

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

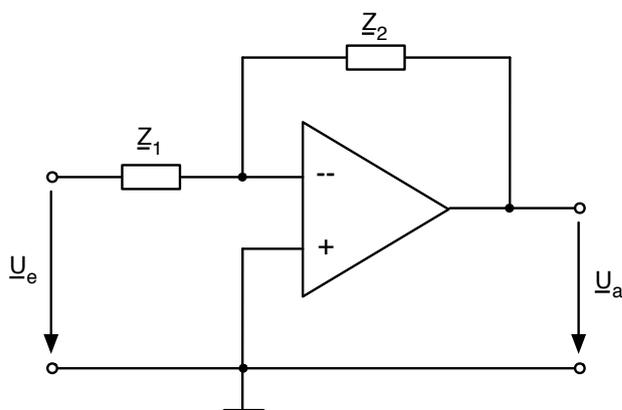
Übungsleiter: Dipl.-Ing. G. Lenis
Tel: 0721 608-45478
Gustavo.Lenis@kit.edu

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.

Aufgabe 1

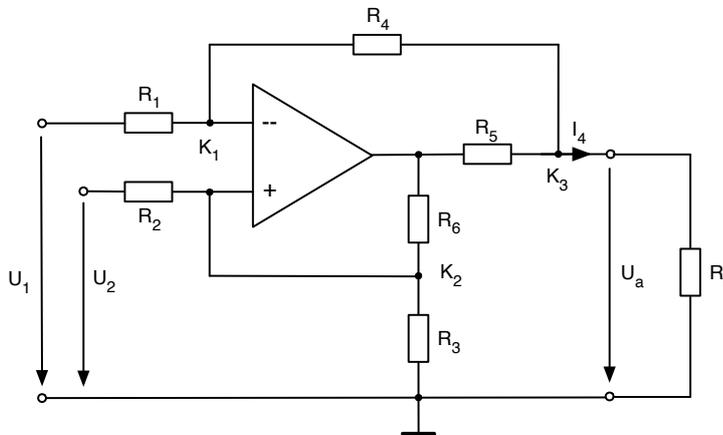
Gegeben ist folgende Operationsverstärkerschaltung (idealer OP):



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

Aufgabe 2

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.

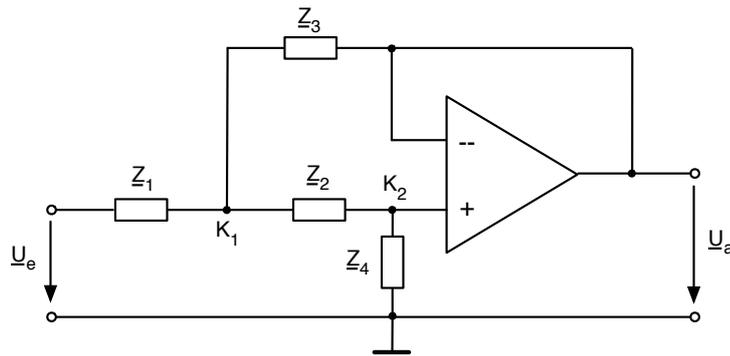
- (a) Die Schaltung ist nicht belastet ($R_L \rightarrow \infty$). Für die Widerstände R_5 und R_6 gilt:
 $R_5 = 0\Omega$, $R_6 \rightarrow \infty$. Berechnen Sie für die entstehende Schaltung die Ausgangsspannung $U_a = f(U_1, U_2)$ als Funktion der beiden Eingangsspannungen U_1 und U_2 .

- (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 3



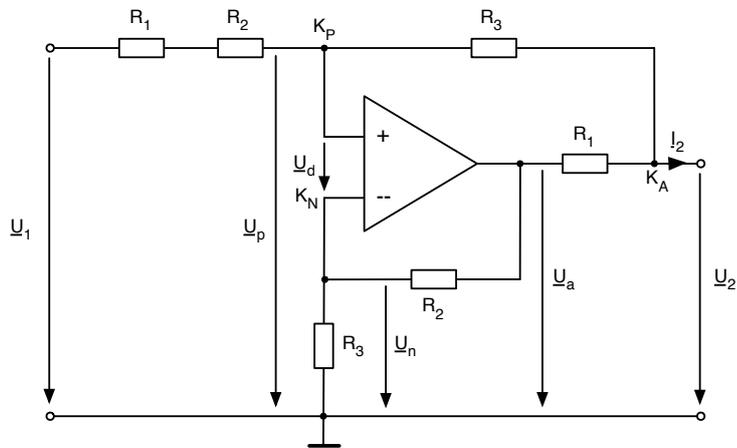
- (a) Berechnen Sie das Spannungsverhältnis $\frac{U_a}{U_e}$ in Abhängigkeit von Z_1 , Z_2 , Z_3 und Z_4 .
Verwenden Sie Z so, als sei es ein Widerstand.
(*Hinweis* : Stellen Sie die Knotengleichungen für K_1 und K_2 auf.)

Im folgenden sind Z_1 , Z_2 , Z_3 und Z_4 durch folgende Bauteile bestimmt:
 $R_1 = 33k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$, $C_3 = 10nF$ und $C_4 = 22nF$. Dabei gilt $Z_1 = R_1$,
 $Z_2 = R_2$, $Z_3 = \frac{1}{j\omega C_3}$ und $Z_4 = \frac{1}{j\omega C_4}$.

- (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 4

Folgende ideale Operationsverstärkerschaltung sei gegeben:



- (a) 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.
- (b) Welche Bedingung muss gelten, damit \underline{I}_2 unabhängig von \underline{U}_2 wird?
- (c) 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 $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$.
- (d) Es sei nun $\underline{Z}_1 = j\Omega$, $\underline{Z}_2 = -j11\Omega$, $\underline{Z}_3 = (1 - j)\Omega$. Berechnen Sie nun $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$.