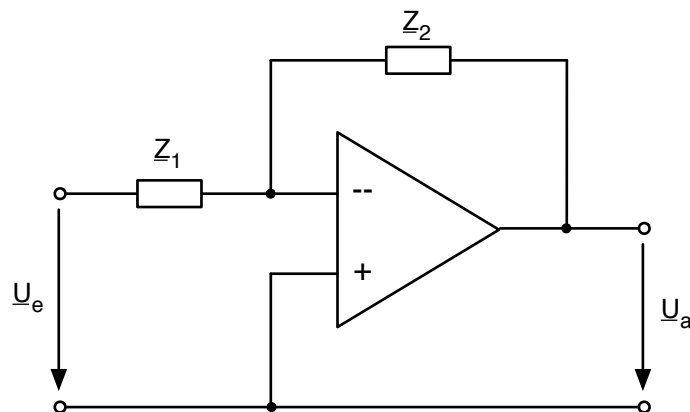


Lineare Elektrische Netze WS 2012/2013
Übung 3: Operationsverstärker

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 (Klausuraufgabe)

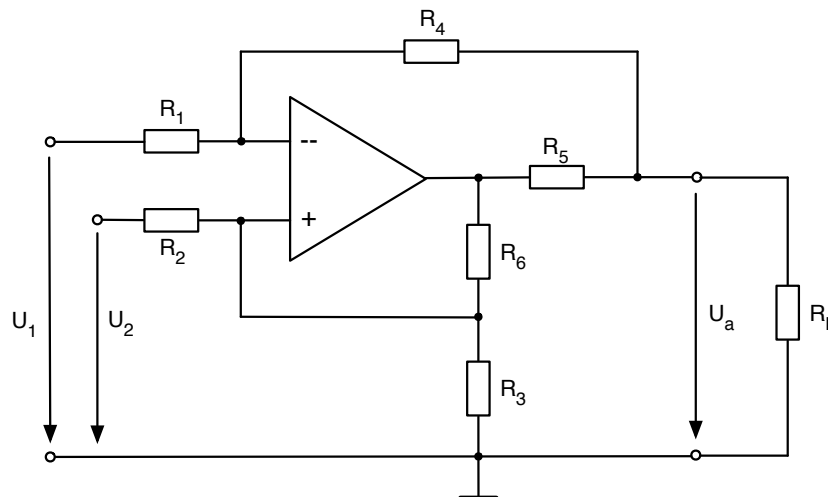
Gegeben ist folgende Operationsverstärkerschaltung (idealer OP):



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

Aufgabe 2

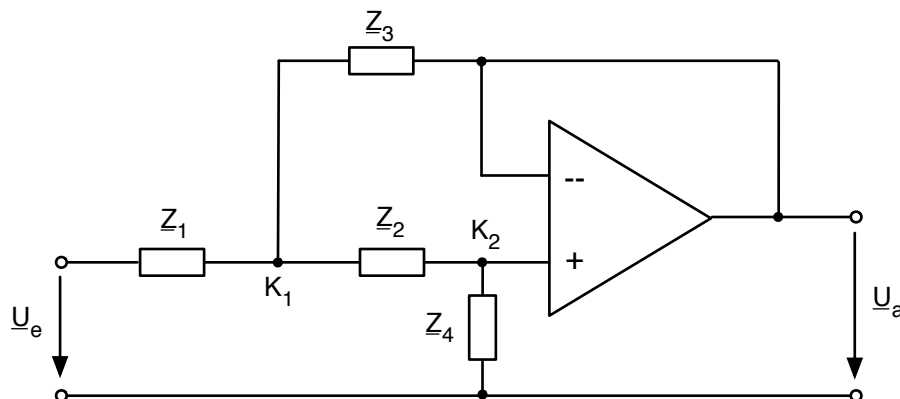
Betrachtet wird die folgende Operationsverstärker-Schaltung, bestehend aus einem idealen Operationsverstärker und den Widerständen R_1 bis R_6 und R_L .



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

- 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 .
- 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?
- 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 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 (Klausuraufgabe)

- 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.

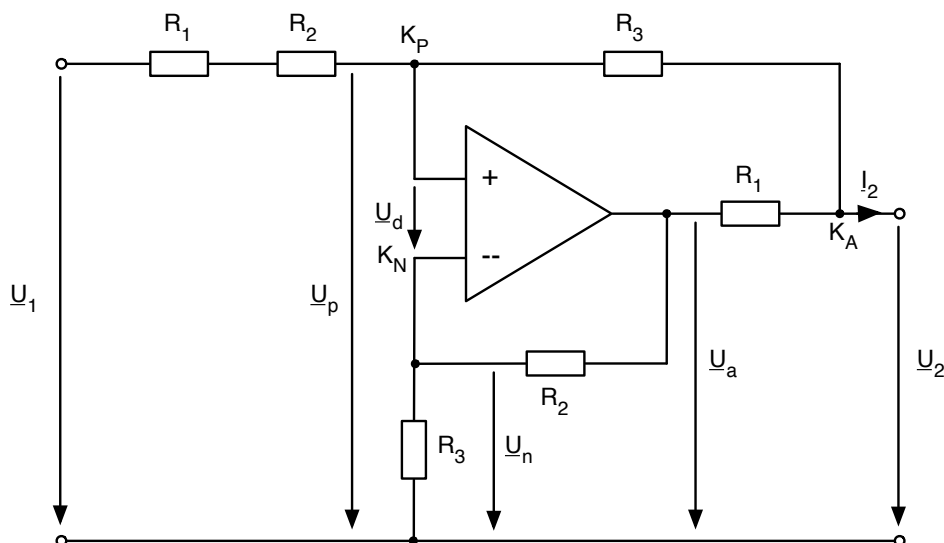
(Hinweis: Stellen Sie die Knotengleichungen für K_1 und K_2 auf.)

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

- b) Setzen Sie die Bauteilwerte in das Spannungsverhältnis $\frac{U_a}{U_e}$ ein. Vereinfachen Sie das Verhältnis, wenn die Frequenz im Bereich $f \in [1; 500]\text{Hz}$ bleiben soll. Beachten Sie dabei den Zusammenhang $\omega = 2\pi f$.

Aufgabe 4 (Klausuraufgabe)

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 I_2 als Funktion von U_1 und 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 $\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{U}_2(\underline{Z}_2 - \underline{Z}_3)}{\underline{Z}_1 \underline{Z}_3}$. 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 $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$.