

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. 7: Bode-Diagramme

Empfohlen für das Tutorium: Aufgaben 27, 28  
Empfohlen für Zuhause: Aufgabe 29

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 27**

- (a) Wie berechnen sich bei einem Bodediagramm allgemein der Betrag in dB und die Phase einer Funktion  $\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ ?

- (b) Gegeben sei folgende Funktion:

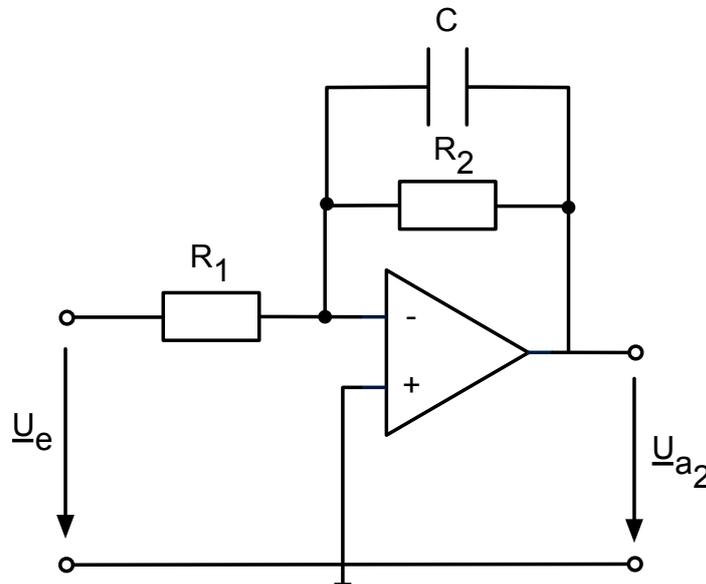
$$\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} = -100 \cdot \frac{(1 + j10^{-3} \Omega)^4}{(1 + j10^{-2} \Omega)^2 \cdot (1 + j10^{-4} \Omega)^2}$$

Zeichnen Sie das Bodediagramm (Betrag und Phase) dieser Funktion.

- (c) In welchem Frequenzbereich wird das Signal maximal verstärkt? Geben Sie die Lösung als Frequenz in Hz an, wobei die Bezugsfrequenz 1 Hz ist. Um welchen Faktor erhöht sich hier die Amplitude des Eingangssignals?
- (d) Ein Eingangssignal  $\underline{U}_e$  enthält einen Frequenzanteil bei  $\Omega = 10^5$  mit einem Betrag von 2 V. Welchen Betrag hat das Ausgangssignal  $\underline{U}_a$  bei dieser Frequenz?

## Aufgabe 28

Gegeben sei folgende Operationsverstärkerschaltung (idealer OP):



- Geben Sie die Übertragungsfunktion  $\frac{U_a}{U_e}$  der abgebildeten OP-Schaltung in Abhängigkeit der Bauteile an.
- Nennen Sie den vollständigen Namen dieser Schaltung (Tief-/ Hoch-/ Bandpass, invertierend/nichtinvertierend, aktiv/passiv, Ordnung).
- Bestimmen Sie eine geeignete Normierungsfrequenz  $\Omega$  für die Übertragungsfunktion aus Aufgabenteil a).

Gegeben sind nun folgende Werte:  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 1.59 \text{ nF}$ .

- Zeichnen Sie das Bodediagramm (Betrag und Phase) für obige Schaltung (Maßstäbe:  $1 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ dB}$ ,  $1 \text{ cm} \rightarrow 45^\circ = \frac{\pi}{4}$ ).
- Bestimmen Sie die Knickfrequenz  $f_k$ .
- Bestimmen Sie den Verstärkungsfaktor  $V_D$  im Durchlassbereich und geben Sie diesen in dB in der linearen Skala an.
- Bestimmen Sie die Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Eingangsspannung  $U_e$  für die Frequenzen  $f_1 = 100 \text{ Hz}$  und  $f_2 = 10 \text{ kHz}$ . Verwenden Sie dafür nicht die Übertragungsfunktion aus Aufgabenteil a), sondern benutzen Sie das Bodediagramm aus Aufgabenteil d).

**Aufgabe 29**

- (a) Zeichnen Sie das Bodediagramm zu folgendem Spannungsverhältnis. Skalieren Sie die Achsen so, dass 1cm 20 dB oder 45° entspricht.

$$\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} = 10 \cdot \frac{j\Omega (1 + j10^{-3}\Omega)}{(1 + j\Omega) \cdot (1 + 10^{-2}j\Omega)}$$

- (b) Das in a) erstellte Bodediagramm zeigt nicht das gewünschte Verstärkungs- bzw. Dämpfungsverhalten. Auch ist die Phasenverschiebung nicht gewünscht. Die Tabelle zeigt die gewünschte Verstärkung und Phasenverschiebung.

- Zeichnen Sie das Bodediagramm, das durch die Tabelle beschrieben wird in ein neues Diagramm mit der in a) definierten Skalierung.
- Wie muss das Spannungsverhältnis  $\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$  aus Aufgabenteil a) verändert werden, dass es dem gewünschten Verhalten aus der Tabelle entspricht? Schreiben Sie das neue Spannungsverhältnis  $\frac{\underline{U}'_a}{\underline{U}'_e}$  auf.

$\log\Omega$	$a_V[dB]$	$\varphi$
<-2	Steigung 20 dB/Dekade	90°
-2	-20	90°
-1	0	90°
0	20	45°
1	20	0°
2	20	-45°
3	0	-90°
>3	Steigung -20 dB/Dekade	-90°