Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Institut für Biomedizinische Technik

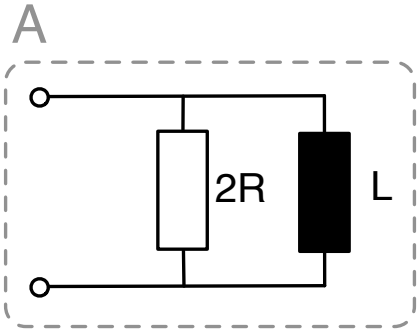
Prof. Dr. rer. nat. O. Dössel
Kaiserstr. 12 / Geb 30.33
Tel.: 0721 / 608 - 2650

Dipl.-Ing. W. Schulze
Kaiserstr. 12 / Geb 30.33
Tel.: 0721 / 608 - 42751

Bachelorprüfung: Lineare elektrische Netze
02. April 2012

Aufgabe 1 — Ortskurve (21 Punkte)

Gegeben sei folgende Schaltung:



a) Bestimmen Sie $\underline{Y}_A(\omega)$ und $\underline{Z}_A(\omega)$.
(Es ist keine Separation in Realteil und Imaginärteil erforderlich.)

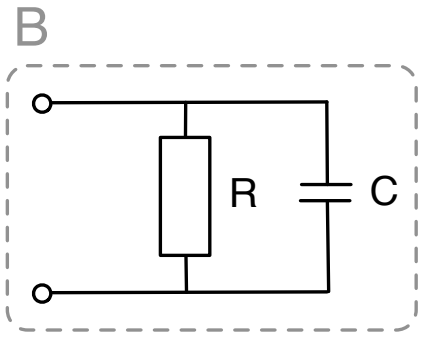
(2 Punkte)

b) Zeichnen Sie in die Diagramme D1.1 und D1.2 die Ortskurven von $\underline{Y}_A(\omega)$ und $\underline{Z}_A(\omega)$ für $R = 100\Omega$. Kennzeichnen Sie ω→0 und ω→∞.

(4 Punkte)

Die folgenden Teilaufgaben können auch ohne die vorherige gelöst werden!

Gegeben sei nun folgende Schaltung:



c) Bestimmen Sie die Admittanz $\underline{Y}_B(\omega)$ und Impedanz $\underline{Z}_B(\omega)$ der Schaltung (B).
(Es ist keine Separation in Realteil und Imaginärteil erforderlich.)

(2 Punkte)

d) Geben Sie die Werte von $\underline{Z}_B(\omega = 0)$ und $\lim_{\omega \to \infty} \underline{Z}_B(\omega)$ an.

(2 Punkte)

e) Zeichnen Sie in die Diagramme D1.1 und D1.2 zusätzlich die Ortskurven von $\underline{Y}_B(\omega)$ und $\underline{Z}_B(\omega)$ für $R = 100\Omega$. Kennzeichnen Sie ω→0 und ω→∞.

(4 Punkte)

Die folgenden Teilaufgaben können auch ohne die vorherige gelöst werden!

f) Bestimmen Sie den Realteil und Imaginärteil von $\underline{Z}_B(\omega)$.

(2 Punkte)

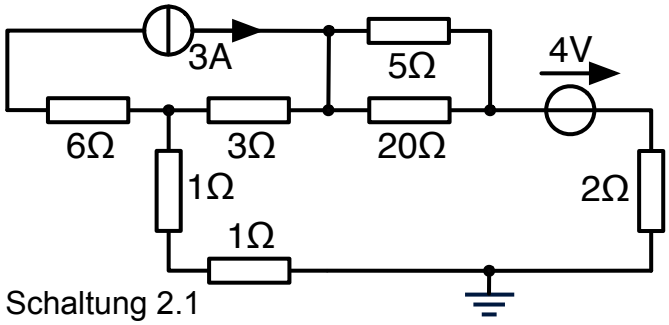
g) Zeigen Sie, dass $\underline{Z}_B(\omega)$ aus Aufgabenteil f) die folgende Kreisgleichung erfüllt. Nutzen Sie zur Übersichtlichkeit die Definition $N = \frac{1}{R^2} + \omega^2 C^2$.

$$\left(Re\left(\underline{Z}_B(\omega)\right) - \frac{R}{2} \right)^2 + \left(Im\left(\underline{Z}_B(\omega)\right) \right)^2 = \frac{R^2}{4} \quad \text{für alle } 0 < \omega < \infty$$

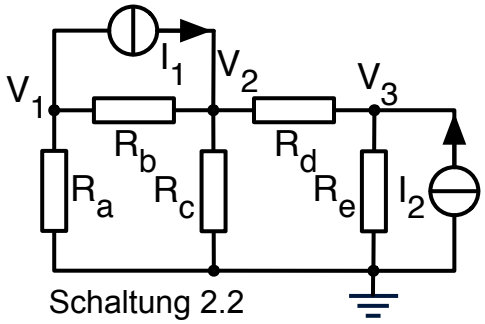
(5 Punkte)

Aufgabe 2 Netzwerk (14 Punkte)

Es gelten folgende Schaltungen:



Schaltung 2.1

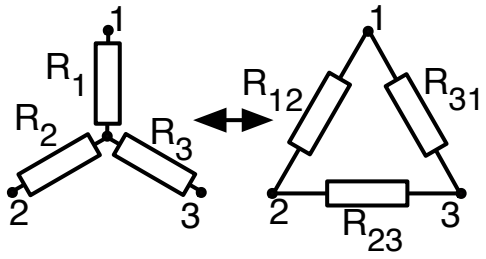


Schaltung 2.2

a) Bringen Sie die linke Schaltung 2.1 auf die Form von Schaltung 2.2. Bestimmen Sie sowohl die unbekannten Widerstandswerte R_a bis R_e als auch die Stromwerte I_1 und I_2 in Schaltung 2.2.

(6 Punkte)

Hinweis: Stern-Dreiecks-Transformation



$$R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \qquad R_{12} = R_1 + R_2 + R_1\frac{R_2}{R_3}$$

$$R_2 = \frac{R_{23}R_{12}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \qquad R_{23} = R_2 + R_3 + R_2\frac{R_3}{R_1}$$

$$R_3 = \frac{R_{31}R_{23}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \qquad R_{31} = R_3 + R_1 + R_3\frac{R_1}{R_2}$$

Die folgende Teilaufgabe kann auch ohne die vorherige gelöst werden!

b) Stellen Sie mit Hilfe des Knotenpunktpotentialverfahrens für jeden Knoten die Knotengleichungen von Schaltung 2.2 in Abhängigkeit von V_1, V_2 und V_3 **allgemein** auf. Verwenden Sie hierfür die allgemeinen Variablen R_a bis R_e, I_1 und I_2.

(3 Punkte)

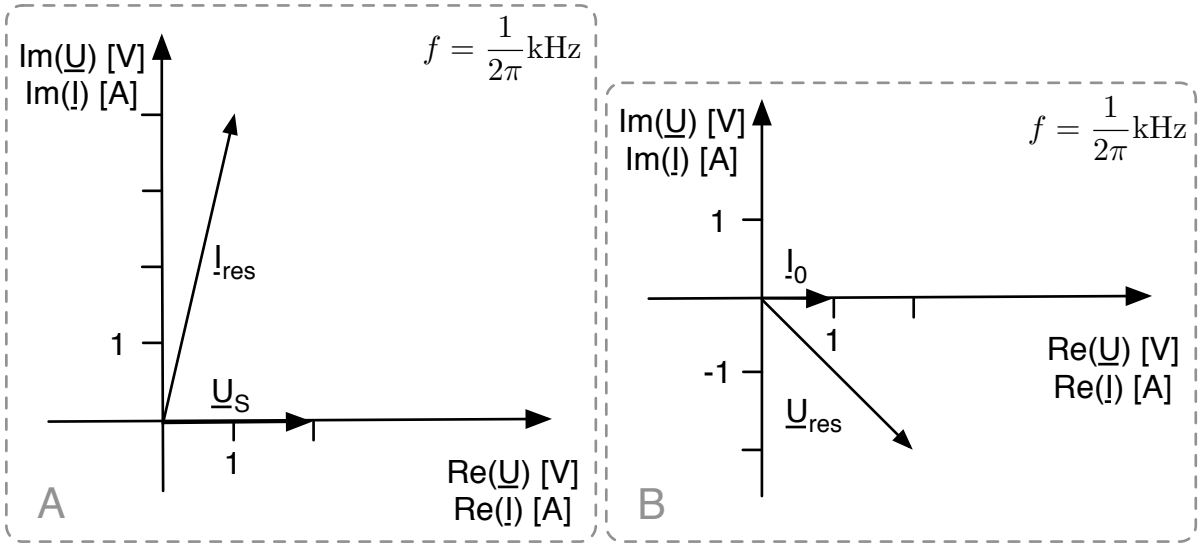
Die folgende Teilaufgabe kann auch ohne die vorherige gelöst werden!

c) Durch einen Produktionsfehler wird der 6Ω-Widerstand in Schaltung 2.1 kurzgeschlossen. Vereinfachen Sie zunächst die Schaltung, sodass sie nur noch aus einer einzigen Masche besteht. Welche Leistung verbraucht die Gesamtschaltung nun?

(5 Punkte)

Aufgabe 3 Zeigerdiagramm (15 Punkte)

Gegeben seien folgende Zeigerdiagramme:



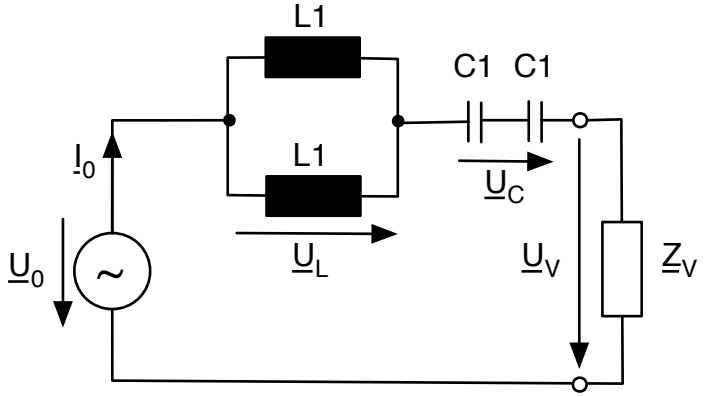
Über einer Schaltung A falle die Spannung $\underline{U}_S$ ab. Durch die Schaltung soll der Strom $\underline{I}_{res}$ fließen.
$\underline{I}_0$ sei der Strom durch eine Schaltung B. Über der Schaltung soll die Spannung $\underline{U}_{res}$ abfallen.

a) Geben Sie die Beziehungen $\underline{I}_{res}(\underline{U}_S)$ der Schaltung A und $\underline{U}_{res}(\underline{I}_0)$ der Schaltung B an.
(2 Punkte)

b) Geben Sie möglichst einfache Schaltungen A und B an und bestimmen Sie ihre Bauteilwerte.
(4 Punkte)

Die folgenden Teilaufgaben können auch ohne die vorherige gelöst werden!

Gegeben sei nun folgende Schaltung:



$$\underline{U}_0 = 2\text{V}$$
$$\underline{I}_0 = 1\text{A}$$
$$f = 1\text{kHz}$$
$$\text{L1} = \frac{1}{\pi}\text{mH}$$
$$\text{C1} = \frac{1}{8\pi}\text{mF}$$

c) Skizzieren Sie das Zeigerdiagramm der Spannungen in Diagramm D3.1. Vereinfachen Sie dazu zunächst die Schaltung. Beschreiben Sie Ihre Zwischenschritte. Skizzieren Sie dann die Spannungen $\underline{U}_L$ und $\underline{U}_C$. Bestimmen Sie anschließend grafisch die Spannung über dem Verbraucher $\underline{U}_V$.

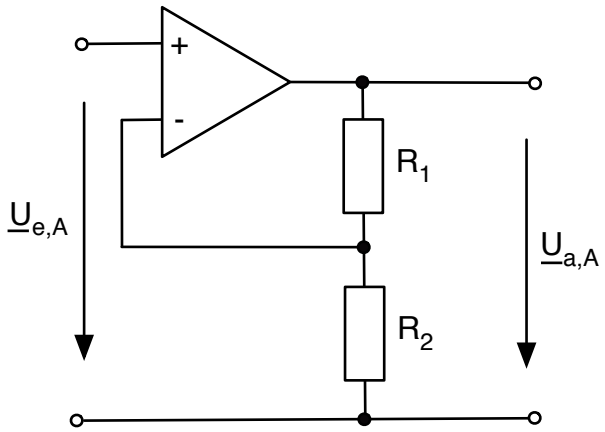
(8 Punkte)

d) Geben Sie $\underline{Z}_V$ an. Nutzen Sie dazu das Ergebnis der grafischen Bestimmung in c).

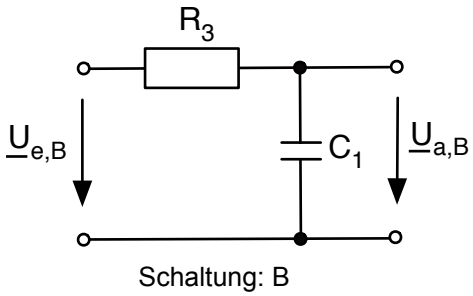
(1 Punkt)

Aufgabe 4 Bodediagramm (26 Punkte)

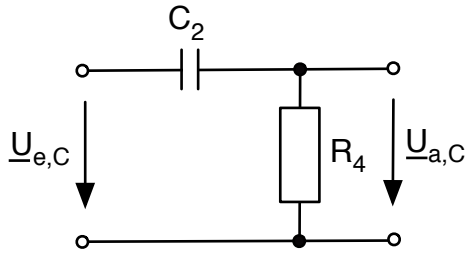
Die folgenden drei Schaltungen sind gegeben:



Schaltung: A



Schaltung: B



Schaltung: C

R_1= 100kΩ, R_2=1kΩ, R_3=1kΩ R_4=10kΩ C_1=C_2=15,9nF

a) Benennen Sie die Schaltungen A, B und C. (3 Punkte)

b) Stellen Sie die Übertragungsfunktionen der drei Schaltungen einzeln auf. (3 Punkte)

c) Geben Sie für jede Schaltung den Betrag der Verstärkung a_v in der Einheit Dezibel und die Phase φ allgemein an. (Herleitung!) Verwenden Sie hier noch keine Normierung. (8 Punkte)

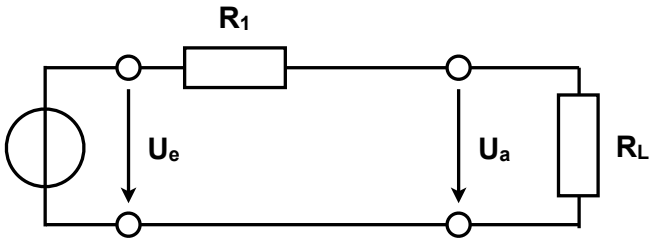
d) Normieren Sie die Übertragungsfunktion von Schaltung C auf eine geeignete Normierungsfrequenz ω_C und ermitteln Sie die zugehörige Grenzfrequenz in Hz für die gegebenen Werte von R und C. (3 Punkte)

e) Normieren Sie nun die Übertragungsfunktion von Schaltung B auf die gleiche Normierungsfrequenz ω_C und ermitteln Sie ebenfalls die Grenzfrequenz in Hz für die gegebenen Werte von R und C. (3 Punkte)

f) Zeichnen Sie in die Diagramme D4 das Bodediagramm nach Betrag und Phase für alle drei Schaltungen ein (normiert auf ω_C, verwenden Sie hierzu möglichst 3 nicht rote Farben). (6 Punkte)

Aufgabe 5 Operationsverstärker (14 Punkte)

Gegeben sei folgendes Schaltbild einer linearen Spannungsquelle mit angeschlossener Last:



U_e sei die Eingangsspannung der Schaltung, U_a die Ausgangsspannung und R_L der Lastwiderstand.

a) Erweitern Sie die Schaltung mit einem Operationsverstärker und ggf. zusätzlichen Widerständen so, dass U_a unabhängig von R_L ist. Zeichnen Sie das Schaltbild und beschriften Sie alle Bauteile.

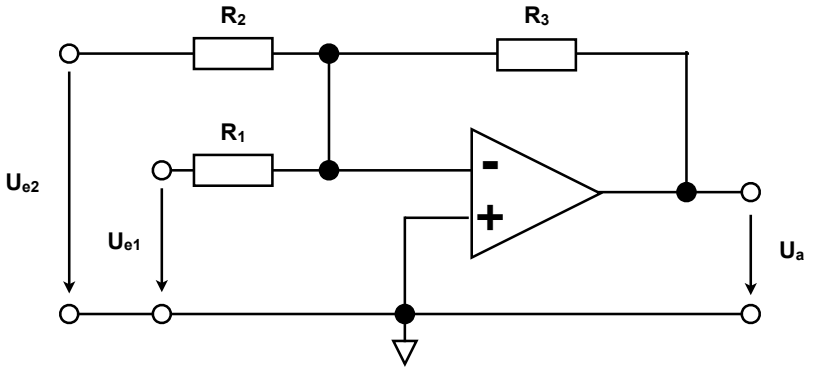
(2 Punkte)

b) Wodurch wird bei einem realen Operationsverstärker allgemein die maximale Ausgangsspannung zusätzlich begrenzt?

(1 Punkt)

Die folgenden Teilaufgaben können ohne die vorherigen gelöst werden!

Gegeben sei nun die folgende Schaltung:



c) Um was für eine Schaltung handelt es sich?

(1 Punkt)

d) Leiten Sie die Übertragungsfunktion $U_a = f(U_{e1},U_{e2})$ her.

(3 Punkte)

e) Mit welchem Verhältnis muss man die Widerstände R_3/R_1 und R_3/R_2 wählen, damit

$$U_a = - (2*U_{e1} + 3*U_{e2})$$

gilt? Wie groß muss also R_1/R_2 sein?

(2 Punkte)

f) Erweitern Sie die Schaltung vor den Eingängen so, dass für die Gesamtübertragungsfunktion

$$U_a = f(U_{e1},U_{e2}) = 6*U_{e1} - 3*U_{e2}$$

gilt. Nutzen Sie für die Gesamtschaltung das Ergebnis aus e) und verändern Sie die gegebenen Widerstände nicht. Zeichnen Sie das Schaltbild der Erweiterung und machen Sie die Ankopplung an die gegebene Schaltung deutlich. Geben Sie die Bedingungen für die zusätzlichen Widerstände an, unter denen die Gesamtübertragungsfunktion erfüllt ist.

(5 Punkte)