

Name, Vorname:**Matr.-Nr.:****Aufgabe 1. (4 P)**

An einer Spannungsquelle wird bei $I = 0,5 \text{ A}$ die Spannung $U = 20 \text{ V}$ und bei $I = 2 \text{ A}$ die Spannung $U = 17 \text{ V}$ gemessen. Bestimmen Sie den Innenwiderstand und die Leerlaufspannung.

Aufgabe 2. (6 P)

Für den Differenzdruck ΔP über einer Rohrstrecke gilt folgende Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit: $\Delta P = \alpha \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$. Es sei $\alpha = 4$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. v wird gemessen mit

einem Sensor, der die Messspannung $U_M = 2 \frac{\text{V}}{\text{m/sec}} \cdot v$ liefert.

- Welcher Differenzdruck liegt vor bei $U_M = 6 \text{ V}$?
- Geben Sie die Formel für die Sensorkennlinie der Druckmessung, $U_M = f(\Delta P)$, an!
- Bestimmen Sie die lokale Empfindlichkeit des Sensors bei einem Differenzdruck von 8000 N/m^2 .

Aufgabe 3. (6 P)

Für einen NTC wurden folgende Werte gemessen

$\vartheta [^\circ\text{C}]$	0	20	30	50
$R_{NTC} [k\Omega]$	5,8	2,4	1,6	0,8

- Näherungsweise soll eine lineare Kennlinie verwendet werden. Bestimmen Sie dazu aus den 4 Messpunkten die Ausgleichsgerade $\hat{R}(\vartheta)$.
- Welche Gleichung $U(\hat{R}(\vartheta))$ muss eine Verstärkerschaltung realisieren, damit bei einem Sensor mit der linearen Charakteristik $\hat{R}(\vartheta)$ aus a) die Ausgangsspannungen $U = 0 \text{ V}$ bei $\vartheta = 0^\circ\text{C}$ und $U = 5 \text{ V}$ bei $\vartheta = 50^\circ\text{C}$ entstehen?

(Falls Sie a) nicht gelöst haben, können Sie in b) ersatzweise $\hat{R}(\vartheta) = 5,67 \text{ k}\Omega - 0,123 \frac{\text{k}\Omega}{^\circ\text{C}} \cdot \vartheta$ verwenden.)

Aufgabe 4. (4 P)

Für einen Widerstandstempersensor wurde die Temperaturabhängigkeit für eine Bezugstemperatur von 35°C wie folgt angegeben

$$R(\vartheta) = R_{35} \cdot (1 + \alpha \cdot (\vartheta - 35^\circ\text{C})), \text{ mit } R_{35} = 1000 \Omega, \quad \alpha = 0,05 \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

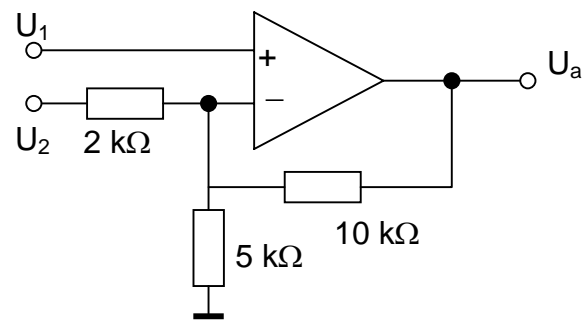
Geben Sie die Kennlinie in der gleichen Form für die Bezugstemperatur 25°C an.

Aufgabe 5. (4 P)

Bestimmen Sie das Übertragungsverhalten

$U_a = f(U_1, U_2)$ der nebenstehenden

Operationsverstärkerschaltung.

**Aufgabe 6. (6 P)**

Eine Messreihe liefert für den Schaltweg eines Mikroschalters die unten angegebenen Werte.

Geben Sie das vollständige Messergebnis für ein Vertrauensniveau von 99% an.

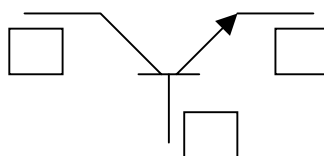
Messung Nr.	1	2	3	4	5
Schaltweg [μm]	30	35	27	31	34

Hinweis:

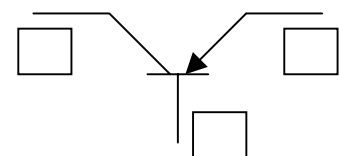
Anzahl Messungen in der Messreihe n	Vertrauensfaktor t						
	$(1-\alpha) = 68,27 \%$	$(1-\alpha) = 90,00 \%$	$(1-\alpha) = 95,00 \%$	$(1-\alpha) = 95,45 \%$	$(1-\alpha) = 99,00 \%$	$(1-\alpha) = 99,73 \%$	$(1-\alpha) = 99,98 \%$ *
2	1,84	6,31	12,71	18,44	63,66	235,80	761,40
3	1,32	2,92	4,30	4,93	9,93	19,21	42,30
4	1,20	2,35	3,18	3,48	5,84	9,22	19,77
5	1,15	2,13	2,78	2,98	4,60	6,62	12,48
6	1,11	2,02	2,57	2,73	4,03	5,51	9,77

Aufgabe 7. (10 P)

- Skizzieren Sie blockdiagrammartig den inneren Aufbau eines intelligenten Sensors.
- Zu welcher Fehlerart gehören Toleranzfehler von Messgeräten? Durch welche Angabe werden sie vom Gerätehersteller spezifiziert?
- Im Datenblatt eines Sensors steht die Angabe "Zeitkonstante $\tau = 10 \text{ sec}$ ". Was ist gemeint? Skizze!
- Geben Sie mindestens 2 verschiedene Sensortypen für die Temperaturmessung an (Kurzbezeichnungen).
- Geben Sie zu den folgenden Transistorschaltbildern den jeweiligen Typ und die passenden Buchstaben in den Kästchen an.



Typ:



Typ:

Gesamtpunktzahl: 40 P.

ERT - Klausur 29. 9. 05

$$1.) \quad U = U_0 + R_i \cdot I$$

$$R_i = - \frac{\Delta U}{\Delta I} = - \frac{20 - 17}{0,5 - 2} \, \Omega = 2 \, \Omega$$

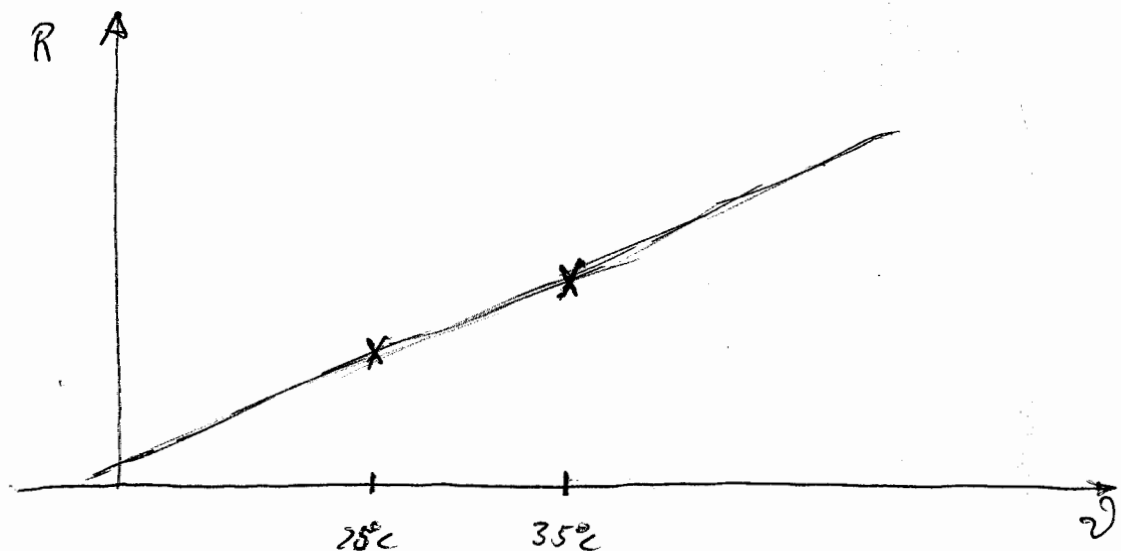
$$U_0 = 20 \, V + 2 \, \Omega \cdot 0,5 \, A = 21 \, V$$

$$4.) \quad R(\vartheta) = R_{35} \cdot (1 + \alpha \cdot (\vartheta - 35^\circ C))$$

$$R_{25} = R_{35} \cdot (1 + \alpha (25^\circ C - 35^\circ C))$$

$$R(\vartheta) = \frac{R_{25}}{1 + \alpha \cdot 10^\circ C} \cdot (1 + \alpha (\vartheta - 25^\circ C) - \alpha \cdot 10^\circ C)$$

$$= R_{25} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{1 - \alpha \cdot 10^\circ C} \cdot (\vartheta - 25^\circ C) \right)$$



$$\alpha = 0,05 \, K^{-1}, \quad R_{35} = 1000 \, \Omega, \quad R_{25} = 500 \, \Omega$$

$$\begin{aligned} R(\vartheta) &= 1000 \, \Omega + 50 \frac{\Omega}{K} (\vartheta - 35^\circ C) = 500 \, \Omega + 50 \frac{\Omega}{K} (\vartheta - 25^\circ C) \\ &= 500 \, \Omega \cdot (1 + 0,1 \, K^{-1} (\vartheta - 25^\circ C)) \end{aligned}$$

$$2.) \quad a) \quad U_H = 6 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad v = 3 \text{ m/sec}$$

$$\Rightarrow \Delta p = \frac{4 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9 \text{ m}^2/\text{sec}^2}{2} = 18 \text{ kN/m}^2 = 18 \text{ kPa}$$

b)

$$v = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad \Rightarrow \quad U_H = 2 \frac{v}{\text{m/sec}} \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$

$$U_H = 1 \text{ V} \cdot \sqrt{\frac{8 \text{ sec}^2 \text{ m}^3}{4000 \text{ kg m}^2}} \cdot \sqrt{\Delta p} = 1 \text{ V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{500 \text{ Pa}}}$$

c)

$$E (8000 \text{ N/m}^2) = \left. \frac{dU_H}{d\Delta p} \right|_{\Delta p = 8000 \text{ N/m}^2}$$

$$= \frac{1 \text{ V}}{500 \text{ Pa} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{500 \text{ Pa}}}} \bigg|_{\Delta p = 8000 \text{ Pa}}$$

$$= 0,001 \frac{\text{V}}{\text{Pa}}$$

$$3.) \quad \bar{v} = \frac{1}{4} \cdot 100^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

a)

$$\sigma_v^2 = \frac{1}{4} \cdot (25^2 + 5^2 + 5^2 + 25^2) = 325^\circ\text{C}^2$$

$$\bar{R}_{NTC} = \frac{1}{4} \cdot 10,6 \text{ k}\Omega = 2,65 \text{ k}\Omega$$

$$\overline{v \cdot R_{NTC}} = \frac{1}{4} \cdot (0 + 48 + 48 + 40) = 34 \text{ k}\Omega \cdot ^\circ\text{C}$$

$$m = - \frac{25^\circ\text{C} \cdot 2,65 \text{ k}\Omega - 34 \text{ k}\Omega \cdot ^\circ\text{C}}{325^\circ\text{C}^2} = -0,0992 \frac{\text{k}\Omega}{^\circ\text{C}} = -99,2 \Omega/^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \hat{R}(v) &= 2,65 \text{ k}\Omega - 0,0992 \frac{\text{k}\Omega}{^\circ\text{C}} \cdot (v - 25^\circ\text{C}) \\ &= 5,131 \Omega - 99,2 \Omega/^\circ\text{C} \cdot v \end{aligned}$$

$$3.) \quad b) \quad \hat{R}(0^\circ) = 5131 \, \Omega \quad \xrightarrow{!} U = 0 \, V$$

$$\hat{R}(50^\circ) = 171 \, \Omega \quad \xrightarrow{!} U = 5 \, V$$

Ansatz:

$$U(\hat{R}(v)) = K \cdot (\hat{R}(v) - 5131 \, \Omega)$$

$$K = \frac{5 \, V}{171 \, \Omega - 5131 \, \Omega} = - \frac{1 \, V}{992 \, \Omega}$$

$$\Rightarrow U(\hat{R}(v)) = \frac{1 \, V}{992 \, \Omega} \cdot (5131 \, \Omega - \hat{R}(v))$$

$$5.) \quad U_- = U_+ = U_1$$

$$I_- = 0 \Rightarrow \frac{U_2 - U_1}{2 \, k} = \frac{U_1}{5 \, k} + \frac{U_1 - U_a}{10 \, k}$$

$$\Rightarrow U_a = 2 U_1 + U_1 + 5 U_1 - 5 U_2$$

$$= \underline{\underline{8 U_1 - 5 U_2}}$$

$$6.) \quad \bar{S} = \frac{1}{5} (30 + 35 + 27 + 31 + 34) \, \mu m$$

$$= 31,4 \, \mu m$$

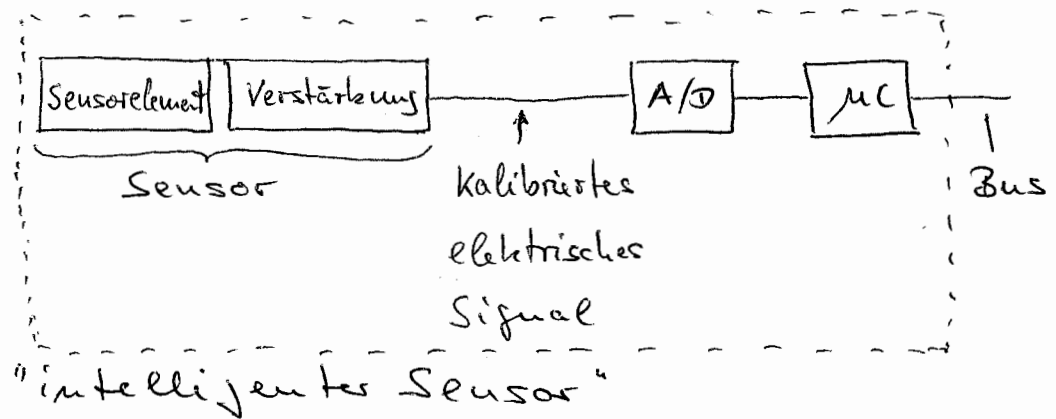
$$G_S = \sqrt{\frac{1}{4} (1,4^2 + 3,6^2 + 4,4^2 + 0,4^2 + 2,6^2)} \, \mu m$$

$$= 3,21 \, \mu m$$

$$\Delta S = \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \overset{t_{5,99}}{4,6} \cdot 3,21 \, \mu m = 6,602 \, \mu m$$

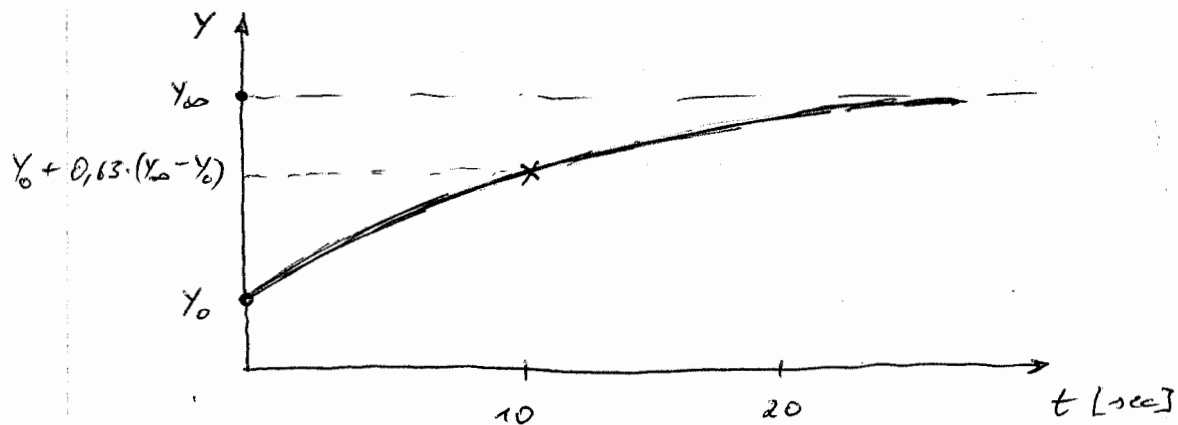
$$S = (31,4 \pm 6,6) \, \mu m, \quad 1 - \alpha = 99\%$$

7.) a)



b) unbekannte systematische Fehler
angegeben durch Genauigkeitsklasse

c) Auf sprung förmige Änderungen ^{der Messgröße} reagiert
der Sensorausgang verzögert, derart dass
nach $\tau = 10 \text{ sec}$ ca. 63% des Endwertes
erreicht sind.



d) Pt 100, NTC, PTC, Ni 100, Si-Temp.sensord

