

3.3 Temperaturmessung mit Widerstandsthermometer und Messverstärker

Sachworte: Temperaturmessung, Widerstandsthermometer, Pt100, Messverstärker

Zur Messung der Temperatur ϑ in $^{\circ}\text{C}$ wird ein PT100-Widerstandsthermometer R_S eingesetzt, das von einem Konstantstrom I_0 durchflossen wird. Die am Widerstandsthermometer abfallende Spannung u_s wird über die beiden Messverstärker MV1 und MV2 in die Spannung u_2 umgeformt.

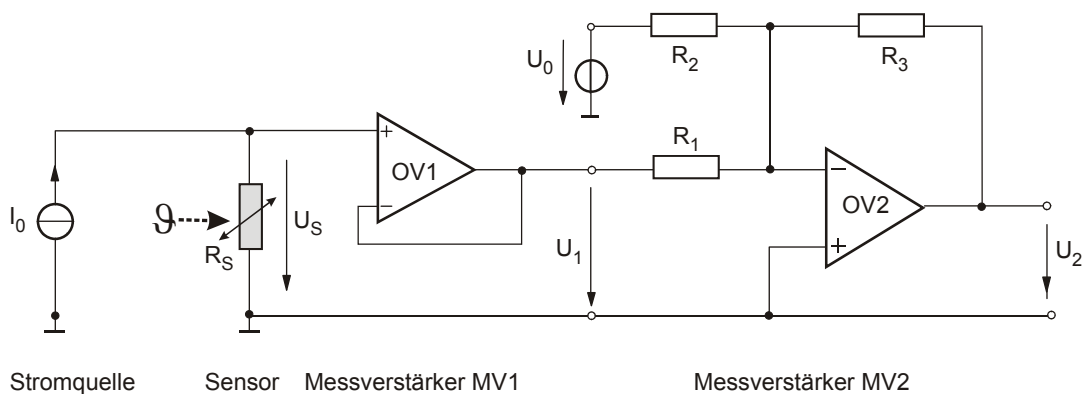


Bild 1

Für die Kennlinie des PT100-Widerstandsthermometers kann vereinfacht ein linearer Zusammenhang zwischen Sensortemperatur ϑ und Widerstandsänderung ΔR_S angenommen werden.

$$R_S = R_0 + \Delta R_S = R_0 (1 + \alpha \vartheta) \quad \text{mit } R_0 = 100 \, \Omega \text{ und } \alpha = 4 \cdot 10^{-3} \, ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Gegeben sind : $I_0 = 1 \, \text{mA}$, $R_1 = 10 \, \text{k}\Omega$; $R_2 = R_3 = R$.

a) Berechnen Sie R_S zahlenmäßig in Ω für 0°C und 100°C ?

$$\begin{aligned} R_S(0^{\circ}\text{C}) &= 100 \, \Omega \\ R_S(100^{\circ}\text{C}) &= 140 \, \Omega \end{aligned} \tag{1}$$

b) Berechnen Sie U_s zahlenmäßig in mV für 0°C und 100°C ?

$$\begin{aligned} U_s(0^{\circ}\text{C}) &= 1 \, \text{mA} \cdot 100 \, \Omega = 100 \, \text{mV} \\ U_s(100^{\circ}\text{C}) &= 1 \, \text{mA} \cdot 140 \, \Omega = 140 \, \text{mV} \end{aligned} \tag{2}$$

**c) Ermitteln Sie den Zusammenhang zwischen U_1 und U_s .
Wie groß ist damit U_1 zahlenmäßig in mV bei 0°C und 100°C ?**

Der Messverstärker MVI hat die Funktion eines sog. Spannungsfolgers (Verstärkung von 1) mit den Eigenschaften eines sog. Impedanzwandlers. Dieser erfasst hochohmig, d.h. rückwirkungs-frei, die Sensorspannung U_s und stellt sie an seinem Ausgang als eine eingepreßte belastungs-unabhängige Spannung u_2 zur Verfügung. Nach Gl. (2.189) des Buches gilt:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_s \\ U_1(0^\circ\text{C}) &= U_s(0^\circ\text{C}) = 100 \text{ mV} \\ U_1(100^\circ\text{C}) &= U_s(0^\circ\text{C}) = 140 \text{ mV} \end{aligned} \quad (4)$$

d) Dimensionieren Sie U_0 und R so, dass sich folgende Zuordnung ergibt:

$$u_3(\vartheta = 0^\circ\text{C}) = 0 \text{ V} \quad \text{und} \quad u_3(\vartheta = 100^\circ\text{C}) = -1 \text{ V}$$

Nach der Knotenpunktregel für Ströme ist die Summe der in einem Knoten fließenden Ströme gleich Null, wobei die Richtungspfeile der Ströme zu beachten sind. Auf den Knoten am invertierenden Eingang des OV2 angewendet folgt:

$$\frac{u_1}{R_1} + \frac{U_0}{R} + \frac{u_2}{R} = 0 \quad (5)$$

Aus Gl. (5) sind die beiden Unbekannten U_0 und R zu bestimmen. Gl. (5) lautet für die gegebenen Temperaturwerte

$$\vartheta = 0^\circ\text{C} : \quad \frac{100\text{mV}}{10\text{k}\Omega} + \frac{U_0}{R} + 0\text{A} = 0\text{A} \quad (6)$$

$$\vartheta = 100^\circ\text{C} : \quad \frac{140\text{mV}}{10\text{k}\Omega} + \frac{U_0}{R} - \frac{1000\text{mV}}{R} = 0\text{A} \quad (7)$$

Aus Gl. (6) folgt

$$\frac{U_0}{R} = -\frac{100\text{mV}}{10\text{k}\Omega} \quad (8)$$

Gl. (8) eingesetzt in Gl. (7) ergibt

$$\begin{aligned} \frac{140\text{mV}}{10\text{k}\Omega} - \frac{100\text{mV}}{10\text{k}\Omega} - \frac{1000\text{mV}}{R} &= 0\text{A} \\ R &= \frac{1000\text{mV}}{40\text{mV}} \cdot 10\text{k}\Omega \Rightarrow R = 250\text{k}\Omega. \end{aligned} \quad (9)$$

Mit Gl. (9) folgt aus Gl. (8)

$$U_0 = -\frac{250\text{k}\Omega \cdot 100\text{mV}}{10\text{k}\Omega} = -2,5\text{V} \Rightarrow U_0 = -2,5\text{V}. \quad (10)$$

信