhestrom I_{C0} und die Ausgangs-Ruhspeisung U_{a0} einstellen.
- Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $v_u = u_a/u_e$ des Verstärkers.
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e .
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a .
- Das Generatorsignal $u_G(t) = \hat{u}_G \sin \omega t$ sei sinusförmig. Berechnen Sie die maximale Amplitude \hat{u}_a der Ausgangsspeisung, sodass es zu keinen groben Verzerrungen des Ausgangssignals kommt.
Hinweis: Unter „grobem“ Verzerrungen verstehen wir hier Verzerrungen, die zustande kommen, wenn der Transistor den aktiven Betriebszustand verlässt.
- Nennen Sie 2 Nachteile dieser Schaltung.

BEISPIEL 2.2: Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung

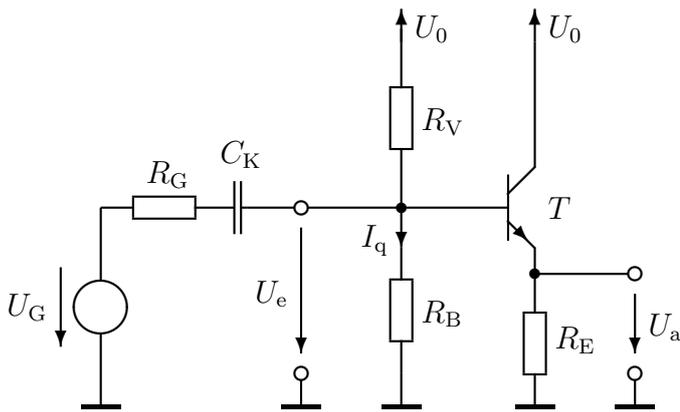


| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Versorgungsspannung: | $U_0 = 5 \text{ V}$ |
| Generator-Innenwiderstand: | $R_G = 50 \Omega$ |
| Koppelkondensator: | $C_K \rightarrow \infty$ |
| Flussspannung: | $U_f = 0,6 \text{ V}$ |
| Temperaturspannung: | $U_T = 25 \text{ mV}$ |
| Stromverstärkung: | $B = 100$ |
| Restspannung: | $U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$ |
| Eingangs-Ruhespannung: | $U_{e0} = 2 \text{ V}$ |
| Ausgangs-Ruhespannung: | $U_{a0} = 3 \text{ V}$ |
| Kollektor-Ruhestrom: | $I_{C0} = 10 \text{ mA}$ |
| Querstrom: | $I_{q0} = 20 \cdot I_{B0}$ |

In dieser Schaltung wird der Arbeitspunkt durch Stromgegenkopplung eingestellt: Wird das Basispotential z.B. erhöht, so wird die Basis-Emitterspannung und in der Folge der Kollektor- und Emitterstrom ebenfalls größer. Der höhere Emitterstrom hat einen größeren Spannungsabfall an R_E zur Folge, der der Erhöhung der Basis-Emitterspannung nunmehr entgegenwirkt. Durch diesen Effekt sind die Eigenschaften der Schaltung weniger vom Transistor (speziell seiner Steuerkennlinie) sondern mehr von den Widerständen abhängig. Soweit zur Erklärung des Begriffs „Stromgegenkopplung“. Das braucht man aber zur Dimensionierung und Berechnung der Schaltung nicht...

- Dimensionieren Sie die Widerstände R_V , R_B , R_C und R_E so, dass sich die Ruhestrome I_{q0} und I_{C0} sowie die Ruhespannungen U_{e0} und U_{a0} einstellen.
- Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $v_u = u_a/u_e$ des Verstärkers.
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e .
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a .
- Das Generatorsignal $u_G(t) = \hat{u}_G \sin \omega t$ sei sinusförmig. Berechnen Sie die maximale Amplitude \hat{u}_a der Ausgangsspannung, sodass es zu keinen groben Verzerrungen des Ausgangssignals kommt. Skizzieren Sie den zeitlichen Spannungsverlauf, wenn diese Grenze um 50% überschritten wird.

BEISPIEL 2.3: Emitterfolger (Kollektorschaltung)

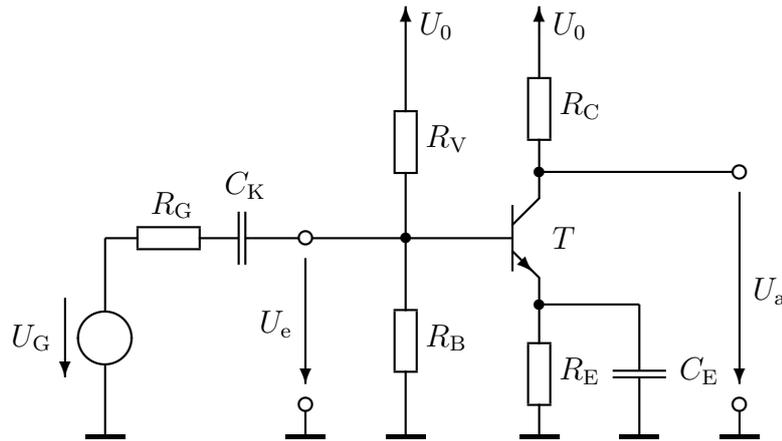


| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Versorgungsspannung: | $U_0 = 5 \text{ V}$ |
| Generator-Innenwiderstand: | $R_G = 50 \text{ } \Omega$ |
| Koppelkondensator: | $C_K \rightarrow \infty$ |
| Flussspannung: | $U_f = 0,6 \text{ V}$ |
| Temperaturspannung: | $U_T = 25 \text{ mV}$ |
| Stromverstärkung: | $B = 100$ |
| Restspannung: | $U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$ |
| Ausgangs-Ruhe-spannung: | $U_{a0} = 2 \text{ V}$ |
| Kollektor-Ruhestrom: | $I_{C0} = 10 \text{ mA}$ |
| Querstrom: | $I_{q0} = 20 \cdot I_{B0}$ |

In dieser Schaltung unterscheiden sich Eingangs- und Ausgangsspannung nur um die relativ konstante Flussspannung. Der Ausgang „folgt“ daher dem Eingang. Wozu die Schaltung gut ist, können Sie vielleicht an den Ergebnissen der Berechnungen erkennen...

- Dimensionieren Sie die Widerstände R_V , R_B und R_E so, dass sich die Ruhestrome I_{q0} und I_{C0} sowie die Ausgangs-Ruhe-spannung U_{a0} einstellen.
- Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $v_u = u_a/u_e$ des Verstärkers.
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e .
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a .
- Das Generatorsignal $u_G(t) = \hat{u}_G \sin \omega t$ sei sinusförmig. Berechnen Sie die maximale Amplitude \hat{u}_a der Ausgangsspannung, sodass es zu keinen groben Verzerrungen des Ausgangssignals kommt. Skizzieren Sie den zeitlichen Spannungsverlauf, wenn diese Grenze um 50% überschritten wird.

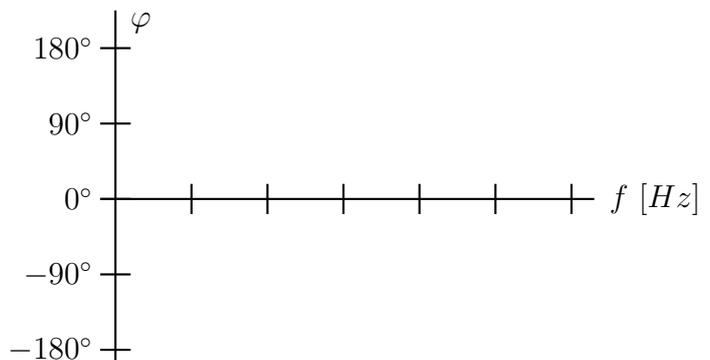
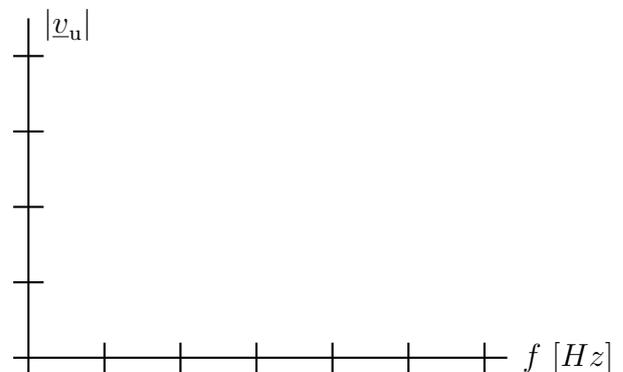
BEISPIEL 2.4: Emitterschaltung mit überbrücktem Emitterwiderstand



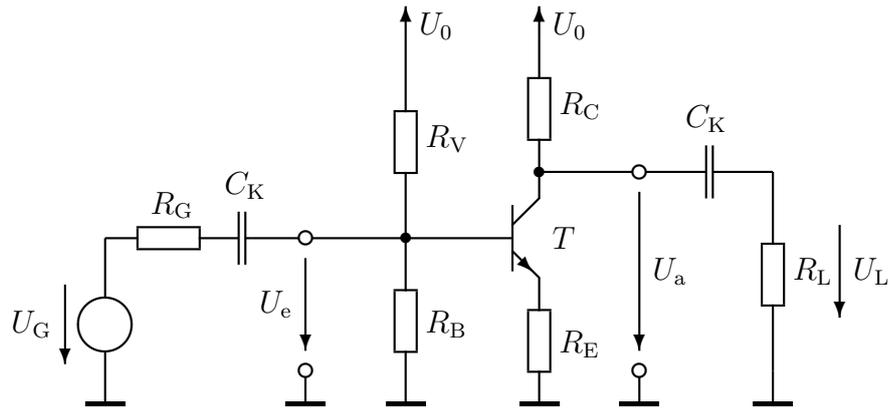
| | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Versorgungsspannung: | $U_0 = 12 \text{ V}$ | Widerstandswerte: | $R_V = 27 \text{ k}\Omega$ |
| Generator-Innenwiderstand: | $R_G = 50 \text{ }\Omega$ | | $R_B = 3,3 \text{ k}\Omega$ |
| Koppelkondensator: | $C_K \rightarrow \infty$ | | $R_C = 2,7 \text{ k}\Omega$ |
| Flussspannung: | $U_f = 0,6 \text{ V}$ | | $R_E = 470 \text{ }\Omega$ |
| Temperaturspannung: | $U_T = 25 \text{ mV}$ | Kapazitätswert: | $C_E = 10 \text{ }\mu\text{F}$ |
| Stromverstärkung: | $B = 100$ | | |
| Restspannung: | $U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$ | | |

Bei hohen Frequenzen wird der Emitterwiderstand R_E durch den Kondensator C_E kurzgeschlossen.

- (a) Ermitteln Sie die Ausgangs-Ruhspeisung U_{a0} .
- (b) Zeichnen Sie das Bodediagramm der Kleinsignal-Spannungsverstärkung $\underline{v}_u = \underline{u}_a / \underline{u}_e$. Wie groß ist die Grenzfrequenz f_g , oberhalb der die Spannungsverstärkung frequenzunabhängig wird.



BEISPIEL 2.5: Einfluss der Koppelkondensatoren



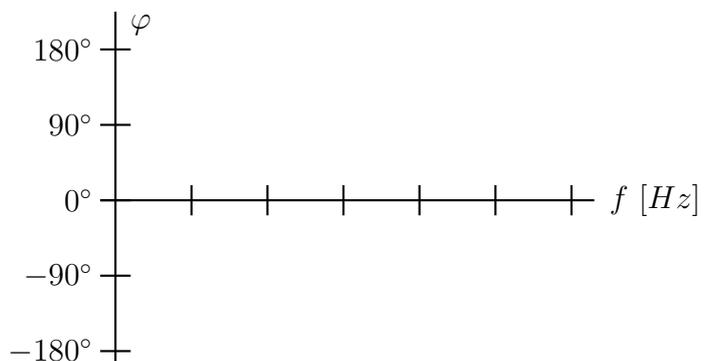
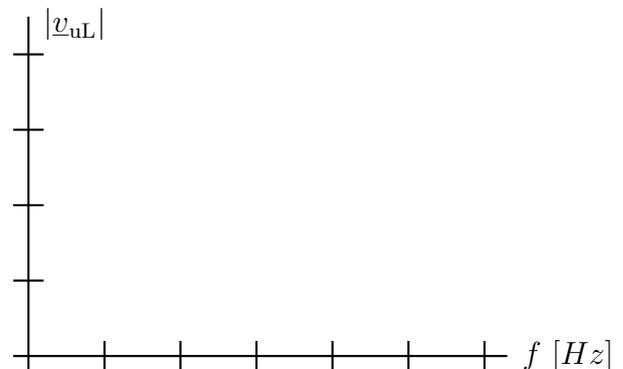
Versorgungsspannung: $U_0 = 12 \text{ V}$
 Generator-Innenwiderstand: $R_G = 50 \text{ } \Omega$
 Flussspannung: $U_f = 0,6 \text{ V}$
 Temperaturspannung: $U_T = 25 \text{ mV}$
 Stromverstärkung: $B = 100$
 Restspannung: $U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$

Die Schaltung ist wie in Beispiel 2.2 dimensioniert.

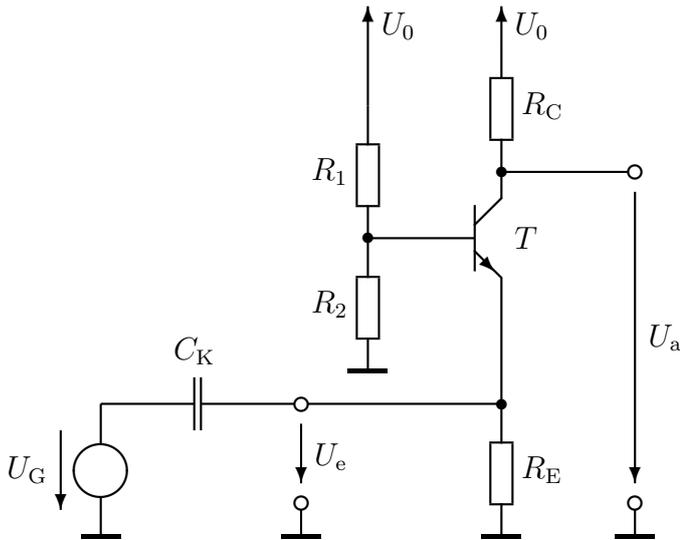
Lastwiderstand: $R_L = 10 \text{ k}\Omega$
 Koppelkondensator: $C_K = 100 \text{ nF}$

Die Impedanz der Koppelkondensatoren kann nur bei hinreichend hohen Frequenzen vernachlässigt werden. Hier soll das Verhalten über einen weiteren Frequenzbereich bei endlichen Kapazitätswerten der Koppelkondensatoren untersucht werden.

- Ermitteln Sie einen Ausdruck für die Verstärkung $\underline{v}_{uL} = \underline{u}_L / \underline{u}_G$.
- Wandeln Sie den Ausdruck so um, dass man die Grenzfrequenzen ablesen kann. Geben Sie diese an.
- Zeichnen Sie das Bodediagramm von \underline{v}_{uL} .



BEISPIEL 2.6: Basisschaltung

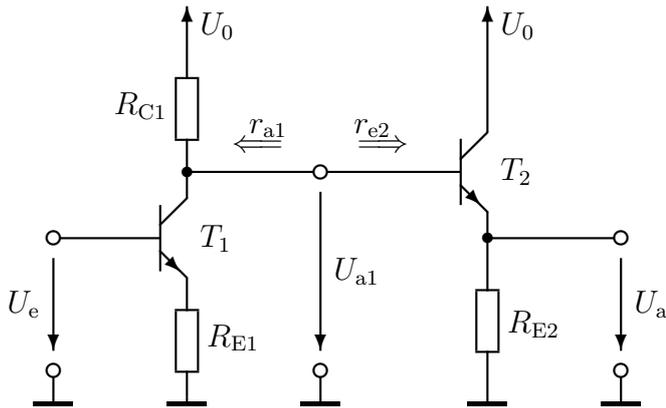


| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Versorgungsspannung: | $U_0 = 10 \text{ V}$ |
| Koppelkondensator: | $C_K \rightarrow \infty$ |
| Flussspannung: | $U_f = 0,6 \text{ V}$ |
| Temperaturspannung: | $U_T = 25 \text{ mV}$ |
| Stromverstärkung: | $B = 100$ |
| Restspannung: | $U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$ |
| Ausgangs-Ruhe­spannung: | $U_{a0} = 6 \text{ V}$ |
| Kollektor-Ruhe­strom: | $I_{C0} = 12 \text{ mA}$ |
| Widerstandswerte: | $R_1 = 33 \text{ } \Omega$ |
| | $R_2 = 33 \text{ } \Omega$ |

Die Basisschaltung hat im Vergleich zur Emitterschaltung günstige Hochfrequenzeigenschaften. Sie hat jedoch einen Nachteil, den Sie in diesem Beispiel kennen lernen.

- Dimensionieren Sie die Widerstände R_C und R_E so, dass sich der Kollektor-Ruhe­strom I_{C0} und die Ausgangs-Ruhe­spannung U_{a0} einstellen.
- Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $v_u = u_a/u_e$.
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e .
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a .
- Das Generatorsignal $u_G(t) = \hat{u}_G \sin \omega t$ sei sinusförmig. Berechnen Sie die maximale Amplitude \hat{u}_a der Ausgangsspannung, sodass es zu keinen groben Verzerrungen des Ausgangssignals kommt. Skizzieren Sie den zeitlichen Spannungsverlauf, wenn diese Grenze um 50% überschritten wird.

BEISPIEL 2.7: Zweistufige Verstärkerschaltung



| | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Versorgungsspannung: | $U_0 = 12 \text{ V}$ |
| Flussspannung: | $U_f = 0,6 \text{ V}$ |
| Temperaturspannung: | $U_T = 25 \text{ mV}$ |
| Stromverstärkung: | $B = 100$ |
| Eingangs-Ruhe­spannung: | $U_{e0} = 2 \text{ V}$ |
| Ausgangs-Ruhe­spannung: | $U_{a0} = 6 \text{ V}$ |
| Kollektor-Ruhe­strom von T_1 : | $I_{C1,0} = 10 \text{ mA}$ |
| Eingangswiderstand 2. Stufe: | $r_{e2} = 100 \text{ k}\Omega$ |

Bei der Zusammenschaltung von zwei Verstärkerstufen ist es vorteilhaft, wenn sich die Stufen gegenseitig möglichst wenig beeinflussen. Man fordert daher, dass der Eingangswiderstand der 2. Stufe viel größer als der Ausgangswiderstand der 1. Stufe ist, bzw. dass der Eingangsstrom der 2. Stufe den Arbeitspunkt der 1. Stufe nicht nennenswert verschiebt.

- Dimensionieren Sie die Widerstände R_{E1} und R_{C1} so, dass sich für die Eingangs-Ruhe­spannung U_{e0} der Kollektor-Ruhe­strom $I_{C1,0}$ von Transistor T_1 und die Ausgangs-Ruhe­spannung U_{a0} der Gesamtschaltung einstellen. Vernachlässigen Sie hierbei den Basisstrom I_{B2} der 2. Stufe.
- Dimensionieren Sie den Widerstand R_{E2} so, dass der Eingangswiderstand r_{e2} der 2. Stufe eingestellt wird. Ermitteln Sie den Basisstrom I_{B2} und zeigen Sie, dass seine Vernachlässigung in Punkt (a) gerechtfertigt war.
- Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $v_{u1} = u_{a1}/u_e$ der 1. Stufe bei abgetrenneter 2. Stufe.
- Berechnen Sie die relative Änderung $\Delta v_{u1}/v_{u1}$ der Verstärkung der 1. Stufe, wenn man die 2. Stufe anschließt.
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a der Gesamtschaltung.