Klausur Elektronik II
Wintersemester 2007/08

Name: ....

Vorname: ....

Matrikelnummer:..

Wichtige Hinweise zur Bearbeitung:

Die Bearbeitungszeit der Aufgaben beträt 140 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 wenn möglich keine Rotstifte.

Versehen Sie bitte ALLE von Ihnen verwendeten zusätzlichen Lösungsblätter mit Ihrem Namen, Ihrer Matrikelnummer und der Nummer der darauf bearbeiteten Aufgabe.

Die maximale Punktezahl der Klausur beträgt 106 Punkte. Etwa die Hälfte dieser Punktezahl reicht zum Bestehen aus.

Beachten Sie bitte die an jeder Aufgabe in Klammern angegebene Punktezahl. Sie ist ein Anhaltspunkt für die Schwierigkeit und den erforderlichen Arbeitsaufwand.

Heften Sie bitte ALLE Aufgaben- und Lösungsblätter die Sie abgeben zusammen.

Ergebnis:

1 (6)	2 (12)	3 (12)	4 (12)	5 (16)	6 (16)	7 (16)	8 (16)	$\sum$ (106)	Note

Aufgabe 1 (6 Punkte): Netzwerkberechnung

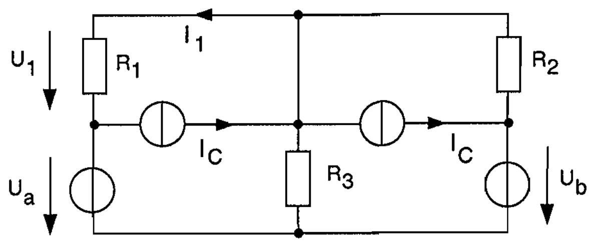


Abbildung 1: Netzwerk zur Berechnung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 1.

1) Ermitteln Sie mit einem Verfahren Ihrer Wahl die Verlustleistung $P_1 = U_1 \cdot I_1$ im Widerstand R_1 in Abhängigkeit der Schaltungselemente. Hinweis: Das Netzwerk läßt sich durch äquivalente Umformung(en) vereinfachen.

Aufgabe 2 (12 Punkte): Ortskurve

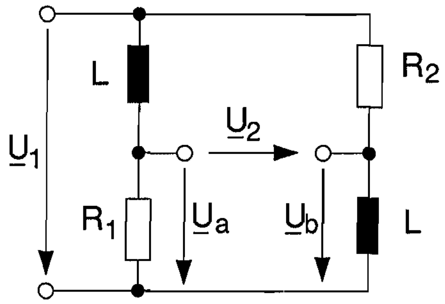


Abbildung 2: Netzwerk zur Ortskurvenbestimmung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 2, für das die Ortskurve der komplexen Wirkungsfunktion $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ zu bestimmen ist.

1) Zeichnen Sie die Ortskurven der Wirkungsfunktionen $\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_1}$ und $\frac{\underline{U}_b}{\underline{U}_1}$ im Frequenzbereich $0 \leq \omega \leq \infty$. Markieren Sie die Punkte $\omega = 0$, $\omega_1 = \frac{R_1}{L}$, $\omega_2 = \frac{R_2}{L}$ und $\omega = \infty$ auf den Ortskurven.

2) Konstruieren Sie die Ortskurve der komplexen Wirkungsfunktion $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ für den Fall $R_1 = R_2 = R$ mit Hilfe der Ergebnisse aus Aufgabenpunkt 1). Erläutern Sie Ihre Vorgehensweise und markieren Sie die Punkte $\omega = 0$, $\omega = \frac{R}{L}$ und $\omega = \infty$ auf der Ortskurve.

3) Skizzieren Sie den Verlauf der Ortskurve für $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ für den Fall $R_1 > R_2$ indem Sie das Ergebnis aus Aufgabenpunkt 2) entsprechend anpassen. Zeichnen Sie die Lage des komplexen Zeigers $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ für $\omega = \omega_1$ und $\omega = \omega_2$. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise.

Aufgabe 3 (12 Punkte): Arbeitspunkt, Wärmewiderstand

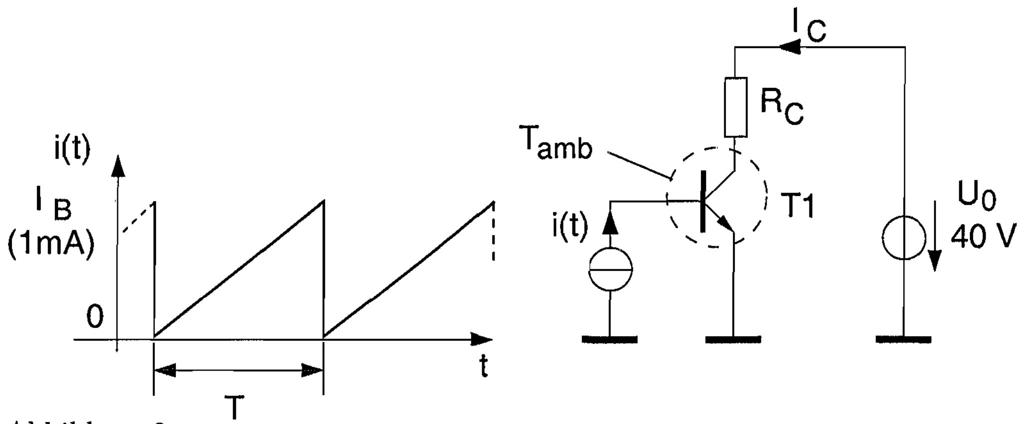


Abbildung 3:
Transistor im Schalterbetrieb.

Gegeben ist die Schaltung mit ihren Werten in Abbildung 3. Das Gehäuse des Transistors befindet sich auf der Umgebungstemperatur T_{amb}, die im Bereich $0 \ldots 60°C$ liegen kann. Der thermische Widerstand zwischen der Sperrschicht des Transistors und dem Gehäuse beträgt $R_{th} = 50°C/W$. Der Hersteller erlaubt eine maximale Sperrschichttemperatur von $110°C$. Der Steuerstrom $i(t)$ hat den in Abb. 3 gezeigten linearen sägezahnförmigen Verlauf mit einem Maximalwert $I_B = 1$ mA . Der Transistor hat eine konstante Stromverstärkung von $B = 100$.

1) Geben Sie eine allgemeine Beziehung für die Verlustleistung $P(t)$ des Transistors in Abhängigkeit des Steuerstroms $i(t)$ an. Der Beitrag von $i(t)$ zur Verlustleistung kann vernachlässigt werden.

2) Ermitteln Sie den zeitlichen Mittelwert $P_m = \frac{1}{T} \int P(t)dt$ der Verlustleistung des Transistors über die Periodendauer T. Begründen Sie die Wahl der Integrationskonstanten.

3) Geben Sie eine Ungleichung für R_C an, die sicher stellt, dass die maximal zulässige Sperrschichttemperatur nicht überschritten wird und dass der Transistor im normalaktiven Bereich betrieben wird. Nehmen Sie dabei an, dass die Sperrschichttemperatur durch den zeitlichen Mittelwert P_m aus dem letzten Aufgabenpunkt bestimmt wird.

Aufgabe 4 (12 Punkte): Schaltungsberechnung, Dimensionierung

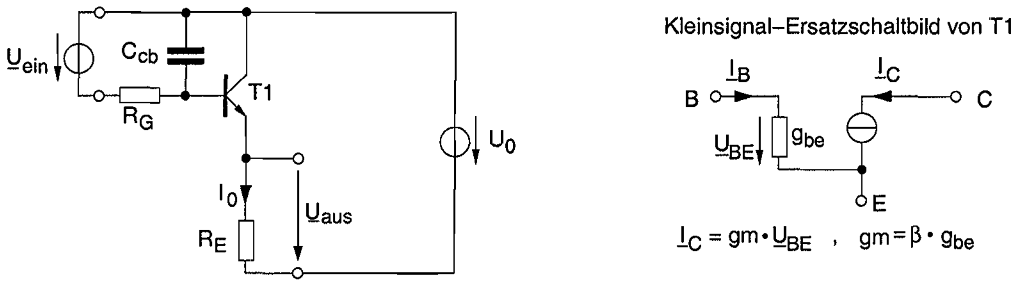


Abbildung 4: Belasteter Emitterfolger.

Gegeben ist die Schaltung des belasteten Emitterfolgers in Abbildung 4 links, mit dem Kleinsignal-Ersatzschaltbild des Transistors auf der rechten Seite. Die Quelle $\underline{U}_{ein}$ ist eine reine Wechselspannungsquelle ohne Gleichanteil.

<u>Hinweis:</u> Verwenden Sie die Näherung β = const. Sie können anstelle des Kleinsignal-Ersatzschaltbildes einfacher mit den Näherungen des Wirkungsersatzschaltbildes (Transformationszweitor) des Bipolartransistors arbeiten.

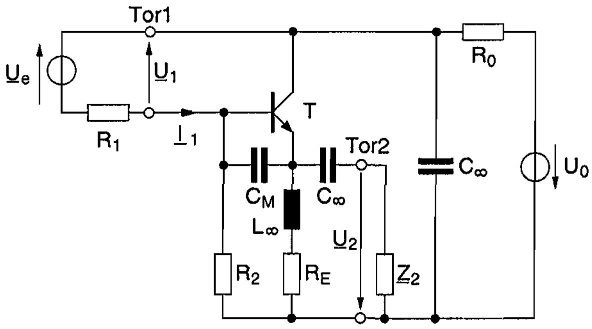
1) Bestimmen Sie den Frequenzgang $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_{aus}}{\underline{U}_{ein}}$ der Schaltung.

2) Geben Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus Aufgabenpunkt 1) einen Ausdruck für die 3-dB Grenzfrequenz f_g der Schaltung an und bestimmen Sie $\underline{F}(\omega = 0)$.

3) Welche Wirkung hat die Stromverstärkung β auf die Grenzfrequenz f_g und die Gleichspannungsverstärkung $\underline{F}(\omega = 0)$ aus Aufgabenpunkt 2). Begründen Sie Ihre Antwort.

4) Welchen Einfluss hat die Betriebsspannung U_0 auf die Grenzfrequenz f_g und die Gleichspannungsverstärkung $\underline{F}(\omega = 0)$? Begründen Sie Ihre Antwort mit Hilfe der Ergebnisse aus Aufgabe 2).

Aufgabe 5 (16 Punkte): Rückkopplung, Zweitor



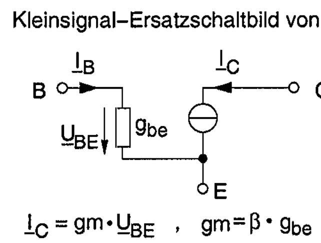


Abbildung 5: Transistorschaltung und Kleinsignalersatzschaltbild des Transistors.

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 5 links. Darin kann ωC_∞ für alle Betriebsfrequenzen als unendlich groß angenommen werden. Für den Transistor T gilt das, auf der rechten Seite dargestellte Kleinsignalersatzschaltbild.

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

2) Formen Sie das Wechselstromersatzschaltbild zwischen den Toren 1 und 2 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. Die Zweitore werden durch die Quelle $\underline{U}_e$, R_1 an Tor 1 angesteuert und durch die Impedanz $\underline{Z}_2$ an Tor 2 belastet.

3) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus dem vorangegangenen Aufgabenpunkt. Verwenden Sie dazu das Transistor-Ersatzschaltbild aus Abb. 5 rechts.

4) Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich? Wählen Sie eine für die Art der Rückkopplung geeignete Matrizendarstellung aus. Begründen Sie Ihre Entscheidung!

5) Bestimmen Sie die Elemente der Matrix von Haupt- und Rückkopplungszweitor anhand des Kleinsignalersatzschaltbildes. Bestimmen Sie die Elemente der Matrix der Gesamtschaltung.

6) Bestimmen Sie die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{ein} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}$ für beliebige Last $\underline{Z}_2$ mit Hilfe der Matrizendarstellung.

7) Wie muss $\underline{Z}_2$ für optimale Wirkung der Rückkopplung gewählt werden? Interpretieren Sie für diese Wahl das Ergebnis für die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{ein}$ aus dem letzten Aufgabenpunkt hinsichtlich der Wirkung der Schaltung für $C_M \to \infty$.

Aufgabe 6 (16 Punkte): Stabilität, Netzwerk

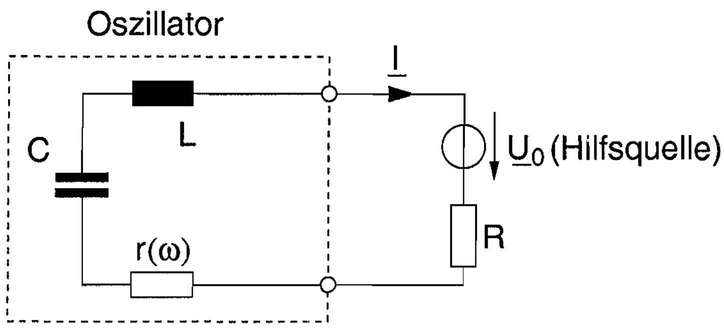


Abbildung 6: Belasteter Oszillator. Im Betrieb gilt für die Hilfsquelle $\underline{U}_0 = 0$.

Gegeben ist der Oszillator in Abb. 6, bestehend aus einem L-C-Reihenschwingkreis, zu dem ein frequenzabhängiger reellwertiger Widerstand $r(\omega)$ in Serie geschaltet ist. Der Oszillator soll an eine reellwertige Last R einen Strom $\underline{I}$ liefern. Die Hilfsquelle $\underline{U}_0$ dient nur für Sie zur Bestimmung der Wirkungsfunktion des Oszillators und ist im Betrieb ausgeschaltet ($\underline{U}_0 = 0$).

Die Hilfsquelle ist zunächst eingeschaltet.

1) Bestimmen Sie den Ausgangsstrom $\underline{I}$ des (mit Hilfsquelle $\underline{U}_0$) belasteten Oszillators.

2) Erläutern Sie anhand der Wirkungsfunktion $\underline{Y} = \frac{\underline{I}}{\underline{U}_0}$ den Begriff der Stabilität für den Fall $\underline{U}_0 \to 0$.

Die Hilfsquelle ist im Folgenden ausgeschaltet ($\underline{U}_0 = 0$).

4) Bestimmen Sie die Pole der Wirkungsfunktion $\underline{Y}(s) = \frac{\underline{I}}{\underline{U}_0}$ mit $s = \sigma + j\omega$ für den Fall $\omega \neq 0$.

5) Geben Sie die Bedingung für $r(\omega)$ an, für die die Wirkungsfunktion $\underline{Y}$ instabil ist.

6) Geben Sie eine Formel zur Berechnung der Schwingfrequenz des Oszillators an.

Aufgabe 7 (16 Punkte): Gleichtakt- Gegentaktzerlegung

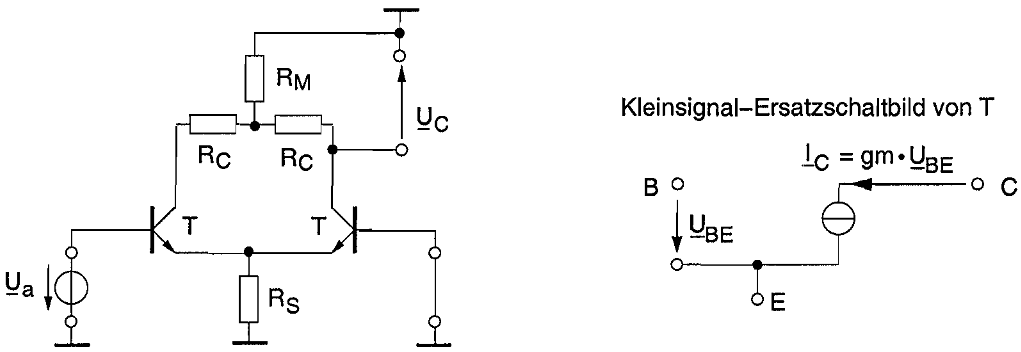


Abbildung 7: Wechselstrom-Ersatzschaltbild eines Differenzverstärkers (links).

Abbildung 7 zeigt das Wechselstrom-Ersatzschaltbild eines symmetrisch aufgebauten Differenzverstärkers. Die Ansteuerung erfolgt unsymmetrisch über die Spannungsquelle $\underline{U}_a$. Das zweite Eingangstor ist gegen Masse kurzgeschlossen.

1) Stellen Sie die Ansteuerung in Abbildung 7 äquivalent durch eine Überlagerung von Gleichtakt- und Gegentaktquellen an beiden Eingangstoren dar. Bestimmen Sie die Phasoren der ansteuernden Gleich- und Gegentaktquellen.

2) Zeichnen Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild des Differenzverstärkers mit Hilfe des Kleinsignal-Transistormodells aus Abb. 7 rechts.

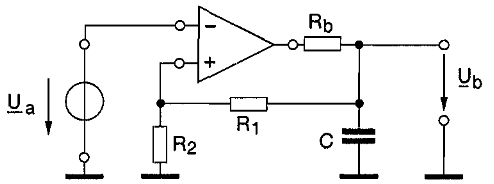
3) Zeichnen Sie das einphasige Gegentakt- und das einphasige Gleichtakt-Ersatzschaltbild des Netzwerks.

4) Bestimmen Sie die Spannnung $\underline{U}_C$ am Ausgang des Differenzverstärkers bei reiner Gegentaktansteuerung mit Hilfe des entsprechenden Ersatzschaltbildes.

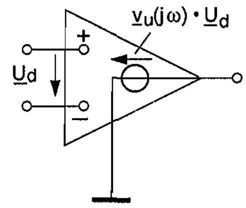
5) Bestimmen Sie die Spannnung $\underline{U}_C$ am Ausgang des Differenzverstärkers bei reiner Gleichtaktansteuerung mit Hilfe des entsprechenden Ersatzschaltbildes.

6) Bestimmen Sie die Spannnung $\underline{U}_C$ am Ausgang des Differenzverstärkers für die unsymmetrische Ansteuerung mit $\underline{U}_a$ aus Abb.7 mit Hilfe der Ergebnisse der vorangegangenen beiden Punkte.

Aufgabe 8 (16 Punkte): Operationsverstärker, Bode-Diagramm.



Modell des Operationsverstärkers



Gegeben ist die in der Abbildung oben links gezeigte Operationsverstärkerschaltung eines kapazitiv belasteten Verstärkers mit endlichem Ausgangswiderstand. Das Modell des Operationsverstärkers ist auf der rechten Seite dargestellt.

1) Bestimmen Sie allgemein die Verstärkung $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_b(j\omega)}{\underline{U}_a(j\omega)}$ der Schaltung unter Verwendung der komplexen Verstärkung $\underline{v}_u(j\omega)$ des Operationsverstärker-Modells.

2) Vergleichen Sie das Ergebnis unter 1) mit der Wirkungsfunktion eines rückgekoppelten Systems

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

und bestimmen Sie anhand des Vergleichs $\underline{F}_a(j\omega)$ und $\underline{F}_2(j\omega)$.

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

Es sind zunächst $\underline{v}_u = 2 \cdot 10^4$, $R_1 = R_2 = 1000\,\Omega$, $R_b = 32\,\Omega$, $C = 5nF$ und $\omega_0 = 10^6 s^{-1}$.

4) Zeichnen Sie für diese Werte den Verlauf von Betrag und Phase der Schleifenverstärkung $\underline{F}_a \cdot \underline{F}_2$ in das Bode Diagramm auf der nächsten Seite ein.

Hinweis: Näherungen und Runden des Ergebnisses sind erlaubt, wenn Sie dies in Ihrer Rechnung begründen.

Im Folgenden gilt für die komplexe Verstärkung des Operationsverstärkers

$$\underline{v}_u(j\omega) = \frac{v_0}{(1 + \frac{j\omega}{0{,}1\,\omega_0})(1 + \frac{j\omega}{10\,\omega_0})}$$

mit der statischen Verstärkung $v_0 = 2 \cdot 10^4$.

5) Ermitteln Sie die Größe von C so, dass die Phasenreserve in diesem Fall 90° beträgt.

Bode Diagramm Vorlage