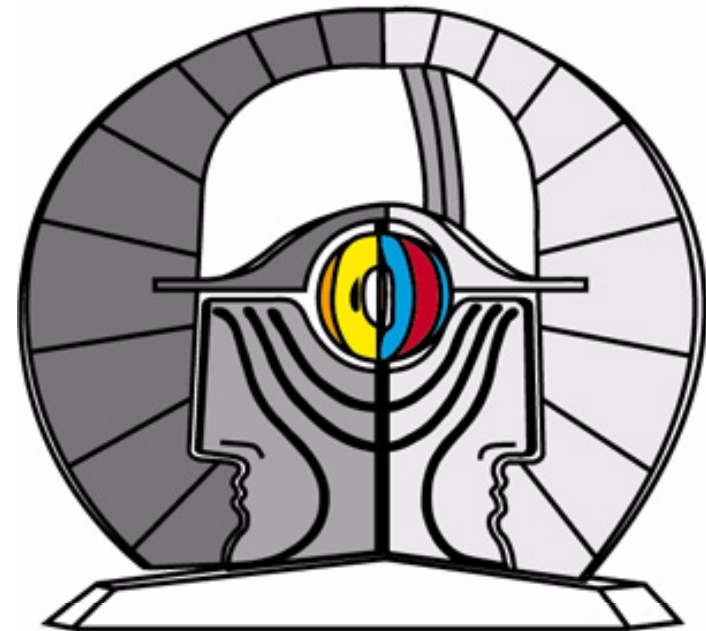


Aufgaben

zur Einführung in die Messtechnik

Elektrische Messtechnik

Wolfgang Kessel
Braunschweig



AUFGABE01: Potentiometer

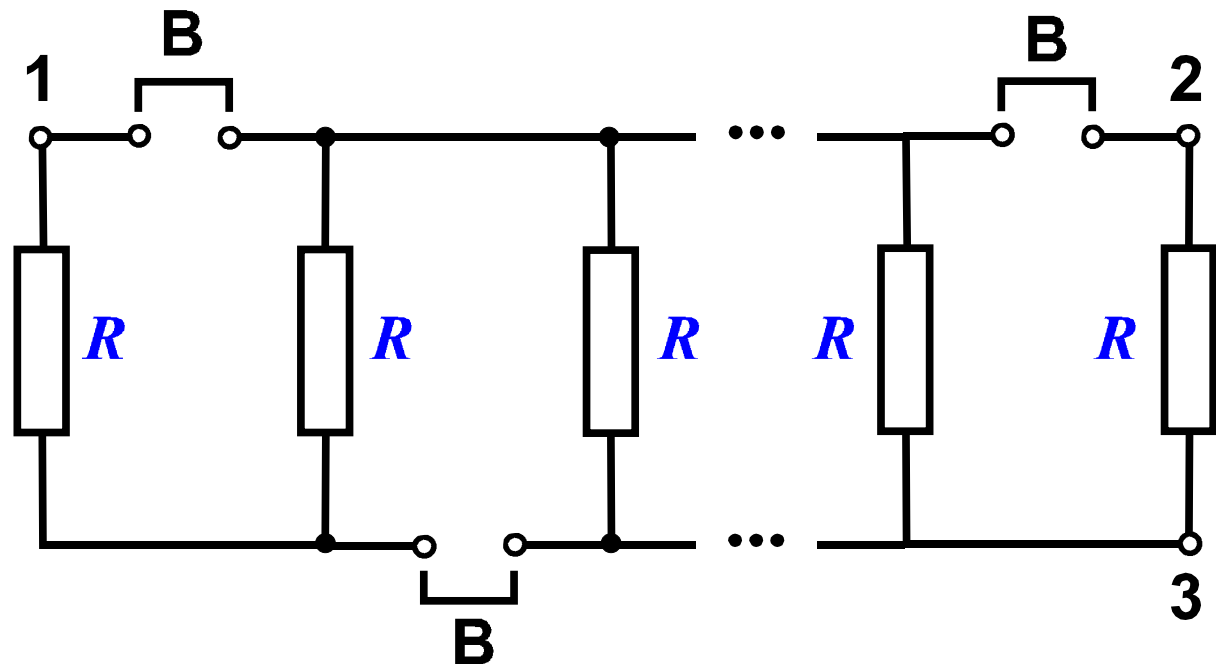
- a) Wie hängt bei vorgegebener fester Eingangsspannung V_{IN} (Konstantspannungsquelle) die Ausgangsspannung V_{OUT} eines Potentiometers vom Verhältnis $r = R_{\text{OUT}}/R_{\text{TOTAL}}$ und der Stärke I_{OUT} des Ausgangstroms ab? Stellen Sie den Zusammenhang für ein Schiebe-Potentiometer mit einem Gesamtwiderstand von **10 k Ω** und der Eingangsspannung **1 V** für die Ausgangsströme $I_{\text{OUT}} = 0,1 \text{ mA}; 1 \text{ mA}; 10 \text{ mA}$ grafisch dar.
- b) Welchen Eingangswiderstand R_V muss ein Spannungsmessgerät mindestens besitzen, mit dem die Linearität der Schiebereinstellung $r = R_{\text{OUT}}/R_{\text{TOTAL}}$ eines Schiebe-Potentiometers überprüft werden soll, wenn die Messabweichung aufgrund Belastung durch den Eingangswiderstandes im gesamten Schiebbereich ($r : 0 \dots 1$) unter **2,5%** bleiben soll.

AUFGABE02: Kelvin-Varley-Teiler

a) Welche Widerstandsverhältnisse kann man mit einem 10-stufigen Kelvin-Varley-Teiler herstellen?

Schematischer Aufbau eines mehr-stufigen Kelvin-Varley-Widerstandsteilers; bei offenem Bügel **B** sind die Widerstände in Reihe (Anschlüsse 1, 2), bei geschlossenem Bügel **B** sind sie parallel geschaltet (Anschlüsse 1, 3).

B - Kurzschlussbügel;
1,2,3 - Anschlussklemmen.



b) Die Widerstände eines n -stufigen Kelvin-Varley-Teilers sind nicht identisch, d.h. sie weichen i.Allg. von dem vorgegebenen Wert R ab

$$R_i = R + \Delta R_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Sie werden jedoch so ausgewählt, dass sie der Bedingung genügen

$$|\Delta R_i| \leq \Delta R_{\text{MPE}} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Wie wirken sich diese Abweichungen auf das mit einem n -stufigen Teiler herstellbare größte Widerstandsverhältnisse aus?

Wie groß ist die auf das ideale Verhältnis bezogene maximale Abweichung, wenn die auf den den vorgegebenen Wert R bezogene maximal zulässige Abweichung **0,25%** beträgt?

AUFGABE03: Strom-Spannung-Messung

Bei einer Strom-Spannung-Messung (Spannung-richtige Messung) wird die elektrische Spannung $V_{\text{IND}} = 6,45 \text{ V}$ und der elektrische Strom $I_{\text{IND}} = 14,5 \text{ mA}$ angezeigt.

Das Spannungsmessgerät besitzt einen Eingangswiderstand $R_V > 100 \text{ k}\Omega$ und das Strommessgerät einen Eingangswiderstand $R_I < 100 \text{ m}\Omega$.

- Um wieviel weicht der aus der angezeigten Spannung und dem angezeigten Strom berechnete Widerstandswert vom richtigen Widerstandswert ab?
- Um Wieviel weicht die berechnete umgesetzte Leistung vom richtigen Wert höchstens ab?

AUFGABE04: Strom-Spannung-Messung

Es soll ein Widerstand mit einem Widerstandswert $R_x < 10 \text{ k}\Omega$ spannung-richtig vermessen werden.

- a) Welchen Widerstandswert R_V muss der Eingangswiderstand des Spannungsmessgerätes mindestens aufweisen, damit der aus der angezeigten Spannung und dem angezeigten Strom berechnete Widerstandswert um nicht mehr als **5%** vom richtigen Widerstandswert abweicht?
- b) Um wieviel weicht die berechnete umgesetzte Leistung vom richtigen Wert höchstens ab?

AUFGABE05: Spannung-Strom-Messung

Bei einer Spannung-Strom-Messung (Strom-richtige Messung) wird die elektrische Spannung $V_{\text{IND}} = 1,35 \text{ V}$ und der elektrische Strom $I_{\text{IND}} = 275 \text{ mA}$ angezeigt. Das Spannungsmessgerät besitzt einen Eingangswiderstand $R_V > 100 \text{ k}\Omega$ und das Strommessgerät einen Eingangswiderstand $R_I < 100 \text{ m}\Omega$.

- Um wieviel weicht der aus der angezeigten Spannung und dem angezeigten Strom berechnete Widerstandswert vom richtigen Widerstandswert ab?
- Um Wieviel weicht die berechnete umgesetzte Leistung vom richtigen Wert höchstens ab?

AUFGABE06: Spannung-Strom-Messung

Es soll ein Widerstand mit einem Widerstandswert $R_x > 100 \text{ m}\Omega$ Strom-richtig vermessen werden.

- a) Welchen Widerstandswert R_I darf der Eingangswiderstand des Strommessgerätes höchstens aufweisen, damit der aus der angezeigten Spannung und dem angezeigten Strom berechnete Widerstandswert um nicht mehr als **5%** vom richtigen Widerstandswert abweicht?
- b) Um Wieviel weicht die berechnete umgesetzte Leistung vom richtigen Wert höchstens ab?

AUFGABE07: Summen-Verstärker

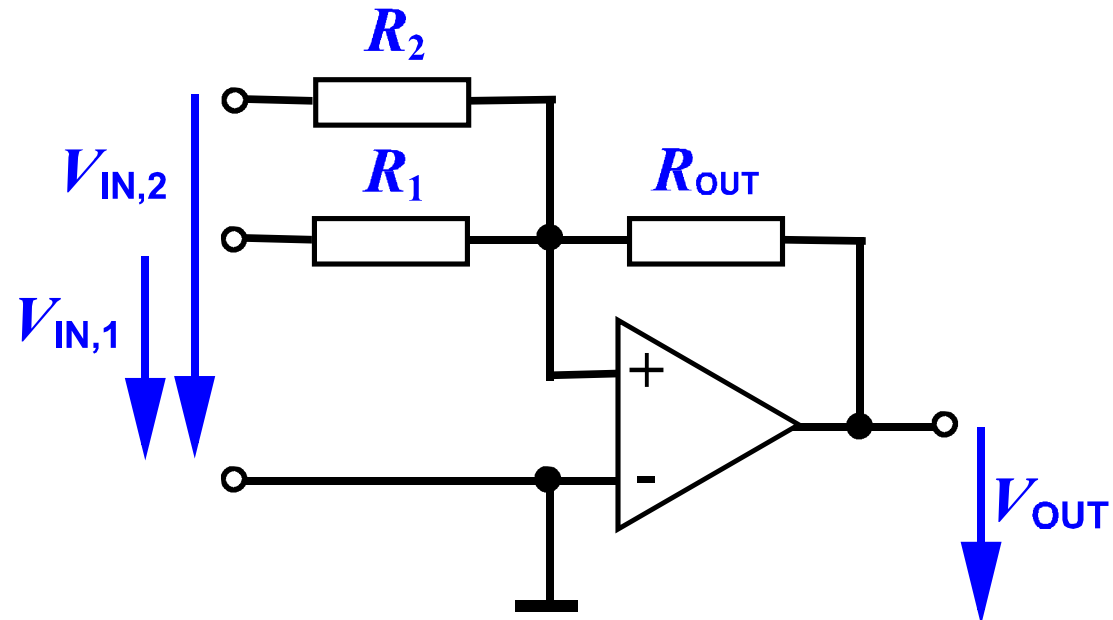
Das Schaltbild zeigt die Schaltung eines Operationsverstärkers als Summationsverstärker.

Schaltbild: Operationsverstärkers als Summationsverstärker.

R_1 , R_2 , R_{OUT} - Widerstände des Rückkopplungszweiges;

$V_{IN,1}$, $V_{IN,2}$ - Eingangsspannungen;

V_{OUT} - Ausgangsspannung.



- a) Zeigen Sie, dass diese Schaltung eine Linearkombination der beiden Eingangsspannungen verstärkt am Ausgang bereit stellt

$$V_{OUT} = A \cdot (w_1 \cdot V_{IN,1} + w_2 \cdot V_{IN,2})$$

wobei A die Verstärkung ist und w_1 und w_2 zwei Gewichtungsfaktoren mit

$$w_1 + w_2 = 1.$$

Wie hängen die Verstärkung A und die Gewichtungsfaktoren w_1 und w_2 mit den Widerständen der Schaltung zusammen?

- b) Welche Werte ergeben sich für die Verstärkung A und die Gewichtungsfaktoren w_1 und w_2 bei den Widerstandswerten $R_1 = 110 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 450 \text{ k}\Omega$ und $R_0 = 1,1 \text{ M}\Omega$?

AUFGABE08: Galvanometer-Verstärker

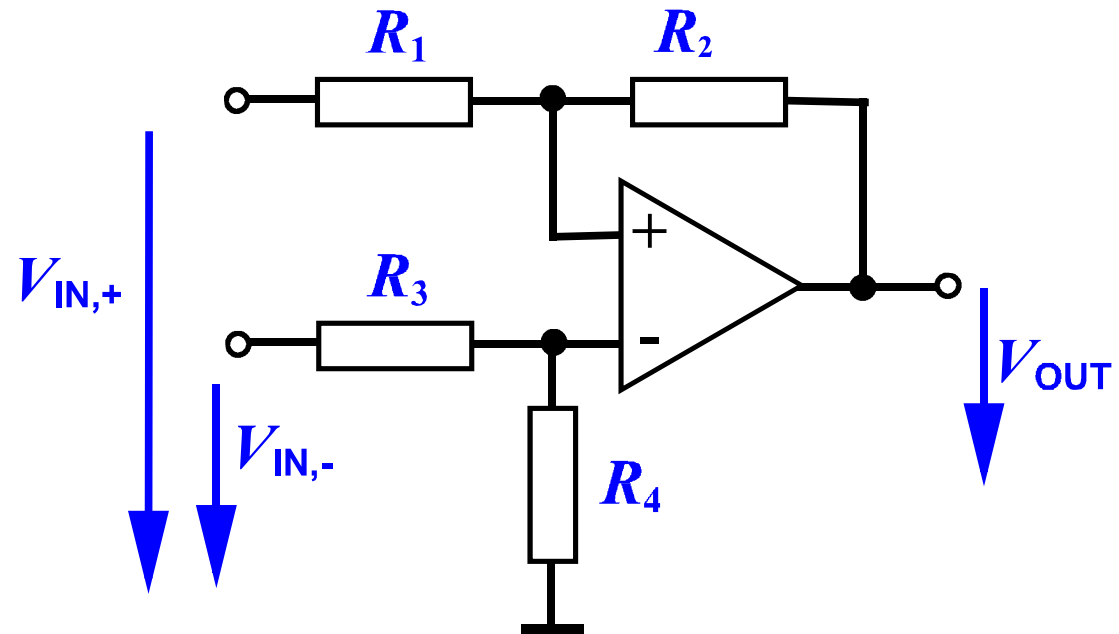
Das Schaltbild zeigt die Schaltung eines Operationsverstärkers als Galvanometerverstärker.

Schaltbild: Operationsverstärkers als Galvanometerverstärker.

R_1, R_2, R_3, R_4 - Widerstände des Rückkopplungszweiges;

$V_{IN,+}, V_{IN,-}$ - Eingangsspannungen;

V_{OUT} - Ausgangsspannung.



a) Zeigen Sie, dass diese Schaltung unter der Bedingung

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

die Differenz der beiden Eingangsspannung $V_{IN,+}, V_{IN,-}$ verstärkt am Ausgang

zur Verfügung stellt

$$V_{\text{OUT}} = A \cdot (V_{\text{IN-}} - V_{\text{IN+}}).$$

Wie drückt sich die Verstärkung durch die Widerstände aus?

- b) Welche Verstärkung ergibt sich für die Widerstandswerte $R_1 = 110 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 270 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 220 \text{ k}\Omega$ und $R_4 = 540 \text{ k}\Omega$?

AUFGABE09: Leistungsanpassung

Eine Spannungsquelle mit dem Ausgangswiderstand R_{OUT} und der Leerlaufspannung V_{OPEN} besitzt die Kennlinie

$$V = V_{\text{OPEN}} - R_{\text{OUT}} \cdot I$$

Wird sie durch einen Verbraucher mit einem Widerstand R_{LOAD} belastet, so wird durch seine Ohmsche Kennlinie

$$V = R_{\text{LOAD}} \cdot I$$

zusammen mit der Kennlinie der Quelle der Strom festgelegt, den die Quelle liefern muss resp. die Spannung die sich am Lastwiderstand einstellt.

a) Drücken Sie die in dem Lastwiderstand umgesetzte Leistung

$$P = V \cdot I$$

durch den Lastwiderstand sowie den Ausgangswiderstand und die Leerlaufspannung der Spannungsquelle aus.

b) Zeigen Sie, dass für eine gegebene Spannungsquelle (vorgegebene Leerlaufspannung und vorgegebenem Ausgangswiderstand) die umgesetzte

Leistung als Funktion des wählbaren (variablen) Lastwiderstand ein Maximum (maximal verfügbare Leistung) besitzt, wenn der Widerstandswert des Lastwiderstandes gleich dem

Widerstandswert des Ausgangswiderstandes der Spannungsquelle ist.

c) Berechnen Sie die maximal verfügbare Leistung eines galvanischen Elementes mit einer Leerlaufspannung $V_{\text{OPEN}} = 1,6 \text{ V}$ und einem Ausgangswiderstand

$$R_{\text{OUT}} = 4,8 \Omega .$$

d) Galvanische Elemente können etwa bis zur halben verfügbaren Leistung belastet werden ohne großen Schaden zu nehmen. Berechnen Sie die dadurch gegebene Grenze der Strombelastung. Oberhalb dieser Grenze ändert sich der Mechanismus, der die elektrische Energie bereitstellt, wodurch sich zunächst der Ausgangswiderstand erhöht, schliesslich auch die Leerlaufspannung verringert wird.