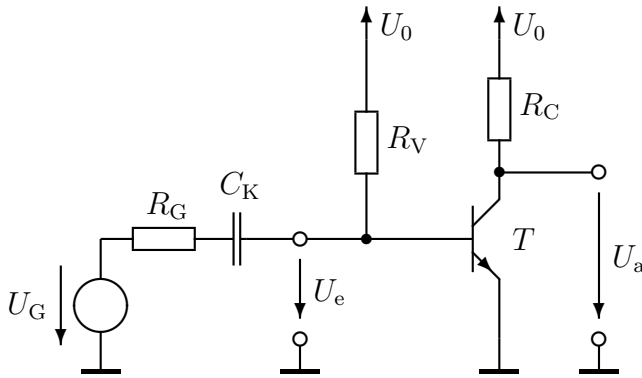


BEISPIEL 2.1: Emitterschaltung mit Basisstromsteuerung



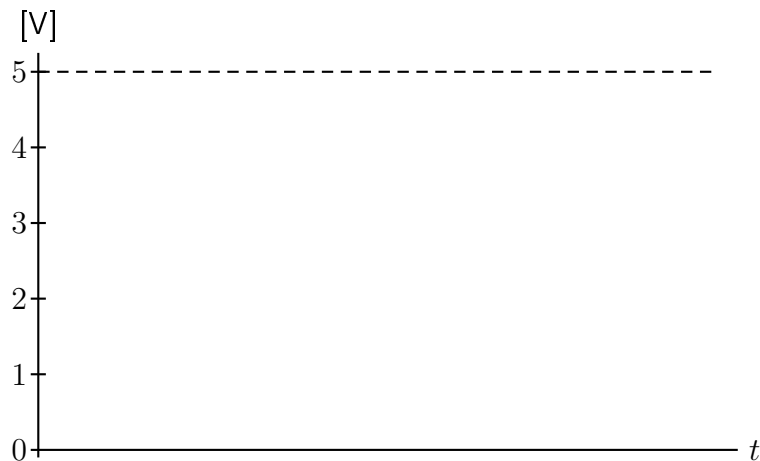
Versorgungsspannung:	$U_0 = 5 \text{ V}$
Generator-Innenwiderstand:	$R_G = 50 \Omega$
Koppelkondensator:	$C_K \rightarrow \infty$
Flussspannung:	$U_f = 0,6 \text{ V}$
Temperaturspannung:	$U_T = 25 \text{ mV}$
Stromverstärkung:	$B = 100$
Restspannung:	$U_{CEsat} = 0,1 \text{ V}$
Ausgangs-Ruhspeisung:	$U_{a0} = 3 \text{ V}$
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 „grobe“ Verzerrungen verstehen wir hier Verzerrungen, die zustande kommen, wenn der Transistor den aktiven Betriebszustand verlässt.

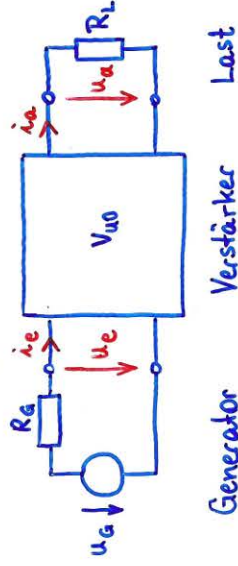


- Nennen Sie 2 Nachteile dieser Schaltung.

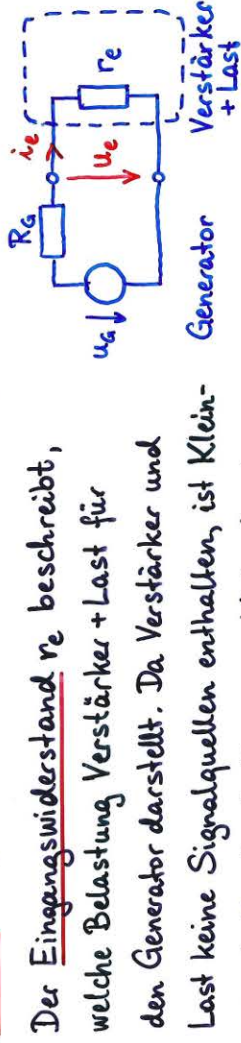
KLEINSIGNAL - VERSTÄRKERSCHALTUNGEN

Da Verstärker-Bauelemente meist nichtlinear sind, werden oft nur die Änderungen verwendet: $U_e = U_{e0} + u_e$, $U_a = U_{a0} + u_a$

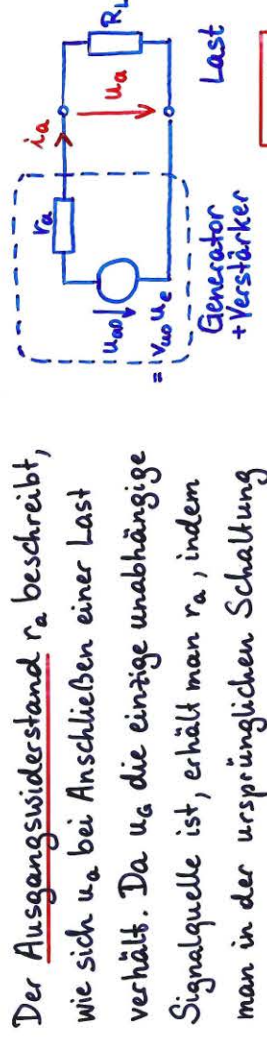
Typische Beschaltung (Kleinsignalerersatzschaltung):



Die Leerlauf-Spannungsverstärkung $V_{U0} = \frac{u_a}{u_e} |_{i_a=0}$ ist eine Eigenschaft des Verstärkers. Die tatsächlich auftretende Spannungsverstärkung $V_u = \frac{u_a}{u_e}$ hängt auch von der Last ab, nicht jedoch vom Generator.



Der Eingangswiderstand r_e beschreibt, welche Belastung Verstärker + Last für den Generator darstellt. Da Verstärker und Last keine Signalquellen enthalten, ist Klein-signal-Ersatzschaltung ein Widerstand r_e . Man erhält r_e , indem man in der ursprünglichen Schaltung den Generator weglässt, allgemeines i_e annimmt und $r_e = \frac{u_e}{i_e}$ bestimmt.

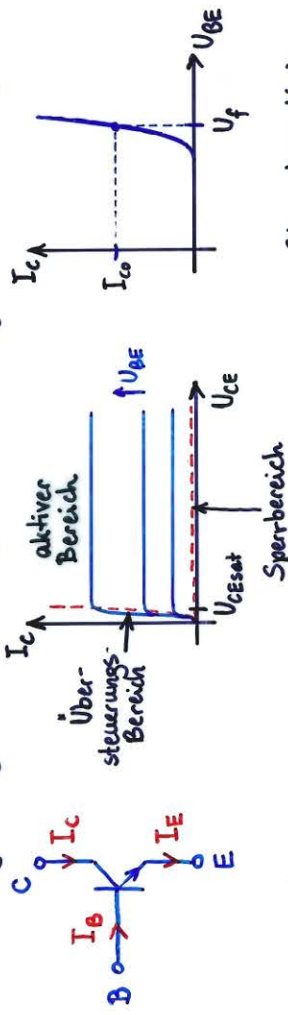


$$r_a = \frac{u_a}{-i_a}$$

Der Ausgangswiderstand r_a beschreibt, wie sich u_a bei Anschließen einer Last verhält. Da u_a die einzige unabhängige Signalquelle ist, erhält man r_a , indem man in der ursprünglichen Schaltung die Last weglässt, allgemeines i_a annimmt, $u_a = 0$ setzt und bestimmt.

BIPOLARTRANSISTOR - ARBEITSPUNKT

Zum Verständnis von Transistor-Verstärkerschaltungen ist es unbedingt nötig, zunächst Effekte 2. Ordnung zu vernachlässigen!



Ausgangskennlinienfeld

Betriebsfälle für $U_{CE} > 0$:

- Aktiver Betrieb: $I_C > 0$ $U_{CE} > U_{CEsat}$ $U_{BE} = U_f$ $I_B = I_C / \beta$
- Übersteuerung: $I_C > 0$ $U_{CE} = U_{CEsat}$ $U_{BE} = U_f$ $I_B > I_C / \beta$
- Sperrbetrieb: $I_C = 0$ $U_{BE} < U_f$ $I_B = 0$

In Verstärkerschaltungen wird nur der aktive Betrieb genutzt.

Regeln für die Analyse des Arbeitspunkts:

- 1.) Mit fester Flussspannung $U_{BE} = U_f (\approx 0,6V)$ rechnen.
- 2.) Überprüfen, ob $I_B = I_C / \beta$ vernachlässigbar ist, und wenn möglich vernachlässigen.
- 3.) Mit $I_E = I_C$ rechnen.
- 4.) U_{CE} ergibt sich zumeist erst am Ende der Analyse, da der Transistor bezüglich Kollektor eine Stromquelle ist.

5.) Folgende Methoden in dieser Reihenfolge versuchen:

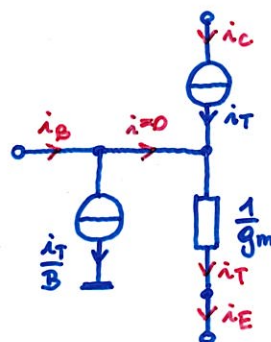
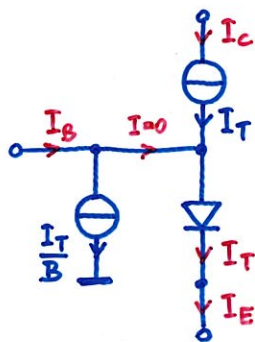
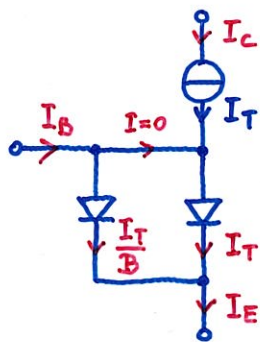
- a) Einführung von Knotenpotentialen + Ohmsches Gesetz
- b) Knotenregel
- c) nur im äußersten Notfall: Maschenregel

BIPOLARTRANSISTOR-KLEINSIGNALMODELL

Großsignalmodell

Näherung für $B \gg 1$

Kleinsignalmodell

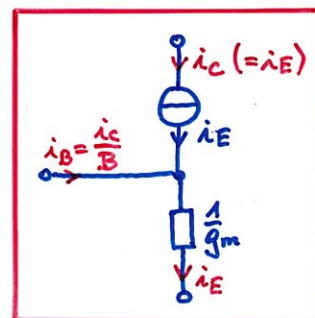


$$g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$$

$$U_T = \frac{kT}{e} \approx 25 \text{ mV}$$

In der Näherung wird der parasitäre Basis-Emitterstrom $\frac{I_T}{B}$ am Emitter, jedoch nicht an der Basis vernachlässigt ($I_E = I_C$, $I_B = I_C/B$). Die Verletzung der Knotenregel $I_B + I_C = I_E$ bleibt meist ohne Konsequenz.

In der Praxis zeichnet man die Stromquelle $\frac{i_T}{B}$ meist nicht. Dies bleibt wiederum ohne Konsequenz, solange man nicht die Knotenregel ($i_B + i_c = i_E$) ansetzt.

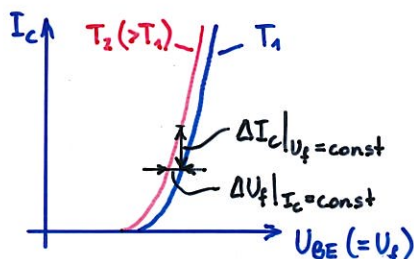


Vorgangsweise bei der Kleinsignalanalyse meist:

- 1.) Berechne i_E aus der Schaltung unter Verwendung von $\frac{1}{g_m}$
- 2.) $i_c = i_E$
- 3.) falls erforderlich: $i_B = i_c/B$

NICHTIDEALE TRANSISTOREIGENSCHAFTEN

1.) Temperaturabhängigkeit der Steuerkennlinie:



$$\left. \frac{dU_f}{dT} \right|_{I_C = \text{const}} \approx -2 \text{ mV/K}$$

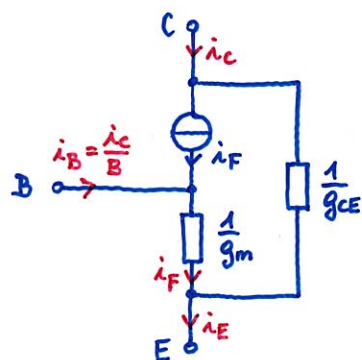
$$\left. \frac{1}{g_m} \cdot \frac{dg_m}{dT} \right|_{I_C = \text{const}} = -\frac{1}{T} \approx -3,3\%/K$$

$$\left. \frac{1}{I_C} \cdot \frac{dI_C}{dT} \right|_{U_f = \text{const}} \approx +8\%/K$$

2.) Einfluss des Basisstroms:

Ersetze ein lineares Netzwerk „vor“ der Basis durch Spannungsquelle mit Innenwiderstand und rechne mit $I_B = \frac{1}{B} \cdot I_C$ und $I_E = (1 + \frac{1}{B}) \cdot I_C$.

3.) Erweitertes Kleinsignal-Modell:



Early-Leitwert:

$$g_{CE} = \frac{I_{C0}}{U_y}$$

U_y ... Early-Spannung (z.B.: 100V)

