

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.

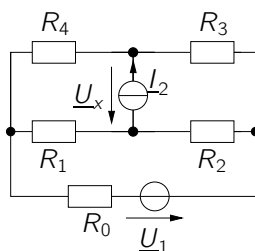
### Auswertung Ihrer Klausur

---

<b>A1</b>	/ 12 P	<b>A2</b>	/ 13 P	<b>A3</b>	/ 11 P	<b>A4</b>	/ 14 P
-----------	--------	-----------	--------	-----------	--------	-----------	--------

---

$\Sigma$  / 50 P — Note

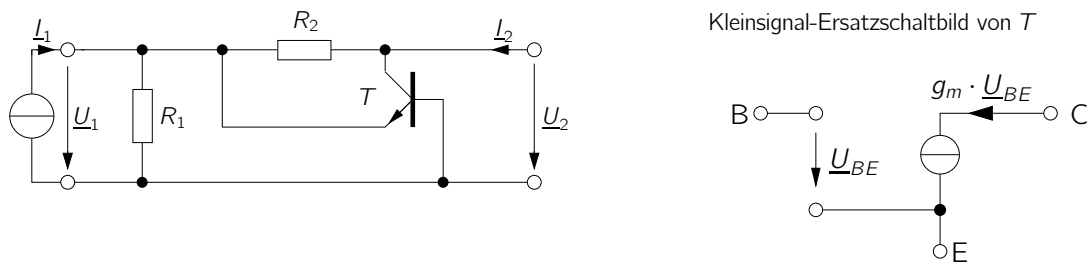
**Aufgabe 1)** Elementare Netzwerkberechnung, äquivalente Umformung Punkte: / 12**Abbildung 1:** Zu berechnendes Netzwerk.

Gegeben ist das Netzwerk in Abb. 1, in dem die Spannung  $\underline{U}_x$  zu berechnen ist.

- Zeichnen Sie den Graphen, sowie Baum und Co-Baum des Netzwerks in Abb. 1 und nummerieren Sie die Knoten und Zweige. Jeder Zweig darf maximal ein Bauelement und eine begleitende Quelle enthalten.
- Stellen Sie die Knoteninzidenzmatrix  $[A_g]$  des umgeformten Netzwerks auf.
- Wählen Sie einen Bezugsknoten und leiten Sie die Knotenadmittanzmatrix  $[\underline{Y}_n]$  sowie den Vektor der Knotenströme  $[\underline{I}_{qn}]$  des Netzwerks formal mit Hilfe der Knoteninzidenzmatrix her. Verwenden Sie dazu die Diagonal-Matrix  $[\underline{Y}]$  welche die Bauelemente des Netzwerks beinhaltet.
- Geben Sie mit Hilfe der Ergebnisse aus Aufgabenteil c) einen Ausdruck zur Berechnung der Spannung  $\underline{U}_x$  an.

**Aufgabe 2) Zweitor-Rechnung**

Punkte: / 13

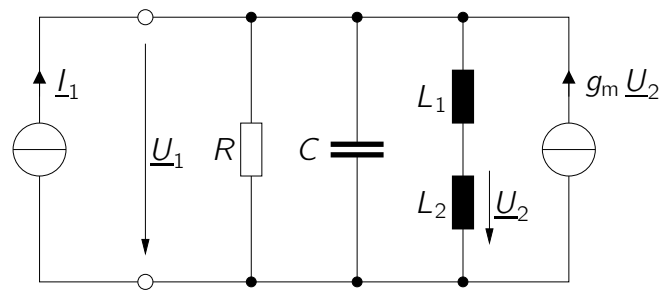
**Abb. 4:** Transistorschaltung und Kleinsignalersatzschaltbild des Transistors.

Gegeben ist die Schaltung in Abb. 4 links. Für den Transistor  $T$  gilt das auf der rechten Seite dargestellte Kleinsignalersatzschaltbild.

- Formen Sie die Transistorschaltung für eine Berechnung mit einem Haupt- und einem Rückkopplungszweitor um. Ordnen Sie dazu den Transistor  $T$  dem Hauptzweitor und die restlichen Bauelemente dem Rückkopplungszweitor zu. Das Zweitor wird durch die Quelle  $I_1$  angesteuert.
- Ersetzen Sie in der Schaltung aus Aufgabenteil a) den Transistor durch das in Abb. 4 rechts angegebene Ersatzschaltbild.
- Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich?
  - Wählen Sie eine für die Art der Rückkopplung geeignete Matrizendarstellung 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 Transimpedanz  $\underline{Z}_T = \frac{U_2}{I_1} \Big|_{I_2=0}$  mit Hilfe der Matrizendarstellung.
- Interpretieren Sie das Ergebnis für die Transimpedanz  $\underline{Z}_T$  aus Aufgabenteil e) hinsichtlich des Einflusses von  $R_2$ .

**Aufgabe 3)** Stabilität, Netzwerktheorie

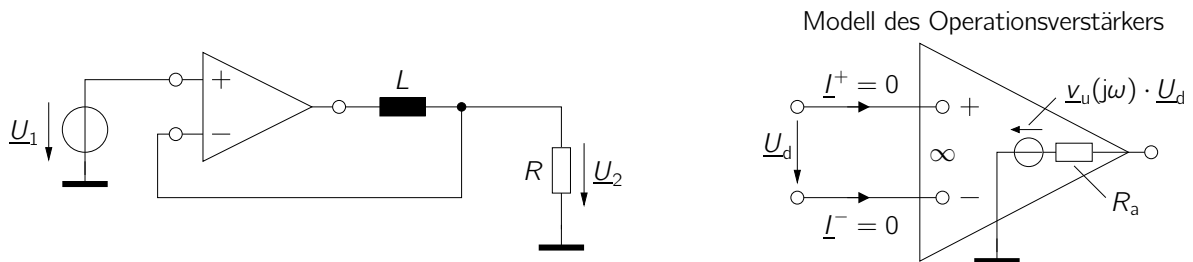
Punkte: / 11

**Abbildung 3:** Zu untersuchende Schaltung.

Gegeben ist die Schaltung aus Abb. 3, welche einen Oszillator darstellt. Die Stromquelle  $I_1$  ist eine Hilfsquelle zum Anregen der Oszillation.

Es gilt:  $R, C, L_1, L_2, g_m \in \mathbb{R} > 0$ .

- Bestimmen Sie für die folgende Stabilitätsanalyse die Wirkungsfunktion  $\underline{Z}_1(s) = \frac{U_1(s)}{I_1(s)}$ .
- Würde sich zur Analyse der Stabilität der *Gesamtschaltung* aus Abb. 3 auch die Übertragungsfunktion  $\underline{Z}_2(s) = \frac{U_2(s)}{I_1(s)}$  eignen? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Berechnen Sie die Polstelle(n) der Wirkungsfunktion  $\underline{Z}_1(s)$  aus Aufgabenteil a) und ermitteln Sie Bedingung(en) für die Bauteilparameter, so dass die Gesamtschaltung eine aufklingende harmonische Oszillation erzeugt.
- Mit welcher Frequenz (in Abhängigkeit der Bauteilparameter) schwingt die Schaltung in diesem Fall?

**Aufgabe 4)** Frequenzgang, Operationsverstärker, Bode-Diagramm Punkte: / 14

**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  $v_u(j\omega)$  und einen Ausgangswiderstand  $R_a$  aufweist, ist auf der rechten Seite dargestellt. Der Ausgang des Operationsverstärkers wird mit dem Widerstand  $R$  belastet.

- 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 Hauptzweiters 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:

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

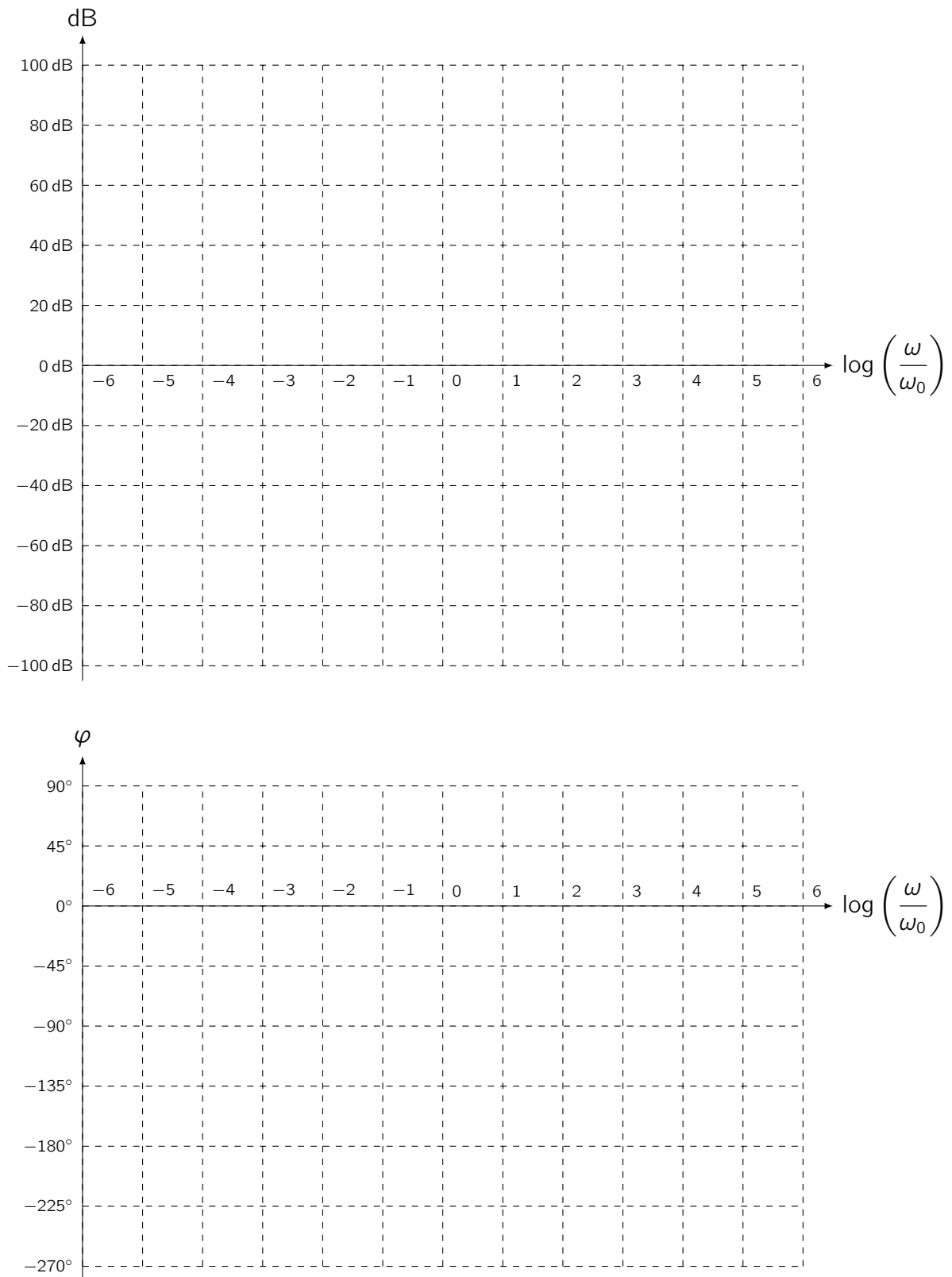
Falls Sie Aufgabenpunkt c) nicht lösen konnten, verwenden Sie stattdessen

$$\underline{F}_0 = \frac{1}{a} \frac{v_u(j\omega)}{1 + \frac{j\omega L}{R_2}} \quad \text{mit} \quad a, R_2 \in \mathbb{R} > 0.$$

- Zeichnen Sie Betrag und Phase der Schleifenverstärkung  $\underline{F}_0$  für den Fall  $L = 0$  in das Bode-Diagramm auf der nächsten Seite (Abb. 4.2) ein. Dabei soll gelten

$$|\underline{F}_0(\omega \rightarrow 0)|_{\text{dB}} = 60 \text{ dB}. \quad (1)$$

- Geben Sie eine Bedingung für die Bauteilparameter an, so dass (1) erfüllt ist.
- Was ist für den Fall  $L = 0$  über die Stabilität der Schaltung zu sagen? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Für welchen Wertebereich  $[L_{\min}, L_{\max}]$  von  $L$  wird eine Phasenreserve von  $45^\circ$  unterschritten, so dass die Stabilität der Schaltung gefährdet ist? Begründen Sie Ihr Vorgehen, beispielsweise durch Skizzen im Bode-Diagramm mit einer kurzen Erläuterung.

**Abbildung 4.2:** Bode-Diagramm.