

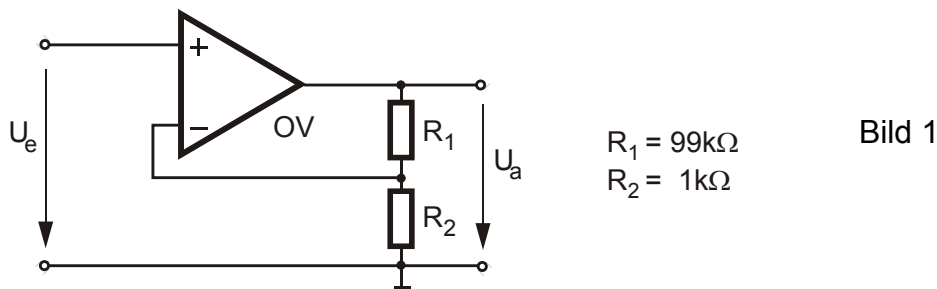
2.3.2 Messverstärker für Spannungen

Sachworte: Messverstärker, u/u-Verstärker, Spannungsfolger, Impedanzwandler, Superposition, Nullpunktfehler, Offsetspannung, Offsetstrom, Eingangsstrom, Messfehler (bekannte, systematische), Messabweichung (synonym zu „Messfehler“), Messunsicherheiten (unbekannte Einflüsse)

Bild 1 zeigt einen u/u-Spannungsverstärker, dessen Verstärkung k durch die Ohmschen Widerstände R_1 und R_2 bestimmt wird.

In der Aufgabe werden zunächst systematische Fehler (Messabweichungen) betrachtet, die durch Abweichungen der Widerstandswerte verursacht sind. Weiterhin interessieren die Auswirkungen statistisch verteilter Toleranzen der Widerstandswerte, wobei dann mit Hilfe der berechnenden Statistik sog. Messunsicherheiten zu berechnen sind. Abschließend werden die Einflüsse der Offsetspannung und der Eingangsströme des Operationsverstärkers OV untersucht.

Soweit nicht anders angegeben wird der OV als ideal betrachtet; d.h mit einer unendlich großen offenen Spannungsverstärkung $k' \rightarrow \infty$ und einem unendlich hohen Eingangswiderstand $R_e' \rightarrow \infty$.



Die Verstärkung $k = U_a/U_e$ wurde im Buch in Kapitel 2.3 Gl. (2.133) berechnet:

$$k = \frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

Für eine Verstärkung $k = 100$ wurden die Widerstände zu $R_1 = 99\text{ k}\Omega$ und $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ dimensioniert (Sollwerte).

Fragen:

a) Systematische Fehler (Messabweichungen)

Die beiden Widerstände R_1 und R_2 wurden vermessen mit dem Ergebnis, dass R_1 um $\Delta R_1 = 4\text{ k}\Omega$ zu groß und R_2 um $\Delta R_2 = -0,03\text{ k}\Omega$ zu klein war.

Wie groß ist die tatsächliche Verstärkung $k_{\text{real}} = U_a/U_e$ allgemein und zahlenmäßig bei genauer numerischer Berechnung auf 2 Nachkommastellen?

b) Näherungsweise Berechnung der Messabweichung

Der relative Fehler (rel. Messabweichung) soll nun nochmals berechnet werden und zwar näherungsweise mit Hilfe einer Taylor-Reihenentwicklung, bei der nach dem 1. Glied abgebrochen wird.

c) Messunsicherheiten

Die Werte der Widerstände R_1 und R_2 sind jetzt nicht mehr mit systematischen Fehlern (Abweichungen) behaftet sondern unterliegen Normalverteilungen (Gauß-Verteilungen) mit den Mittelwerten von $\bar{R}_1 = 99 \text{ k}\Omega$ bzw. $\bar{R}_2 = 1 \text{ k}\Omega$. ΔR_1 und ΔR_2 sind jetzt die Standardabweichungen $s_1(R_1)$ und $s_2(R_2)$ dieser Verteilungen, die in der Elektrotechnik als Bauteiltoleranzen angegeben werden.

$$\begin{array}{ll} \bar{R}_1 = 99 \text{ k}\Omega & s_1 = 4 \text{ k}\Omega \\ \bar{R}_2 = 1 \text{ k}\Omega & s_2 = 0,03 \text{ k}\Omega \end{array}$$

Wie groß ist bei zufällig herausgegriffenen Widerständen R_1 und R_2 die 68,3 % - Messunsicherheit u der Verstärkung k?

d) Spannungsfolger

d1) Was versteht man unter einem Spannungsfolger und wo sind dessen Einsatzgebiete?

d2) Wie sind bei einem Spannungsfolger R_1 und R_2 zu dimensionieren?

e) Einfluss von Spannungs- und Stromnullpunktfehlern

Der Operationsverstärker habe nun entsprechend Bild 3 einen Spannungsnullpunktfehler U_{os} , auch als „Offsetspannung“ bezeichnet, sowie Stromnullpunktfehler, repräsentiert durch die Eingangsströme I_n und I_p .

Ansonsten werden die Eigenschaften des idealen OV zu Grunde gelegt.

($k' \rightarrow \infty$ entsprechend $U_e' = 0 \text{ mV}$ und $R_e' \rightarrow \infty$ entsprechend $I_e' = 0 \text{ mA}$).

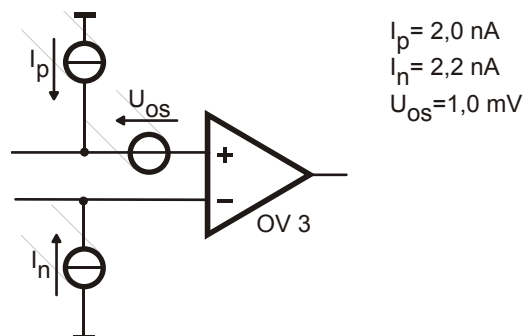


Bild 3

Geben Sie den durch U_{os} , I_n und I_p verursachten Nullpunktfehler ΔU_a der Ausgangsspannung U_a an, wenn die U_e -Spannungsquelle den Innenwiderstand R_i aufweist.

⊗