

---

# Schriftliche Prüfung aus VU Messtechnik 376.045

---

Name: .....

Matrikelnummer: .....

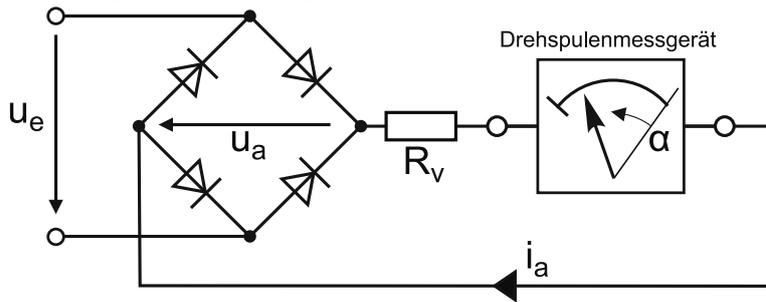
Studienkennzahl: .....

- 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:

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

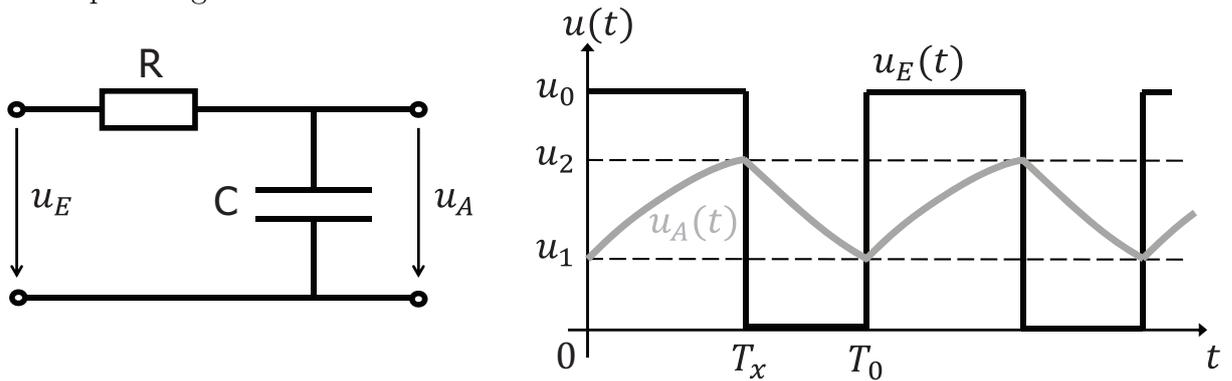
- Der Winkelausschlag des Zeigers  $\alpha$  ist dem Strom  $i_A$  proportional. Das zeitliche Verhalten des elektromechanischen Systems ist im Laplace-Bereich wie folgt angegeben:

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

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

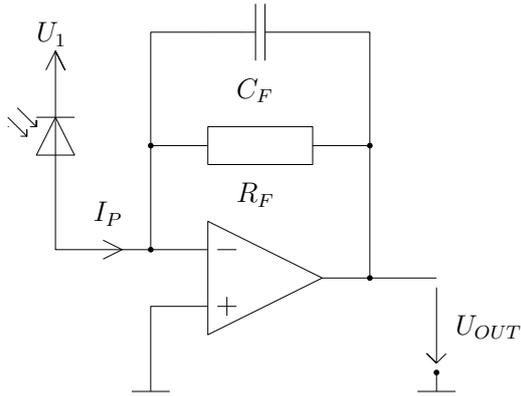


Es wird das dargestellte Rechteck-Signal  $u_E(t)$  mit  $u_0 = 5\text{ V}$ ,  $T_x = (0\text{ ms} \dots 1\text{ ms})$  und  $T_0 = 1\text{ ms}$  an einen RC-Tiefpass gelegt.

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  $\Delta u$  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  $\Delta u_{max}$  der Ausgangsspannung die Bedingung  $\Delta u_{max} \leq U_{LSB}$  erfüllt? [5 Punkte]

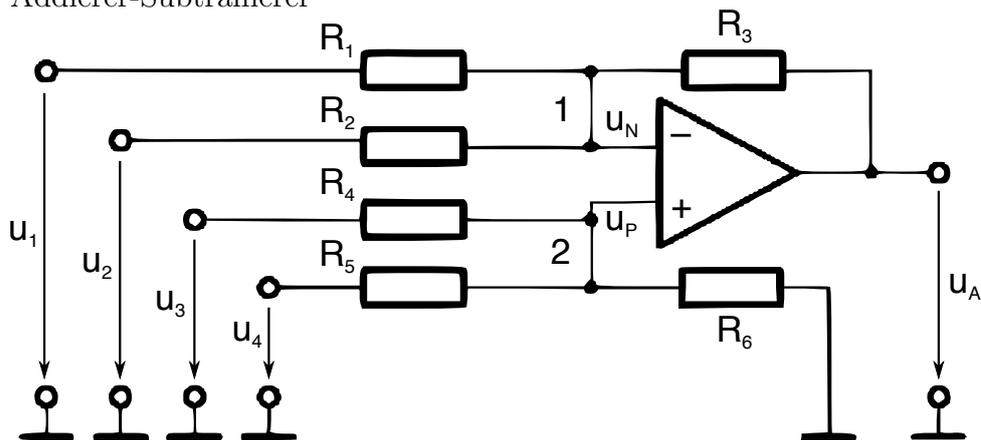
### 3. Transimpedanzverstärker



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  $\Phi$  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  $-3 \text{ dB}$  Bandbreite von  $100 \text{ kHz}$  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]