

Klausur (Musterlösung)

Grundlagen der Elektronik
SS 2007

1. August 2007

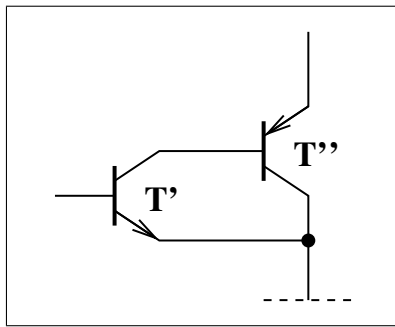
Name	Matrikelnummer	Studiengang

Aufgabe	Thema	Max. Punkte	Erreichte Punkte
1	Transistor	7	
2	Rauschen	6.5	
3	OPV	8	
4	Leitung	6.5	
Summe		28	

Hinweise:

- Es sind keinerlei Unterlagen oder sonstige Hilfsmittel zugelassen.
- Alle Lösungsblätter müssen fortlaufend nummeriert und jeweils mit Name und Matrikelnummer versehen werden.
- In die Bewertung fließt sowohl das Endergebnis als auch sämtliche Zwischen- und Nebenrechnungen.
- Bei der Angabe mehrerer Lösungen für eine Aufgabe wird diese mit Null bewertet.
- Die erreichbaren Punkte für die einzelnen Teilaufgaben sind in rechteckigen Klammern am Ende der jeweiligen Teilaufgabe angegeben.

1 Transistorschaltung:

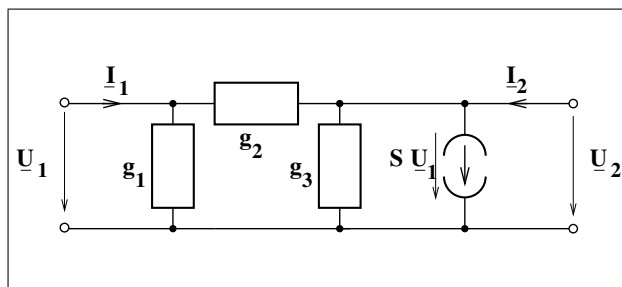


Gegeben ist die obenstehende Zweitransistor-Schaltung mit den beiden Transistoren T' und T'' .

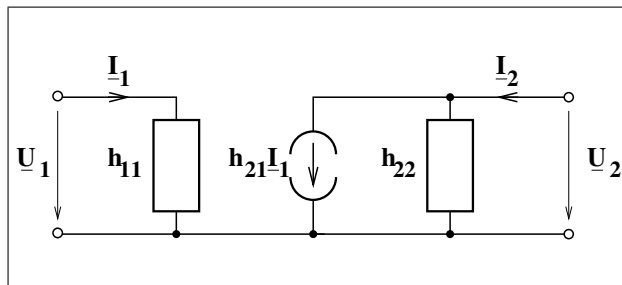
1. Welchen Namen trägt die Schaltung? [0.5P]

Komplementäre Darlington-Schaltung.

2. Zeichnen Sie das π -Kleinsignalersatzschaltbild des Einzeltransistors und beschriften Sie es. [1.0P]



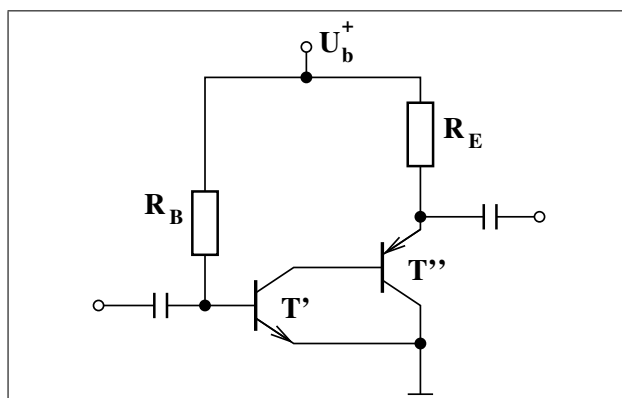
3. Wie sieht das h -Parameter-Kleinsignalersatzschaltbild für den Einzeltransistor aus, wenn die Rückwirkung vernachlässigt werden darf? Beschriften Sie es. [0.5P]



4. In welchen Grundschaltungen arbeiten die beiden Transistoren T' und T'' , wenn der Emitter von T' und der Kollektor von T'' , wie in der Zeichnung angedeutet ist, auf Masse gelegt werden? [1.0P]

T' : Emitter-Schaltung, T'' : Kollektor-Schaltung.

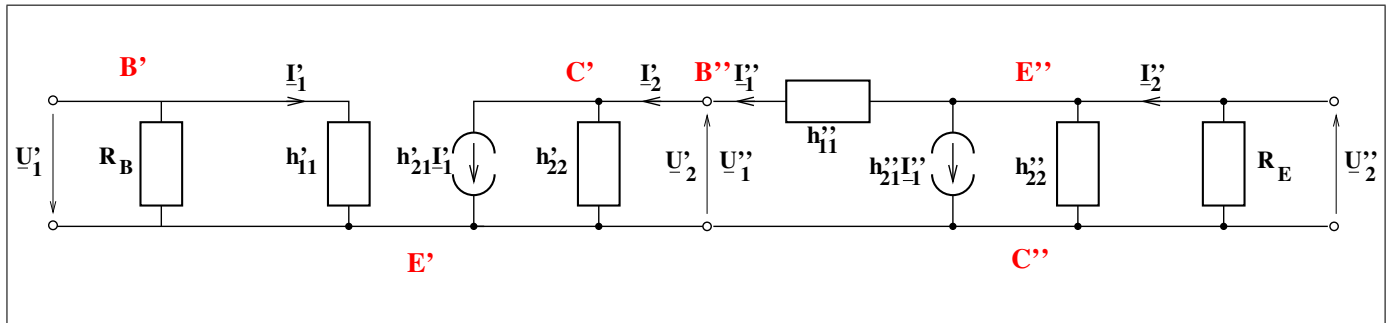
5. Ergänzen Sie die oben gezeichnete Schaltung mit ohmschen Widerständen, Versorgungsspannungen und Entkopplungskondensatoren an Eingang und Ausgang, so dass die beiden Transistoren in den jeweiligen Arbeitspunkt gesetzt werden können, und verstärken. [1.5P]



6. Wie verhalten sich die Kollektorströme der beiden Transistoren zueinander? (Keine Herleitung! Abschätzung genügt.) [0.5P]

$$I_C'' = B'' \cdot I_C'$$

7. Geben Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Gesamtschaltung an, unter der Verwendung der Ergebnisse aus 3 und 5. [2.0P]



2 Rauschen

2.1 Rauscharten:

1. Zählen Sie die verschiedenen Rauscharten auf und geben Sie an, in welchen Schaltungselementen diese auftreten. [1.5P]

- Thermisches Rauschen: Ohmsche Widerstände.
- Schrotrauschen: pn-Übergänge (Dioden, Transistoren).
- Funkelrauschen: pn-Übergänge (Dioden, Transistoren).
- Stromrauschen : Schichtwiderstände

2. Welche Rauscharten treten in Kapazitäten und Induktivitäten auf? [0.5P]

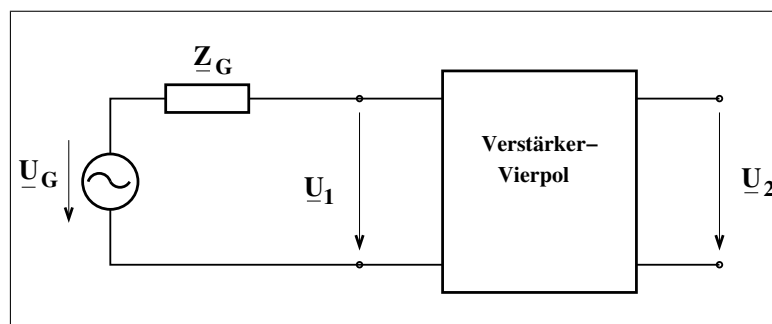
Keine!

3. Erklären Sie das Phänomen des Entstehens von Stromrauschen und geben Sie sein Spektralverhalten an. [1.5P]

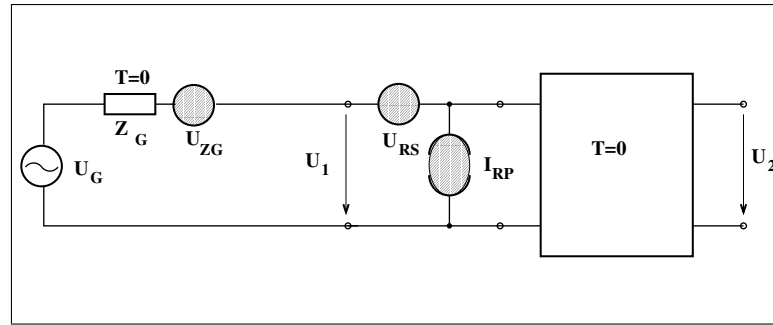
Beim Aufdampfen der dünnen Metallschichten, entstehen Kristallite, zwischen denen statistisch schwankende Übergangswiderstände das sogenannte Stromrauschen verursachen. Die Frequenzabhängigkeit ist etwa $1/f$.

2.2 Rauschender Vierpol:

Gegeben sei ein rauschender Verstärkervierpol, gespeist von einer realen, rauschenden Signalquelle.



1. Zeichnen Sie das Rausch-Ersatzschaltbild der Schaltung. [1.0P]



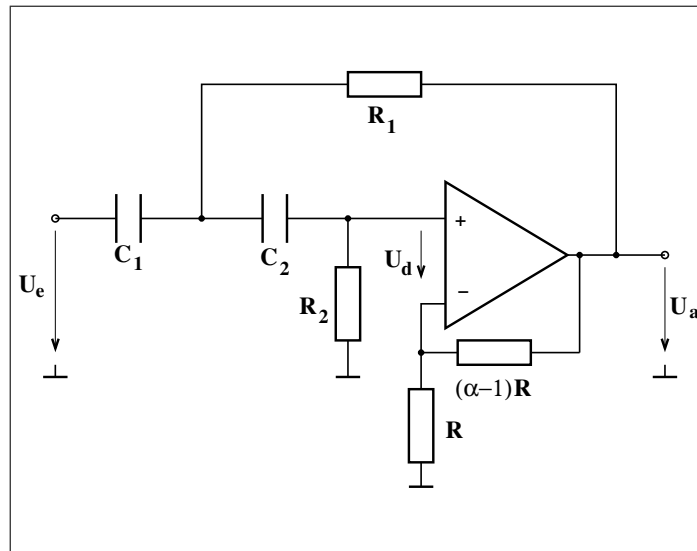
2. Die Signalquelle liefert eine Signalspannung $\underline{U}_1 = 1mV$ und eine Rauschspannung $\underline{U}_{1R} = 10\mu V$. Am Ausgang der Schaltung wird eine Signalspannung $\underline{U}_2 = 0.1V$ und eine Rauschspannung $\underline{U}_{2R} = 2mV$ gemessen. Berechnen Sie die Rauschzahl F des Verstärkervierpols. [1.0P]

$$F = \text{SNR}_{\text{Eingang}} / \text{SNR}_{\text{Ausgang}} = ((1mV/10\mu V)/(0.1V/2mV))^2 = 4$$

3. Es sollen zwei Verstärker mit gleicher Verstärkung jedoch mit unterschiedlichen Rauschzahlen kaskadiert werden. Wie würden Sie die beiden Verstärker ordnen, um eine möglichst geringe Gesamtrauschzahl zu erhalten. (Mit Begründung) [1.0P]

$F_{\text{ges}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}$. Die Rauschzahl des ersten Verstärkers geht voll in die Gesamtrauschzahl ein, während die des zweiten Verstärkers nur teilweise zur Gesamtrauschzahl beiträgt. Deshalb sollte derjenige Verstärker mit der geringeren Rauschzahl an vorderster Stelle platziert werden.

3 Operationsverstärker:

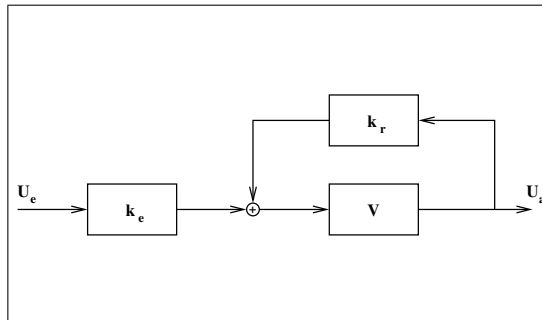


Gegeben sei die obige aktive Filter-Schaltung mit einem idealen Operationsverstärker.

1. Welche Eigenschaften weist ein idealer Operationsverstärker bezüglich seines Eingangs- und Ausgangswiderstandes, seiner Differenz- und Gleichtaktverstärkung auf? [1.0P]

$$r_{in} \rightarrow \infty [0.25P], \quad r_{out} = 0 [0.25P], \quad V_d \rightarrow \infty [0.25P], \quad V_g = 0 [0.25P]$$

2. Zeichnen Sie das regelungstechnische Blockschaltendiagramm, bestehend aus dem Verstärkerblock (V), dem Vorwärts- (k_e) und dem Rückkopplungsblock (k_r). [0.5P]

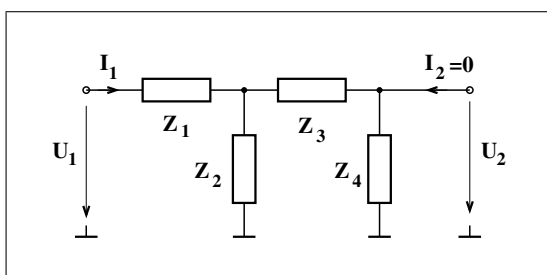


3. Berechnen Sie anhand des gezeichneten Blockschaltendiagramms die Gesamtübertragungsfunktion der Schaltung V' als Funktion von V , k_e und k_r . [1.0P]

$$V' = \frac{k_e V}{1 - k_r V}$$

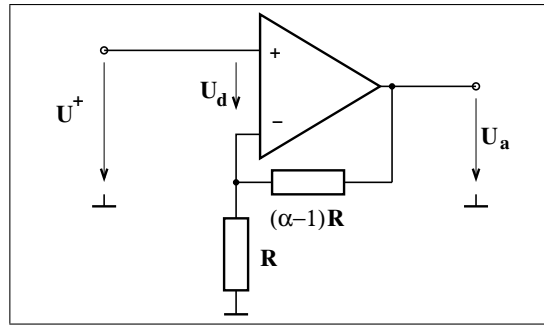
4. Ermitteln Sie für die gegebene Schaltung die Detail-Schaltungen der drei Blöcke und berechnen Sie deren Übertragungsfunktionen. Dabei können die folgenden Vereinfachungen gemacht werden: $R_1 = R_2 = R$, $C_1 = C_2 = C$ und $RC = \tau$. [4.0P]

Hinweis: Benutzen Sie zur Berechnung von k_e und k_r das nachfolgende Netzwerk mit der entsprechenden Übertragungsfunktion:



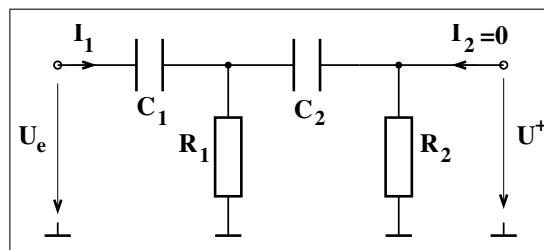
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + \frac{Z_1 + Z_3}{Z_4} + \frac{Z_1}{Z_2} \left(1 + \frac{Z_3}{Z_4}\right)}$$

V:



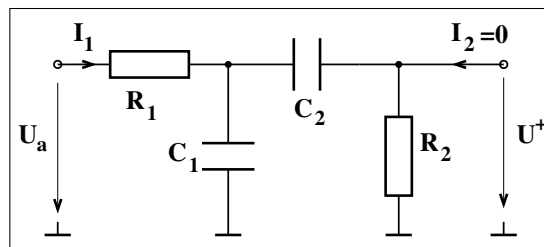
$$V = 1 + \frac{(\alpha - 1) R}{R} = \alpha \quad \text{Elektrometer-Verstärker}$$

$$k_e = \left. \frac{U^+}{U_e} \right|_{U_a=0} :$$



$$k_e = \frac{(j\omega\tau)^2}{1 + 3j\omega\tau + (j\omega\tau)^2}$$

$$k_r = \left. \frac{U^+}{U_a} \right|_{U_e=0} :$$



$$k_r = \frac{j\omega\tau}{1 + 3j\omega\tau + (j\omega\tau)^2}$$

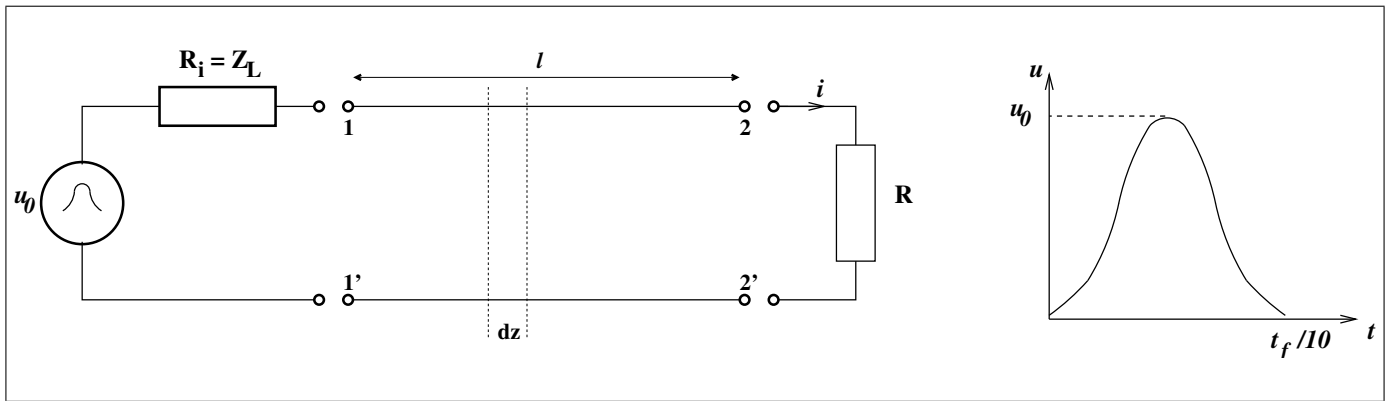
5. Berechnen Sie unter Verwendung der Ergebnisse aus (3) und (4) die Gesamtübertragungsfunktion der gegebenen Schaltung. [0.5P]

$$V' = \frac{\alpha (j\omega\tau)^2}{1 + (3 - \alpha) j\omega\tau + (j\omega\tau)^2}$$

Wie muss α gewählt werden um die Übertragungsfunktion eines idealen Bandpasses erster Ordnung zu bekommen? [1.0P]

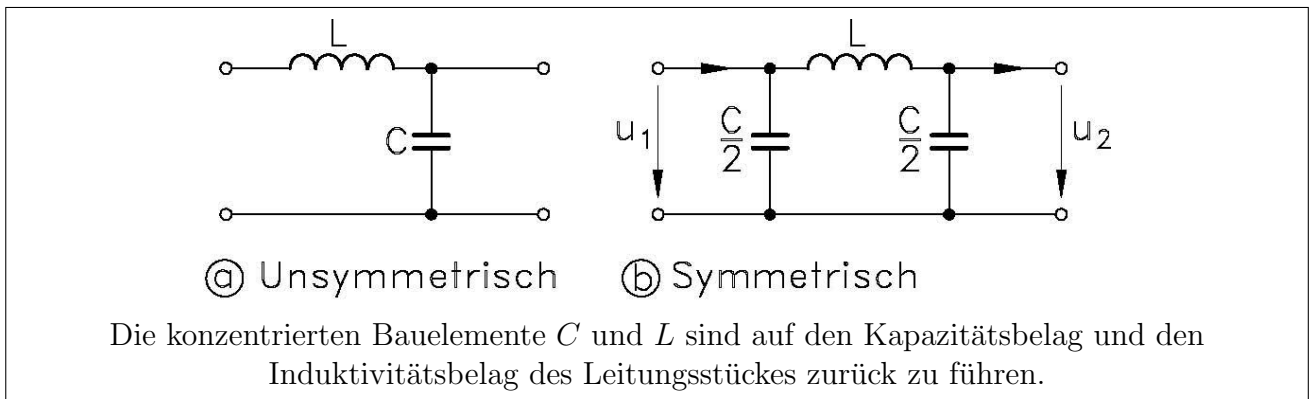
$$\alpha = 1 \implies V' = \frac{(j\omega\tau)^2}{1 + 2j\omega\tau + (j\omega\tau)^2} = \underbrace{\frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}}_{\text{HP 1.Ord.}} \cdot \underbrace{\frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}}_{\text{HP 1.Ord.}}$$

4 Signalübertragung über Leitungen



Gegeben ist eine Leitung der Länge l und dem Leitungswellenwiderstand Z_L , die mit einem Gaussförmigen Puls der Länge $t_f/10$ beaufschlagt wird.

- Geben Sie für ein elektrisch kurzes Leitungsstück der Länge dz ein Ersatzschaltbild mit konzentrierten Elementen an und begründen Sie diese Elemente. [1.0P]



- Welchen Wert muss man dem Abschlusswiderstand R geben, wenn man nur eine hinlaufende Welle auf der Leitung haben möchte? Wie heisst dieser Zustand? [1.0P]

$$r = (R - Z_L)/(R + Z_L) \stackrel{!}{=} 0 \implies R = Z_L. \text{ Dieser Zustand wird mit Anpassung bezeichnet.}$$

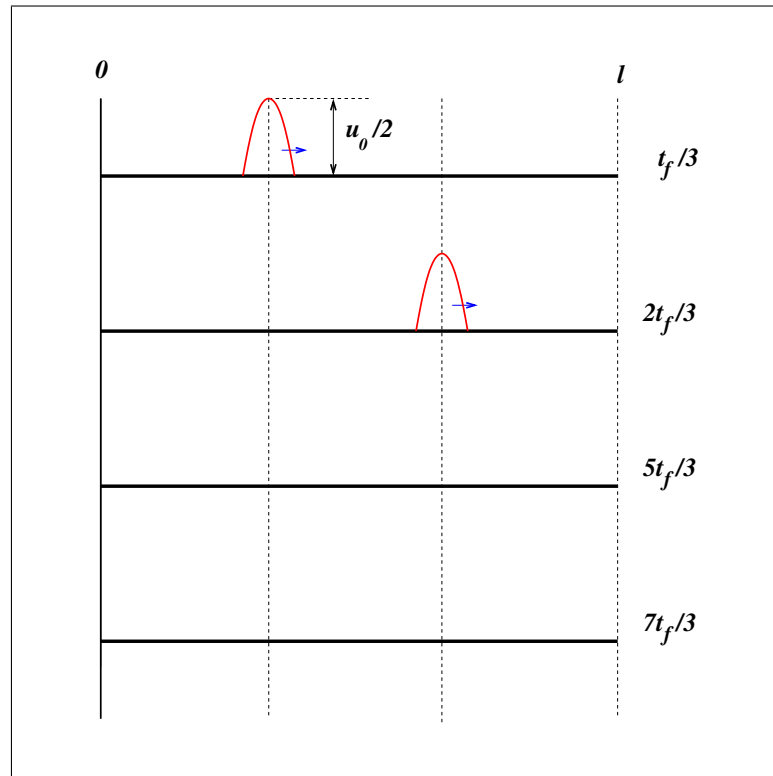
- Welchen Maximalwert nimmt der Strom i im Widerstand R unter der Annahme von 2 an. [1.0P]

$$i_0 = u_0/(2Z_L)$$

- Die Geschwindigkeit der Welle beträgt v . Welche Zeit t_f benötigt der Impuls von 11' nach 22'? [0.5P]

$$t_f = l/v$$

5. Zeichnen Sie die Momentenbilder der Spannungsverteilung zu vier verschiedenen Zeiten $t_1 = t_f/3$, $t_2 = 2t_f/3$, $t_3 = 5t_f/3$ und $t_4 = 7t_f/3$, für den in 2 angesprochenen Fall. [1.0P]



6. Zeichnen Sie die Momentenbilder der Spannungsverteilung zu den gleichen Zeiten wie unter 5, wenn $R = Z_L/3$ angenommen wird. [2.0]

$$R = Z_L/3 \implies r = (R - Z_L)/(R + Z_L) = -1/2$$

