

Univ.Prof. Dr.sc.techn. Georg Schitter
schitter@acin.tuwien.ac.at

Ausgabe Rechenübung 5

Physikalische Sensorik

Messtechnik, VU 376.045 (3 SWS, 4 ECTS)
Sommersemester 2014

Allgemein

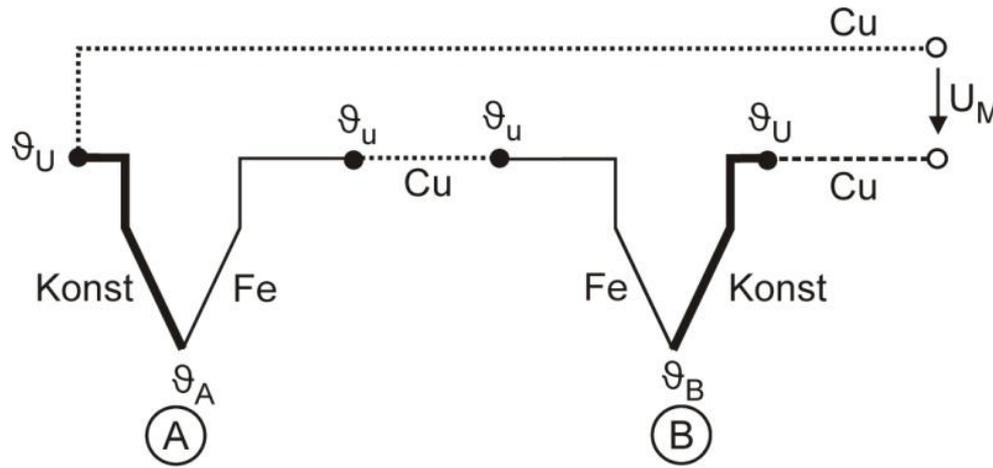
- Beispiele ab sofort in TISS verfügbar
- Musterlösung wird am 17.06. vorgestellt
- Die Bearbeitung der Beispiele erfolgt auf freiwilliger Basis. Im Hinblick auf die Klausur empfehlen wir jedoch die Beispiele selbst zu lösen.

Beispiel 1 Thermoelemente

- Messung der Temperaturdifferenz $\vartheta_A - \vartheta_B$, alle Verbindungsstellen haben die Temperatur ϑ_U
- Die thermoelektrische Spannungsreihe für die beiden Materialien ist

$$K_{FePt} = +1,9mV/(100K)$$

$$K_{KonstPt} = -3,1mV/(100K)$$



Beispiel 1 Thermoelemente

- Wie groß ist die Empfindlichkeit $k_{FeKonst}$ der beiden Thermoelemente zahlenmäßig in mV/100 K?
- Geben Sie die Messspannung U_M abhängig von der Empfindlichkeit $k_{FeKonst}$ der Thermoelemente und den gegebenen Celsius-Temperaturen an.
- Diskutieren Sie den Einfluss der Umgebungstemperatur ϑ_U auf die Messspannung U_M .
- Gemessen wird eine Spannung von $U_M = 220\mu V$. Wie groß ist die Temperaturdifferenz $\vartheta_A - \vartheta_B$?

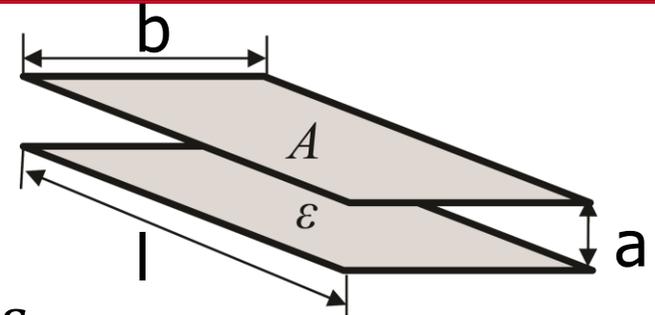
Beispiel 2 Kapazitive Aufnehmer

- Gegeben ist der dargestellte Plattenkondensator

$$l = 10 \text{ mm}; b = 1 \text{ mm}; a = 1 \text{ mm}; \varepsilon = \varepsilon_0$$

Nehmen Sie eine homogene Feldverteilung an und vernachlässigen Sie Streufelder.

- Leiten Sie die Kapazität des Plattenkondensators in Abhängigkeit von A , a und ε her. Skizzieren Sie den Verlauf der Kapazität über den Plattenabstand im Bereich $a = 0,5 \dots 1,5 \text{ mm}$.
- Berechnen Sie die Kapazität und die Empfindlichkeit in Abhängigkeit des Plattenabstands $a_0 + \Delta a$



Beispiel 2 Kapazitive Aufnehmer

- Berechnen Sie die Kapazität und die Empfindlichkeit in Abhängigkeit der Plattenüberlappung $l_0 + \Delta l$



- Berechnen Sie die Kapazität und die Empfindlichkeit in Abhängigkeit der Position des Dielektrikums $l_0 + \Delta l$

$$\epsilon_1 = \epsilon_0, \quad \epsilon_2 = \epsilon_0 \cdot 1000$$

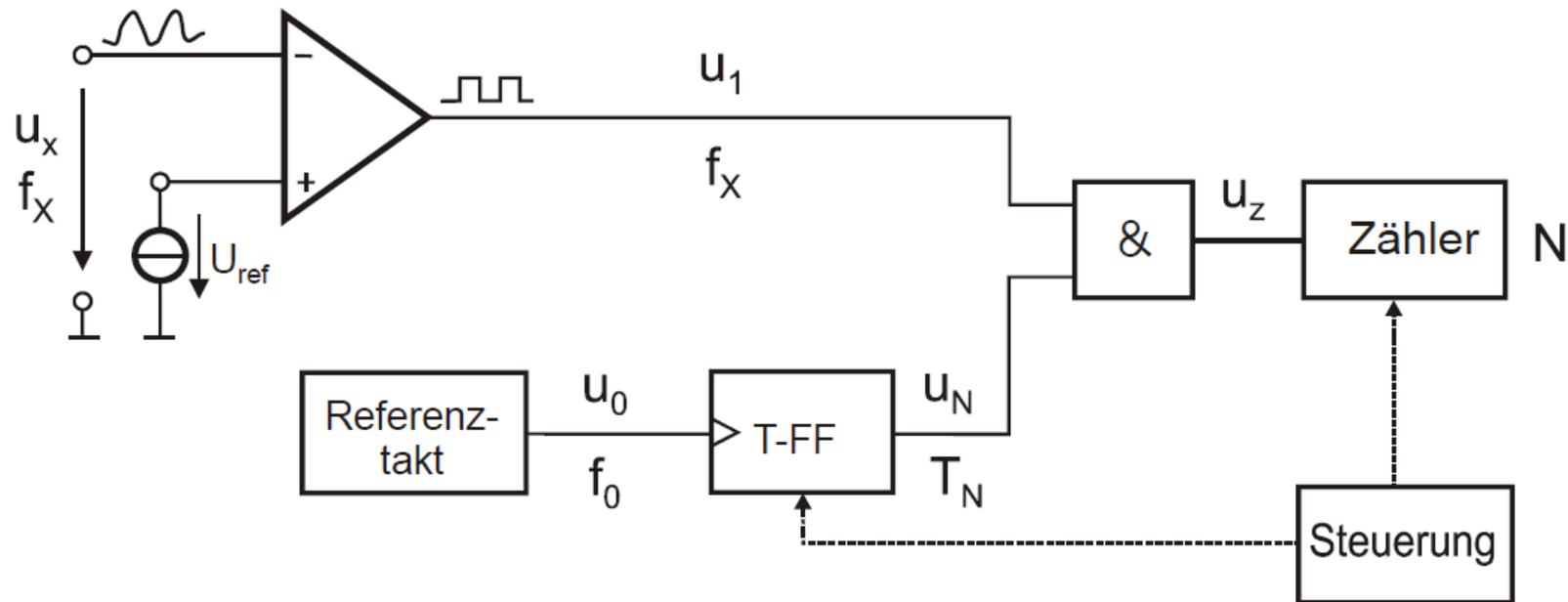


- Wie kann die Nichtlinearität, die durch den veränderlichen Plattenabstand entsteht, unterdrückt werden? Berechnen Sie dafür die Abhängigkeit der Ausgangsspannung vom Plattenabstand und die Empfindlichkeit.

Beispiel 3 Digitale Geschwindigkeitsmessung

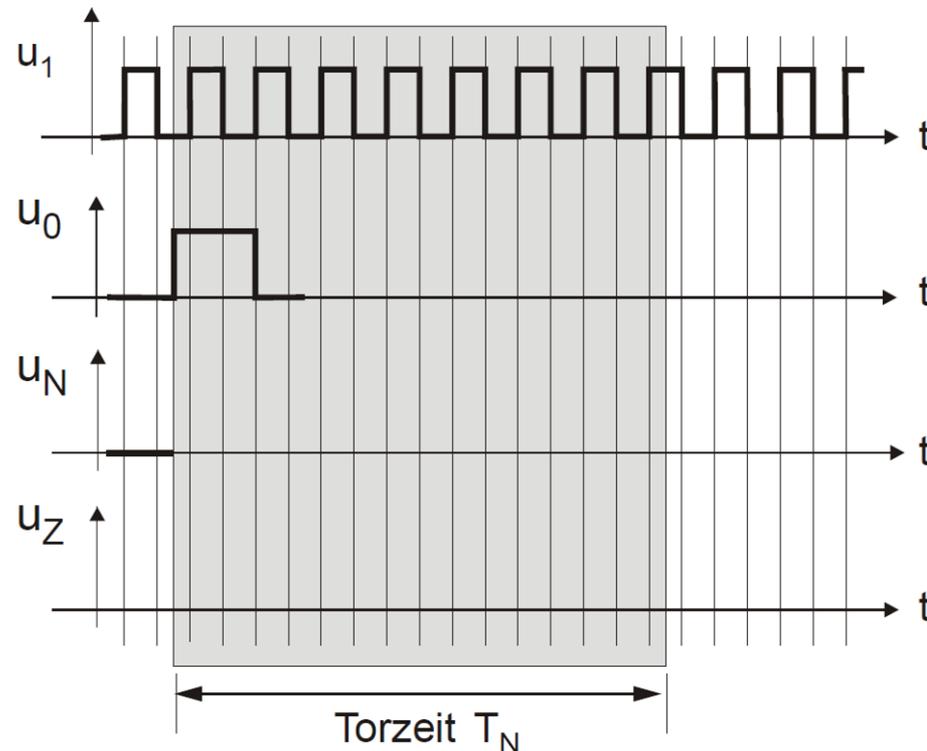
- Ein inkrementeller Glasmaßstab mit Markierungen im Abstand von d bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit v . Eine optische Abtastung liefert Impulse $u_x(t)$, die nach einer analogen Komparatorstufe als Rechteckimpulse $u_1(t)$ mit den logischen Pegeln "0" und "1" bei unveränderter Frequenz f_x zur Verfügung stehen.
- Die Geschwindigkeit v des Glasstabes soll nach dem Prinzip der Frequenzmessung bestimmt und auf einem Zähler, der die positiven Flanken zählt, als Zählerstand N angezeigt werden.

Beispiel 3 Digitale Geschwindigkeitsmessung



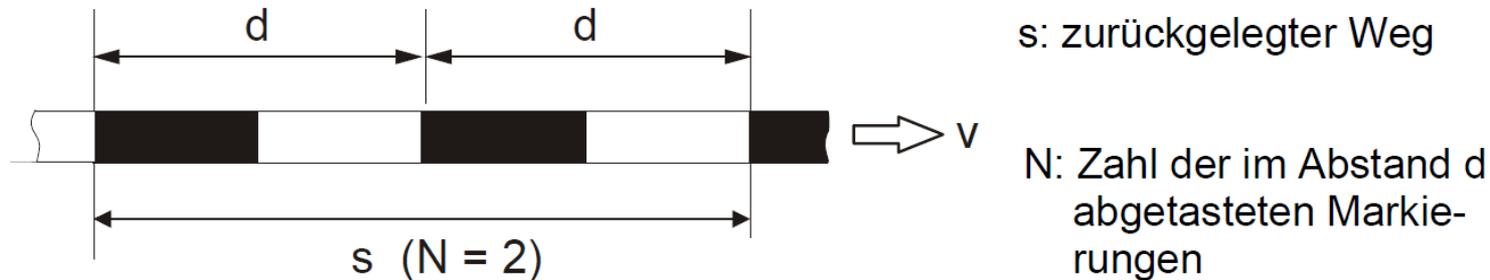
Beispiel 3 Digitale Geschwindigkeitsmessung

- Skizzieren Sie für eine konstante Geschwindigkeit v einen möglichen Spannungsverlauf von $u_0(t)$, $u_N(t)$ und $u_Z(t)$ für einen vollständigen Messzyklus, der zu einem Zählerstand von $N=8$ führt.



Beispiel 3 Digitale Geschwindigkeitsmessung

- Zeigen Sie durch Rechnung den Zusammenhang zwischen der Frequenz f_x , der Geschwindigkeit v und dem Markenabstand d .



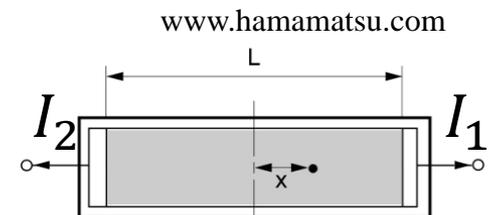
- Berechnen Sie den Zählerstand N abhängig von der Frequenz f_x und der Referenzfrequenz f_0 .
- Welcher Zusammenhang besteht schließlich zwischen der zu messenden Geschwindigkeit v und dem Zählerstand N abhängig von d und f_0 ?

Beispiel 3 Digitale Geschwindigkeitsmessung

- Wie ist f_0 zahlenmäßig in Hz zu dimensionieren, damit v direkt in mm/s angezeigt wird? ($d = 10\mu m$)

Beispiel 4 Optischer Aufnehmer

- Es soll mit einer lateralen Photodiode die Position eines Laserstrahls gemessen werden
- Entwickeln Sie eine Formel zur Berechnung der Position x des Laserstrahls in Abhängigkeit der Ströme I_1 und I_2 und der Länge L
- Wie würde Sie den Ausgangsstrom in ein äquivalentes Spannungssignal wandeln?
Der Messbereich des Spannungsmessgeräts beträgt $10V$.
Die Laserstrahlleistung beträgt 5 mW bei $\lambda = 920\text{ nm}$.
Die restlichen Daten entnehmen Sie dem Datenblatt der Photodiode (S3931).



Beispiel 4 Optischer Aufnehmer

- Diskutieren Sie wie die Empfindlichkeit der Messung erhöht werden kann.
- Wie kann die Diodenkapazität verringert werden?
- Wie kann der Einfluss der Biasströme des OPVs verringert werden?

Beispiel 4 Optischer Aufnehmer

General ratings / Absolute maximum ratings

Type No.	Package	Window material *1	Active area size (mm)	Absolute maximum ratings		
				Reverse voltage VR Max. (V)	Operating temperature Topr (°C)	Storage temperature Tstg (°C)
S3931	Ceramic	R	1 × 6	20	-10 to +60	-20 to +80
S3932		R	1 × 12			
S3270 *2		R (B)	1 × 37		-10 to +75	

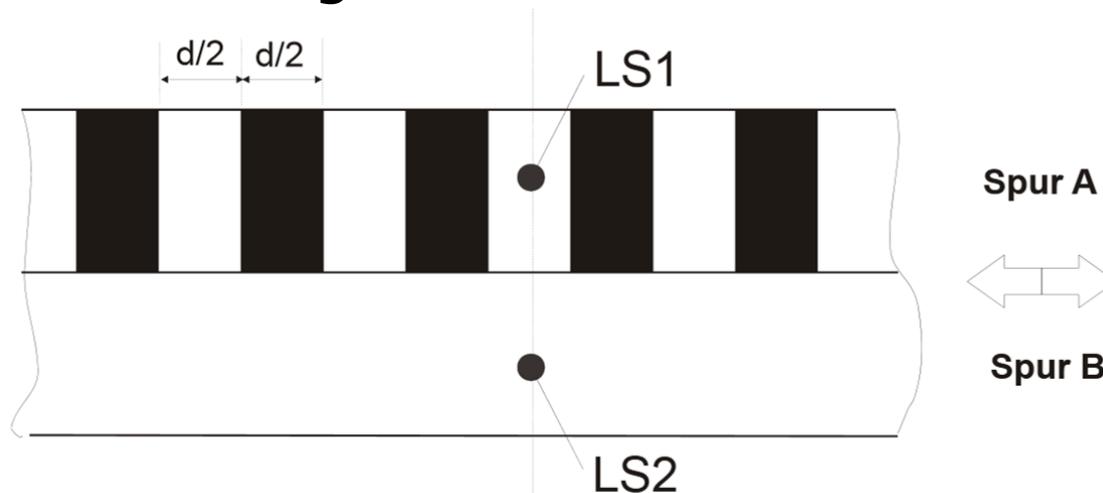
Electrical and optical characteristics (Typ. Ta=25 °C, unless otherwise noted)

Type No.	Spectral response range λ (nm)	Peak sensitivity wavelength λ_p (nm)	Photo sensitivity S $\lambda=\lambda_p$ (A/W)	Interelectrode resistance Rie Vb=0.1 V			Position detection error *3 E VR=5 V light spot ϕ 200 μ m		Saturation photocurrent *4 VR=5 V RL=1 k Ω (μ A)	Dark current ID VR=5 V		Temp. coefficient of ID TCID (times/°C)	Rise time tr VR=5 V RL=1 k Ω (μ s)	Terminal capacitance Ct VR=5 V f=10 kHz (pF)	Position resolution *5 (μ m)
				Min. (k Ω)	Typ. (k Ω)	Max. (k Ω)	Typ. (μ m)	Max. (μ m)		Typ. (nA)	Max. (nA)				
S3931	320 to 1100	920	0.55	30	50	80	±30	±120	100	0.15	10	1.15	1.5	40	0.2
S3932							±60	±240		0.2	20				
S3270	700 to 1100	960	0.55	10	15	20	±100	±400	300	0.5	20		1.0	100	2.8

www.hamamatsu.com

Beispiel 5 Inkrementaler Längengeber

- Gegeben ist ein Glasmaßstab mit den Spuren A und B; die Marken sind im Abstand d aufgebracht und werden von 2 Lichtschranken LS1 und LS2 abgetastet. Mit Hilfe der (nicht eingezeichneten) Spur B soll eine Richtungsauswertung ermöglicht werden.
- Vervollständigen Sie den Maßstab um die Spur B und geben Sie die wesentlichen geometrischen Daten an.



Beispiel 5 Inkrementaler Längengeber

- Industrielle Längengeber besitzen nur 1 Spur, dafür aber eine entsprechend konstruierte Blende. Skizzieren und bemaßen Sie einen derartigen Aufbau.