25 P.

Name, Vorname: Busch, Simon **Matr.-Nr.:** 223151 2,8

Aufgabe 1. (1+1+2 P)

a) Geben Sie die Höhe der Quantisierungsstufen für einen A/D-Wandler mit der Wortlänge 8 Bit und einem Eingangsspannungsbereich von ±5 V an.

b) Bei der Aufnahme von Eingangs- und Ausgangsspannung eines Tiefpasses mit der NI 6014-Messdatenerfassungskarte im Versuch LV II trat durch die Zeitverzögerung der Erfassung eine Abweichung des gemessenen Phasenwinkels von ca. 8° auf. Um welchen Typ von Messabweichungen handelt es sich hier?

c) Geben Sie für die Folge { 5.6 4.6 8.2 7.6 4.0 } den Mittelwert und den Median an.

Aufgabe 2. (2+2 P)

a) Prof. Taugenichts misst eine Sinusschwingung $u(t) = 3 \cdot \sin(1000 \cdot t)$ digital. Er behauptet, dass das mit einer Abtastfrequenz von 500 Hz möglich ist. Hat er recht?

b) Er setzt nun einen Gleichrichter ein, so dass am A/D-Wandler die Spannung $\tilde{u}(t) = 3 \cdot |\sin(1000 \cdot t)|$ anliegt. Wieso ergibt sich dadurch eine völlig andere Situation?

Aufgabe 3. (2 P)

An einer Spannungsquelle wurde im Leerlauf die Spannung $U_0 = 10$ V und bei einem Strom von 3 A die Spannung 8,5 V gemessen. Wie groß ist der Innenwiderstand?

Aufgabe 4. (4+1 P)

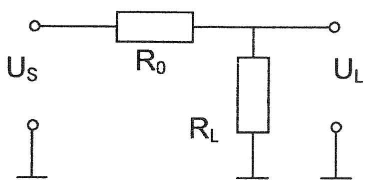
Mit einem Multimeter der Genauigkeitsklasse 1 wird im Messbereich 0 – 30 V eine Spannung von U = 10 V gemessen. Der Ablesefehler lasse sich mit ±0,4V abschätzen.

a) Wie groß ist die Messunsicherheit der Messung absolut und relativ?

b) Welche für die Anwendung von Messinstrumenten übliche Regel wurde hier verletzt?

Aufgabe 5. (2+6 P)

In der folgenden Schaltung wird an dem Lastwiderstand $R_L = 10\,\Omega$, dessen Toleranz 10% beträgt, die Spannung $U_L = 7{,}5$ V mit einer Messunsicherheit von ±0,375 V gemessen. $R_0 = 30\Omega$ sei ein Präzisionswiderstand, dessen Toleranz vernachlässigbar sei.



a) Bestimmen Sie aus diesen Messdaten die Spannung U_S.

b) Bestimmen Sie deren Messunsicherheit absolut und relativ.

Aufgabe 6. (6 P)

Für einen NTC wurden folgende Werte gemessen

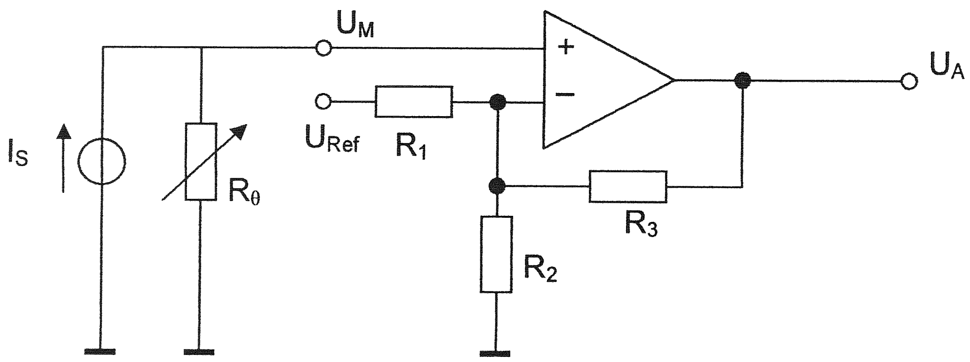
ϑ [°C]	0	15	45
R_{NTC} [$k\Omega$]	5,8	2,4	0,8

a) Näherungsweise soll eine lineare Kennlinie verwendet werden. Bestimmen Sie dazu aus den 3 Messpunkten die Ausgleichsgerade $\hat{R}(\vartheta)$.

b) Wie groß ist die absolute und die relative Abweichung der Kennlinie vom gemessenen Wert bei ϑ = 15 °C?

Aufgabe 7. (8 P)

Gegeben ist folgende Schaltung zur Temperaturmessung:



Die Charakteristik des temperaturabhängigen Widerstands sei gegeben durch

$R_\vartheta = 100\Omega \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$ mit dem Temperaturkoeffizienten $\alpha = 0{,}004\,K^{-1}$ und ϑ in °C.

I_S = 1 mA , U_{Ref} = 2,5 V , R_1 = 23,5 kΩ, R_2 = 1 kΩ, R_3 = 47 kΩ.

a) Bestimmen Sie $U_M(\vartheta)$.

b) Bestimmen Sie die Beziehung zwischen U_A und U_M und geben Sie $U_A(\vartheta)$ an.

c) Skizzieren Sie $U_A(\vartheta)$ für den Temperaturbereich 0 °C bis 100°C.

Gesamtpunktzahl: 37 P.

Simon Busch, 223151 09.02.2009

A1) a) $M=8$
$U=\pm 5V$

$\Delta q = \frac{U_{max}}{2^M - 1} = \underline{\underline{19.6\,mV}}$ (✓)

~~$c = \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{2^M + 1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pm 5V}{2^8 + 1} = 9.73\,mV$~~

0,5

b) Es handelt sich um einen bekannten systematischen Messfehler, der in die Korrektur der Messwerte einfließen muss. Er wird verursacht durch die verwendete ~~digitale~~ digitale Messkarte, also durch ein Bauteil. ✓

1

c) $\text{Mittelwert} = \frac{5.6 + 4.6 + 8.2 + 7.6 + 4.0}{5} = \underline{\underline{6}}$ ✓

$\frac{1}{2{,}5\,P.}$

A2)

a) $u(t) = 3 \cdot \sin(1000 \cdot t)$

$\omega = 2\pi f = 1000$

$\rightarrow f = \frac{1000}{2\pi} \approx 159.15\,Hz$ ✓

Prof. Taugenichts hat mit seiner Aussage insofern Recht, dass sie dem Shannon-Theorem genügt. ✓ Das Shannon-Theorem verlangt, dass ein Signal mindestens mit der doppelten Frequenz abgetastet werden muss. In der Praxis sind jedoch Abtastraten von 10mal der Signalfrequenz sinnvoll um ein naturgetreues digitales Signal zu erreichen.

Simon Busch, 223151 09.02.2009

b) $\tilde{u}(t) = 3 \cdot |\sin(1000 \cdot t)|$

Grundschwingung

Der Gleichrichter verursacht, dass die Frequenz mit der das Signal schwingt verdoppelt wird. Die Frequenz des Signals beträgt nunmehr $f = 2 \cdot 159.15 \overset{Hz}{=} 318.3\,Hz$. Damit ist es nach dem Shanon-Theorem nicht mehr möglich, das Signal mit 500 Hz abzutasten, da es deutlich unterhalb der geforderten $2 \cdot f$ liegt.

4P.

A3) $u(t) = R_i + E \cdot J$ ƒ

$$E = \frac{10V - 8.5V}{0A - 3A} = -0.5\frac{V}{A}$$

$$\rightarrow u(t) = R_i - 0.5\frac{V}{A} \cdot J$$

$$u(3A) = 8.5V$$

$$8.5V = R_i - 0.5\frac{V}{A} \cdot 3A$$

$$\rightarrow \underline{\underline{R_i = 10\Omega}}$$

0P.

A4)

a) $K = 100 \cdot g$

$$1 = 100 \cdot g \rightarrow g = \frac{1}{100}$$

$$g = \frac{\Delta x_g}{X} \rightarrow \frac{1}{100} \cdot X = \Delta x_g \quad \text{mit } X = 30V$$

$$\rightarrow \Delta x_g = \underline{\underline{0.3V}}$$

Simon Burch, 223151 09.02.2009

$$\Delta x = \sqrt{(\Delta x_g)^2 + (0.375V)^2} \approx 0.48V$$

0,4 !!

$$\underline{\underline{x = 10V \pm 0.48V\ (4.8\%)}}$$ (✓)

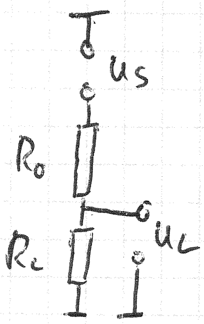
Die Messunsicherheit für die gemessene Spannung von 10V beträgt 4.8%.

b) Die Messung von Messwerten soll bei Messinstrumenten immer im oberen Bereich stattfinden, um den Messfehler gering zu halten. Die Spannung 10V wurde hier im unteren Bereich des Messbereiches 0–30V gemessen. ✓

4,5P.

A5) $R_L = 10\Omega \pm 1\Omega\ (10\%)$, $U_L = 7.5V \pm 0.375V$, $R_0 = 30\Omega$

a)



$$\frac{U_S}{U_L} = \frac{R_0 + R_L}{R_L} \rightarrow U_S = \frac{R_0 + R_L}{R_L} \cdot U_L$$ ✓

$$\rightarrow U_S = 30V$$ ✓

b)

$$\Delta U_{S,R_L} = \frac{\partial U_S}{\partial R_L} \cdot \Delta R_L = \frac{R_L \cdot U_L \cdot R_L - (R_0 + R_L) \cdot U_L}{R_L^2} = \frac{U_L (R_L^2 - R_0 - R_L)}{R_L^2} = 4.5V$$ f

(✓)

$$\Delta U_{S,U_L} = \frac{\partial U_S}{\partial U_L} \cdot \Delta U_L = \frac{R_0 + R_L}{R_L} = 4V$$ f

(✓)

$$\Delta U_S = \sqrt{(\Delta U_{S,R_L})^2 + (\Delta U_{S,U_L})^2} \approx 4.74V$$ f

$$\underline{\underline{U_S = 30V \pm 4.74V\ (15.8\%)}}$$

Die Messunsicherheit für die gemessene Spannung von 30V beträgt absolut 4.74V und relativ 15.8%.

4,5P.

Simon Busch, 223151 09.02.2009

A6)

a) $\bar{\vartheta} = 30°C$

$\overline{R_{NTC}} = 3k\Omega$

$s_x^2 = \frac{1}{3-1} \sum_{i=0}^{3} (\vartheta_i - \bar{\vartheta})^2 = 675\,K^2$ f

$s_{xy} = \frac{1}{3-1} \sum_{i=0}^{3} (\vartheta_i - \bar{\vartheta})(R_{NTC,i} - \overline{R_{NTC}}) = -54k\Omega \cdot K$

$\hat{R}(\vartheta) = \bar{R} + \frac{s_{xy}}{s_x^2} \cdot (\vartheta - \bar{\vartheta}) = 3k\Omega \cancel{+} -0.08 \frac{k\Omega}{K} \cdot \vartheta$ f f (✓)

b) ~~$\hat{R}(15°C) = 4.2k\Omega$ 1.8kΩ~~

~~$R_{NTC}(15°C)$~~

$\hat{R}(15°C) = 1.8k\Omega$ (✓)

$R_{NTC}(15°C) = 2.4k\Omega$

relative Abweichung ~~= $\hat{R}$~~ : ~~ΔR~~ $\frac{R_{NTC}(15°C) - \hat{R}(15°C)}{R_{NTC}(15°C)} = 0.25 \rightarrow \underline{\underline{25\%}}$ (✓)

absolute Abweichung : $\Delta R = R_{NTC}(15°C) - \hat{R}(15°C) = \underline{\underline{0.6k\Omega}}$ (✓)

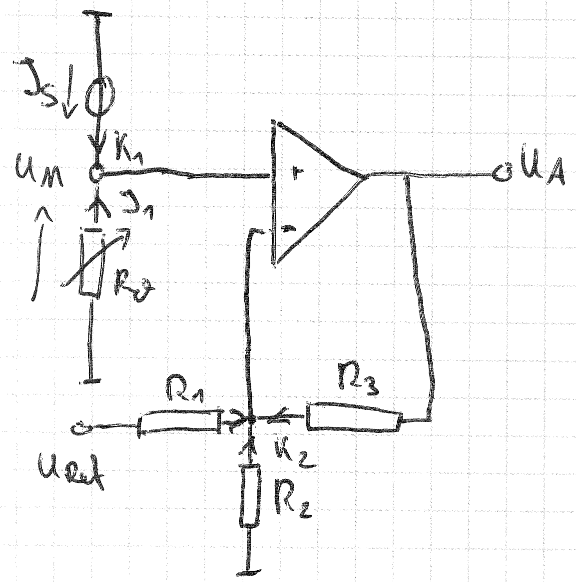
Die absolute ~~Abw~~ Abweichung der Kennlinie vom gemessenen Wert beträgt bei 15°C 0.6kΩ und die relative 25%.

4,5P.

Simon Busch, 223151 09.02.2009

A7) a) $R(\vartheta) = 100\,\Omega \cdot (1+\alpha \cdot \vartheta)$ mit $\alpha = 0.004\,K^{-1}$, $[\vartheta] = °C$

$I_S = 1\,mA$, $U_{Ref} = 2.5\,V$, $R_1 = 23.5\,k\Omega$, $R_2 = 1\,k\Omega$, $R_3 = 47\,k\Omega$



K_1: $I_1 + I_S = 0$

$I_1 = -I_S = -1\,mA$

$U_M(\vartheta) = R_\vartheta \cdot I_1$

$= -1\,mA \cdot 100\,\Omega(1+\alpha\cdot\vartheta)$

$= 0.1\,\cancel{A}V(1+0.004\,K^{-1}\vartheta)$

b) $K_2: \frac{U_{Ref}-U_-}{R_1} + \frac{-U_-}{R_2} + \frac{-U_- - U_A}{R_3} = 0$

$U_+ = U_M(\vartheta)$

$U_+ = U_-$

$\rightarrow \frac{U_{Ref}-U_M(\vartheta)}{R_1} + \frac{U_M(\vartheta)}{R_2} + \frac{U_M(\vartheta)-U_A}{R_3} = 0$

$\frac{U_{Ref}-U_M(\vartheta)}{R_1} + \frac{U_M(\vartheta)}{R_2} = -\frac{U_M(\vartheta)-U_A}{R_3}$ $\cancel{\mid \cdot R_3 \mid \cdot(-1) \mid - U_M(\vartheta)}$

$\cancel{-U_A = -U_{Ref}\cdot R_3 + U_M(\vartheta)}$

Simon Burck, 223151 09.02.2009

$$\frac{R_3}{R_1}\left(U_{Ref} - U_M(\vartheta)\right) + \frac{R_3}{R_2}\cdot U_M(\vartheta) = -U_M(\vartheta) - U_A \quad \Big|\cdot(-1) \quad \Big| -U_M(\vartheta)$$

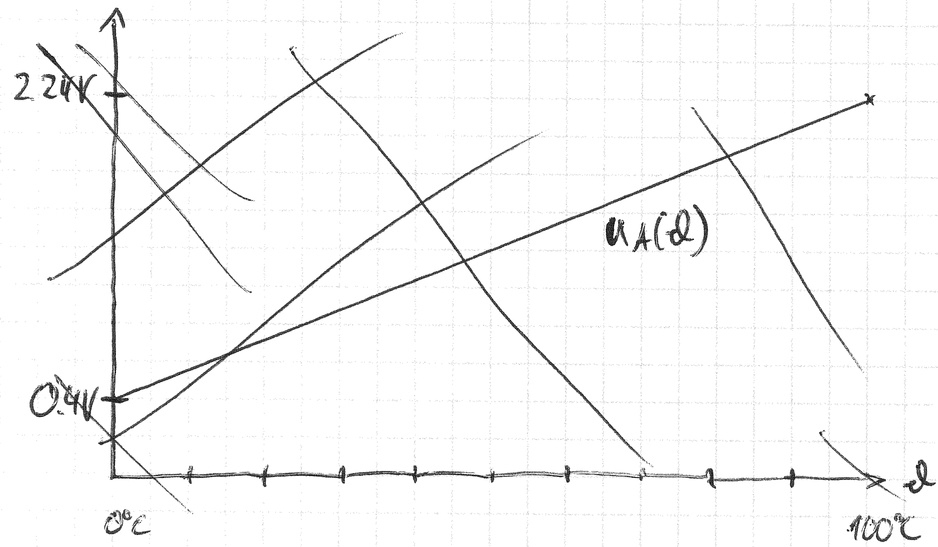
$$-\frac{R_3}{R_1}\left(U_{Ref} - U_M(\vartheta)\right) - \frac{R_3}{R_2}\cdot U_M(\vartheta) - U_M(\vartheta) = U_A$$

$$\rightarrow U_A = -\frac{R_3}{R_1} U_{Ref} + U_M(\vartheta)\left(\frac{R_3}{R_1} - \frac{R_3}{R_2} - 1\right)$$ Zahlenwerte

$$U_A(\vartheta) = 5V - 4.6V\cdot(1 + 0.004\,K^{-1}\vartheta) = 0.4V - 0.0184\,K^{-1}\vartheta$$

(✓)

c)



5P.