

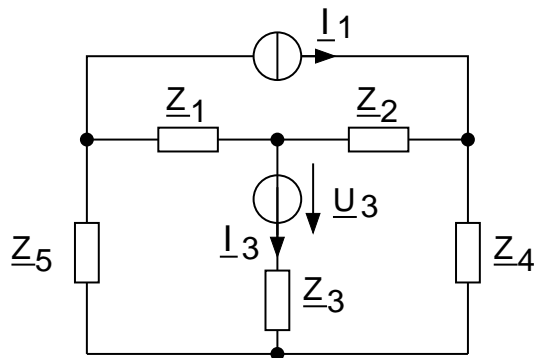
Aufgabe 1 (5 Punkte): Netzwerkberechnung

Abbildung 1: Zu berechnendes Netzwerk.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 1, in dem das Verhältnis $\frac{U_3}{I_1}$ der Quellgrößen der beiden Quellen zu dimensionieren ist.

- 1) Ermitteln Sie mit einem Verfahren Ihrer Wahl, eine allgemeine Bedingung für das Verhältnis $\frac{U_3}{I_1}$ für die der Strom I_3 durch die Spannungsquelle U_3 zu Null wird.

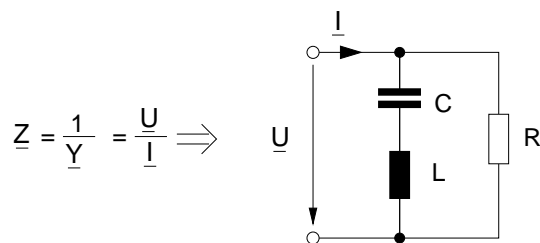
Aufgabe 2 (5 Punkte): Ortskurve

Abbildung 2: Netzwerk für Ortskurvenbestimmung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 2.

- 1) Zeichnen Sie die Ortskurve der Eingangsadmittanz $\underline{Y} = \frac{I}{U}$ des Netzwerkes in Abb. 2 für $0 \leq \omega \leq \infty$. Markieren Sie die Punkte $\omega = 0$ und $\omega = \infty$ auf der Ortskurve. Geben Sie den Schnittpunkt mit der reellen Achse an.
- 2) Zeichnen Sie die Ortskurve der Eingangsimpedanz $\underline{Z} = \frac{U}{I}$. Markieren Sie die Punkte $\omega = 0$ und $\omega = \infty$ auf der Ortskurve. Geben Sie die Schnittpunkte mit der reellen Achse an.

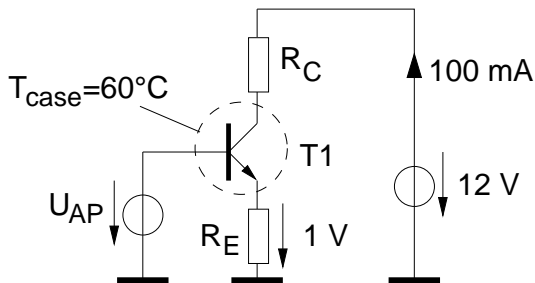
Aufgabe 3 (5 Punkte): Arbeitspunkt, Wärmewiderstand

Abbildung 3:
Schaltung zur Bestimmung von R_C .

Gegeben ist die Schaltung mit ihren Werten in Abbildung 3. Am Gehäuse des Transistors wird eine Temperatur $T_{case} = 60^\circ\text{C}$ gemessen. Die Sperrschichttemperatur beträgt $T_j = 100^\circ\text{C}$. Der Wärmewiderstand zwischen Sperrschicht und Gehäuse des Transistors beträgt 80 K/W . Die Betriebsspannungsquelle hat einen Wert von 12 V und liefert an die Schaltung einen Strom von 100 mA .

- 1) Welchen Wert besitzt die Verlustleistung des Transistors?
- 2) Welchen Wert besitzt der Kollektorwiderstand R_C , wenn an R_E eine Spannung von 1 V abfällt?

Hinweis: Der Basisstrom kann als vernachlässigbar klein gegenüber dem Kollektorstrom des Transistors angenommen werden.

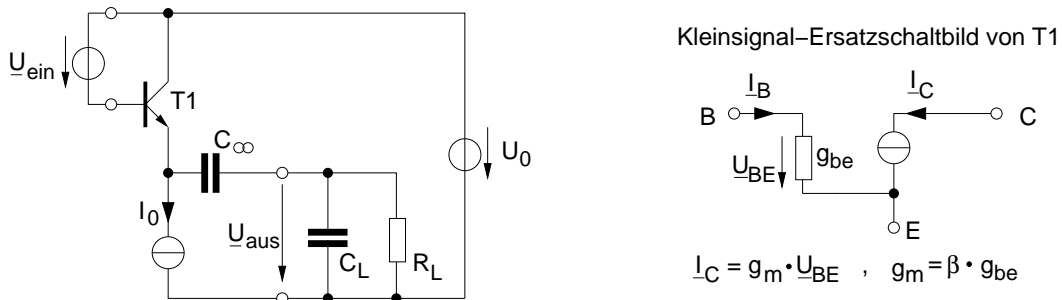
Aufgabe 4 (10 Punkte): Schaltungsberechnung, Dimensionierung, Arbeitspunkt

Abbildung 4: Belasteter Emitterfolger.

Gegeben ist die Schaltung des belasteten Emitterfolgers in Abbildung 4. Für den Transistor kann ein Basisbahnwiderstand von Null angenommen werden, C_∞ kann für alle Signalfrequenzen als unendlich groß angenommen werden. Die Temperaturspannung U_T beträgt 26 mV .

Hinweis: Verwenden Sie die Näherung $\beta = \infty$. Sie können mit den Näherungen der Wirkungsersatzschaltbilder des Bipolartransistors arbeiten.

- 1) Bestimmen Sie den Frequenzgang $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_{aus}}{\underline{U}_{ein}}$ der Schaltung.
- 2) Geben Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus Aufgabenpunkt 1) einen Ausdruck für die 3dB-Grenzfrequenz der Schaltung an und bestimmen Sie $\underline{F}(\omega = 0)$.
- 3) Geben Sie einen Ausdruck für den Arbeitspunktstrom I_0 in Abhängigkeit von der Grenzfrequenz an.
- 4) Welche Forderung besteht an die Richtung des Kollektorstroms im normal-aktiven Betriebsbereich? Was ist demnach mit dem Ergebnis aus Aufgabenpunkt 3) die kleinste, mit dieser Schaltung realisierbare Grenzfrequenz.
- 5) \underline{U}_{ein} ist eine reine Wechselspannungsquelle ohne Gleichanteil. Wie groß darf die Amplitude $|\underline{U}_{ein}|$ maximal sein, damit der Transistor auch während der Aussteuerung im normal-aktiven Bereich bleibt?

Aufgabe 5 (15 Punkte): Rückkopplung, Zweitor

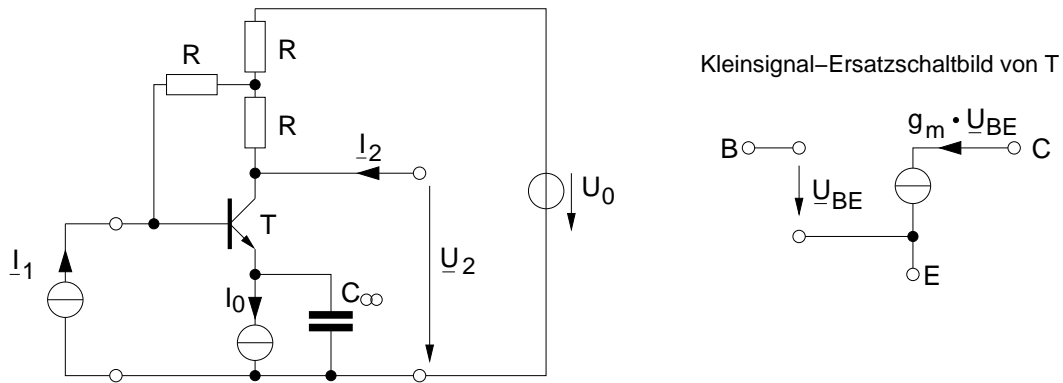


Abbildung 5: Transimpedanzverstärker und Kleinsignalerersatzschaltbild des Transistors T.

Gegeben ist die Schaltung eines Transimpedanzverstärkers in Abbildung 5 links. Darin kann C_∞ für alle Signalfrequenzen als unendlich groß angenommen werden. Für den Transistor T gilt das auf der rechten Seite dargestellte Kleinsignalerersatzschaltbild.

- 1) Zeichnen Sie das komplette Wechselstromersatzschaltbild und das Kleinsignalerersatzschaltbild des Transimpedanzverstärkers aus Abb. 5 unter Verwendung jeweils eines Haupt- und eines Rückkopplungszweitors. Ordnen Sie darin den Transistor T dem Hauptzweitor und die restlichen Bauelemente dem Rückkopplungszweitor zu.
- 2) Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich? Ist die Torbedingung für jedes der beiden Zweitore erfüllt? Begründen Sie Ihre Antworten!
- 3) Wählen Sie eine für die Art der Rückkopplung geeignete Matrixendarstellung aus. Begründen Sie Ihre Entscheidung!
- 4) Bestimmen Sie die Elemente der Matrix von Haupt - und Rückkopplungszweitor anhand des Kleinsignalerersatzschaltbildes. Bestimmen Sie die Elemente der Matrix der Gesamtschaltung.
- 5) Bestimmen Sie die Transimpedanz $Z_T = \left. \frac{U_2}{I_1} \right|_{I_2=0}$ mit Hilfe der Matrixendarstellung.
- 6) Geben Sie einen vereinfachten Ausdruck für Z_T für den Fall $R g_m \gg 1$ an.

Aufgabe 6 (12 Punkte): Stabilität, Ortskurve

Die Wirkungsfunktion $\underline{H}(s)$ eines Netzwerks wird messtechnisch im Bereich $s = j\omega$ für positive Frequenzen mit $0 \leq \omega < \infty$ bestimmt. Der ermittelte Verlauf wird durch die Funktion

$$\underline{H}(j\omega) = H_0 + H_R e^{-\frac{\omega}{\omega_0}} e^{-j\frac{\omega}{\omega_0}\pi}, \quad \omega \geq 0 \quad (1)$$

approximiert. Darin sind H_0, H_R, ω_0 reelle Konstanten mit Werten größer Null.

- 1) Skizzieren Sie für $H_0 = 0, H_R = 1$ den qualitativen Verlauf Ortskurve von $\underline{H}(j\omega)$ im Bereich $0 \leq \omega \leq 4\omega_0$. Markieren Sie die Punkte $\omega = n\omega_0, n = 0 \dots 4$.
- 2) Begründen Sie, warum die Approximation in Gleichung (1) nicht für $\omega < 0$ gültig sein kann.
- 3) Geben Sie eine Gleichung an, die Gleichung (1) im Bereich $\omega < 0$ so ergänzt, dass das Schwarzsche Spiegelungsprinzip erfüllt ist.

$\underline{H}(j\omega)$ nach Gleichung (1) soll im folgenden eine Ergänzung für $\omega < 0$ besitzen, die dem Schwarzschen Spiegelungsprinzip genügt.

- 4) Geben Sie eine Bedingung für H_0 an, damit $\underline{H}(j\omega)$ zur Wirkungsfunktion eines stabilen Netzwerks ohne Nullstellen ($N=0$) gehört.
- 5) Geben Sie den kleinsten Wert an, den $\underline{H}(j\omega)$ bei $\omega = 0$ aufgrund des Ergebnisses unter Punkt 4) für ein stabiles Netzwerk annehmen darf.

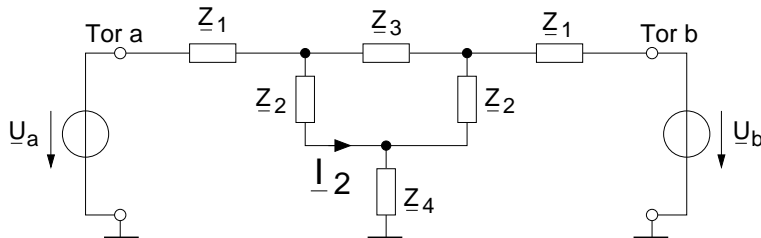
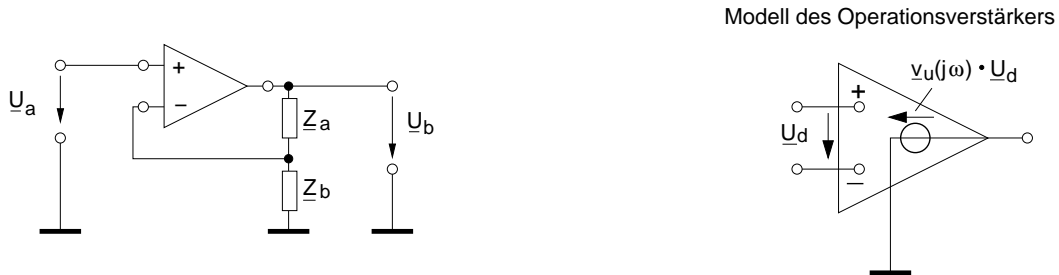
Aufgabe 7 (8 Punkte): Gleichtakt- GegentaktzerlegungAbbildung 7: Symmetrisches Netzwerk mit beliebiger Ansteuerung \underline{U}_a , \underline{U}_b .

Abbildung 7 zeigt ein bezüglich der Tore a und b symmetrisches Zweitor. Die Ansteuerung erfolgt über zwei Spannungsquellen mit beliebigen Phasoren \underline{U}_a und \underline{U}_b .

- 1) Stellen Sie die Ansteuerung in Abbildung 7 äquivalent durch eine Überlagerung von Gleichtakt- und Gegentaktquellen dar. Bestimmen Sie die Phasoren der ansteuernden Gleich- und Gegentaktquellen in Abhängigkeit von \underline{U}_a und \underline{U}_b .
- 2) Zeichnen Sie das einphasige Gegentakt- und das einphasige Gleichtakt-Ersatzschaltbild des Netzwerks.
- 3) Bestimmen Sie anhand der Überlagerung der Ergebnisse von Gleich- und Gegentakt-Ersatzschaltung den Strom \underline{I}_2 für den Fall $\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = \frac{\underline{Z}_3}{2} = 2\underline{Z}_4 = \underline{Z}$.

Aufgabe 8 (15 Punkte): Operationsverstärker, Bode-Diagramm, Frequenzgangskompensation.



Gegeben ist die in der Abbildung oben links gezeigte Operationsverstärkerschaltung eines nicht invertierenden Verstärkers. Das Modell des Operationsverstärkers ist auf der rechten Seite dargestellt.

- 1) Bestimmen Sie allgemein die Verstärkung $\frac{U_b(j\omega)}{U_a(j\omega)}$ der Schaltung unter Verwendung der komplexen Verstärkung $v_u(j\omega)$ des Operationsverstärker-Modells.
- 2) Vergleichen Sie das Ergebnis unter 1) mit dem Frequenzgang eines rückgekoppelten Systems

$$\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{F}_a(j\omega)}{1 + \underline{F}_a(j\omega) \underline{F}_2(j\omega)}$$

Bestimmen Sie anhand des Vergleichs die Gleichungen für die Frequenzgänge $\underline{F}_a(j\omega)$ des Verstärkerzweiters und $\underline{F}_2(j\omega)$ des Rückkopplungszweiters.

- 3) Wie groß ist $\underline{F}(j\omega)$ wenn gilt $|v_u| \rightarrow \infty$?

Im Folgenden gilt $Z_a = j\omega L$ und $Z_b = R$. Für die komplexe Verstärkung des Operationsverstärkers soll im Folgenden gelten:

$$v_u(j\omega) = \frac{v_0}{(1 + \frac{j\omega}{\omega_0})(1 + \frac{j\omega}{10\omega_0})}$$

mit der statischen Verstärkung $v_0 = 10^4$.

- 4) Zeichnen Sie Betrag und Phase der Schleifenverstärkung $\underline{F}_a(j\omega) \underline{F}_2(j\omega)$ im Bereich $0,01 \omega_0 \dots 100 \omega_0$ für den Fall $\frac{L}{R} = \frac{100}{\omega_0}$ in das Bodediagramm auf der nächsten Seite. Verwenden Sie Geradennäherungen.
- 5) Bestimmen Sie den Phasenrand (Phasenreserve) der Schaltung aus dem Verlauf der Schleifenverstärkung im Bodediagramm.
- 6) Geben Sie eine Bedingung für die statische Verstärkung v_0 an, unter der die Phasenreserve der Schaltung mindestens 45° beträgt.

Bode Diagramm Vorlage

