

Institut für Biomedizinische Technik,
Karlsruher Institut für Technologie

Fritz-Haber-Weg 1
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-42650

Lineare Elektrische Netze

Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Olaf Dössel
Tel: 0721 608-42650
Olaf.Doessel@kit.edu

Übungsleiter: M.Sc. N. Pilia
Tel: 0721 608-48035
Nicolas.Pilia@kit.edu

Tutorium Nr. 8: Bode-Diagramme

Empfohlen für das Tutorium: Aufgaben 30, 31
Empfohlen für Zuhause: Aufgabe 32

Die für das Tutorium empfohlenen Aufgaben dienen als Orientierung und sollen eine grobe Richtlinie darstellen, welche Aufgaben vom Umfang und Schwierigkeitsgrad her in der Zeit des Tutoriums zu schaffen sind. Letztendlich entscheidet der Tutor, welche Aufgaben im Tutorium behandelt werden.

Zusätzlich wird empfohlen, die nicht im Tutorium behandelten Aufgaben zur weiteren Übung zu Hause zu bearbeiten.

Die Studenten sollen die Aufgaben im Tutorium selbstständig in Gruppen bearbeiten und anschließend vorrechnen.
Der Tutor soll lediglich Fragen beantworten und Unklarheiten beseitigen.

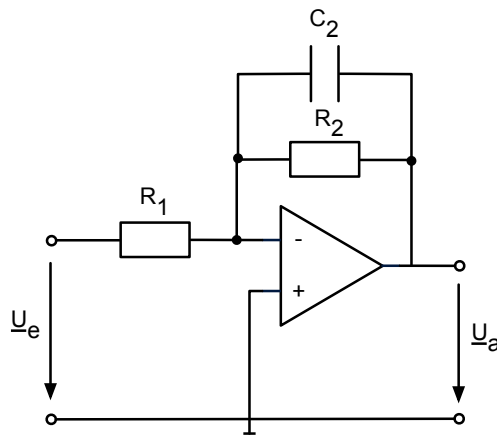
Aufgabe 30

Abb. 1.1

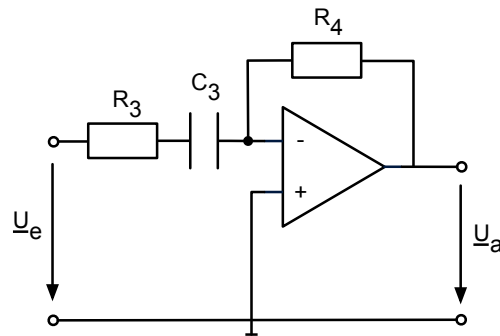


Abb. 1.2

- (a) Geben Sie die Übertragungsfunktion $\frac{U_a}{U_e}$ der idealen OP-Schaltung aus Abb. 1.1 an und bestimmen Sie eine geeignete Normierungsfrequenz Ω_1 für die Übertragungsfunktion.
- (b) Geben Sie die Übertragungsfunktion $\frac{U_a}{U_e}$ der idealen OP-Schaltung aus Abb. 1.2 an und bestimmen Sie eine geeignete Normierungsfrequenz Ω_2 für die Übertragungsfunktion.
- (c) Gegeben sind nun folgende Werte:
 $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$, $C_2 = 1 \text{ pF}$, $C_3 = 1 \text{ nF}$.
 Zeichnen Sie jeweils ein Bodediagramm (Betrag und Phase) für die Schaltungen aus Abb. 1.1 und Abb. 1.2
 (Maßstäbe: $1 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ dB}$, $1 \text{ cm} \rightarrow 45^\circ = \frac{\pi}{4}$).

Im Folgenden sollen Sie die Frequenz $f = 10 \frac{\text{MHz}}{2\pi}$ verstärken und alle anderen Frequenzen nach Möglichkeit dämpfen. Die Normierungsfrequenz sei jetzt $f_N = 1 \frac{\text{kHz}}{2\pi}$.

- (d) Entwerfen Sie mit Hilfe der Schaltungen aus Abb. 1.1 und Abb. 1.2 und einem Spannungsfolger einen Filter, für den gilt:

$\log \Omega_N$	$a_V [\text{dB}]$
< 2	Steigung + 20 dB/Dekade
2	0
3	20
4	40
5	20
6	0
> 6	Steigung - 20 dB/Dekade

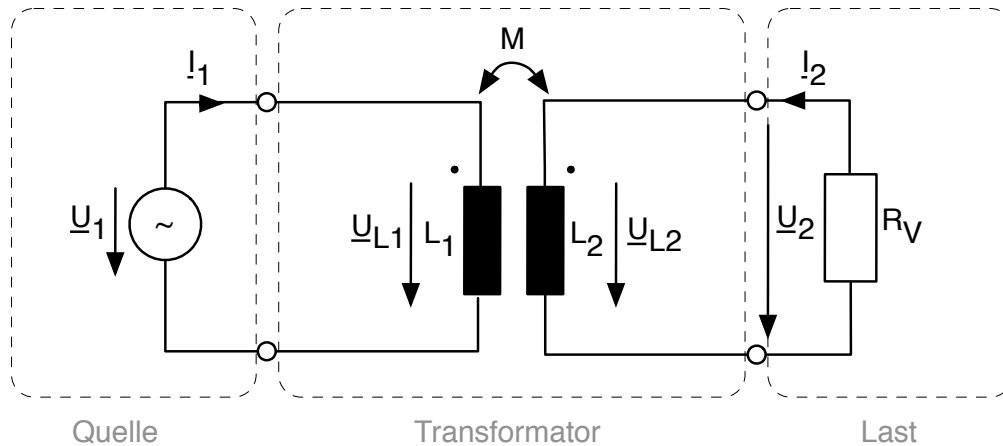
Zeichnen Sie die Schaltung und den **Amplitudengang**.

Wie lautet die gesamte Übertragungsfunktion $\frac{U_a}{U_e}$?

- (e) Zur Dimensionierung, d.h. zur Anpassung an den geforderten Verlauf von a_V sollen nur die Werte für C_2 und C_3 verändert werden. Welche Werte müssen für C_2 und C_3 gewählt werden?

Aufgabe 31

Gegeben sei folgende Transformator-Schaltung mit $R_V = 200 \, \Omega$, $L_1 = 120 \, \text{mH}$, $L_2 = 480 \, \text{mH}$, $M = 180 \, \text{mH}$, $\omega = 100 \, \text{s}^{-1}$, $\underline{I}_2 = (-18 + j9) \, \text{A}$



Berücksichtigen Sie die magnetische Kopplung zwischen den zwei Spulen. Die Spannungen $\underline{U}_{L1}$ und $\underline{U}_{L2}$ in der magnetischen Kopplung werden durch die folgenden Gleichungen beschrieben:

$$\begin{aligned}\underline{U}_{L1} &= j\omega L_1 \underline{I}_1 + j\omega M \underline{I}_2 \\ \underline{U}_{L2} &= j\omega L_2 \underline{I}_2 + j\omega M \underline{I}_1.\end{aligned}$$

- (a) Stellen Sie die Maschengleichungen für die Spannungen $\underline{U}_1$ und $\underline{U}_2$ sowie die Gleichung für den Spannungsabfall über dem Verbraucher $\underline{U}_2$ allgemein in Abhängigkeit der Bauteile, Ströme sowie der Kreisfrequenz ω auf.
- (b) Berechnen Sie mithilfe der Lösung aus Aufgabenteil a):
 - (i) die Spannung $\underline{U}_2$.
 - (ii) den Strom $\underline{I}_1$.
 - (ii) die Spannung $\underline{U}_1$.
- (c) Bestimmen Sie die von der Quelle abgegebene komplexe Leistung $\underline{S}_{in}$ und die an den Verbraucher übertragene Leistung $\underline{S}_{out}$. Berechnen Sie anschließend den Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$.

Aufgabe 32

Gegeben sei die folgende Filterschaltung bestehend aus zwei Teilschaltungen verbunden über einen Spannungsfolger:

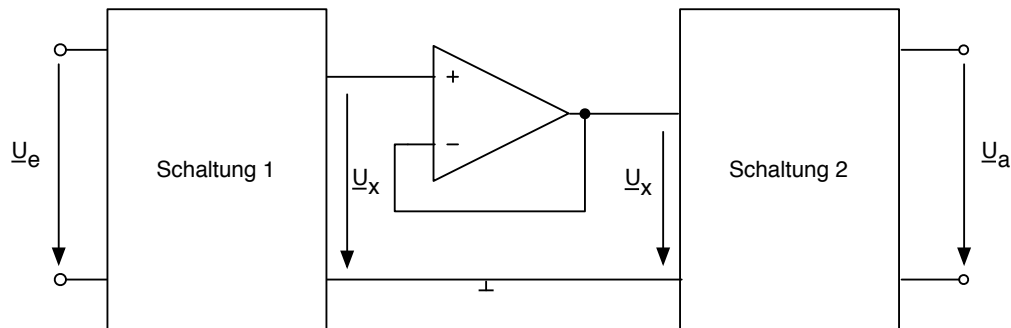


Abb. 1.1: Schaltung

sowie das zugehörige Bodediagramm (Betrag und Phase):

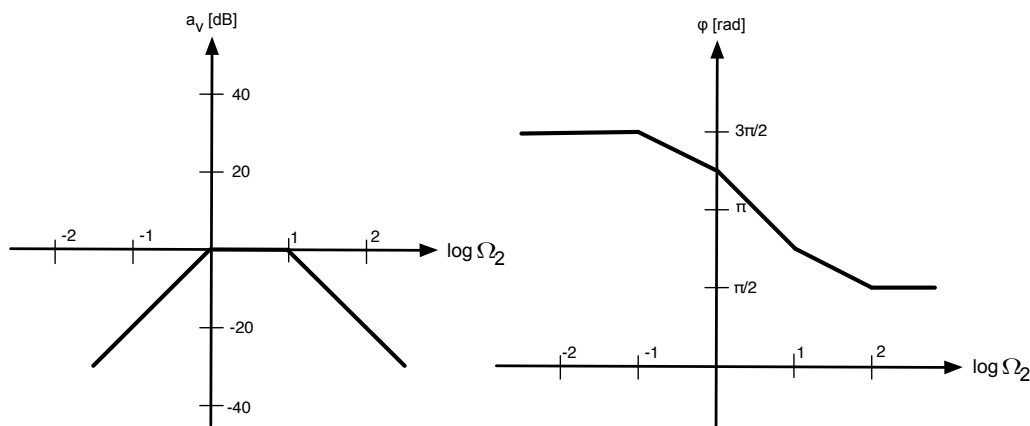


Abb. 1.2: Bodediagramm

Die Schaltung 1 habe die Übertragungsfunktion $\frac{U_x}{U_e} = \frac{1}{1+j\Omega_1}$ mit der Normierungsfrequenz Ω_1 .

- (a)
 - (i) Zeichnen Sie die Schaltung 1, welche die Übertragungsfunktion $\frac{U_x}{U_e}$ besitzt. Die Schaltung soll passiv und möglichst einfach sein (Bauteile: R_1 und C_1).
 - (ii) Geben Sie die Normierungsfrequenz Ω_1 an.
 - (iii) Zeichnen Sie das Bodediagramm (Betrag und Phase) mit der Normierungsfrequenz Ω_1 für diese Schaltung.
 - (iv) Geben Sie das Verhältnis $\frac{\Omega_2}{\Omega_1}$ an.
- (b)
 - (i) Zeichnen Sie mithilfe von Aufgabenteil a) das Bodediagramm (Betrag und Phase) mit der Normierungsfrequenz Ω_2 für die Schaltung 2.
 - (ii) Zeichnen Sie die Schaltung 2. Die Schaltung soll aktiv und möglichst einfach sein (Bauteile: R_2, R_3 und C_2).

- (iii) Geben Sie die Übertragungsfunktion $\frac{U_a}{U_x}$ von Schaltung 2 an.
 - (iv) Geben Sie die Normierungsfrequenz Ω_2 an.
 - (v) Bestimmen Sie mithilfe des Bodediagramms zu Schaltung 2 den konstanten Faktor in der Übertragungsfunktion der Schaltung 2.
- (c)
- (i) Zeichnen Sie die Gesamtschaltung.
 - (ii) Geben Sie die Übertragungsfunktion $\frac{U_a}{U_e}$ der Gesamtschaltung an.
 - (iii) Bestimmen Sie mithilfe der Aufgabenteile a) iv) und b) v) die Kapazität C_2 für $R_1 = 100 \Omega$, $R_3 = 50 \Omega$, $C_1 = 10 \text{ nF}$.