
Schriftliche Prüfung aus VU Messtechnik 376.045

Name:

Matrikelnummer:

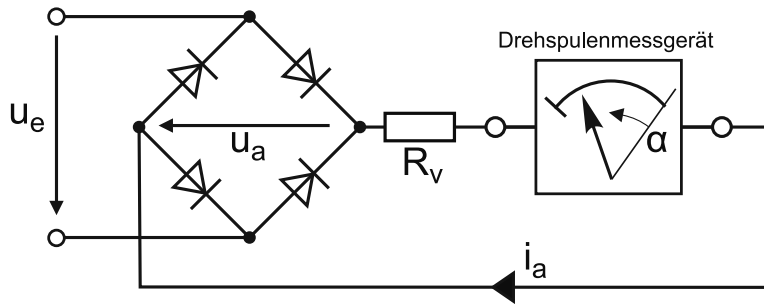
Studienkennzahl:

- 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. Messung von Wechselgrößen



Ein Drehspulenmessgerät wird verwendet um den Effektivwert der Spannung u_A zu bestimmen. Zu diesem Zweck wird die Eingangsspannung $u_e = 30\text{V} \cdot \sin(2\pi 50 \cdot t)$ mittels einer Graetz-Schaltung gleichgerichtet und über den Vorwiderstand $R_v = 50 \Omega$ in einen proportionalen Strom i_A umgewandelt, der einen Winkelausschlag des Messgerätezeigers hervorruft.

- Berechnen Sie den Gleichrichtwert der Ausgangsspannung u_a [5 Punkte]
- Die gleichgerichtete Spannung kann als Fourierreihe dargestellt werden. Berechnen Sie den Strom i_a und berücksichtigen Sie dabei den Stromrippel bis zur 6. Oberwelle. [5 Punkte]

Hinweis: Die Fourierreihe der gleichgerichteten Spannung lautet:

$$u_a = \hat{u}_e \frac{4}{\pi} \left[\frac{1}{2} - \sum_{k=1}^n \frac{\cos(2k\omega t)}{(2k-1)(2k+1)} \right] \quad (1)$$

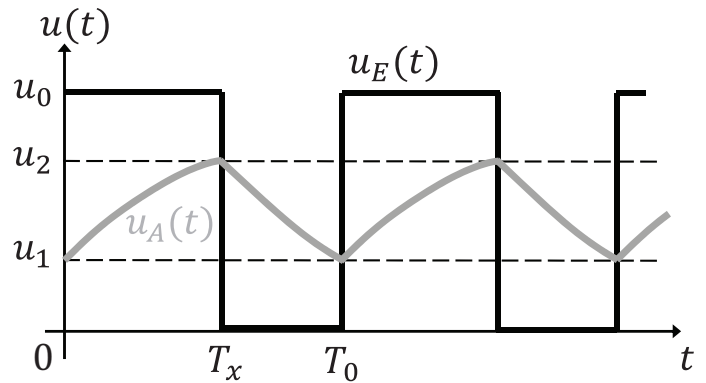
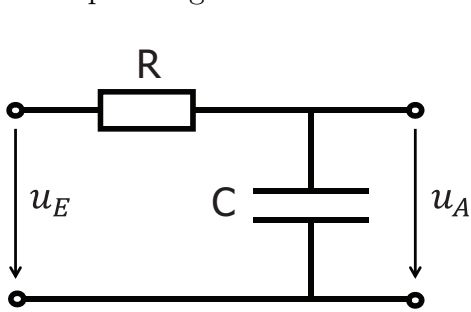
- Der Winkelausschlag des Zeigers α ist dem Strom i_A proportional. Das zeitliche Verhalten des elektromechanischen Systems ist im Laplace-Bereich wie folgt angegeben:

$$\alpha(s) = K \frac{3950}{s^2 + 100s + 3950} I_A(s), \quad (2)$$

mit der Proportionalitätskonstanten $K=100 \text{ }^\circ/\text{A}$. Berechnen Sie den Winkelausschlag des Messgerätezeigers unter Berücksichtigung des Gleichanteils und der 2ten Oberwelle des Stromes. [5 Punkte]

- Das Drehspulenmessgerät zeigt einen dem Gleichrichtwert proportionalen Winkelausschlag an. Berechnen Sie den Formfaktor, um den Effektivwert der Spannung aus dem Gleichrichtwert rechnerisch ermitteln zu können. [5 Punkte]

2. Zeit-Spannungs-Umsetzer

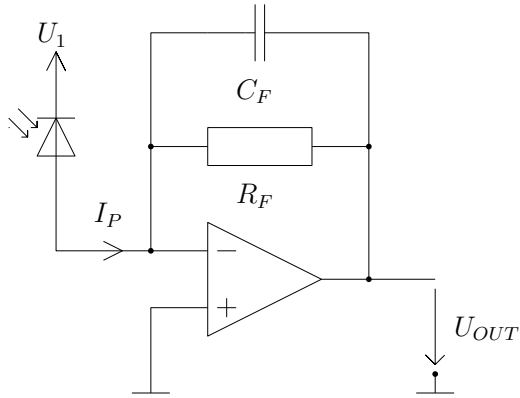


Es wird das dargestellte Rechteck-Signal $u_E(t)$ mit $u_0 = 5\text{ V}$, $T_x = (0\text{ ms} \dots 1\text{ ms})$ und $T_0 = 1\text{ ms}$ an einen RC-Tiefpass gelegt.

Die Ausgangsspannung u_A wird mittels eines 8-Bit Analog-Digital-Umsetzers digitalisiert, der einen Eingangsspannungsbereich von $U = (0\text{ V} \dots 5\text{ V})$ aufweist.

- Berechnen Sie U_{LSB} des Analog-Digital-Umsetzers. [5 Punkte]
- Berechnen Sie allgemein die Spannungen $u_2 = f(u_1, u_0, T_x, T_0, R, C)$ und $u_1 = f(u_2, u_0, T_x, T_0, R, C)$. [5 Punkte]
- Geben Sie $\Delta u = u_2 - u_1 = f(u_0, T_x, T_0, R, C)$ mit dem Ergebnis aus b) allgemein an. [5 Punkte]
- Die maximale Welligkeit Δu liegt bei einer Impulsdauer von $T_x = \frac{T_0}{2}$ vor. Wie muss die Zeitkonstante $\tau = RC$ des Tiefpasses gewählt werden, damit die maximale Welligkeit Δu_{max} der Ausgangsspannung die Bedingung $\Delta u_{max} \leq U_{LSB}$ erfüllt? [5 Punkte]

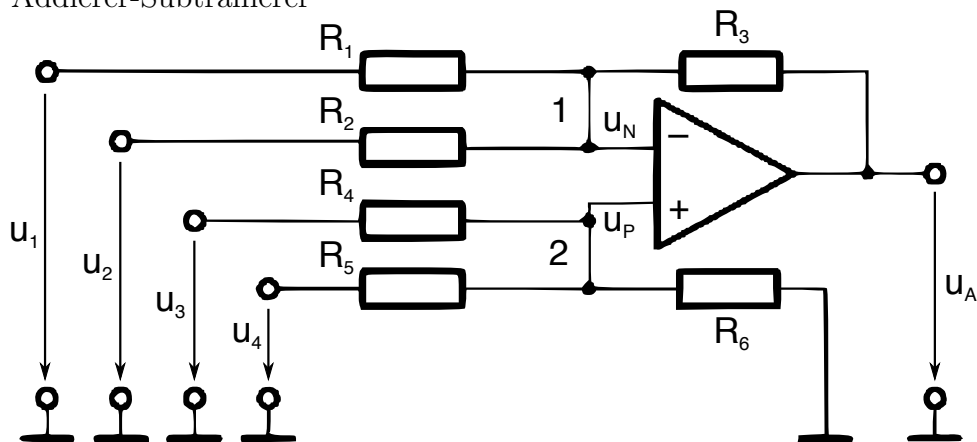
3. Transimpedanzverstärker



Ein Transimpedanzverstärker wird verwendet um den Photostrom I_P einer Photodiode zu verstärken. Die Photodiode hat für die verwendete Wellenlänge von $\lambda = 650 \text{ nm}$ eine Sensitivität von $S = 0.35 \frac{\text{A}}{\text{W}}$. Nehmen Sie einen idealen OPV an.

- Berechnen Sie den Photostrom I_P für eine maximale Strahlungsleistung Φ am Detektor von $3 \mu\text{W}$. [5 Punkte]
- Dimensionieren Sie R_F so, dass U_{OUT} im Bereich $[-0.3, 0]V$ liegt. [5 Punkte]
- Bestimmen Sie die Transferfunktion $G(j\omega) = \frac{U_{OUT}(j\omega)}{I_P(j\omega)}$ der Schaltung und dimensionieren Sie C_F , um eine -3 dB Bandbreite von 100 kHz zu erreichen. [5 Punkte]
- Über welche Transferfunktion $G_{U_{T,R_F}}(j\omega) = \frac{U_{OUT}(j\omega)}{U_{T,R_F}(j\omega)}$ wirkt das thermische Rauschen von R_F auf den Ausgang? [5 Punkte]

4. Addierer-Subtrahierer



Gegeben ist die Schaltung eines addierenden und subtrahierenden Verstärkers. Der OPV sei ideal.

- Setzen Sie zunächst $u_3 = u_4 = 0$. Welche Schaltung liegt dann vor? Berechnen Sie u_A . [5 Punkte]
- Die Schaltung aus a) möge das Verhalten $u_A = V(-u_1 - u_2)$ mit vorgegebener Verstärkung V aufweisen. Welche Bedingungen müssen die Widerstände R_1 bis R_3 dafür erfüllen? [5 Punkte]
- Berechnen Sie nun die Potentiale u_P am nichtinvertierenden und u_N am invertierenden Eingang des OPV für allgemeine Eingangsspannungen u_1 bis u_4 . [5 Punkte]
- Berechnen Sie u_A für allgemeine Eingangsspannungen u_1 bis u_4 . [5 Punkte]

5. Theoriefrage 1 [15 Punkte]

- a) Erklären Sie den Zweck und das Funktionsprinzip einer Phasenregelschleife (Phase-Locked-Loop PLL) anhand eines Blockschaltbildes. Welche Aufgabe erfüllen die einzelnen Blöcke? [6 Punkte]
- b) Wie kann ein Ausgangssignal vierfacher Frequenz erzeugt werden? [3 Punkte]
- c) Wie kann eine PLL zur Demodulation eines FM-Signals eingesetzt werden? [3 Punkte]
- d) Wie kann eine PLL zur Demodulation eines AM-Signals eingesetzt werden? [3 Punkte]

6. Theoriefrage 2 [15 Punkte]

- a) Was ist die differentielle Nichtlinearität bei einem Analog/Digital-Wandler? [3 Punkte]
- b) Was ist die integrale Nichtlinearität bei einem Analog/Digital-Wandler? [3 Punkte]
- c) Welcher Kompromiss zweier Parameter muss bei der Wahl eines geeigneten A/D Wandlerprinzips eingegangen werden? [3 Punkte]
- d) Zeichnen Sie das Blockschaltbild eines sukzessiv approximierenden Analog/Digital-Wandlers mit 4 Bit Auflösung und beschreiben Sie die Funktion. [6 Punkte]

7. Theoriefrage 3 [15 Punkte]

- a) Beschreiben Sie die elektrische Messkette und die Hauptfunktion ihrer Komponenten. [5 Punkte]
- b) Wo in der elektrischen Messkette findet die eigentliche Messung statt? [2 Punkte]
- c) Woraus besteht ein Messergebnis? [1 Punkt]
- d) Wie groß ist die Nyquist-Frequenz bei einer Abtastfrequenz von 10 MHz? Zu welchem Phänomen kommt es, wenn das Abtasttheorem nicht eingehalten wird? Wie kann dieses Phänomen reduziert werden? [5 Punkte]
- e) Bei einer Abtastzeit von 1 ms, welche Frequenzen werden für Signale mit 300Hz, 800Hz und 1500Hz gemessen? [2 Punkte]

8. Theoriefrage 4 [15 Punkte]

Bei realen Operations Verstärkern (OPV) sind eine Vielzahl von nichtidealen Eigenschaften zu berücksichtigen.

- a) Geben Sie die Definition des Eingangs-Offsets eines allgemeinen Verstärkers an und beschreiben Sie diese in kurzen Worten. [2 Punkte]
- b) Zeichnen Sie eine Eingangs- / Ausgangs- Kennlinie eines OPV mit einer negativen Offsetspannung $U_{os} < 0V$. [2 Punkte]
- c) Geben Sie die Definition von Differenzverstärkung, Gleichtaktverstärkung und CMRR (in dB) an. Wofür steht die Abkürzung CMRR? [3 Punkte]
- d) Zeichnen Sie eine prinzipielle Messanordnung zur Bestimmung der Differenzverstärkung und **beschreiben Sie diese in kurzen Worten**. [4 Punkte]
- e) Zeichnen Sie eine prinzipielle Messanordnung zur Bestimmung der Gleichtaktverstärkung und **beschreiben Sie diese in kurzen Worten**. [4 Punkte]