

Name
Vorname
Matrikelnummer
Studiengang

Wichtige Hinweise zur Bearbeitung

Die Bearbeitungszeit der Aufgaben beträgt **60 Minuten**. Es sind **alle Hilfsmittel** erlaubt, mit Ausnahme elektronischer Geräte, die zur Kommunikation verwendet werden können. Dazu gehören zum Beispiel: Laptops, Handys, e-Book-Reader, Smart-Watches 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. Verwenden Sie ausschließlich das vom Lehrstuhl gestellte Papier.

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

Auswertung Ihrer Klausur

A1	/ 14 P	A2	/ 12 P	A3	/ 14 P	A4	/ 13 P
-----------	--------	-----------	--------	-----------	--------	-----------	--------

Σ / 53 P — Note

Aufgabe 1) Zweitor-Rechnung

Punkte: / 14

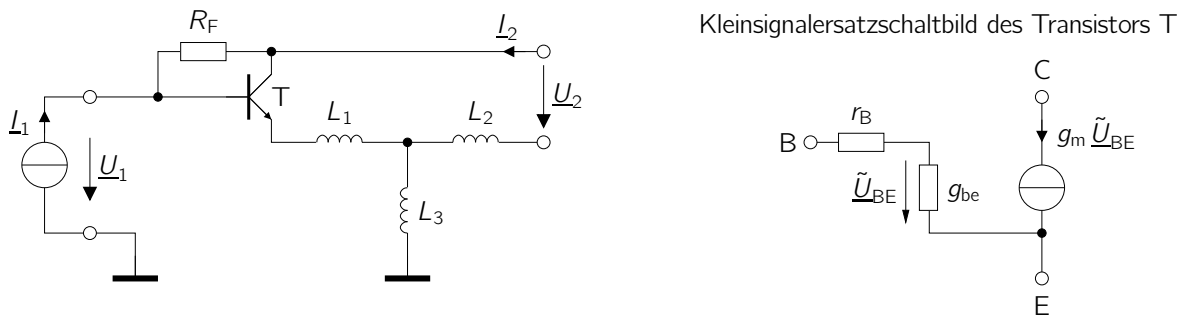


Abbildung 1: Wechselstromersatzschaltbild einer Transistorschaltung und Kleinsignalersatzschaltbild des zugehörigen Transistors.

Gegeben ist in Abb. 1 links das Wechselstromersatzschaltbild einer Transistorschaltung. Die Schaltung wird mit der Stromquelle I_1 angesteuert. Für den Transistor T gilt das auf der rechten Seite dargestellte Kleinsignalersatzschaltbild.

- Formen Sie das Wechselstromersatzschaltbild der Transistorschaltung (Abb. 1 links) für eine Berechnung mit einem Haupt- und einem Rückkopplungszeitor um. Ordnen Sie dazu den Transistor T **sowie den Widerstand R_F** dem Hauptzeitor und die Induktivitäten L_1 , L_2 und L_3 dem Rückkopplungszeitor zu.
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus dem vorangegangenen Aufgabenpunkt. Verwenden Sie dazu das Transistor-Kleinsignalersatzschaltbild aus Abb. 1 rechts.
- Beantworten Sie anhand des Kleinsignalersatzschaltbildes folgende Fragen.
 - Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich?
 - Welche Matrizendarstellung eignet sich für diese Art der Rückkopplung? Begründen Sie Ihre Entscheidung!
- Bestimmen Sie die Elemente der Matrix von Haupt- und Rückkopplungszeitor anhand des Kleinsignalersatzschaltbildes. Bestimmen Sie die Elemente der Matrix der Gesamtschaltung.
- Bestimmen Sie die Verstärkung $\underline{V} = \frac{U_2}{I_1} \Big|_{I_2=0}$ mit Hilfe der Matrizendarstellung.

Aufgabe 2) Stabilität, Netzwerktheorie

Punkte: / 12

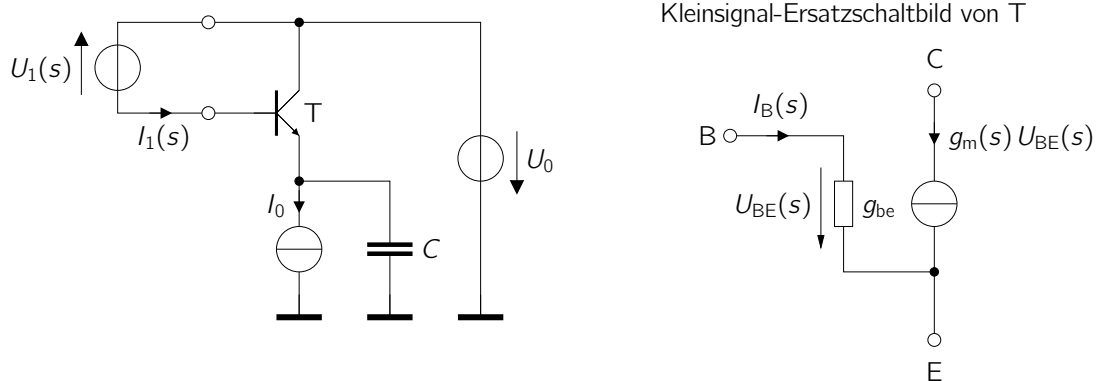


Abbildung 2: Links: Zu untersuchende Schaltung. Rechts: Kleinsignal-Ersatzschaltbild des Transistors T.

Gegeben ist die Schaltung aus Abb. 2 links. Das Kleinsignalersatzschaltbild des Transistors T ist rechts dargestellt. Die Quellen U_0 und I_0 sind reine Gleichspannungs- bzw. -stromquellen zur Versorgung der Schaltung. Als Anregung dient die Wechselspannungsquelle $U_1(s)$.

Es gilt:

$$g_m(s) := \frac{g_{m0}}{1 + \frac{s}{\omega_0}}$$

mit

$$g_{m0}, \omega_0 \in \mathbb{R} > 0$$

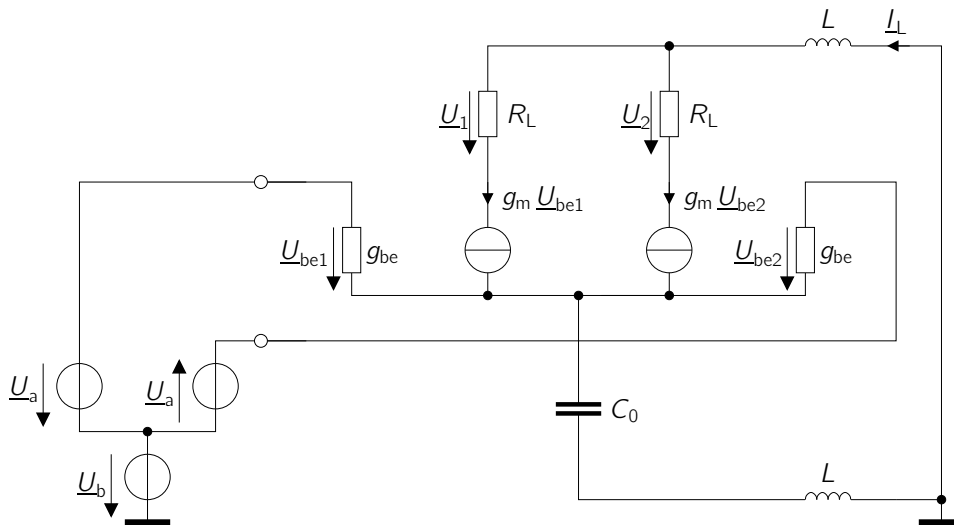
und

$$C > 0.$$

- Zeichnen Sie das Wechselstrom-**Kleinsignal**-Ersatzschaltbild der Schaltung aus Abb. 2 links.
- Bestimmen Sie für die folgende Stabilitätsanalyse die Wirkungsfunktion $Y_1(s) = \frac{I_1(s)}{U_1(s)}$.
- Würde sich zur Analyse der Stabilität der Schaltung aus Abb. 2 links auch die Wirkungsfunktion $Z_1(s) = \frac{U_1(s)}{I_1(s)}$ eignen? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Berechnen Sie die Polstelle(n) der Wirkungsfunktion $Y_1(s)$ aus Aufgabenteil b).
- In welchem Wertebereich (in Abhängigkeit der übrigen Bauteilparameter) muss sich C befinden, damit die Schaltung stabil ist?

Aufgabe 3) *Gleichtakt-/Gegentaktzerlegung*

Punkte: / 14

**Abbildung 3:** Zu berechnende Schaltung.

Gegeben ist die Schaltung aus Abb. 3, welche mit den Spannungsquellen \underline{U}_a und \underline{U}_b angesteuert wird. Die Schaltung verfügt über zwei gesteuerte Stromquellen ($g_m \underline{U}_{be1}$ und $g_m \underline{U}_{be2}$), wobei $g_m \in \mathbb{R} > 0$.

- Bilden Sie die Ansteuerung in Abb. 3 äquivalent durch eine Überlagerung von Gleichtakt- und Gegentaktspannungsquellen nach. Bestimmen Sie die Phasoren der ansteuernden Gleich- und Gegentaktspannungsquellen in Abhängigkeit von \underline{U}_a und \underline{U}_b .
- Zeichnen Sie das einphasige Gegentakt- und das einphasige Gleichtakt-Ersatzschaltbild des Gesamtnetzwerks.
- Bestimmen Sie anhand der Überlagerung der Ergebnisse von Gleich- und Gegentakt-Ersatzschaltung die Spannung \underline{U}_1 in Abhängigkeit von \underline{U}_a , \underline{U}_b und den Bauteilparametern.
- Bestimmen Sie anhand der Überlagerung der Ergebnisse von Gleich- und Gegentakt-Ersatzschaltung den Strom \underline{I}_L durch die Induktivität L in Abhängigkeit von \underline{U}_a , \underline{U}_b und den Bauteilparametern.

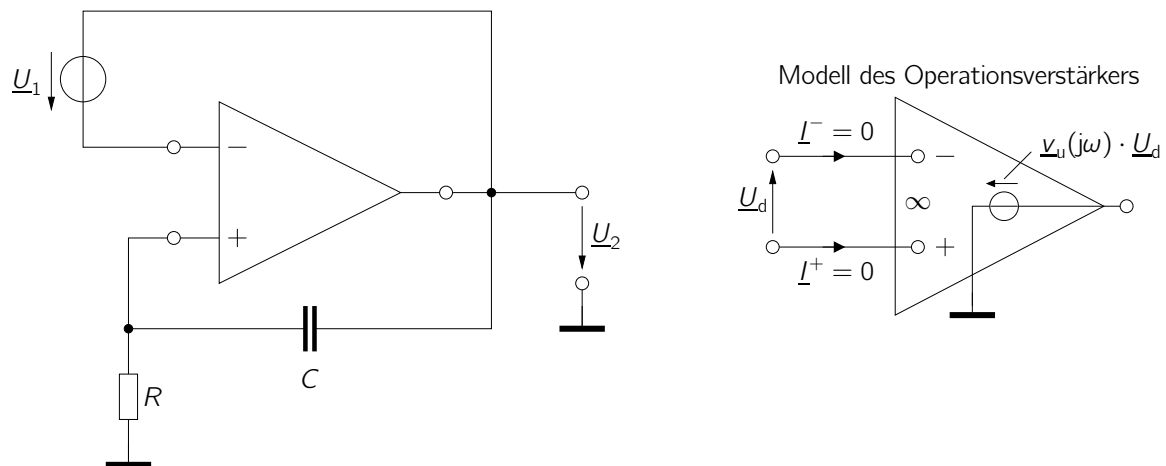
Aufgabe 4) Frequenzgang, Operationsverstärker, Bode-Diagramm Punkte: / 13

Abbildung 4.1: Links: zu analysierende Operationsverstärker-Schaltung. Rechts: Modell des Operationsverstärkers.

Gegeben ist die in Abb. 4.1 links gezeigte Operationsverstärkerschaltung. Das Modell des Operationsverstärkers, der eine frequenzabhängige Verstärkung $v_u(j\omega)$ aufweist, ist auf der rechten Seite dargestellt.

- Bestimmen Sie allgemein den Frequenzgang $\underline{F}(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)}$ der Schaltung.
- Welchen Wert nimmt $\underline{F}(j\omega)$ für den Sonderfall $|v_u(j\omega)| \rightarrow \infty$ an?
- Gehen Sie davon aus, dass der Sonderfall aus b) äquivalent zu einer unendlich hohen Verstärkung \underline{F}_a des Hauptweiters in der Darstellung

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

ist und bestimmen Sie auf diese Weise \underline{F}_2 . Geben Sie außerdem \underline{F}_a und die Schleifenverstärkung \underline{F}_0 an.

Für den Operationsverstärker gilt im Folgenden:

$$v_u(j\omega) = \frac{v_0}{\left(1 + \frac{j\omega}{10\omega_0}\right)\left(1 + \frac{j\omega}{1000\omega_0}\right)} \quad \text{mit } v_0, \omega_0 \in \mathbb{R} > 0.$$

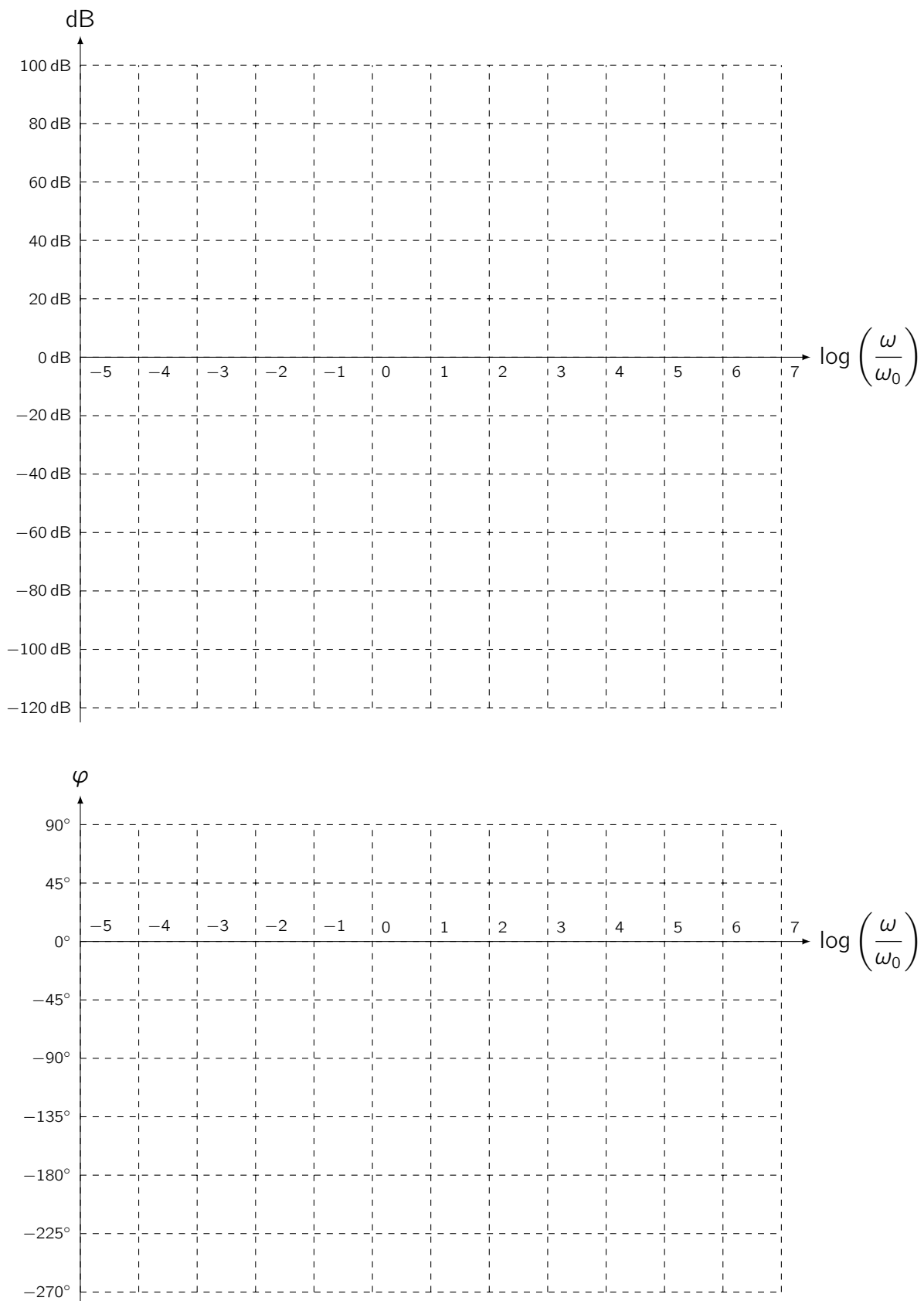
Falls Sie Aufgabenpunkt c) nicht lösen konnten, verwenden Sie für die Schleifenverstärkung

$$\underline{F}_0 = \frac{1}{a} \frac{v_u(j\omega)}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}} \quad \text{mit } a \in \mathbb{R} > 0.$$

- Zeichnen Sie Betrag und Phase der Schleifenverstärkung \underline{F}_0 für $RC = \frac{1}{\omega_0}$ in das Bode-Diagramm auf der nächsten Seite (Abb. 4.2) ein. Dabei soll gelten

$$|\underline{F}_0(\omega \rightarrow 0)|_{\text{dB}} = 80 \text{ dB}. \quad (1)$$

- Geben Sie eine Bedingung für die Bauteilparameter an, sodass (1) erfüllt ist.
- Was ist über die Stabilität der Schaltung zu sagen? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Bestimmen Sie v_0 so, dass eine Phasenreserve von 45° vorliegt.

**Abbildung 4.2:** Bode-Diagramm.