
Schriftliche Prüfung aus VU Messtechnik 376.045

Name:

Matrikelnummer:

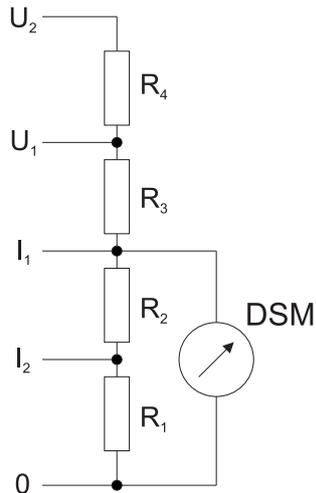
Studienkennzahl:

- 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	

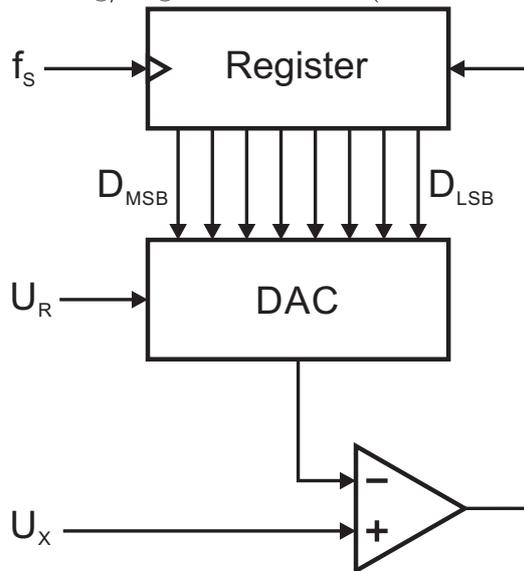
1. Messbereichserweiterung



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]

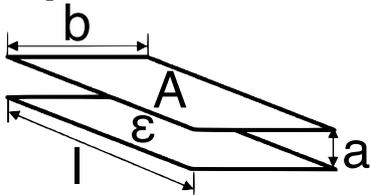
2. Analog/Digital Umsetzer (sukzessiv approximierender ADC)



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]

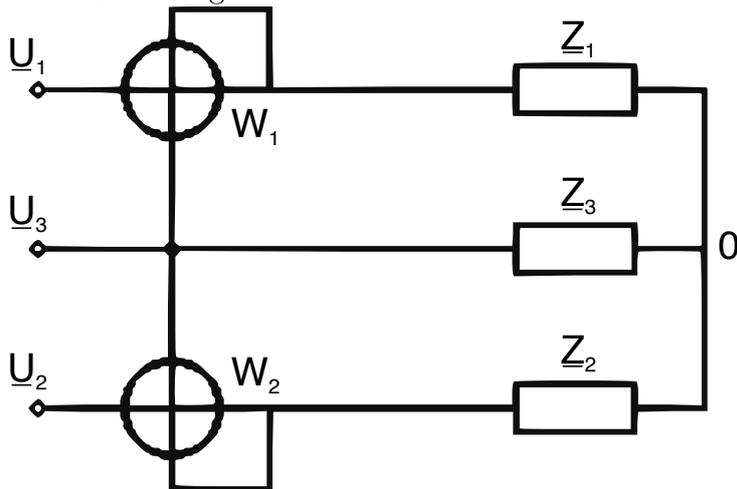
3. Kapazitiver Sensor



Gegeben sei der dargestellte Parallelplattenkondensator.

- Berechnen Sie die Kapazität C des Kondensators und die Empfindlichkeit bezüglich Änderungen des Plattenabstands Δa und der Plattenfläche ΔA 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 Δa 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 ΔA 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]

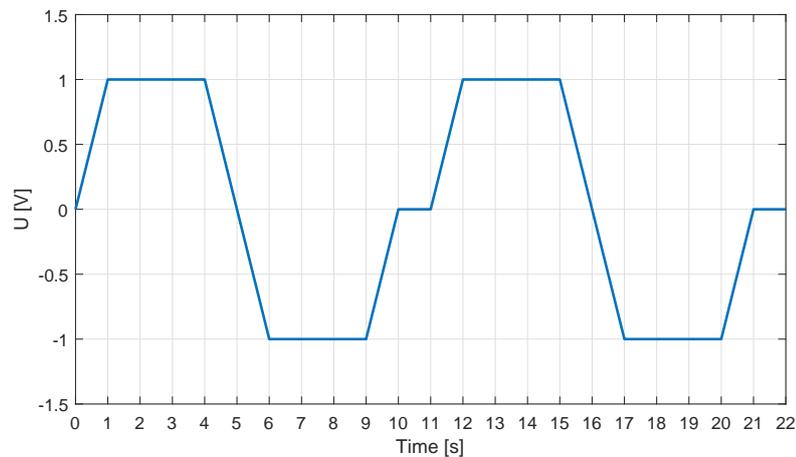
- a) Beschreiben Sie das generelle Funktionsprinzip von kompensationsbasierten Messverfahren. [5 Punkte]
- b) Beschreiben Sie die konkrete Implementierung für eine Waage mit elektromagnetischer Kraftkompensation und stellen die Beziehung zu den Signalen und Funktionsblöcken des Funktionsprinzips aus 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]