

Name
Vorname
Matrikelnummer
Studiengang (Semester)

Wichtige Hinweise zur Bearbeitung

Die Bearbeitungszeit der Aufgaben beträgt **120 Minuten**. Es sind **alle Hilfsmittel** erlaubt, mit Ausnahme elektronischer Geräte, die zur Kommunikation verwendet werden können. Dazu gehören zum Beispiel: Laptops, PDAs, Handys, etc.

Gewertet werden nur Lösungen mit **vollständigem Lösungsweg** und Begründung.

Verwenden Sie bitte für jede Aufgabe ein eigenes Lösungsblatt, das Sie mit Ihrem **Namen, Ihrer Matrikelnummer und der Nummer** der darauf bearbeiteten Aufgabe versehen.

In etwa die Hälfte der mittleren Gesamtpunktzahl von sechs Aufgaben ist zum Bestehen erforderlich.

Beachten Sie bitte die an jeder Aufgabe **angegebene Punktzahl**. Sie ist ein Anhaltspunkt für die Schwierigkeit und den erforderlichen Arbeitsaufwand.

Heften Sie bitte **alle** Aufgaben- und Lösungsblätter, die Sie abgeben, zusammen.

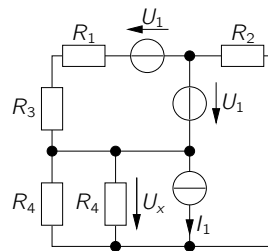
Auswertung Ihrer Klausur

A1	/ 9 P	A2	/ 12 P	A3	/ 10 P	A4	/ 14 P	A5	/ 12 P
A6	/ 9 P	A7	/ 10 P						

Σ / 76 P — Note

Aufgabe 1) Netzwerkberechnung

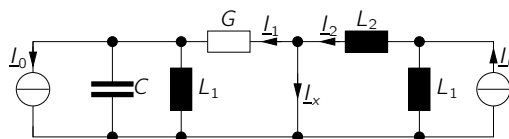
Punkte: / 9

**Abbildung 1:** Zu berechnende Schaltung.

- Geben Sie für die in Abb. 1 dargestellte Schaltung einen Baum und den zugehörigen Co-Baum an.
- Ermitteln Sie eine Gleichung für U_x in Abhängigkeit von U_1 und I_1 . Verwenden Sie hierzu eine Methode Ihrer Wahl.
- Berechnen Sie die gesamte Verlustleistung P_Σ der Schaltung.

Aufgabe 2) Komplexe Rechnung, Ortskurve

Punkte: / 12

**Abbildung 2:** Zu untersuchendes Netzwerk mit den Strömen I_0 , I_1 , I_2 und I_x .

Gegeben ist das Netzwerk in Abb. 2. Es gilt $I_0 \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$.

a) Berechnen Sie die Wirkungsfunktionen

$$\frac{I_1}{I_0} \quad \text{und} \quad \frac{I_2}{I_0}.$$

- b) Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Ortskurve des Stroms I_1 im Bereich $0 \leq \omega < \infty$. Markieren Sie die Punkte, bei denen Real- und Imaginärteil ihre Maximal- und Minimalwerte besitzen und geben Sie Ausdrücke für die zugehörigen Ströme an. Geben Sie zusätzlich die Frequenz an, bei der der Realteil maximal wird.
- c) Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurve des Stroms I_2 im Frequenzbereich $0 < \omega < \infty$.
- d) Geben Sie eine Formel für I_2 an, so dass für den Betrag $|I_x| = |I_2 - I_1| = \text{const.}$ gilt (d. h. keine Frequenzabhängigkeit).
- e) Konstruieren Sie mit Hilfe der Ergebnisse aus den Aufgabenteilen b), c) und d) die Ortskurve von I_x .

Aufgabe 3) Schaltungsdimensionierung

Punkte: / 10

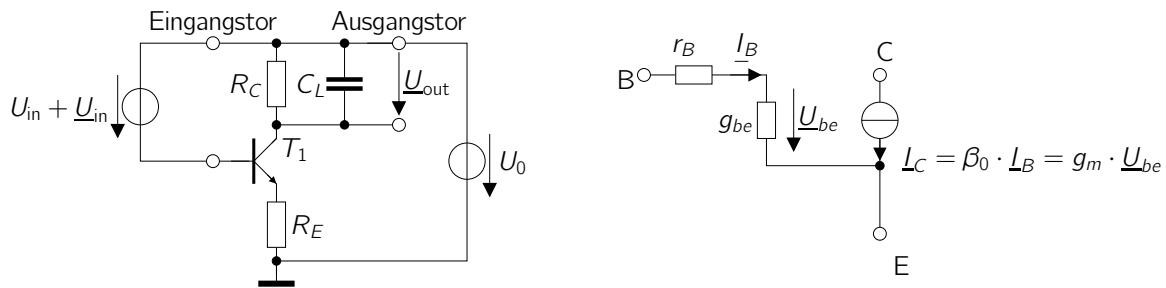


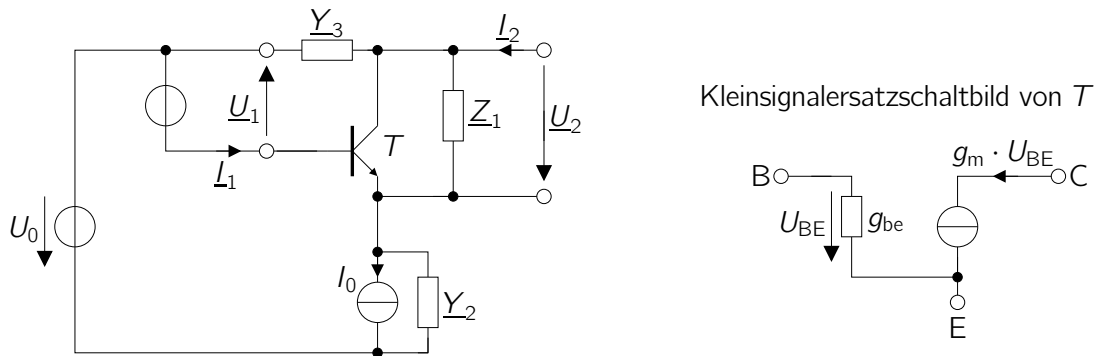
Abbildung 3: Links: Zu berechnende Schaltung. Rechts: Kleinsignal-Ersatzschaltbild des Transistors T_1 .

Gegeben ist die in Abb. 3 gezeigte Schaltung. Das Eingangssignal $U_{in} + \underline{U}_{in}$ weist einen Gleichanteil U_{in} und einen Wechselanteil \underline{U}_{in} auf.

- Bestimmen Sie unter der Annahme, dass die Basis-Emitter-Spannung im Arbeitspunkt $U_{BE} = U_{BE0}$ bekannt ist und der Basisstrom von T_1 vernachlässigt werden kann, den Kollektorstrom I_C des Transistors im Arbeitspunkt (Formel). Leiten Sie aus der Formel für I_C die Steilheit g_m des Transistors ab.
- Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild der Schaltung. Um welche Grundschaltung handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Berechnen Sie allgemein die Spannungsübertragungsfunktion $\underline{V}_u = \frac{\underline{U}_{out}}{\underline{U}_{in}}$ der Schaltung unter Berücksichtigung des Basisstroms. Sie können mit den Näherungen des T-Operator-Ersatzschaltbildes rechnen.
- Im Folgenden sei $R_E = r_E + r_B/\beta$ und $R_C = R_E$. Bestimmen Sie den Wert der Spannungsübertragungsfunktion im Gleichstromfall, d.h. $V_u(0) = \left. \frac{U_{out}}{U_{in}} \right|_{\omega=0}$.
Bei welcher Frequenz ω_0 liegt von diesem Wert $V_u(0)$ ausgehend die -3dB Grenzfrequenz ω_0 von V_u , d.h. $|\underline{V}_u(\omega_0)| = V_u(0)/\sqrt{2}$?

Aufgabe 4) Zweitor-Rechnung

Punkte: / 14

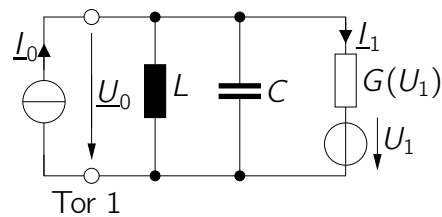
**Abbildung 4:** Transistorschaltung und Kleinsignalersatzschaltbild des Transistors.

Gegeben ist die Schaltung in Abb. 4 links mit den Gleichstrom- und -spannungsquellen U_0 und I_0 , sowie der Wechselspannungsansteuerung durch \underline{U}_1 . Für den Transistor T gilt das auf der rechten Seite dargestellte Kleinsignalersatzschaltbild.

- Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild der dargestellten Transistorschaltung.
- Formen Sie das Wechselstromersatzschaltbild der Transistorschaltung für eine Berechnung mit einem Haupt- und einem Rückkopplungszweitor um. Ordnen Sie dazu den Transistor T , sowie die Impedanz \underline{Z}_1 dem Hauptzweitor und die restlichen Bauelemente ($\underline{Y}_2, \underline{Y}_3$) dem Rückkopplungszweitor zu.
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus dem vorangegangenen Aufgabenpunkt. Verwenden Sie dazu das Transistor-Ersatzschaltbild aus Abb. 4 rechts.
- Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich?
 - Wählen Sie eine für die Art der Rückkopplung geeignete Matrixendarstellung aus. Begründen Sie Ihre Entscheidung!
- Bestimmen Sie die Elemente der Matrix von Haupt- und Rückkopplungszweitor anhand des Kleinsignalersatzschaltbildes. Bestimmen Sie die Elemente der Matrix der Gesamtschaltung.
- Bestimmen Sie die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_1 = \left. \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} \right|_{\underline{I}_2=0}$ mit Hilfe der Matrixendarstellung.

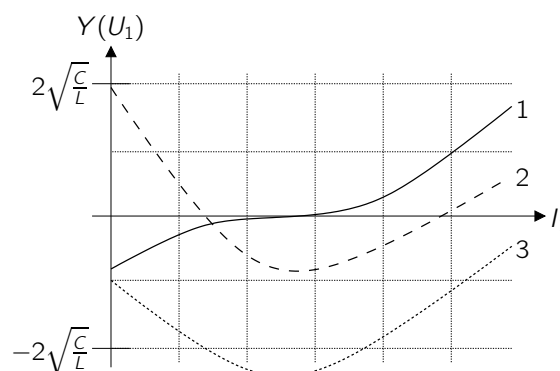
Aufgabe 5) Stabilität, Netzwerktheorie

Punkte: / 12

**Abbildung 5.1:** Zu untersuchende Schaltung.

Gegeben ist der Parallelschwingkreis in Abb. 5.1, dessen Dämpfung durch den gesteuerten Leitwert $G(U_1)$ einstellbar ist. Die Steuerung von $G(U_1)$ erfolgt mit Hilfe der Konstantspannungsquelle U_1 (ohne Wechselspannungsanteil). Der Parallelschwingkreis wird durch die Quelle I_0 angeregt. Die Reaktanzen L und C sind positiv reellwertig.

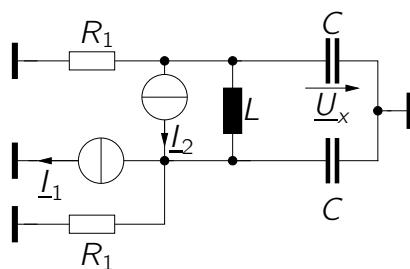
- Zur folgenden Stabilitätsanalyse wird die Wirkungsfunktion $Z_{in} = \frac{U_0}{I_0}$ (Eingangsimpedanz) betrachtet. Bestimmen Sie diese.
- Definieren Sie eine weitere beliebige Wirkungsfunktion des Netzwerks, die ebenfalls zur Stabilitätsanalyse herangezogen werden könnte. Erläutern Sie ihre Wahl.
Hinweis: Die gefundene Wirkungsfunktion soll nicht berechnet werden.
- Berechnen Sie die Polstellen der Eingangsimpedanz Z_{in} und bestimmen sie die Grenzwerte von $G(U_1)$, zwischen denen eine aufklingende sinusförmige Schwingung entsteht.
- Markieren Sie in Abb. 5.2 die Bereiche der drei gezeigten Kennlinien von $G(U_1)$, in denen das in c) gewünschte Verhalten auftritt.

**Abbildung 5.2:** Kennlinie der Dämpfung $G(U_1)$.

- $i_0(t)$ und $u_0(t)$ seien entsprechend Abb. 5.1 die Zeitbereichsgrößen von I_0 und U_0 . Geben Sie eine Formel an, mit deren Hilfe die Eingangsspannung $u_0(t)$ für eine diracförmige Anregung $i_0(t) = \delta(t)$ beschrieben wird (Heavisidescher Entwicklungssatz). Erläutern Sie, welche Terme dieser Formel das Aufklingen und die sinusförmige Schwingung beschreiben.

Aufgabe 6) *Gleichtakt-/Gegentaktzerlegung*

Punkte: / 9

**Abbildung 6:** Zu analysierende Schaltung.

Gegeben ist das in Abb. 6 dargestellte Netzwerk mit den Quellen I_1 und I_2 . Mit Hilfe der Gleichtakt-, Gegentaktzerlegung soll die Spannung \underline{U}_x bestimmt werden.

- Stellen Sie die Ansteuerung in Abb. 6 äquivalent durch eine Überlagerung von Gleichtakt- und Gegentaktquellen dar. Gegebenenfalls ist es hierzu hilfreich, zunächst äquivalente Umformungen an den Quellen I_1 und I_2 durchzuführen. Bestimmen Sie die Phasoren der ansteuernden Gleich- und Gegentaktquellen in Abhängigkeit von I_1 und I_2 .
- Zeichnen Sie das einphasige Gegentakt- und das einphasige Gleichtakt-Ersatzschaltbild des Netzwerks.
- Bestimmen Sie anhand der Überlagerung der Ergebnisse von Gleich- und Gegentakt-Ersatzschaltung die Spannung \underline{U}_x in Abhängigkeit von I_1 und I_2 .

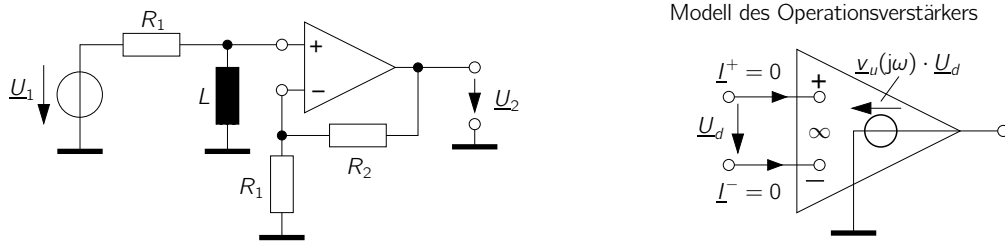
Aufgabe 7) Frequenzgang, Operationsverstärker, Bode-Diagramm Punkte: / 10

Abbildung 7.1: Links: zu analysierende Operationsverstärker-Schaltung. Rechts: Modell des Operationsverstärkers.

Gegeben ist die in Abb. 7.1 links gezeigte Verstärkerschaltung bestehend aus einem Hochpass mit L und R_1 sowie einem nicht-invertierend beschalteten Operationsverstärker. Das Modell des Operationsverstärkers, der eine frequenzabhängige Verstärkung $\underline{v}_u(j\omega)$ aufweist, ist auf der rechten Seite dargestellt.

- Bestimmen Sie allgemein den Frequenzgang $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)}$ der Schaltung.
- Welchen Wert nimmt $\underline{F}(j\omega)$ für den Sonderfall $|\underline{v}_u(j\omega)| \rightarrow \infty$ an?

Für den Operationsverstärker gilt im Folgenden

$$\underline{v}_u(j\omega) = \frac{v_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}}$$

- Setzen Sie die frequenzabhängige Verstärkung des Operationsverstärkers sowie die folgenden Werte in den Frequenzgang $\underline{F}(j\omega)$ aus Aufgabenteil a) ein und bringen Sie die so erhaltene Funktion durch Faktorisierung auf eine Form von der Sie das Bodediagramm leicht ableiten können.

$$R_1 = 99 \Omega, \quad R_2 = 901 \Omega,$$

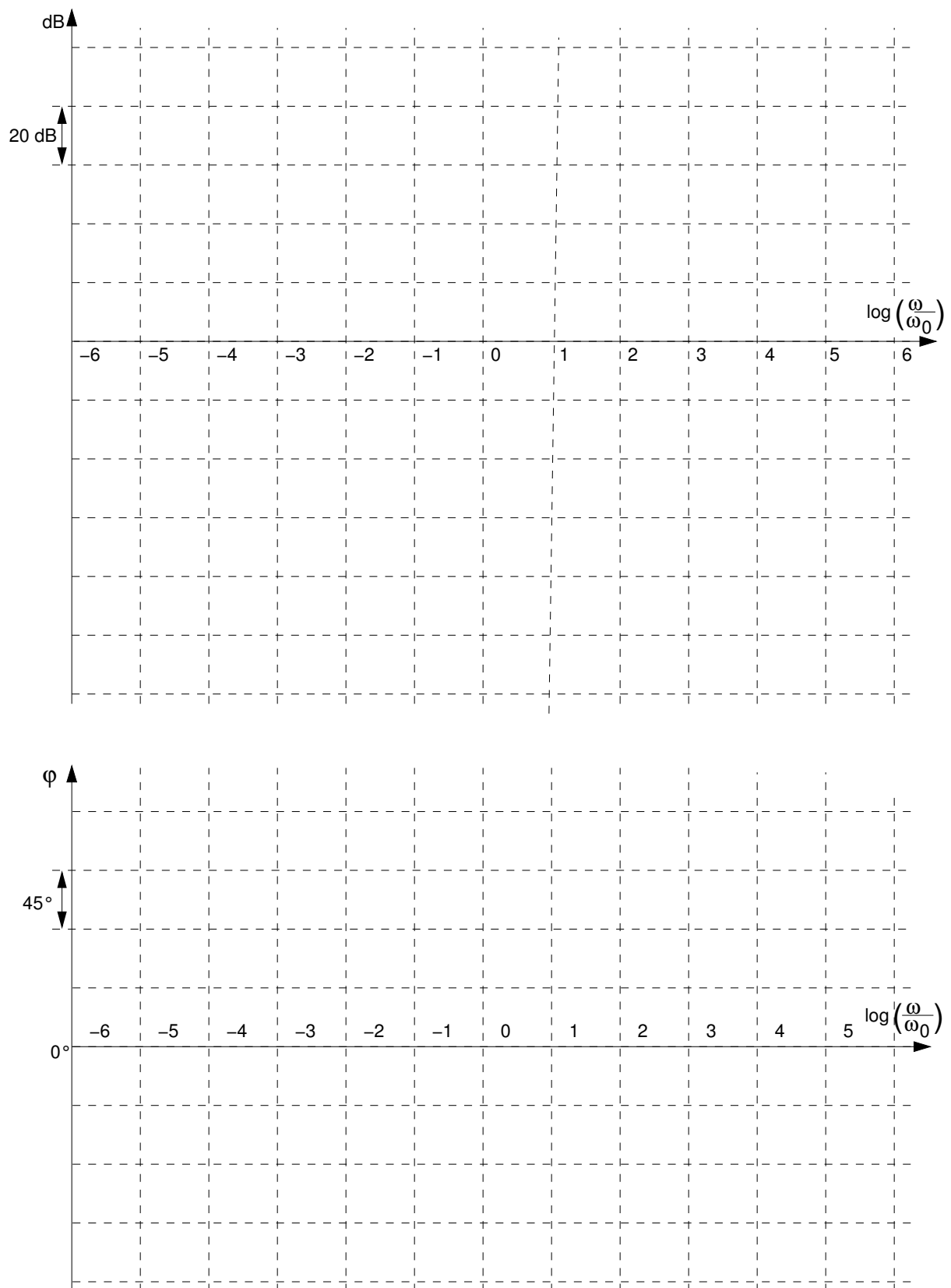
$$L = \frac{R_1}{\omega_0}, \quad v_0 = 1000.$$

- Zeichnen Sie Betrag und Phase von $\underline{F}(j\omega)$ aus Aufgabenteil c) in das Bode-Diagramm auf der nächsten Seite (Abb. 7.2) ein. Falls Sie die vorangegangenen Aufgabenteile nicht lösen konnten, verwenden Sie hierfür und im Folgenden

$$\underline{F}(j\omega) = 10 \frac{\frac{j\omega}{\omega_0}}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}} \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{100\omega_0}}$$

Markieren und geben Sie den Wert für den maximal über der Frequenz erreichten Betrag an der Betragsachse an.

- Bei welchen (Winkel-)Frequenzen ω schneidet der Betragsgang die 0-dB-Achse?

**Abbildung 7.2:** Bode-Diagramm.