

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. 3: Operationsverstärker

Empfohlen für das Tutorium: Aufgaben 8, 9  
Empfohlen für Zuhause: Aufgaben 10, 11

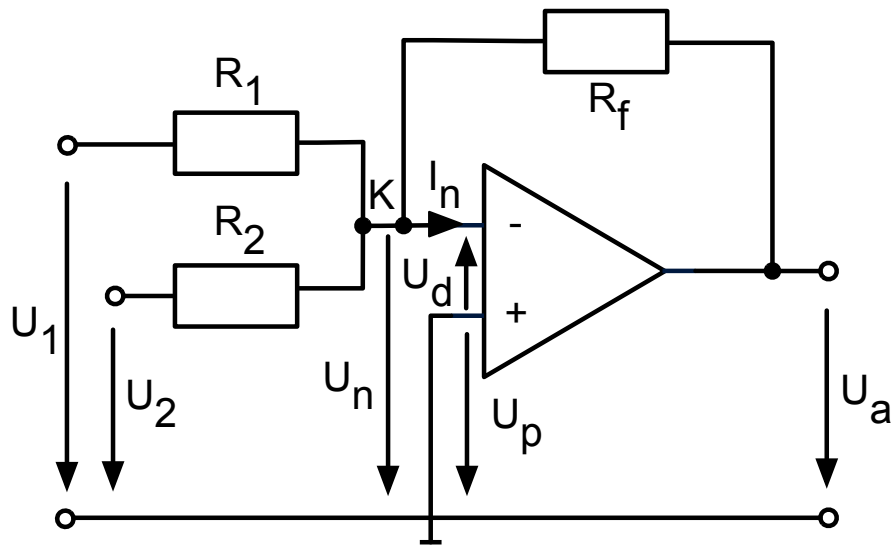
Die für das Tutorium empfohlenen Aufgaben dienen als Orientierung und sollen eine grobe Richtlinie darstellen, welche Aufgaben vom Umfang und Schwierigkeitsgrad her in der Zeit des Tutoriums zu schaffen sind. Letztendlich entscheidet der Tutor, welche Aufgaben im Tutorium behandelt werden.

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

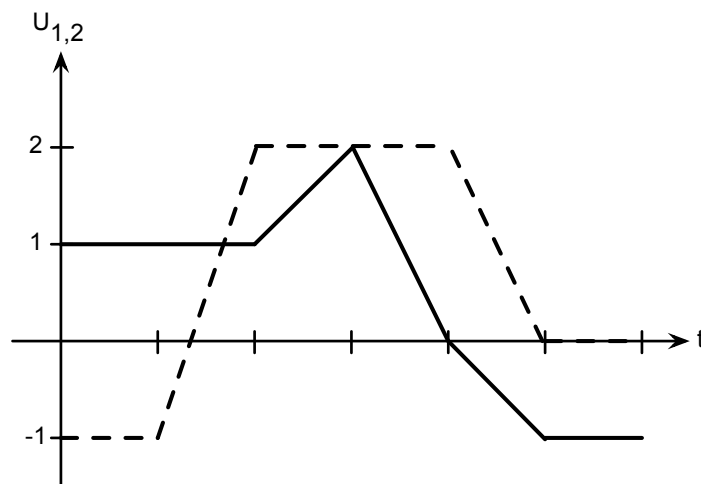
Die Studenten sollen die Aufgaben im Tutorium selbstständig in Gruppen bearbeiten und anschließend vorrechnen.  
Der Tutor soll lediglich Fragen beantworten und Unklarheiten beseitigen.

**Aufgabe 8**

Gegeben sei folgende Operationsverstärkerschaltung (idealer OP):

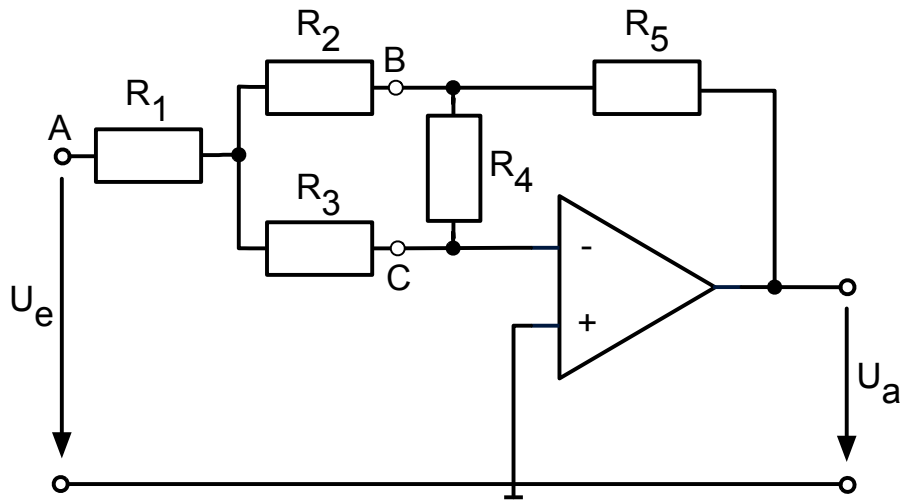


- (a) Welche Auswirkung hat die Bemerkung "idealer OP"?
- (b) Welche Funktion  $U_a = f(U_1, U_2)$  lässt sich mithilfe dieser Schaltung realisieren? Rechnen Sie mit dem Knotenpunktpotentialverfahren. Stellen Sie hierfür die Knotengleichung für den Knoten K auf und ersetzen Sie die Ströme unter Verwendung des Ohmschen Gesetzes.
- (c) Nun sei  $R_1 = R_2 = R_f$ . Skizzieren Sie den Verlauf  $U_a(t)$ , wenn folgende Eingangsspannungen anliegen:



**Aufgabe 9**

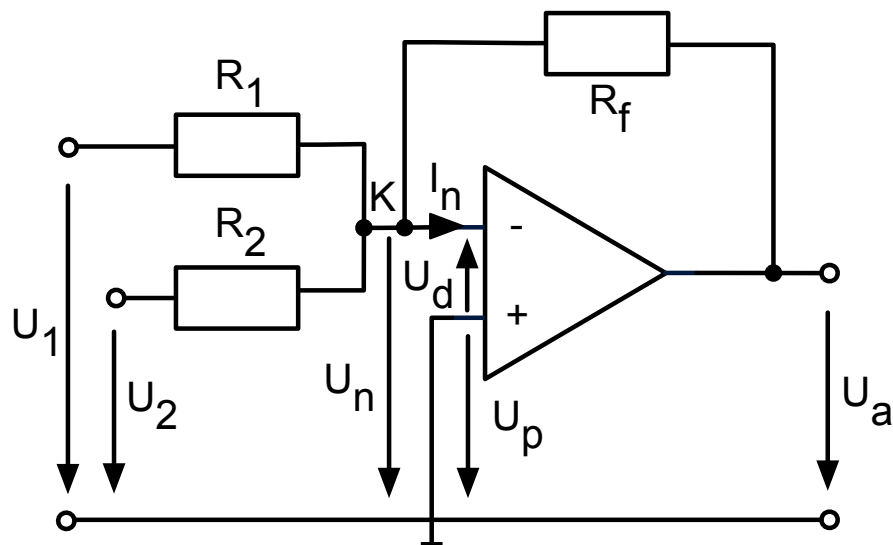
Gegeben ist die unten stehende Operationsverstärkerschaltung (idealer OP) mit den Widerständen  $R_1 = R_2 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 6\text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = 375\text{ }\Omega$ .



- Rechnen Sie die Zweigwiderstände des Widerstandsnetzwerkes A,B,C in eine Dreieckschaltung um.
- Formen Sie die sich aus a) ergebende Ersatzschaltung weiter um (*Hinweis:* invertierender Spannungsverstärker) und bestimmen Sie anschließend die Spannungsverstärkung  $V = \frac{U_a}{U_e}$ .
- An den Eingang der Schaltung werde eine sinusförmige Wechselspannung der Amplitude 7 V angelegt. Die Betriebsspannung des Operationsverstärkers betrage  $\pm 5\text{ V}$ . Zeichnen Sie die Eingangs- und Ausgangsspannung für eine Periode in ein gemeinsames Diagramm.

**Aufgabe 10**

Gegeben sei folgende Operationsverstärkerschaltung (idealer OP) aus Aufgabe 1:



Berechnen Sie für diese Schaltung die Funktion  $U_a = f(U_1, U_2)$  mittels Maschen. Sie werden feststellen, dass die Berechnung mittels Maschen aufwendiger ist als das Knotenpunktpotentialverfahren wie in Aufgabe 1b).

*Hinweis:* Suchen Sie im Skript Antworten zu folgenden Leitfragen:

- Wie viele Maschen benötigt man?
- Stellen Sie die nötigen Maschengleichungen auf.
- Sind zur Kopplung Knotengleichungen notwendig?

**Aufgabe 11**

Gegeben seien folgende Operationsverstärkerschaltungen (ideale OPs) mit den Widerständen  $R_1 = 5\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 50\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 50\text{ k}\Omega$  und  $R_4 = 390\text{ k}\Omega$ .

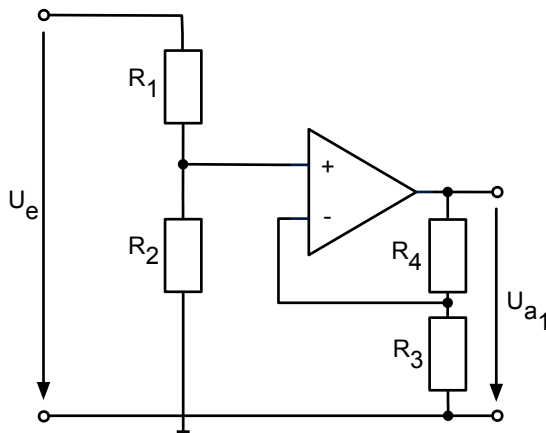


Abb. 1.1

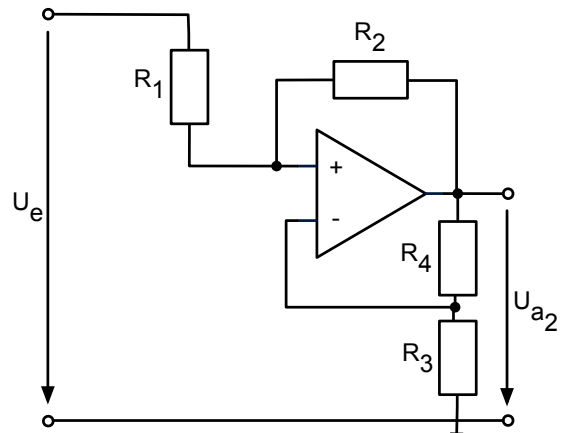


Abb. 1.2

- (a) Bestimmen Sie die Spannungsstärke  $V_{u1} = \frac{U_{a1}}{U_e}$  der Schaltung aus Abb. 1.1.

Aufgrund eines Layoutfehlers wurde bei der Leiterplattenherstellung der Widerstand  $R_2$  versehentlich mit dem Ausgang des OPs statt mit dem Bezugspotential verbunden (resultierende Schaltung s. Abb. 1.2).

- (b) Wie groß ist der Verstärkungsfaktor  $V_{u2} = \frac{U_{a2}}{U_e}$  der Schaltung aus Abb. 1.2?
- (c) Wie groß muss in der Schaltung aus Abb. 1.2 der Widerstand  $R_3$  gewählt werden, damit  $V_{u2} = V_{u1}$  [Zahlenwerte aus Aufgabenteil a)] wird?
- (d) Sind dann beide Schaltungen bezüglich ihres Eingangs äquivalent? Berechnen Sie hierzu die Eingangswiderstände  $R_e = \frac{U_e}{I_e}$ .

Nun wird in Abb. 1.2 der Widerstand  $R_1$  durch eine Drahtbrücke ersetzt ( $R_1 = 0\Omega$ ) und  $R_2$  wird nicht bestückt ( $R_2 = \infty$ ).

- (e) Wie groß muss nun  $R_3$  gewählt werden, um die gleiche Spannungsverstärkung wie die Schaltung nach Abb. 1.1 zu erhalten?
- (f) Wie groß ist der Eingangswiderstand dieser Schaltung?