

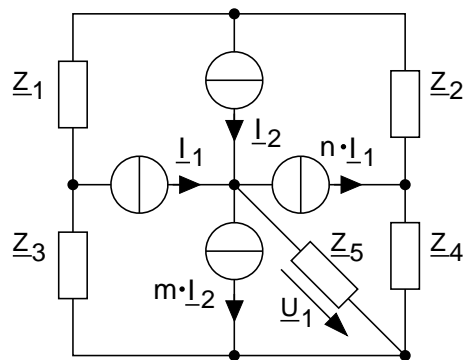
Aufgabe 1 (6 Punkte): Netzwerkberechnung

Abbildung 1: Netzwerk zur Berechnung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 1.

Ermitteln Sie mit einem Verfahren Ihrer Wahl die Abhängigkeit der Spannung \underline{U}_1 von den Quellströmen \underline{I}_1 und \underline{I}_2 und den Faktoren m und n . Hinweis: Das Netzwerk läßt sich durch äquivalente Umformung vereinfachen.

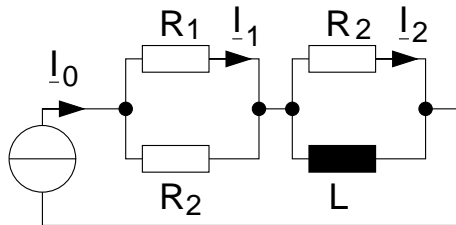
Aufgabe 2 (10 Punkte): Komplexe Rechnung, Ortskurve

Abbildung 2: Netzwerk für Ortskurvenbestimmung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 2, für das die Ortskurve der komplexen Wirkungsfunktion $\frac{I_1 - I_2}{I_0}$ zu bestimmen ist.

- 1) Bestimmen Sie R_1 so, daß für den Betrag $|I_1 - I_2| = \text{const.}$ gilt (d.h. keine Frequenzabhängigkeit).
- 2) Zeichnen Sie für den unter 1) gefundenen Wert von R_1 die Ortskurven der Wirkungsfunktion $\frac{I_1 - I_2}{I_0}$ im Frequenzbereich $0 \leq \omega \leq \infty$. Markieren Sie die Punkte $\omega = 0$, $\omega = R_2/L$ und $\omega = \infty$ auf der Ortskurve.

Aufgabe 3 (12 Punkte): Schaltungsdimensionierung und -berechnung

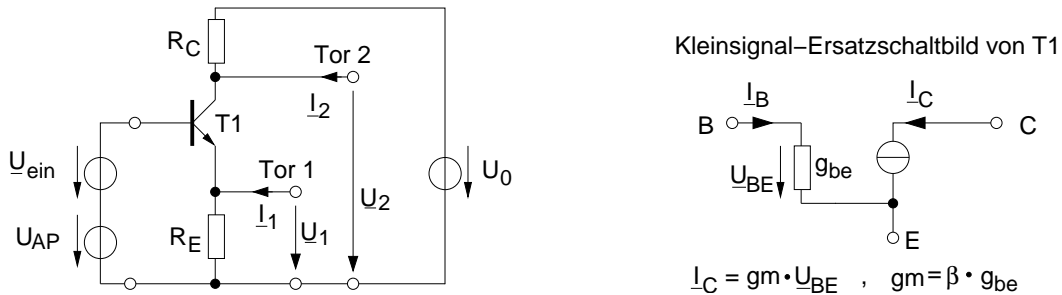


Abbildung 3: Zu dimensionierende Verstärkerschaltung mit zwei Ausgangstoren (Tor1, 2).

Abbildung 3, links, zeigt eine Verstärkerschaltung mit der Gleichspannungsquelle U_{AP} zur Arbeitspunkteinstellung und der Wechselspannungsquelle \underline{U}_{ein} für das Eingangssignal. Die linke Seite zeigt das Kleinsignalmodell des Transistors T1. Es gilt $\beta \gg 1$.

Sie können im Folgenden für Kleinsignalberechnungen mit den Näherungen des Transformationszweitor (T-Operator) -Ersatzschaltbildes rechnen.

1) Dimensionieren Sie R_E und R_C für leerlaufende Ausgangstore ($I_1 = I_2 = 0$) so, dass gilt $|U_1| = |U_2|$. Nehmen Sie für die Dimensionierung zunächst an, dass $R_E \gg \frac{1}{g_m}$ erfüllt ist.

2) Um die Näherung $R_E \gg \frac{1}{g_m}$ aus Aufgabenpunkt 1) zu erfüllen, soll gelten $R_E = \frac{10}{g_m}$. Welchen Wert muss U_{AP} in diesem Fall besitzen? Hinweis: nehmen Sie $U_{BE} = const.$ an.

3) Berechnen Sie die Ausgangswiderstände der beiden Ausgangstore.

$$R_{a1} = \frac{U_1}{I_1} \Big|_{U_{ein}=0, I_2=0} \quad \text{und} \quad R_{a2} = \frac{U_2}{I_2} \Big|_{U_{ein}=0, I_1=0} .$$

4) Beide Ausgangstore sollen mit jeweils einem Lastwiderstand $R_L = \frac{1}{g_m}$, belastet werden, d.h es gilt $\frac{U_1}{-I_1} = \frac{U_2}{-I_2} = R_L$. Um welchen Faktor sinken die Ausgangsspannungen \underline{U}_1 und \underline{U}_2 durch diese Belastung gegenüber Leerlauf ab?

Aufgabe 4 (16 Punkte): Rückkopplung, Zweitor

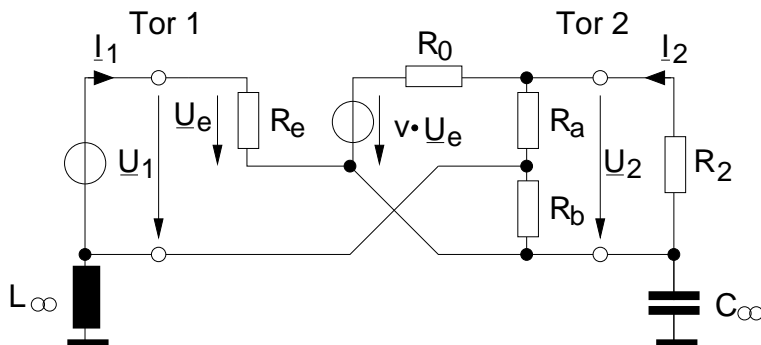


Abbildung 4: Kleinsignalersatzschaltbild einer rückgekoppelten Transistorschaltung.

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 4. Darin können ωC_∞ und ωL_∞ für alle Betriebsfrequenzen als unendlich groß angenommen werden.

- 1) Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild der Schaltung. Zeigen Sie z.B. mit Hilfe der Methode des Überknotens (Hülle) daß die Torbedingungen für Tor 1 und 2 erfüllt sind.
- 2) Formen Sie das Wechselstromersatzschaltbild für eine Berechnung mit einem Haupt- und einem Rückkopplungszweitor um. Ordnen Sie dazu R_a und R_b dem Rückkopplungszweitor und die restlichen Bauelemente zwischen Tor 1 und 2 dem Hauptzweitor zu.
- 3) Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich? Wählen Sie eine für die Art der Rückkopplung geeignete Matrixendarstellung aus. Begründen Sie Ihre Entscheidung!
- 4) Bestimmen Sie die Elemente der Matrix des Haupt- und des Rückkopplungszweitors, sowie die Elemente der daraus resultierenden Matrix der Gesamtschaltung.
- 5) Bestimmen Sie die die Eingangswiderstände $R_{e1} = \left. \frac{U_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$ und $R_{e2} = \left. \frac{U_1}{I_1} \right|_{U_2=0}$ mit Hilfe der Matrixendarstellung.
- 6) Welche der beiden Eingangsimpedanzen R_{e1} oder R_{e2} wird durch die Rückkopplung am stärksten beeinflusst?

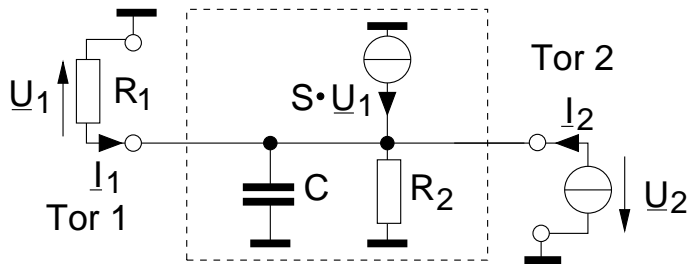
Aufgabe 5 (10 Punkte): Stabilität, Netzwerk

Abbildung 5: Kleinsignalersatzschaltbild einer Verstärkerschaltung mit Stromeinspeisung am Ausgangstor.

Gegeben ist das Kleinsignalersatzschaltbild einer Verstärkerschaltung mit reellwertiger Steilheit S in Abbildung 5, deren Stabilität zu untersuchen ist.

1) Analysieren Sie die Stabilität der Schaltung durch Betrachtung der Pole der Wirkungsfunktion (Ausgangsimpedanz) $Z_a = \frac{U_2}{I_2}$ der Schaltung. Geben Sie eine Bedingung an, unter der die Schaltung stabil ist.

2) Betrachtet wird die Impulsantwort der Schaltung bei Anregung durch die Quelle I_2 im Zeitbereich. Skizzieren Sie qualitativ für den Fall, dass die Stabilitätsbedingung unter Aufgabenpunkt 1) nicht erfüllt ist, den Verlauf der Spannung $u_2(t)$ an Tor 2 im Zeitbereich. Geben Sie die Zeitkonstante an, mit der die Amplitude von $u_2(t)$ über der Zeit anwächst.

Hinweis: Das Ergebnis kann mit Hilfe des Heavisideschen Entwicklungssatzes einfach hergeleitet werden.

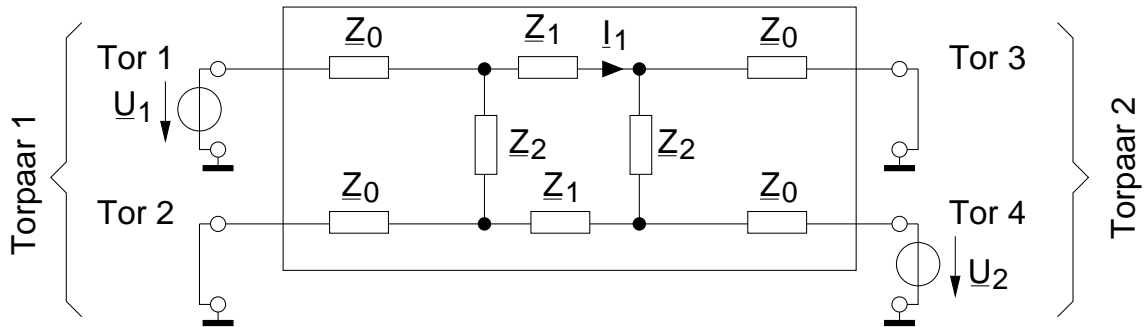
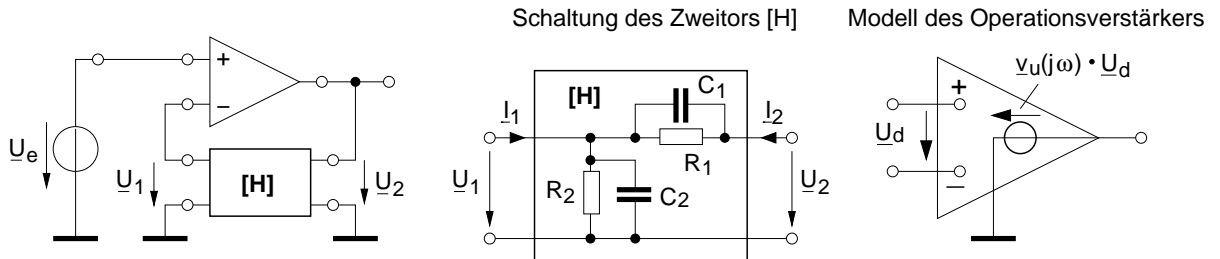
Aufgabe 6 (12 Punkte): Gleichtakt- Gegentaktzerlegung

Abbildung 6: Symmetrisches Netzwerk mit unsymmetrischer Ansteuerung an zwei Torpaaren.

Für das symmetrische Netzwerk mit unsymmetrischen Ansteuerungen in Abb. 6 soll mit Hilfe der Gleichtakt-, Gegentakt-Zerlegung der Strom \underline{I}_1 berechnet werden. Hinweis: Die Ansteuerungen an beiden Torpaaren können bei Bedarf getrennt betrachtet und mittels Überlagerungssatz kombiniert werden.

- 1) Stellen Sie die unsymmetrische Ansteuerung an jedem der beiden Torpaaren äquivalent durch eine Überlagerung von Gleichtakt- und Gegentaktquellen dar. Bestimmen Sie die Phasoren der vier ansteuernden Gleich- und Gegentaktquellen in Abhängigkeit von \underline{U}_1 und \underline{U}_2 .
- 2) Die Ansteuerungen an den Torpaaren werden getrennt betrachtet. Zeichnen Sie für die Ansteuerungen die jeweiligen einphasigen Gleich- und Gegentaktersatzschaltbilder des Netzwerks, die die zu überlagernden Anteile von \underline{I}_1 führen (insgesamt vier Ersatzschaltbilder).
- 3) Berechnen Sie für den Fall $\underline{U}_1 = -\underline{U}_2$ den Strom \underline{I}_1 durch die Impedanz \underline{Z}_1 mit Hilfe der Gleich- und Gegentaktersatzschaltbilder aus Aufgabenpunkt 2).

Aufgabe 7 (16 Punkte): Operationsverstärker, Bode-Diagramm.



Gegeben ist die links gezeigte Operationsverstärkerschaltung mit Rückkopplung durch das, in der Mitte dargestellte Zweitor mit der Hybridparametermatrix $[H]$. Das Modell des Operationsverstärkers ist auf der rechten Seite dargestellt.

1) Bestimmen Sie allgemein die Verstärkung $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_e(j\omega)}$ der Schaltung in Abhängigkeit der komplexen Verstärkung $\underline{v}_u(j\omega)$ des Operationsverstärker-Modells und des Parameters $\underline{H}_{12}(j\omega)$ des Rückkopplungszweiters. Erläutern Sie in diesem Zusammenhang, warum die Parameter \underline{H}_{11} , \underline{H}_{21} und \underline{H}_{22} nicht in die Verstärkung $\underline{F}(j\omega)$ eingehen.

2) Wie groß ist $\underline{F}(j\omega)$ wenn gilt $|\underline{v}_u| \rightarrow \infty$?

3) Bestimmen Sie den Parameter $\underline{H}_{12}(j\omega) = \left. \frac{\underline{U}_1}{\underline{U}_2} \right|_{I_1=0}$ aus der Schaltung des Rückkopplungszweiters $[H]$ (Abbildung oben, Mitte). Formen Sie den Ausdruck so um, dass er für die Darstellung im Bode-Diagramm geeignet ist (d.h. der Gestalt $H_{12}(1 + \frac{j\omega}{\omega_{z1}}) (1 + \frac{j\omega}{\omega_{z2}}) \dots (1 + \frac{j\omega}{\omega_{n1}})^{-1} (1 + \frac{j\omega}{\omega_{n2}})^{-1} \dots$), $H_{12} = const.$.

Im Folgenden gilt $R_1 = R_2$ und $\underline{v}_u(j\omega) = v_0 = 2000$

4) Zeichnen Sie den Verlauf von Betrag und Phase der Schleifenverstärkung der Operationsverstärkerschaltung für die drei Fälle $C_2 = 19 C_1$, $C_2 = C_1$ und $C_2 = 0$ in das Bode Diagramm auf der nächsten Seite ein. Verwenden Sie dazu die Definition $\omega_0 = (R_1 C_1)^{-1}$

Für die Verstärkung des Operationsverstärkers gilt nun $\underline{v}_u(j\omega) = \frac{v_0}{(1 + \frac{j\omega}{\omega_1}) (1 + \frac{j\omega}{\omega_2}) \dots (1 + \frac{j\omega}{\omega_N})}$.

5) Erläutern Sie, welcher der drei Fälle in Aufgabe 4) hinsichtlich der Verschlechterung der Stabilität durch den Tiefpaßcharakter von $\underline{v}_u(j\omega)$ am kritischsten zu bewerten ist.

6) Die Anzahl N der Tiefpaßterme von $\underline{v}_u(j\omega)$ ist unbekannt und Sie haben die Möglichkeit C_1 und C_2 beliebig (≥ 0) zu dimensionieren. Welche Wahl treffen Sie, wenn gefordert ist, dass die Schaltung unabhängig von N , mindestens eine Phasenreserve von 90° aufweisen soll. Begründen Sie Ihre Wahl.

Bode Diagramm Vorlage

