Universität des Saarlandes
Lehrstuhl für Elektronik und Schaltungstechnik

Klausur Elektronik II SS2010

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	/ 12 P	**A2**	/ 11 P	**A3**	/ 12 P	**A4**	/ 15 P	**A5**	/ 12 P
A6	/ 14 P	**A7**	/ 13 P						

$\sum$ / 89 P — Note

Aufgabe 1) *Netzwerkberechnung* *Punkte:* / 12

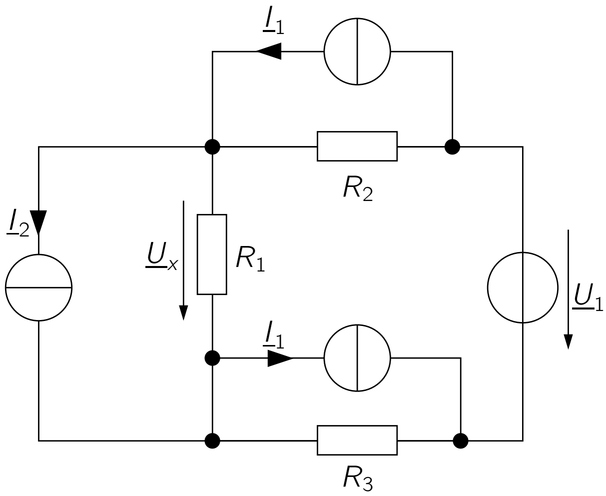


Abb. 1: zu berechnende Schaltung.

a) Geben Sie für die in Abb. 1 dargestellte Schaltung einen Baum und den zugehörigen Co-Baum an.

b) Berechnen Sie mit einer Methode Ihrer Wahl den Spannungsabfall $\underline{U}_x$ über dem Widerstand R_1.

c) Berechnen Sie die gesamte Verlustleistung P_Σ der Schaltung.

Aufgabe 2) *Komplexe Rechnung, Ortskurve* *Punkte: / 11*

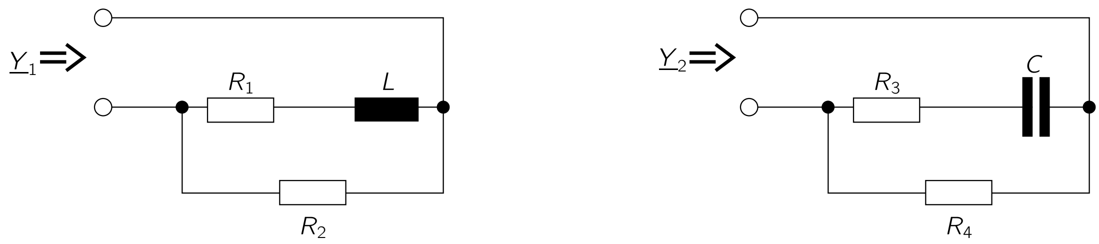


Abb. 2: Zwei Eintore mit den Admittanzen $\underline{Y}_1$ und $\underline{Y}_2$.

a) Berechnen Sie die Admittanzen $\underline{Y}_1$ und $\underline{Y}_2$ der beiden Eintore.

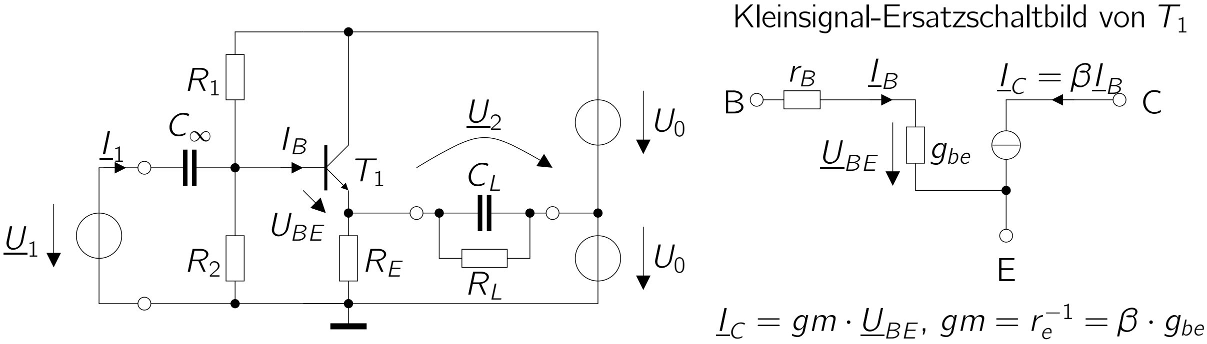
b) Zeichnen Sie qualitativ die Verläufe der Ortskurven von $\underline{Y}_1$ und $\underline{Y}_2$ und markieren Sie charakteristische Punkte für $\omega = 0$, $\omega \to \infty$, sowie für $\omega L = R_1$ bei $\underline{Y}_1$ und $\omega R_3 C = 1$ bei $\underline{Y}_2$.

c) i) Zeigen Sie (Beweis, Begründung) anhand der Ortskurven unter b), dass die Phasoren der Admittanzen $\underline{Y}_1$ und $\underline{Y}_2$ niemals im selben Quadranten liegen können.

ii) Geben Sie alle möglichen Bedingungen an, für die die Ortskurven von $\underline{Y}_1$ und $\underline{Y}_2$ im Bereich $0 \leq \omega \leq \infty$ einen bzw. zwei gemeinsame Punkte haben.

d) Geben Sie eine Bedingung an, für die der Betrag von $\underline{Y}_1$ immer kleiner ist als der von $\underline{Y}_2$.

Aufgabe 3) *Schaltungsdimensionierung und -berechnung* *Punkte: / 12*



$\underline{I}_C = gm \cdot \underline{U}_{BE}$, $gm = r_e^{-1} = \beta \cdot g_{be}$

Abb. 3: *Links:* Zu berechnende Schaltung mit Eingangsspannung $\underline{U}_1$ (reine Wechselspannungsquelle) und Ausgangsspannung $\underline{U}_2$. *Rechts:* Kleinsignal-Ersatzschaltbild des Transistors T_1.

Für die im Folgenden zu berechnende Schaltung in Abb. 3 gelten: Basis-Emitter-Spannung im Arbeitspunkt $U_{\mathrm{BE}} = \text{const.}$, Stromverstärkung im normalaktiven Bereich $B = 10$, $C_\infty \to \infty$.

a) Dimensionieren Sie R_1 in Abhängigkeit von R_2, U_0 und R_{E} so, dass der Lastwiderstand R_{L} im Arbeitspunkt stromlos ist. Hinweis: Beachten Sie die Wirkung des Basisstroms I_{B}.

b) Geben Sie eine Formel für die Verlustleistung des Transistors in Abhängigkeit der Schaltungsparameter an. Nehmen Sie dabei an, dass die Verlustleistung des Transistors bei Aussteuerung unverändert bleibt.

c) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung und berechnen Sie mit einer Methode Ihrer Wahl die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{\mathrm{ein}} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}$. Für den Transistor soll das Kleinsignalersatzschaltbild in Abb. 3 (rechts) gelten.

Aufgabe 4) *Rückkopplung, Zweitor* *Punkte:* */ 15*

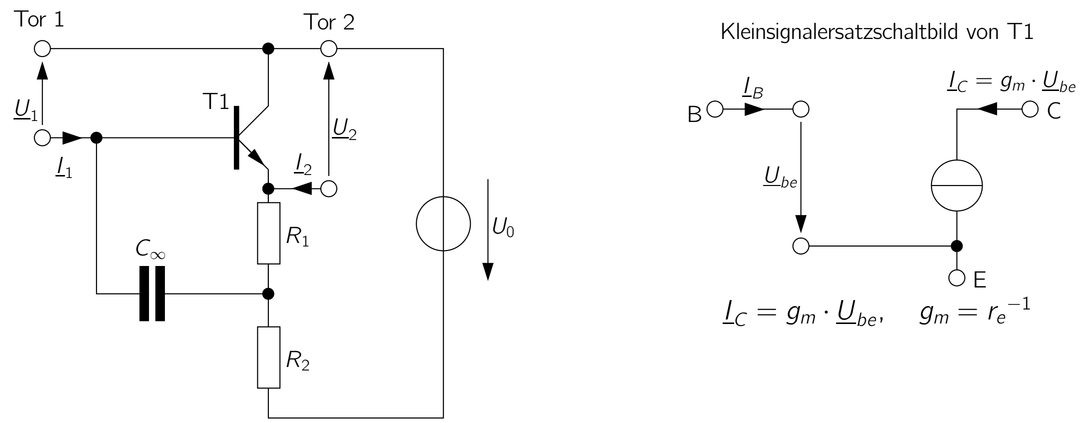


Abb. 4: *Links:* Rückgekoppelte Transistorschaltung. *Rechts:* Kleinsignal-Ersatzschaltbild des Transistors.

Gegeben ist die rückgekoppelte Transistorschaltung in Abbildung 4 links. Der Eingang der Schaltung befindet sich an Tor 1, der Ausgang an Tor 2. Die rechte Seite zeigt das Kleinsignalersatzschaltbild des Transistors T1. Der Kondensator C_∞ kann für alle Betriebsfrequenzen als idealer Kurzschluss angenommen werden.

a) Zeichnen Sie das Wechselstromersatzschaltbild der Transistorschaltung. Um welche Transistorgrundschaltung handelt es sich?

b) Formen Sie das Wechselstromersatzschaltbild für eine Berechnung mit einem Haupt- und einem Rückkopplungszweitor um. Ordnen Sie dazu den Transistor T1 dem Hauptzweitor und die restlichen Bauelemente dem Rückkopplungszweitor zu.

c) Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich? Wählen Sie eine für die Art der Rückkopplung geeignete Matrizendarstellung aus und geben Sie allgemein das entsprechende Matrizengleichungssystem an. Begründen Sie Ihre Wahl indem Sie jeweils für Tor 1 und 2 angeben, welche Torgröße (Strom bzw. Spannung) der Gesamtmatrix sich aus der Summe der Torgrößen der beiden Einzelmatrizen zusammensetzt.

d) Bestimmen Sie die Elemente der Matrix des Haupt- und des Rückkopplungszweitors, sowie die Elemente der daraus resultierenden Matrix der Gesamtschaltung. Für den Transistor gilt die Kleinsignal-Ersatzschaltung auf der rechten Seite.

e) Welche Eigenschaften (hoch-/niederohmig) müssen eine an Tor 1 ansteuernde Quelle und ein an Tor 2 angeschlossener Lastwiderstand aufweisen, damit die Rückkopplung optimal wirkt?

f) An den Ausgang der Schaltung wird ein Lastwiderstand R_L angeschlossen. Bestimmen Sie die unter dieser Bedingung die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{ein} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}$ und erläutern Sie anhand des Ergebnisses welchen Einfluß der Lastwiderstand auf die Eingangsimpedanz besitzt. Welche Werte nimmt $\underline{Z}_{ein}$ für $R_L \to 0$ und $R_L \to \infty$ an?

Aufgabe 5) *Stabilität, Netzwerkheorie* *Punkte:* / 12

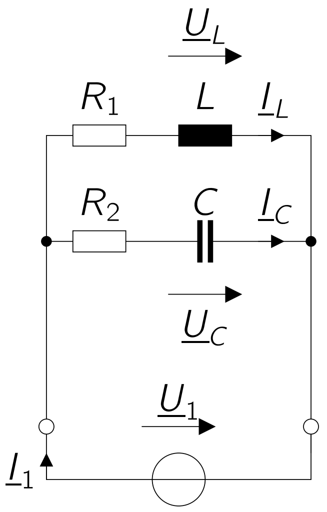


Abb. 5: Zu untersuchendes Netzwerk.

Untersucht werden soll die Stabilität des in Abb. 5 gezeigten Netzwerks. Für die reellwertigen Bauelemente gilt: $R_1 = -R_0 \cdots R_0$ mit $R_0 \geq 0$, $R_2 > 0$, $L > 0$, $C > 0$.

a) Ermitteln Sie zur Stabilitätsanalyse die Pole der Wirkungsfunktion $\underline{Y}_1(s) = \frac{\underline{I}_1(s)}{\underline{U}_1(s)}$. Erläutern Sie, warum die Pole einer Wirkungsfunktion $\underline{Z}_1(s) = \frac{\underline{U}_1(s)}{\underline{I}_1(s)}$ nicht die Stabilität des gezeigten Netzwerks beschreiben.

b) Ermitteln Sie welche Bedingungen die Bauelemente erfüllen müssen, damit das Netzwerk stabil ist.

Im Folgenden gilt: $R_1 = R_2 = R > 0$**.**

c) Geben Sie eine Dimensionierung an, für die die Admittanz $\underline{Y}_1(j\omega)$ für alle Frequenzen ein konstanter reeller Leitwert ist.

d) Zeigen Sie durch Rechnung, dass sich für die unter c) gefundene Dimensionierung die komplexen Verlustleistungen $\underline{P}_\mathrm{L} = \underline{U}_\mathrm{L}\underline{I}_\mathrm{L}^*$ und $\underline{P}_\mathrm{C} = \underline{U}_\mathrm{C}\underline{I}_\mathrm{C}^*$ der Induktivität und der Kapazität kompensieren $\left(\frac{\underline{P}_\mathrm{L}}{\underline{P}_\mathrm{C}} = -1\right)$. **Hinweis:** Falls Sie c) nicht lösen konnten, nehmen Sie an $R = \alpha L = (\alpha C)^{-1}$.

Aufgabe 6) *Gleichtakt-, Gegentaktzerlegung* *Punkte: / 14*

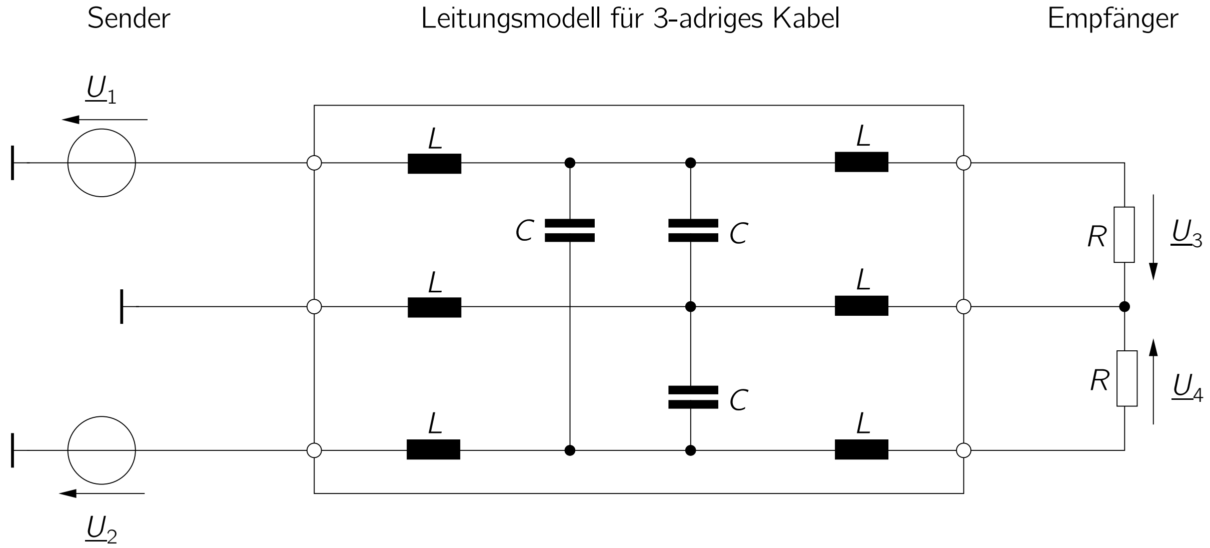


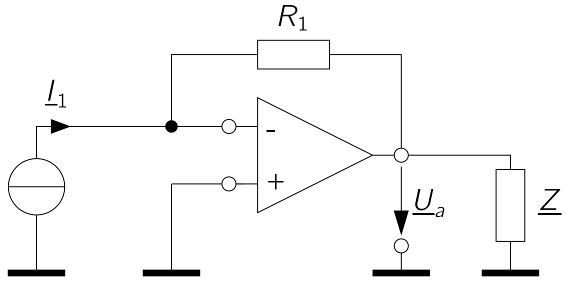
Abb. 6: Zu analysierende Übertragungsstrecke.

Zwei Signalquellen $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$ werden über ein 3-adriges Kabel nach Abb. 6 mit zwei, durch die Widerstände R modellierten, Empfängereingängen verbunden. Zwischen den Signalleitern befindet sich zur Verbesserung der Abschirmung ein Masseleiter.

a) Geben Sie eine äquivalente Schaltung für den Sender (Quellen $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$) mit Hilfe von Gleich- und Gegentaktquellen ($\underline{U}^+$, $\underline{U}^-$) an und zeichnen Sie die zugehörigen Ersatzschaltungen zu Abb. 6 für Gleich- und Gegentaktansteuerung.

b) Ermitteln Sie anhand der Gleich- und Gegentaktersatzschaltbilder unter (a) den Signalfrequenzgang $\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = \left.\frac{\underline{U}_3}{\underline{U}_1}\right|_{\underline{U}_2=0}$ und den Übersprechenfrequenzgang $\underline{F}(\mathrm{j}\omega) = \left.\frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_1}\right|_{\underline{U}_2=0}$. Diskutieren Sie die Fälle $R \to \infty$ und $L \to 0$ hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Übersprechenfrequenzgang.

Aufgabe 7) *Operationsverstärker, Bodediagramm* *Punkte: / 13*



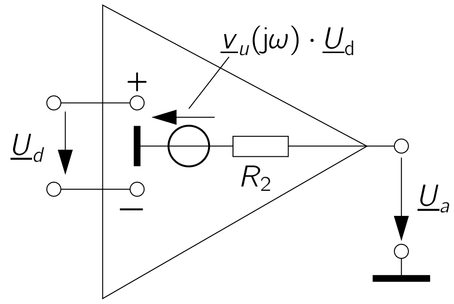


Abb. 7: *Links:* zu analysierende Operationsverstärkerschaltung. *Rechts:* Modell des Operationsverstärkers mit Ausgangswiderstand R_2.

Betrachtet wird die Operationsverstärkerschaltung in Abb. 7.

a) Bestimmen Sie die Wirkungsfunktion $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{I}_1}$ der Operationsverstärkerschaltung in Abb. 7 links und dem zugehörigen Modell in der Abb. 7 rechts.

b) Bringen Sie die Wirkungsfunktion aus Aufgabenpunkt a) in die Standardform

$$\underline{F}(\mathrm{j}\omega) = \frac{\underline{F}_\mathrm{a}}{1 + \underline{F}_\mathrm{a}\underline{F}_2}$$

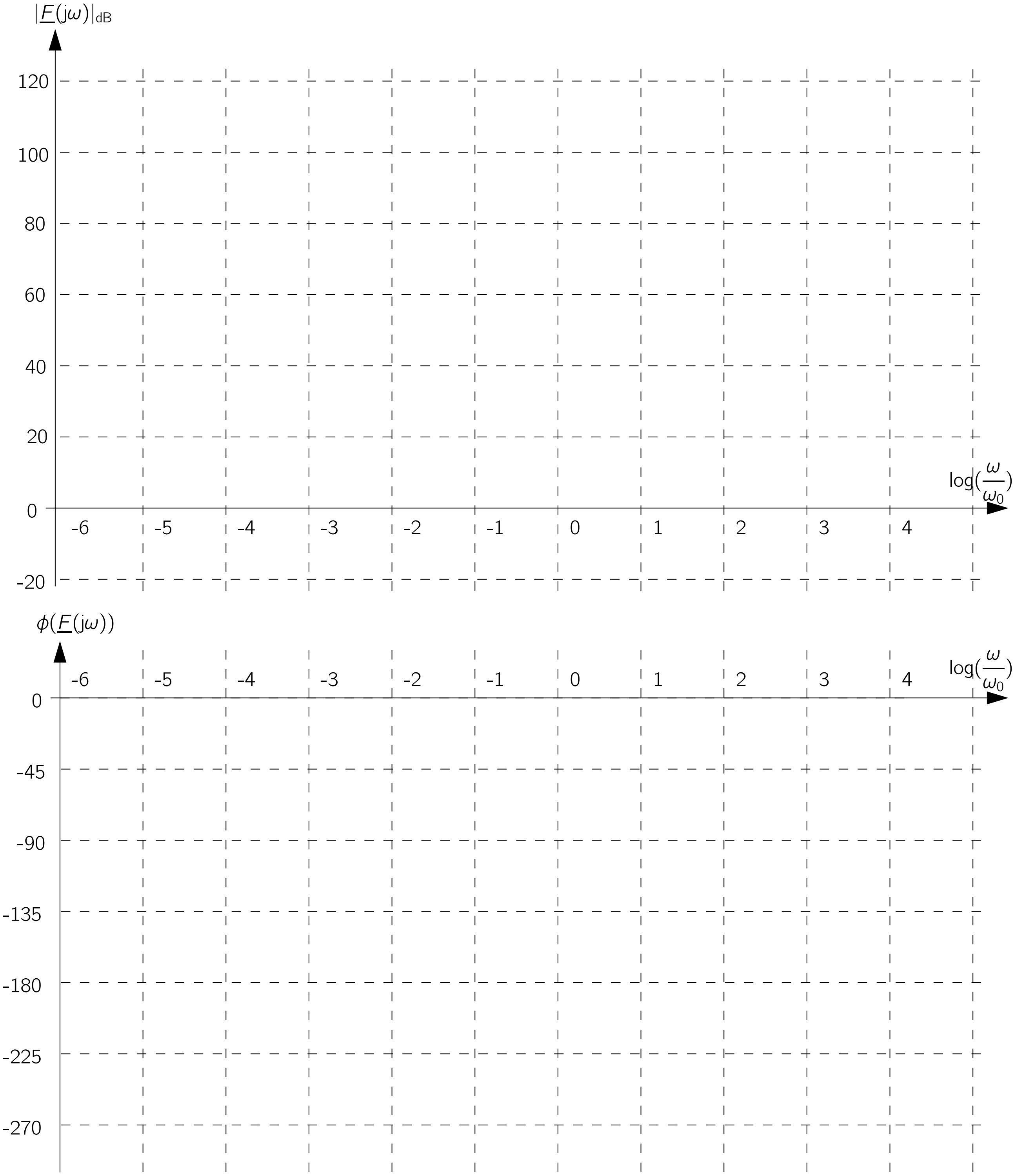
und geben Sie $\underline{F}_\mathrm{a}$ und $\underline{F}_2$ an.

Im Folgenden gilt $\underline{Z} = j\omega L$, $\underline{v}_\mathrm{u} = \frac{v_0}{1+\frac{j\omega}{\omega_0}}$, $R_1 = R_2 = 10\ \Omega$, $v_0 = 10^4$, $\frac{R_2}{L} = \omega_0$.

c) Stellen Sie die Schleifenverstärkung $\underline{F}_2\underline{F}_\mathrm{a}$ aus Aufgabenpunkt b) in einer für die Darstellung im Bode-Diagramm geeigneten Form dar und tragen Sie Betrags- und Phasenverlauf in die Abbildung auf dem nächsten Blatt ein. **Hinweis:** Falls Sie die Schleifenverstärkung nicht ermitteln konnten, verwenden Sie:

$$\underline{F}_2\underline{F}_\mathrm{a} = \frac{R_1}{\mathrm{j}\omega L} + \underline{v}_\mathrm{u}.$$

d) Ermitteln Sie mit Hilfe des Bodediagramms die Phasenreserve.


$|\underline{F}(\mathrm{j}\omega)|_{\mathrm{dB}}$
120
100
80
60
40
20
0
-20
-6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4
$\log(\frac{\omega}{\omega_0})$
$\phi(\underline{F}(\mathrm{j}\omega))$
0
-45
-90
-135
-180
-225
-270
-6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4
$\log(\frac{\omega}{\omega_0})$