

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

Übungsblatt Nr. 3: Operationsverstärker

Einige der folgenden Aufgaben entstammen alten Klausuren. Darin kommen zum Teil komplexe Zahlen vor. Die komplexen Zahlen werden in der Vorlesung in Kapitel 4 eingeführt und im dritten Tutorium ausführlich behandelt. Um dieses Übungsblatt zu lösen, ist kein tiefergehendes Wissen über die komplexen Zahlen notwendig.

Empfohlen für die Übung: Aufgaben 11, 13
Empfohlen für Zuhause: Aufgaben 12, 14

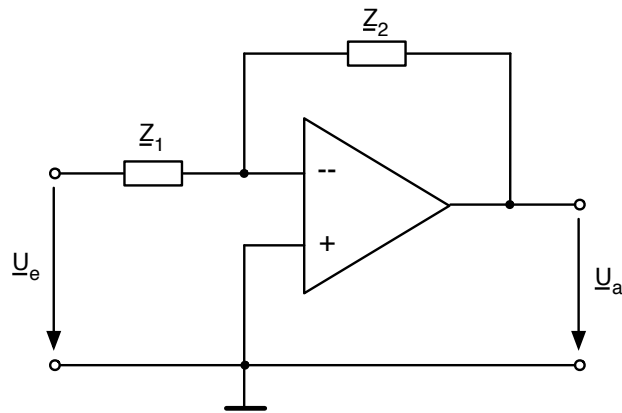
Die für die Übung empfohlenen Aufgaben dienen als Orientierung und sollen eine grobe Richtlinie darstellen, welche Aufgaben vom Umfang und Schwierigkeitsgrad her in der Zeit der Übung zu schaffen sind.

Letztendlich entscheidet der Übungsleiter, welche Aufgaben in der Übung behandelt werden.

Zusätzlich wird empfohlen, die nicht in der Übung behandelten Aufgaben zu Hause zu bearbeiten.

Aufgabe 11

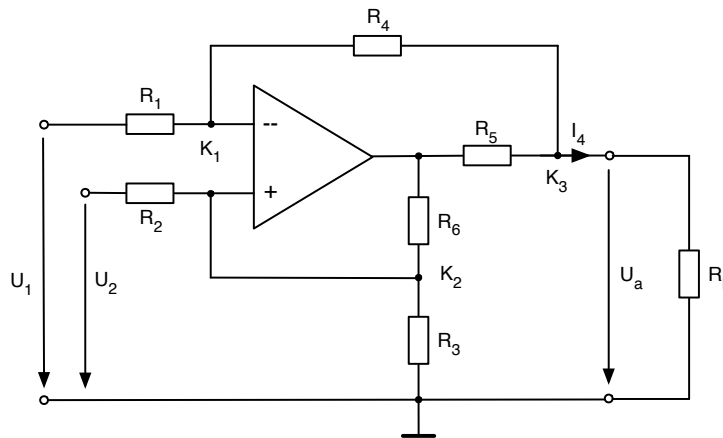
Gegeben ist folgende Operationsverstärkerschaltung (idealer OP):



Leiten Sie das Spannungsverhältnis $\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ her. Verwenden Sie $\underline{Z}$ so, als sei es ein Widerstand.

Aufgabe 12

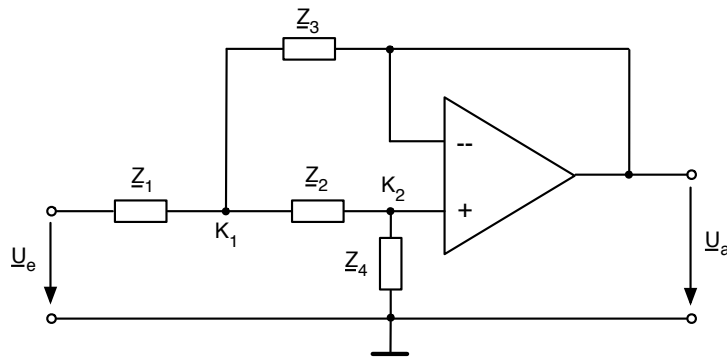
Betrachtet wird die folgende Operationsverstärker-Schaltung, bestehend aus einem idealen Operationsverstärker und den Widerständen R_1 und R_6 und R_L .



Hinweis : Gehen Sie in allen Operationsverstärker-Aufgaben dieser Vorlesung von vorherrschender Gegenkopplung aus.

- (a) Die Schaltung ist nicht belastet ($R_L \rightarrow \infty$). Für die Widerstände R_5 und R_6 gilt:
 $R_5 = 0\Omega$, $R_6 \rightarrow \infty$. Berechnen Sie für die entstehende Schaltung die Ausgangsspannung $U_a = f(U_1, U_2)$ als Funktion der beiden Eingangsspannungen U_1 und U_2 .
- (b) Finden Sie eine Bedingung für die Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und R_4 so, dass die Ausgangsspannung $U_a = f(U_1, U_2)$ aus Aufgabenteil a) nur die Differenz der Eingangsspannungen verstärkt (Beweis).
 Wie sieht dann die Ausgangsspannung $U_a = f(U_1, U_2)$ aus?
- (c) Nun ist R_6 endlich und R_5 von Null verschieden, es gilt $R_1 = R_4 = R_6$ und $R_2 = R_3$, U_2 wird mit Masse verbunden. Aus dieser Schaltung soll eine Konstantstromquelle entstehen, d.h. der Ausgangsstrom $I_a = f(U_1, U_a)$ soll unabhängig von der Ausgangsspannung sein.
 Berechnen Sie zunächst den Ausgangsstrom $I_a = f(U_1, U_a)$ bei angeschlossener Last R_L .
 Wie muss nun R_2 gewählt werden, damit eine Konstantstromquelle vorliegt?

Hinweis : Betrachten Sie die Knoten K_1 , K_2 , und K_3 , bestimmen Sie die Ströme und finden Sie dadurch $I_a = f(U_1, U_a)$.

Aufgabe 13

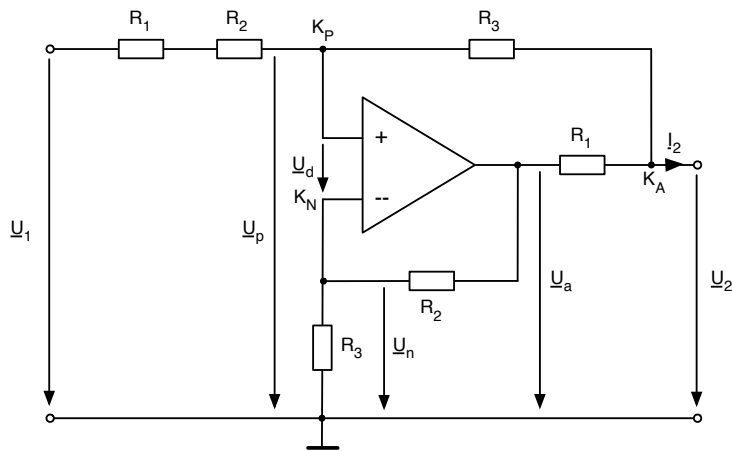
- (a) Berechnen Sie das Spannungsverhältnis $\frac{U_a}{U_e}$ in Abhängigkeit von $\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$, $\underline{Z}_3$ und $\underline{Z}_4$.
Verwenden Sie $\underline{Z}$ so, als sei es ein Widerstand.
(*Hinweis* : Stellen Sie die Knotengleichungen für K_1 und K_2 auf.)

Im folgenden sind $\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$, $\underline{Z}_3$ und $\underline{Z}_4$ durch folgende Bauteile bestimmt:
 $R_1 = 33k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$, $C_3 = 10nF$ und $C_4 = 22nF$. Dabei gilt $\underline{Z}_1 = R_1$,
 $\underline{Z}_2 = R_2$, $\underline{Z}_3 = \frac{1}{j\omega C_3}$ und $\underline{Z}_4 = \frac{1}{j\omega C_4}$.

- (b) Setzen Sie die Bauteilwerte in das Spannungsverhältnis $\frac{U_a}{U_e}$ ein. Vereinfachen Sie das Verhältnis, wenn die Frequenz im Bereich $f \in [10; 500]Hz$ bleiben soll. Beachten Sie dabei den Zusammenhang $\omega = 2\pi f$.

Aufgabe 14

Folgende ideale Operationsverstärkerschaltung sei gegeben:



- Beschreiben Sie, ausgehend von den Knotengleichungen an den Knoten K_P , K_N und K_A , die Abhängigkeit von $\underline{I}_2$ als Funktion von $\underline{U}_1$ und $\underline{U}_2$. Nehmen Sie an, dass der Ausgang belastet sei.
- Welche Bedingung muss gelten, damit $\underline{I}_2$ unabhängig von $\underline{U}_2$ wird?
- Nun gelte $\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{U}_2(\underline{Z}_2 - \underline{Z}_3)}{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_3}$. Der Ausgang sei dabei nicht belastet. Ausserdem gilt $\underline{Z}_2 \neq \underline{Z}_3 \neq \underline{Z}_1$. Bestimmen Sie das Verhältnis $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$.
- Es sei nun $\underline{Z}_1 = j\Omega$, $\underline{Z}_2 = -j11\Omega$, $\underline{Z}_3 = (1 - j)\Omega$. Berechnen Sie nun $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$.