Klausur Elektronik II

Sommersemester 2009

Name: ....

Vorname: ....

Matrikelnummer:.......................................

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.

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

In etwa die Hälfte der Gesamtpunktzahl ist zum Bestehen erforderlich.

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

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

Ergebnis:

1 (12)	2 (13)	3 (14)	4 (15)	5 (11)	6 (16)	7 (15)	$\sum$ (96)	Note

Aufgabe 1 (12 Punkte): Netzwerkberechnung

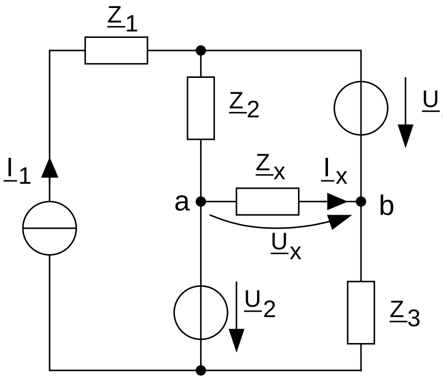


Abbildung 1: Netzwerk zur Berechnung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 1, in dem die Größen $\underline{I}_x$ und $\underline{U}_x$ bestimmt werden sollen.

1) Ermitteln Sie mit einem Verfahren Ihrer Wahl den Strom $\underline{I}_x$ durch die Impedanz $\underline{Z}_x$.
Hinweis: Als systematisches Verfahren eignet sich z.B. der Überlagerungssatz.

2) Wie groß ist die Spannung $\underline{U}_x$ zwischen Knoten a und b, wenn die Impedanz $\underline{Z}_x$ entfernt wird ($\underline{Z}_x \to \infty$)?

Aufgabe 2 (13 Punkte): Komplexe Rechnung, Ortskurve

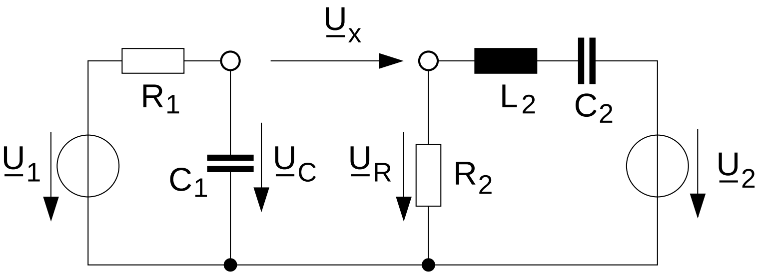


Abbildung 2: Netzwerk für Ortskurvenbestimmung.

Gegeben ist das Netzwerk in Abbildung 2, dessen Ansteuerung durch die konstanten reellen Phasoren $\underline{U}_1 = U_1 = const.$, $\underline{U}_2 = U_2 = const.$ dargestellt ist. Die Bauelemente des Netzwerks sind so zu dimensionieren, daß sich bestimmte Eigenschaften der Ortskurve der komplexen Spannung $\underline{U}_x$ ergeben.

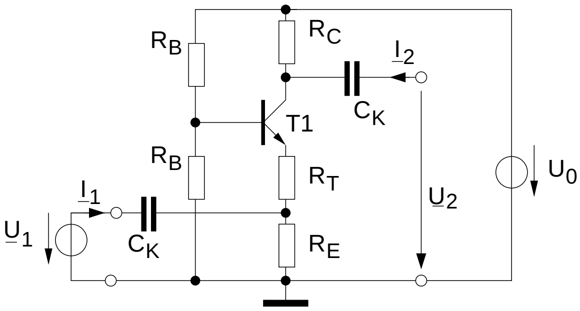
1) a) Zeichnen Sie die Ortskurven für $\underline{U}_C$ und $\underline{U}_R$. Tragen Sie die Werte der Ortskurve für $\omega = \{0,\ \infty\}$ sowie die Maximalwerte $max|\underline{U}_C|$ und $max|\underline{U}_R|$ in die Darstellung ein.

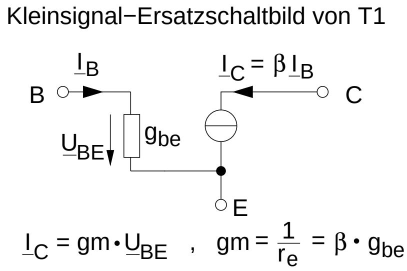
b) Geben Sie eine Bedingung für die entsprechenden Bauelemente der Schaltung an, unter der $max|\underline{U}_C| = 2 \cdot max|\underline{U}_R|$ gilt.

Es gilt im Folgenden $\quad U_1 = U_2,\ \ R_1 = R_2$ und $C_1 = C_2$.

2) Wie müssen die Bauelemente der Schaltung dimensioniert werden (Formel!), damit bei einer beliebig wählbaren Frequenz $0 < \omega_x < \infty$ die Spannung $\underline{U}_x$ den größtmöglichen Betrag und keinen Realteil besitzt, d.h. es soll gelten $|\underline{U}_x(\omega_x)| \geq |\underline{U}_x(\omega)|\ ,\ 0 \leq \omega \leq \infty$ und $\Re e\{\underline{U}_x(\omega_x)\} = 0$.

Aufgabe 3 (14 Punkte): Schaltungsdimensionierung und -berechnung





Gegeben ist die links gezeigte Verstärkerschaltung mit der Wechselspannungsquelle $\underline{U}_1$ für das Eingangssignal. Die rechte Seite zeigt das Kleinsignalmodell des Transistors T1. Die Koppelkondensatoren $C_K \to \infty$ können als ideal angenommen werden.

Arbeitspunkt-Berechnung

1) Bestimmen Sie unter der Annahme, daß die Basis-Emitter-Spannung im Arbeitspunkt $U_{BE} = U_{BE0}$ bekannt ist und der Basisstrom von T1 vernachlässigt werden kann, den Kollektorstrom des Transistors im Arbeitspunkt (Formel). Wie groß ist die Steilheit gm des Transistors?

2) Der Transistor soll im normal aktiven Bereich betrieben werden. Geben Sie das maximal und das minimal mögliche Kollektorpotential an. Dimensionieren Sie R_C so, dass das Kollektorpotential im Arbeitspunkt genau in der Mitte dieses Bereiches liegt.

Kleinsignal-Wechselstromberechnung

3) Zeichnen Sie das Wechselstrom-Ersatzschaltbild der Schaltung. Um welche Transistor-Grundschaltung handelt es sich?

4) Bestimmen Sie allgemein die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{ein} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}$ der Schaltung unter Berücksichtigung des Basisstroms. Sie können mit den Näherungen des Transformationszweitor (T-Operator) -Ersatzschaltbildes rechnen.

5) Die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{ein}$ nach Punkt 4) soll sich bei einer Schwankung $1 \leq \beta \leq \infty$ maximal um 10% gegenüber dem Fall $\beta = \infty$ ändern. Geben Sie die dazu notwendige Dimensionierungsvorschrift an.

6) a) Wie groß ist für $\beta \to \infty$ und $\underline{I}_2 = 0$ die Wechselspannungsverstärkung $\underline{v}_u = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ der Schaltung?

b) Wie muß der Arbeitspunktstrom von T1 für möglichst große Verstärkung $|\underline{v}_u|$ verändert werden (Begründung!)?

Aufgabe 4 (15 Punkte): Rückkopplung, Zweitor

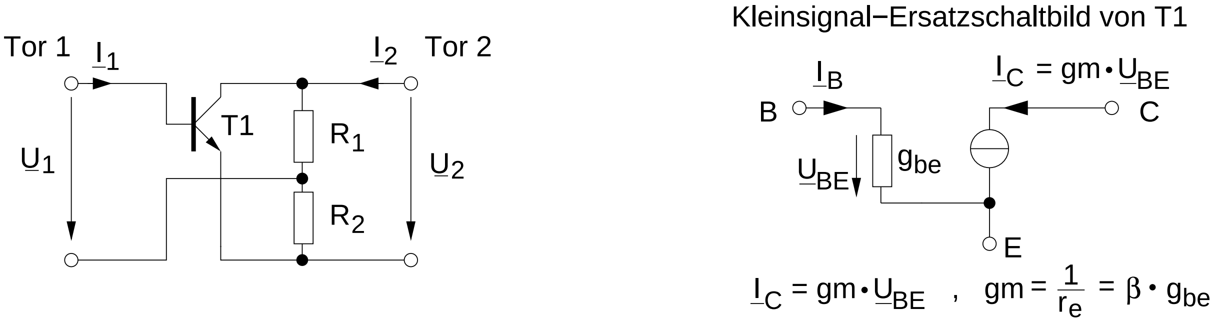


Abbildung 4: Wechselstromersatzschaltbild einer rückgekoppelten Transistorschaltung.

Gegeben ist das Wechselstromersatzschaltbild einer rückgekoppelten 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.

1) 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.

2) 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.

3) 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.

4) Welche Eigenschaft (hoch-/niederohmig) müssen eine an Tor 1 ansteuernde Quelle, der Eingangswiderstand des Hauptzweitors und ein an Tor 2 angeschlossener Lastwiderstand aufweisen, damit die Rückkopplung optimal wirkt.

5) Bestimmen Sie die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{ein} = \frac{U_1}{I_1}|_{I_2=0}$ und erläutern Sie anhand des Ergebnisses welchen Einfluß die Rückkopplung auf die Eingangsimpedanz besitzt.
<u>Hinweis:</u> Für die Wahl $R_2 = 0$ ist keine Rückkopplung vorhanden.

Aufgabe 5 (11 Punkte): Stabilität, Netzwerktheorie

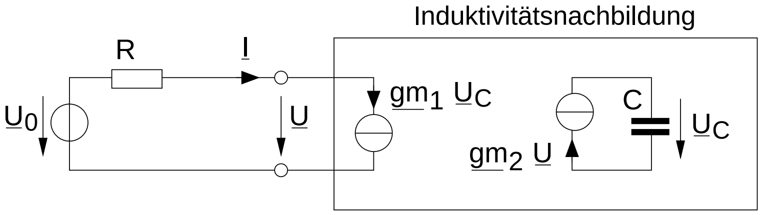


Abbildung 5: Kleinsignalersatzschaltbild einer elektronischen Induktivitätsnachbildung.

Gegeben ist in Abbildung 5 eine allgemeine Spannungsquelle $\underline{U}_0(s)$ und dem Innenwiderstand R, welche die elektronische Nachbildung einer Induktivität ansteuert.

1) Bestimmen Sie die Eingangsimpedanz $\frac{\underline{U}}{\underline{I}}$ der Nachbildung und geben Sie die Induktivität L der Nachbildung in Abhängigkeit der Schaltungselemente an.

2) Analysieren Sie die Stabilität der <u>Gesamtschaltung</u> für den Fall

$$\underline{gm}_1 = gm_{01} = const. \in \mathbb{R} > 0 \; ; \qquad \underline{gm}_2 = \frac{gm_{02}}{1 + \frac{j\omega}{\omega_2}}; \quad \{gm_{02},\ \omega_2\} \in \mathbb{R} > 0 \qquad (1)$$

anhand einer Wirkungsfunktion des Netzwerkes (Lage der Pole).

3) Die ansteuernde Quelle erzeugt im Zeitbereich eine Diracimpuls-förmige Anregung $u_0(t) = \delta(t)$. Geben Sie den zugehörigen Stom $i(t)$ durch die Quelle an.
<u>Hinweis:</u> Zur inversen Laplace-Transformation gebrochen rationaler Funktionen eignet sich der Heavisidesche Entwicklungssatz.

Aufgabe 6 (16 Punkte): Gleichtakt-, Gegentaktzerlegung

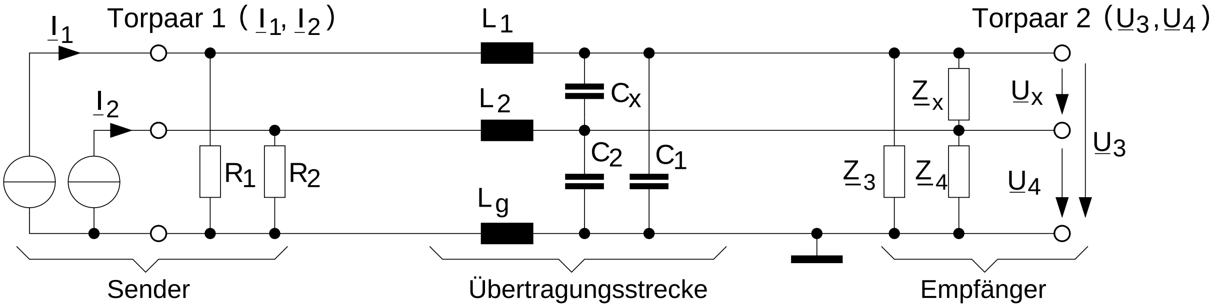


Abbildung 6: Einfache Ersatzschaltung für eine USB-Schnittstelle.

Abbildung 6 zeigt das Ersatzschaltbild einer differentiell betriebenen USB-Schnittstelle, bestehend aus Senderausgang, Übertragungsstrecke und Empfängereingang in Abb. 6. Für die Ansteuerung gilt $\underline{I}_2 = -\underline{I}_1(1-\alpha)$ mit dem Nichtidealitätsfaktor $|\alpha| \leq 1$.

1) Zerlegen Sie die Ansteuerung mit $\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$ in eine äquivalente Gleich- und Gegentaktansteuerung, die den Nichtidealitätsfaktor α berücksichtigt.

2) Geben Sie alle allgemeinen Bedingungen für die Elemente R, L, C, $\underline{Z}$ der Schaltung an, die notwendig sind, damit die Induktivität L_g in der Symmetrielinie des Netzwerks von Torpaar 1 nach Torpaar 2 liegt.

3) Zeichnen Sie zur jeweiligen Ansteuerung die einphasigen Gleich- und Gegentaktersatzschaltbilder des symmetrischen Netzwerks.

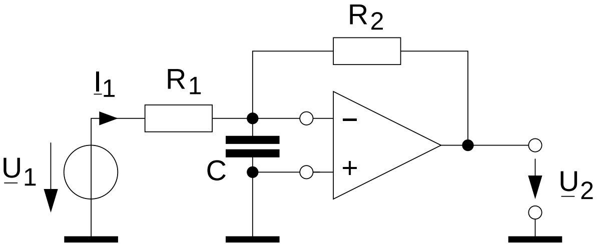
Im Folgenden gilt:

$R_1 = R_2 = \frac{Z_X}{2} = R, \quad C_1 = C_2 = \frac{C_x}{2} = \frac{1}{j\omega \underline{Z}_3} = \frac{1}{j\omega \underline{Z}_4} = C, \quad L_1 = L_2 = 2L_g = L.$

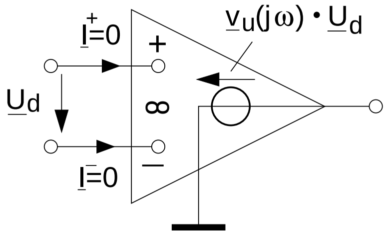
4) Berechnen Sie die Empfangssignale $\underline{U}_3$ und $\underline{U}_4$ an den beiden Toren des Empfängers in Abhängigkeit von $\underline{I}_1$ und α.

5) Im USB-Empfänger wird die Differenzspannung $\underline{U}_x = \underline{U}_3 - \underline{U}_4$ als Empfangssignal ausgewertet. Bestimmen Sie $\underline{U}_x$ und zeigen Sie (Formel!) daß $\underline{U}_x$ unempfindlich gegenüber der Rückleiterinduktivität L_g ist.

Aufgabe 7 (15 Punkte): Operationsverstärker, Bode-Diagramm.



Modell des Operationsverstärkers



Gegeben ist die links gezeigte Operationsverstärkerschaltung mit einem Kondensator C zur Frequenzgangskompensation. Das Modell des Operationsverstärkers, der eine frequenzabhängige Verstärkung $\underline{v}_u(j\omega)$ aufweist, ist auf der rechten Seite dargestellt.

1) a) Bestimmen Sie allgemein den Frequenzgang $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)}$ der Schaltung.

b) Welchen Wert nimmt $\underline{F}(j\omega)$ für den Sonderfall $|\underline{v}_u(j\omega)| \rightarrow \infty$ an?

c) Stellen Sie den Frequenzgang in der Form $\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{F}_a}{1+\underline{F}_a\underline{F}_2}$ dar und geben Sie $\underline{F}_a$, $\underline{F}_2$ und die Schleifenverstärkung an.

<u>Für den Operationsverstärker gilt im Folgenden</u> $\underline{v}_u(j\omega) = \frac{v_0}{(1+\frac{j\omega}{\omega_0})\,(1+\frac{j\omega}{10\,\omega_0})\,(1+\frac{j\omega}{10000\,\omega_0})}$.

Falls Sie Aufgabenpunkt c) nicht lösen konnten, verwenden Sie im Folgenden $\underline{F}_2 = a = const. \in \mathbb{R} < 0$ und $\underline{F}_a = \frac{-\underline{v}_u(j\omega)}{(1-a)(1+j\omega\,R\,C)}$.

2) a) Zeichnen Sie Betrag und Phase von $\underline{F}_a$ für den unkompensierten Fall $C = 0$ in das Bode-Diagramm auf der nächsten Seite ein. Markieren und geben Sie den entsprechenden Wert für $\underline{F}_a(\omega \rightarrow 0)$ an der Betragsachse an.

b) Ermitteln Sie anhand des Verlaufs von $\underline{F}_a$ im Bode-Diagramm unter 2a) die kleinste Verstärkung $|\frac{1}{\underline{F}_2}|$, die möglich ist, bevor eine Phasenreserve von 45° unterschritten wird. Tragen Sie den ensprechenden Verlauf von $|\frac{1}{\underline{F}_2}|$ in das Bode-Diagramm ein.
<u>Hinweis:</u> Es gilt in der logarithmischen Darstellung für die Schleifenverstärkung $|F_0|_{dB} = |F_a|_{dB} - |\frac{1}{\underline{F}_2}|_{dB}$

3) Es soll eine Verstärkung $|\frac{1}{\underline{F}_2}| = 1$ realisiert werden. Welchen Wert muß die Kompensationskapazität C besitzen, damit die Phasenreserve bei dieser Verstärkung noch 45° beträgt?

Bode-Diagramm Vorlage