

---

# Schriftliche Prüfung aus VU Messtechnik 376.045

---

Name: .....

Matrikelnummer: .....

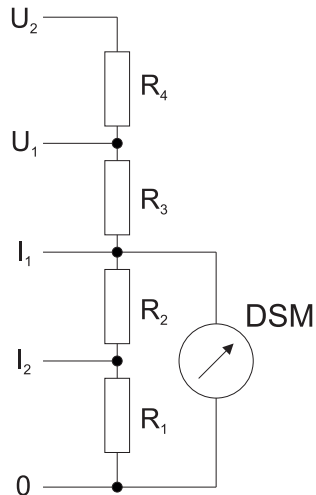
Studienkennzahl: .....

- Die Endergebnisse müssen in Ihren Berechnungen klar kenntlich gemacht werden (doppeltes Unterstreichen oder Einrahmen).
- Ergebnisse ohne nachvollziehbaren Rechenweg werden nicht gewertet.
- Die Arbeitszeit beträgt 150 Minuten.
- Es müssen alle erhaltenen Blätter wieder abgegeben werden.
- Hiermit bestätige ich, dass ich die Informationen verstanden habe und alle Blätter abgegeben habe.

Unterschrift: .....

Beispiel Nr.	Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Summe	
Note	

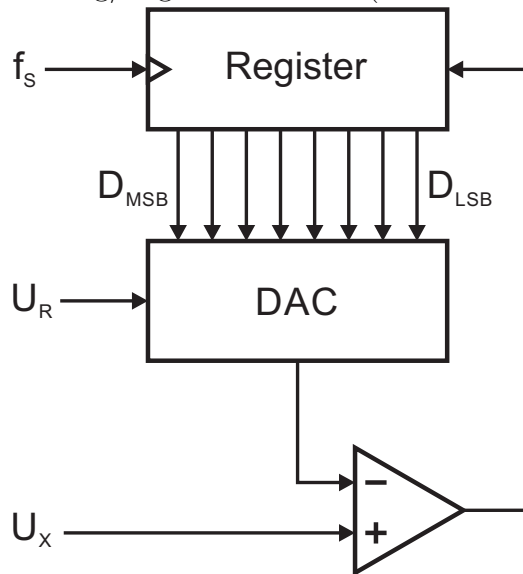
1. Messbereichserweiterung



Mit Hilfe der angegebenen Schaltung soll eine Messbereichserweiterung vorgenommen werden. Gegeben sei das dargestellte Drehspulmesswerk (DSM;  $U_{max} = 0.1 \text{ V}$ ,  $R_i = 100 \Omega$ ). Folgende Messbereiche sollen einstellbar sein: Eingangsspannung:  $U_1 = 0.4 \text{ V}$ ,  $U_2 = 40 \text{ V}$ , Eingangsstrom:  $I_1 = 4 \text{ mA}$ ,  $I_2 = 400 \text{ mA}$ .

- Dimensionieren Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  so, dass bei den jeweiligen Eingangsströmen  $I_1$  und  $I_2$  das Drehspulmesswerk vollen Ausschlag zeigt. [6 Punkte]
- Dimensionieren Sie die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  so, dass bei den jeweiligen Eingangsspannungen  $U_1$  und  $U_2$  das Drehspulmesswerk vollen Ausschlag zeigt. [4 Punkte]  
*Hinweis:* Berücksichtigen Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ .
- Geben Sie den größten Strommessbereich ( $I_{max}$ ) als Funktion der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  und des Stroms durch das Drehspulmesswerk  $I_M$  an. [4 Punkte]
- Die Widerstandswerte seien mit einem relativen Fehler von  $f_R = 0.1\%$  behaftet. Der relative Fehler des Stroms  $I_M$  durch das Drehspulmesswerk ist zu  $f_I = 1.5\%$  gegeben. Wie groß ist dann der maximal mögliche Fehler  $|\Delta I|$  für den größten Strommessbereich  $I_{max}$ ? [6 Punkte]

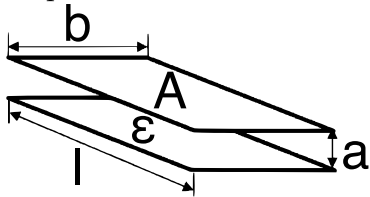
2. Analog/Digital Umsetzer (sukzessiv approximierender ADC)



Gegeben sei ein sukzessiv approximierender ADC mit einer Auflösung von  $n = 8$  bit, einer Referenzspannung von  $U_R = 10$  V und einem internen Systemtakt von  $f_{DAC} = 160$  MHz. Das Messsignal  $U_x$  hat eine Maximalamplitude von 8 V und wird mit einem Tiefpass erster Ordnung mit einer Grenzfrequenz  $f_g = 6$  MHz bandbegrenzt.

- Wie groß ist die Auflösung  $U_{LSB}$  des Umsetzers? [5 Punkte]
- Berechnen sie die maximale Amplitude des gefilterten Messsignals bei  $f = 12$  MHz. Geben sie außerdem an, mit welcher ersten Spiegelfrequenz diese sichtbar wird, wenn der Umsetzer mit einer Abtastrate von  $f_s = 18$  MHz arbeitet. [5 Punkte]
- Mit welcher Frequenz  $f_s$  können Messwerte maximal abgetastet werden (Samples/Second), wenn interne Schaltzeiten vernachlässigt werden? [5 Punkte]
- Wie groß ist der Messfehler in Prozent bezogen auf die Referenzspannung  $U_R$  bei einem Messsignal von  $U_x = 3.14$  V? [5 Punkte]

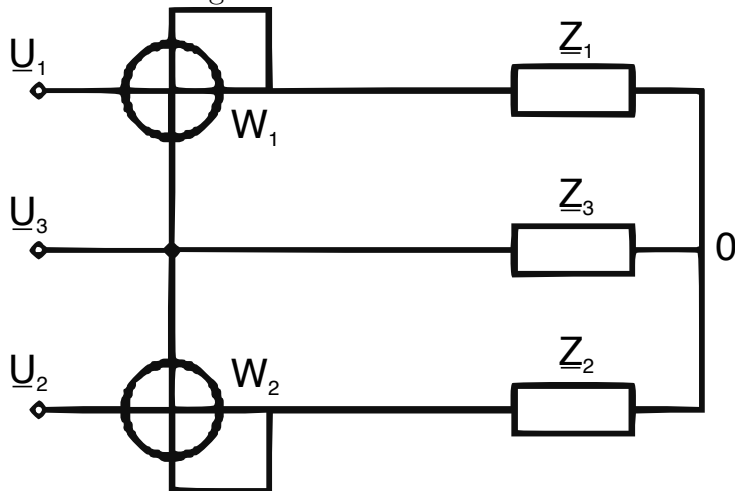
### 3. Kapazitiver Sensor



Gegeben sei der dargestellte Parallelplattenkondensator.

- Berechnen Sie die Kapazität  $C$  des Kondensators und die Empfindlichkeit bezüglich Änderungen des Plattenabstands  $\Delta a$  und der Plattenfläche  $\Delta A$  unter Vernachlässigung von Streufeldern. [5 Punkte]
- Der Plattenabstand sei zeitvariant mit  $a(t) = a_0 + \Delta a \sin(\omega t)$ . Berechnen Sie  $C(t)$ . Nehmen Sie dabei an, dass die Änderung  $\Delta a$  sehr klein ist, sodass  $C$  mit der Empfindlichkeit aus a) linearisiert werden kann. [5 Punkte]
- Berechnen Sie den relativen Fehler, der durch die Linearisierung in b) gemacht wird, für  $a = a_0 + \Delta a$ . [5 Punkte]
- Die Plattenfläche weiche zusätzlich um  $\Delta A$  ab. Berechnen Sie wie in c) den relativen Fehler in  $C$  bei  $a = a_0 + \Delta a$  zwischen linearisiertem, idealisiertem System und nichtlinearem, realem System. Vereinfachen Sie so weit wie möglich. [5 Punkte]

4. Aron-Schaltung



Ein symmetrischer Drehstromverbraucher in Sternschaltung, der an einem symmetrischen Drehspannungsnetz betrieben wird, bewirkt in den beiden Wattmetern  $W_1$  und  $W_2$  (Aron-Schaltung) die Ausschläge  $P_1 = 300 \text{ W}$  und  $P_2 = 800 \text{ W}$ . Alle drei Verbraucher sind identisch, d.h.  $\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = \underline{Z}_3 = \underline{Z}$ . Die Impedanz  $\underline{Z}$  sei ein ohmsch-induktiver Verbraucher.

- Schreiben Sie die Scheinleistungen  $\underline{S}_1$  und  $\underline{S}_2$  an den Wattmetern  $W_1$  und  $W_2$  als Funktionen der Spannungen  $\underline{U}_1$ ,  $\underline{U}_2$ ,  $\underline{U}_{13}$  und  $\underline{U}_{23}$ , sowie der Impedanz  $\underline{Z}$  in Polarform an. [5 Punkte]
- Berechnen Sie aus dem Verhältnis der Wirkleistungen  $P_1$  und  $P_2$  an den Wattmetern  $W_1$  und  $W_2$  den Leistungsfaktor  $\cos(\varphi)$  des Verbrauchers. [5 Punkte]  
*Hinweis:*  $\cos(\alpha + \beta) = \cos(\alpha) \cos(\beta) + \sin(\alpha) \sin(\beta)$
- Die Beträge der Außenleiterspannungen  $U_{12}$ ,  $U_{23}$  und  $U_{31}$  seien jeweils 400 V. Berechnen Sie den Wirkwiderstand  $R$  der Impedanz  $\underline{Z}$ . [5 Punkte]
- Berechnen Sie den Blindwiderstand  $X$  der Impedanz  $\underline{Z}$ . [5 Punkte]

5. Theoriefrage 1 [12 Punkte]

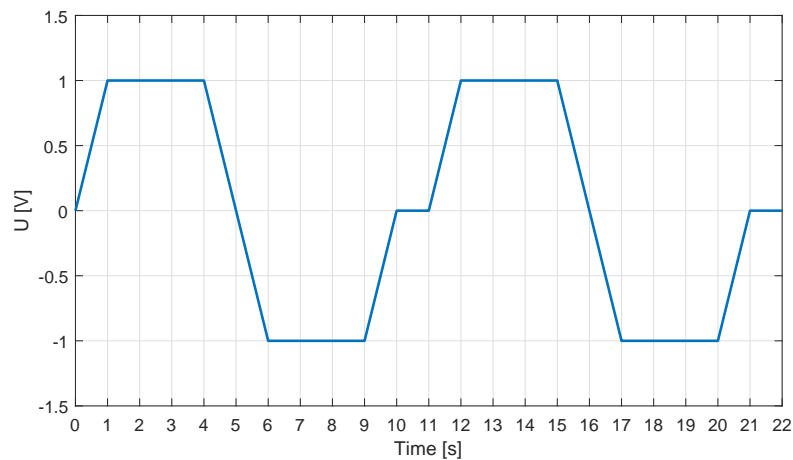
- a) Beschreiben Sie das generelle Funktionsprinzip von kompensationsbasierten Messverfahren. [5 Punkte]
- b) Beschreiben Sie die konkrete Implementierung für eine Waage mit elektromagnetischer Kraftkompensation und stellen die Beziehung zu den Signalen und Funktionsblöcken des Funktionsprinzips aus Frage 5 a) her. [4 Punkte]
- c) Geben Sie jeweils 3 Vor- und Nachteile von kompensationsbasierten Messverfahren an. [3 Punkte]

6. Theoriefrage 2 [16 Punkte]

- a) Erläutern Sie, wie die Amplitude und Frequenz eines sinusförmigen Messsignals mittels Lock-In Verstärker bestimmt werden kann. [8 Punkte]
- b) Welchen Einfluss hat die Wahl der Grenzfrequenz des Tiefpassfilters auf das Verhalten des Lock-in Verstärkers? [2 Punkte]
- c) Erklären Sie den Zweck und das Funktionsprinzip einer PLL. Wie kann ein Ausgangssignal doppelter Frequenz erzeugt werden? [6 Punkte]

7. Theoriefragen 3 [17 Punkte]

- a) Wie groß ist der Effektivwert und arithmetischer Mittelwert des abgebildeten Signals. [6 Punkte]



- b) Was beschreibt der Effektivwert und der Scheitelfaktor (Crest-Faktor)? [3 Punkte]
- c) Skizzieren Sie ein elektrodynamisches Messwerk. Erklären Sie die Funktion und welche Größe damit gemessen werden kann. [5 Punkte]
- d) Erläutern Sie, wie der Messfehler im elektrodynamischen Messwerk für die korrekte verbraucherseitige Leistungsmessung kompensiert werden kann. [3 Punkte]



8. Theoriefragen 4 [15 Punkte]

- a) Skizzieren und erklären Sie die Funktionsweise eines Zweirampen-Umsetzers. [6 Punkte]
- b) Nennen Sie drei weitere Prinzipien für Analog/Digital-Wandler und ordnen Sie diese bezüglich Auflösung und Umsetzrate schematisch ein. [3 Punkte]
- c) Erklären Sie die differentielle Nichtlinearität und integrale Nichtlinearität bei einem Analog/Digital-Wandler. Wie bestimmen Sie die differentielle Nichtlinearität? [3 Punkte]
- d) Nennen Sie drei weitere Fehler von Analog/Digital-Wandlern und beschreiben Sie diese anhand geeigneter Skizzen. [3 Punkte]