Klausur Elektronik II

Sommersemester 2007

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 102 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 (10)	3 (10)	4 (12)	5 (16)	6 (16)	7 (16)	8 (16)	$\sum$ (102)	Note

Aufgabe 1 (6 Punkte): Netzwerkberechnung

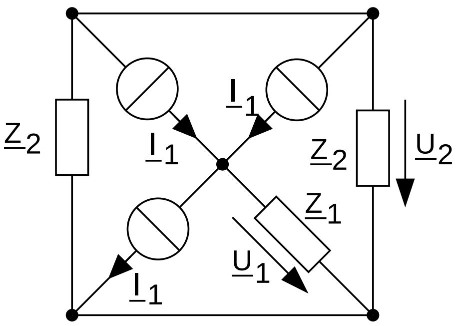


Abbildung 1: Netzwerk zur Berechnung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 1.

1) Ermitteln Sie mit einem Verfahren Ihrer Wahl das Spannungsverhältnis $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$. Hinweis: Das Netzwerk läßt sich durch äquivalente Umformung(en) vereinfachen.

Aufgabe 2 (10 Punkte): Ortskurve

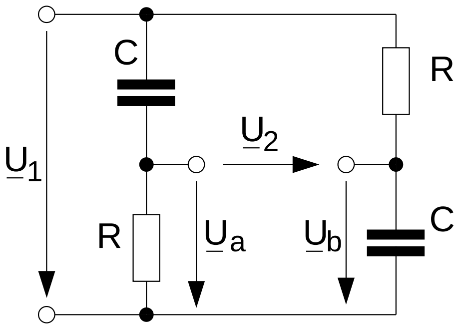


Abbildung 2: Netzwerk zur Ortskurvenbestimmung.

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 $\omega = 0$, $\omega = (R\,C)^{-1}$ und $\omega = \infty$ auf der Ortskurve.

2) Konstruieren Sie die Ortskurve der komplexen Wirkungsfunktion $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ mit Hilfe der Ergebnisse aus Aufgabenpunkt 1) und erläutern Sie Ihre Vorgehensweise.

3) Markieren Sie auf der Ortskurve aus Aufgabenpunkt 2) die Punkte $\omega = 0$, $\omega = (R\,C)^{-1}$ sowie $\omega = \infty$ und geben Sie den Betrag und den Winkel der Wirkungsfunktion in diesen drei Punkten an.

Aufgabe 3 (10 Punkte): Arbeitspunkt, Wärmewiderstand

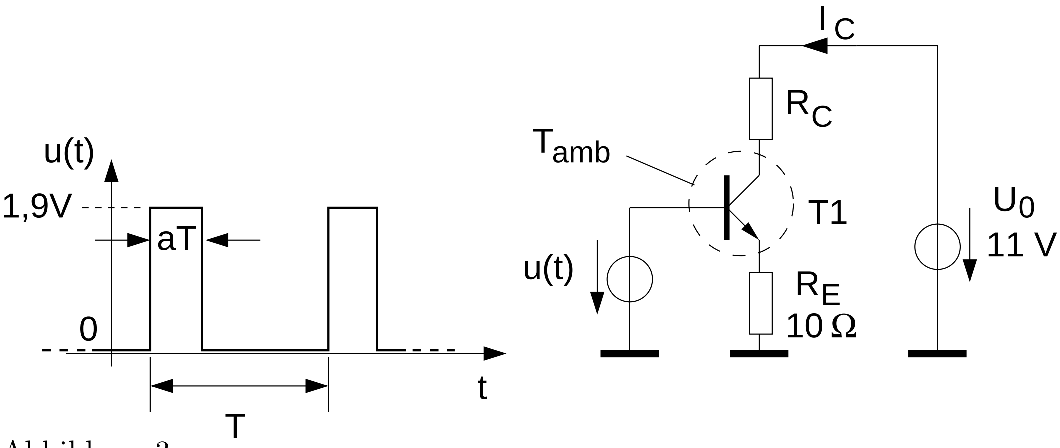


Abbildung 3:
Transistor im Schalterbetrieb.

Gegeben ist die Schaltung mit ihren Werten in Abbildung 3. Das Gehäuse des Transistors befindet sich auf der Umgebungstemperatur T_{amb}, die im Bereich $0 \ldots 55°C$ 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 $110°C$. Die Steuerspannung $u(t)$ hat einen idealen rechteckförmigen Verlauf mit der Periodendauer T. Während der Dauer $a\ T$ beträgt die Steuerspannung $1,9V$. Für den Rest der Periodendauer ist sie Null. Für den Transistor kann eine konstante Basis-Emitter Spannung von $0,9V$ und eine unendlich hohe Stromverstärkung angenommen werden.

1) Geben Sie eine allgemeine Bedingung für den Arbeitspunkt des Transistors an, unter der seine Verlustleistung P unabhängig von einer Änderung des Kollektorstromes wird ($\frac{d\,P}{d\,I_C} = 0$).

2) Dimensionieren Sie den Kollektorwiderstand R_C so, daß die unter 1) ermittelte Bedingung im Zeitraum $a\ T$ erfüllt ist.

3) Ermitteln Sie den zeitlichen Mittelwert $P_m = \frac{1}{T}\int P(t)dt$ der Verlustleistung des Transistors über die Periodendauer T. Dabei darf von vernachlässigbar kleinen thermischen Zeitkonstanten ausgegangen werden.

4) Bestimmen Sie die maximalen Dauer $a_{max}\ T$, die der Transistor eingeschaltet werden darf ohne die zulässige Sperrschichttemperatur zu überschreiten. 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

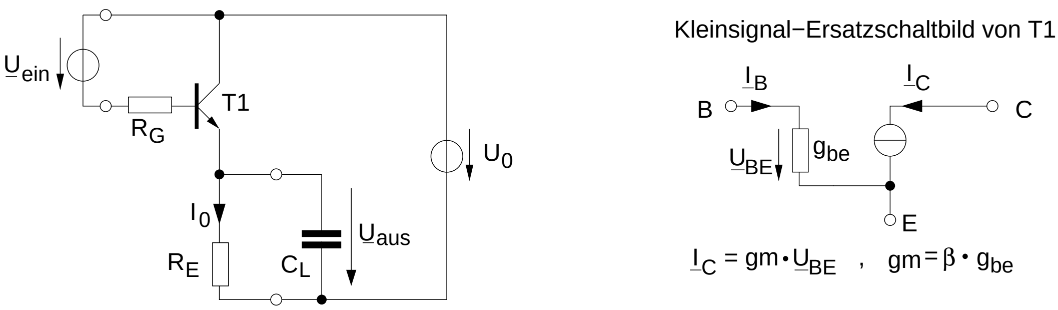


Abbildung 4: Belasteter Emitterfolger.

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 $\beta = \infty$. 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 Möglichkeiten gibt es, die Grenzfrequenz aus Aufgabenpunkt 2) zu erhöhen, ohne dabei die Verlustleistung des Transistors zu erhöhen? Begründen Sie Ihre Antwort.

4) Welche Bauelemente der Schaltung beeinflussen direkt die Steilheit g_m des Transistors? Geben Sie eine Beziehung (Formel) für g_m in Abhängigkeit dieser Elemente an.

Aufgabe 5 (16 Punkte): Rückkopplung, Zweitor

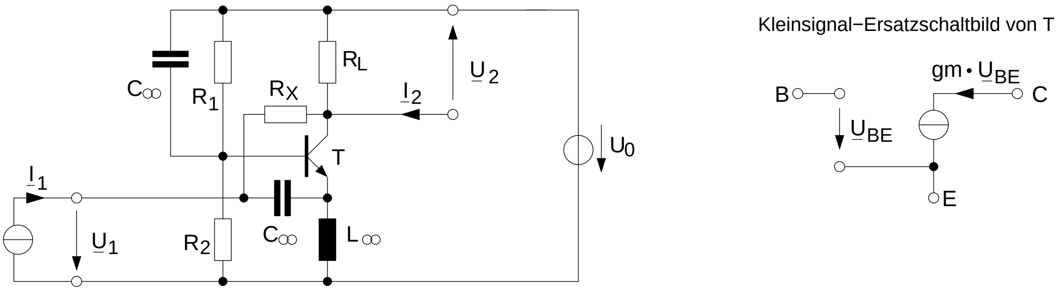


Abbildung 5: Transistorschaltung und Kleinsignalersatzschaltbild des Transistors.

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 5 links. Darin können ωC_∞ und ωL_∞ 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 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 I_1 angesteuert.

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 Transimpedanz $\underline{Z}_T = \left.\frac{\underline{U}_2}{\underline{I}_1}\right|_{\underline{I}_2=0}$ mit Hilfe der Matrizendarstellung.

7) Interpretieren Sie das Ergebnis für die Transimpedanz $\underline{Z}_T$ aus dem letzten Aufgabenpunkt hinsichtlich der Wirkung der Schaltung.

Aufgabe 6 (16 Punkte): Stabilität, Netzwerk

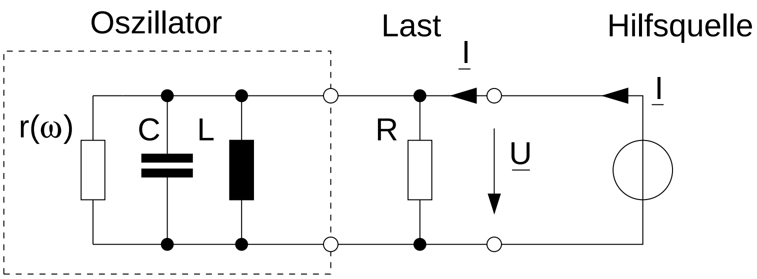


Abbildung 6: Belasteter Oszillator. Im Betrieb gilt für die Hilfsquelle $\underline{I} = 0$.

Gegeben ist der Oszillator in Abb. 6, bestehend aus einem L-C-Parallelschwingkreis, zu dem ein frequenzabhängiger reellwertiger Widerstand $r(\omega)$ parallel geschaltet ist. Der Oszillator wird durch eine reellwertige Last R belastet. Die Hilfsquelle $\underline{I}$ dient nur für Sie zur Bestimmung der Wirkungsfunktion des Oszillators und ist im Betrieb ausgeschaltet ($\underline{I} = 0$).

Die Hilfsquelle ist zunächst eingeschaltet.

1) Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz $\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}}$ des belasteten Oszillators.

2) Erläutern Sie den Begriff der 'Wirkungsfunktion' anhand der Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ aus dem vorangegangenen Aufgabenpunkt.

3) Wenn die Schaltung des belasteten Oszillators stabil ist, was folgt dann für die Spannung $\underline{U}$ wenn gilt $\underline{I} \to 0$? Begründen Sie Ihre Antwort mit Hilfe des Begriffes der Wirkungsfunktion.

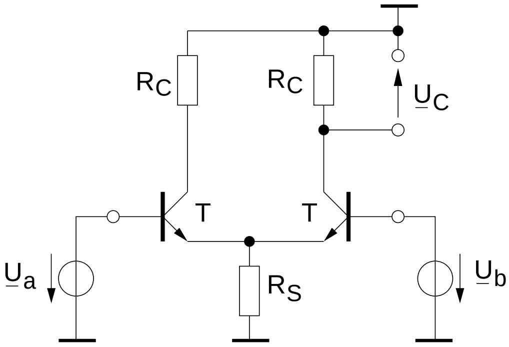
Die Hilfsquelle ist im Folgenden ausgeschatet ($\underline{I} = 0$).

4) Bestimmen Sie die Pole der Wirkungsfunktion $\underline{Z}(s)$ mit $s = \sigma + j\omega$.

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

6) Was folgt im Fall einer instabilen Wirkungsfunktion $\underline{Z}$ für die Spannung $\underline{U}$ wenn gilt $\underline{I} \to 0$? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 7 (16 Punkte): Gleichtakt- Gegentaktzerlegung



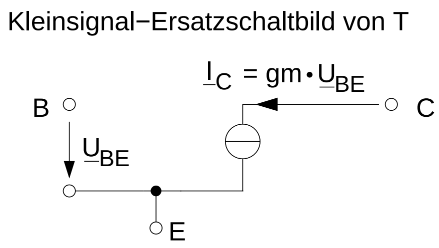


Abbildung 7: Wechselstrom-Ersatzschaltbild eines Differenzverstärkers (links).

Abbildung 7 zeigt das Wechselstrom-Ersatzschaltbild eines symmetrisch aufgebauten Differenzverstärkers. Die Ansteuerung erfolgt über zwei Spannungsquellen mit beliebigen Phasoren $\underline{U}_a$ und $\underline{U}_b$.

1) Stellen Sie die Ansteuerung in Abbildung 7 äquivalent durch eine Überlagerung von Gleichtakt- und Gegentaktquellen dar. Bestimmen Sie die Phasoren der ansteuernden Gleich- und Gegentaktquellen in Abhängigkeit von $\underline{U}_a$ und $\underline{U}_b$.

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

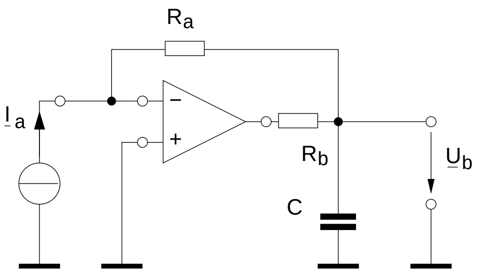
3) Zeichnen Sie das einphasige Gegentakt- und das einphasige Gleichtakt-Ersatzschaltbild des Netzwerks.

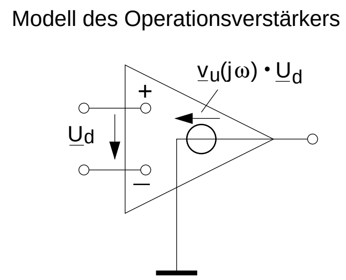
4) Bestimmen Sie die Spannnung $\underline{U}_C$ am Ausgang des Differenzverstärkers bei reiner <u>Gegen</u>taktansteuerung mit Hilfe des entsprechenden Ersatzschaltbildes.

5) Bestimmen Sie die Spannnung $\underline{U}_C$ am Ausgang des Differenzverstärkers bei reiner <u>Gleich</u>taktansteuerung mit Hilfe des entsprechenden Ersatzschaltbildes.

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

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





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

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

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

<u>Es sind zunächst</u> $v_u = 100$, $R_a = 1000\ \Omega$, $R_b = 10\ \Omega$ und $\omega_0 = \frac{1}{R_b C}$.

3) Vereinfachen Sie den Ausdruck für die Verstärkung aus Aufgabenpunkt 1) für diese konkreten Zahlenwerte indem Sie geeignete Näherungen verwenden, die im gesamten Frequenzbereich bis 1000 ω_0 gültig sind. Hinweis: als Näherung soll hier gelten $\underline{a} + \underline{b} \approx \underline{a}$ wenn $|\underline{a}|/|\underline{b}| \geq 10$.

4) Zeichnen Sie den genäherten Verlauf von Betrag und Phase von $\underline{Z}(j\omega)$ bezogen auf 1 Ω in das Bode Diagramm auf der nächsten Seite ein.

<u>Im Folgenden gilt</u> $R_b = 0$. Für die komplexe Verstärkung des Operationsverstärkers soll gelten:

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

mit der statischen Verstärkung $v_0 = 100$.

5) Bestimmen Sie für diesen Fall erneut die Verstärkung $\underline{Z}(j\omega)$ der Schaltung und vergleichen Sie das Ergebnis mit der Wirkungsfunktion eines rückgekoppelten Systems

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

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

6) Zeichnen Sie Betrag und Phase der Schleifenverstärkung $\underline{F}_a(j\omega)\ \underline{F}_2(j\omega)$ im Bereich 0.01 $\omega_0 \ldots 100\ \omega_0$ in das Bodediagramm auf der nächsten Seite ein. Verwenden Sie Geradennäherungen. Zur besseren Übersichtlichkeit benutzen Sie bitte zwei getrennte Farben (wenn möglich bitte kein Rot).

Bode Diagramm Vorlage