

Klausur ELMESS, Studiengang TI/DSI, 4.4.2022

Bearbeitungszeit: 90 Minuten, Bedingungen wie vorab mitgeteilt.

Volle Punktzahl gibt es nur für korrekte Lösungen mit vollständig nachvollziehbarem Lösungsweg. Ergebnisse von Rechnungen sind so weit wie sinnvoll möglich zu vereinfachen.

Lösung handschriftlich (digital oder auf Papier und fotografiert oder gescannt), als eine PDF-Datei in die AULIS-Übungseinheit hochladen.

Name im Dateinamen und auf der ersten Lösungsseite oben angeben!

Aufgabe 1. (2+3 = 5P)

- a) Zur Bestimmung der Fläche eines Rechtecks werden die Längen der 2 Seiten jeweils mit einer relativen Unsicherheit von 2% gemessen. Welche relative Unsicherheit hat der aus den Seitenlängen berechnete Flächeninhalt A ?
- b) An der Antriebswelle eines Generators steht die mechanische Leistung $P = M \cdot \omega = 100 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$ an. Die elektrische Generatorleistung beträgt 90% davon. Sie wird über Heizstäbe ohne weitere Verluste als Wärmeleistung in einen Wärmespeicher übertragen. Um wieviel Joule steigt die gespeicherte Wärmemenge in einer Stunde?

Aufgabe 2. (1+1+2+3+3 = 10 P)

Gegeben ist die Temperaturmessschaltung mit temperaturabhängigem Widerstand

$$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + A \cdot \vartheta + B \cdot \vartheta^2), \quad A = 0,008 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \quad B = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}, \quad R_0 = 2 \text{ k}\Omega$$

und Messspannung $U_m(\vartheta) = 5 \text{ mA} \cdot R(\vartheta) - 10 \text{ V}$.

- a) Geben Sie U_m in Abhängigkeit von A, B und ϑ an (siehe oben: vereinfachen!).
- b) Bestimmen Sie $U_m(100 \text{ } ^\circ\text{C})$.
- c) Bestimmen Sie die lokale Empfindlichkeit der Messschaltung bei $100 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- d) Bestimmen Sie die Umkehrfunktion $\vartheta(U_m)$.
- e) Gemessen wurde $U_m = 5 \text{ V}$ mit einer Unsicherheit von $\pm 0,05 \text{ V}$. Bestimmen Sie ϑ und $\Delta\vartheta$.

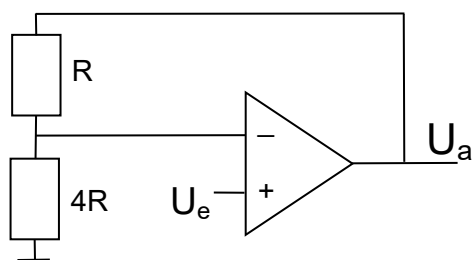
Aufgabe 3. (3+5 = 8 P)

Von einem RC-Tiefpass seien die Grenzfrequenz $f_g = 500 \text{ Hz} \pm 10 \text{ Hz}$ und der Widerstand $R = 1000 \text{ } \Omega \pm 10 \text{ } \Omega$ bekannt.

- a) Bestimmen Sie den Wert und die Unsicherheit der Kapazität C .
- b) Zu f_g errechnet man die Zeitkonstante $RC \approx 0,32 \text{ ms}$. Angeschlossen an einen Rechtecksignalgenerator mit Innenwiderstand R_i zeigt der Tiefpass aber eine Sprungantwort mit der Zeitkonstanten $\tau = 0,5 \text{ ms} \pm 0,02 \text{ ms}$.
- c) Wie groß ist demnach der Innenwiderstand? Auch die Unsicherheit ist anzugeben.

Aufgabe 4. (4 P)

Leiten Sie die Verstärkung $\frac{U_a}{U_e}$ der nebenstehenden OP-Schaltung her.



Aufgabe 5. (4 P)

Von einem NTC mit der Temperaturcharakteristik $R(T) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$ liege eine Messreihe von Widerstandswerten R_i bei Temperaturen T_i vor. Daraus soll die Kenngröße B bestimmt werden, wobei nicht `lsqcurvefit` sondern eine Ausgleichsgerade zum Einsatz kommen soll, z. B. eine entsprechende MATLAB-Funktion `[m,b]=ausgleichsgerade(x,y)`.

Wie sind die Werte x_i und y_i der Eingabedatenreihen `x` und `y` dieser Funktion aus R_i und T_i zu berechnen, damit die ausgegebene Geradensteigung `m` den optimal angepassten Wert für den Parameter B liefert?

Aufgabe 6. (2+6+2 = 10 P)

Das bandbegrenzte Signal

$$u(t) = 3 \text{ V} + 12 \text{ V} \cdot \sum_{n=1}^3 \frac{1}{n} \cdot \sin\left((2n-1) \cdot 40\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot t\right)$$

wird mit der Abtastfrequenz $f_s = 110 \text{ Hz}$ digitalisiert. Von der entstehenden Wertefolge $u_k = u(kT_s)$ wird die DFT berechnet.

- Die Messzeit sei $T_M = 5 \text{ s}$. Geben Sie die Auflösung Δf des DFT-Spektrums, also den Frequenzabstand zwischen benachbarten Werten der DFT, an.
- Skizzieren Sie das DFT-Betragsspektrum (Punkte mit der Amplitude 0 weglassen).
- Welche Frequenzen im Spektrum von $u(t)$ verursachen einen Aliaseffekt?

Aufgabe 7. (4+4 = 8 P)

Mit einem Pt100-Sensorelement und einem Multimeter, das über eine "RTD"-Messfunktion verfügt, werden in voneinander unabhängigen Messungen an einer Messstelle folgende Temperaturen gemessen:

Messung Nr.	1	2	3	4	5
$\vartheta [^\circ\text{C}]$	81,2	83,5	84,8	79,5	81,0

- Bestimmen Sie den Mittelwert und dessen Unsicherheit bezogen auf ein Vertrauensniveau von 95%. (Vertrauensfaktor aus ELMESS-Vorlesungsskript.)
- Das verwendete Multimeter hat 4 Anzeigeziffern, der Messbereich ist $999,9^\circ\text{C}$ und laut Datenblatt gilt $\Delta\vartheta = 0,5\% \text{ v. M.} + 10D$. Bestimmen Sie das vollständige Messergebnis.

Hinweis: Gerätetoleranzen werden am Schluss der Rechnung berücksichtigt, wobei die Berechnung der Toleranz sich auf den Mittelwert bezieht.

Gesamtpunktzahl: 49 P.