

---

# Schriftliche Prüfung aus VU Messtechnik 376.045

---

Name: .....

Matrikelnummer: .....

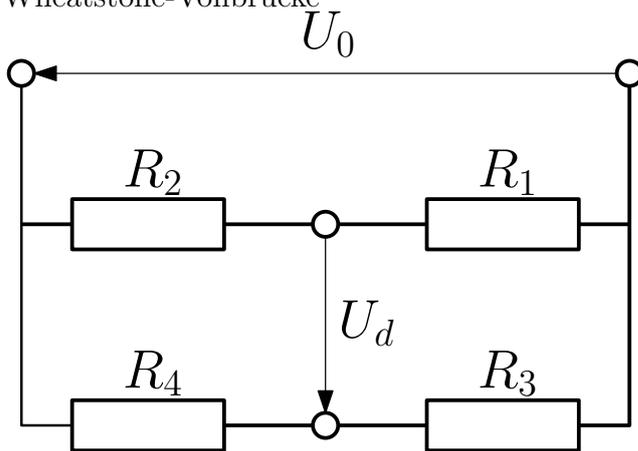
Studienkennzahl: .....

- 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. Wheatstone-Vollbrücke



Gegeben sei eine Wheatstonebrücke mit den Widerständen  $R_1$  bis  $R_4$  und der Versorgungsspannung  $U_0 = 5V$ .

- Wie lautet die Abgleichbedingung? [5 Punkte]
- Wie groß ist  $R_1$ , wenn die Brücke bei folgenden Widerstandswerten:  $R_2 = 100 \Omega$ ,  $R_3 = 800 \Omega$  und  $R_4 = 200 \Omega$  abgeglichen ist? [4 Punkte]
- Berechnen Sie den Spannungsabfall  $U_3$  an  $R_3$  für die abgeglichene Brücke aus dem vorigen Unterpunkt. [4 Punkte]
- Berechnen Sie die Differenzspannung  $U_d$  die sich bei folgenden Widerstandswerten einstellt:  $R_1 = 110 \Omega$ ,  $R_2 = 90 \Omega$ ,  $R_3 = 90 \Omega$  und  $R_4 = 110 \Omega$ .  
Wie ändert sich die Differenzspannung wenn die Brücke mit Wechselspannung ( $U_0 = 5V \cdot \sin(2\pi \cdot 100 \text{ Hz} \cdot t)$ ) versorgt wird? [7 Punkte]

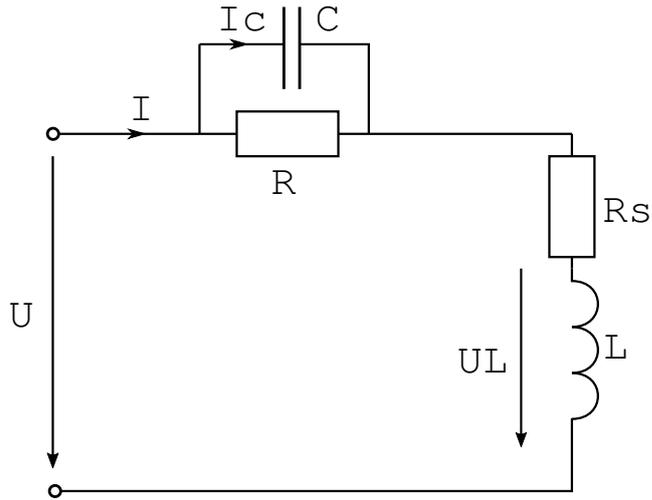
2. Analog/Digital Umsetzer (Flash-Umsetzer)

<b>Bitcode</b>	000	001	010	011	100	101	110	111
<b>Anzahl</b>	99	101	102	103	100	101	98	96

Die Kennlinie eines Flash-Umsetzers (Parallelumsetzer) mit einer Auflösung von  $n = 3$  bit und einer Versorgungsspannung von  $U_R = 3.3 \text{ V}$  wird vermessen. Dazu wird eine nicht synchronisierte periodische Dreiecksspannung am Eingang des Umsetzers angelegt und die Verteilung der auftretenden Bitcodes gemessen (siehe Tabelle).

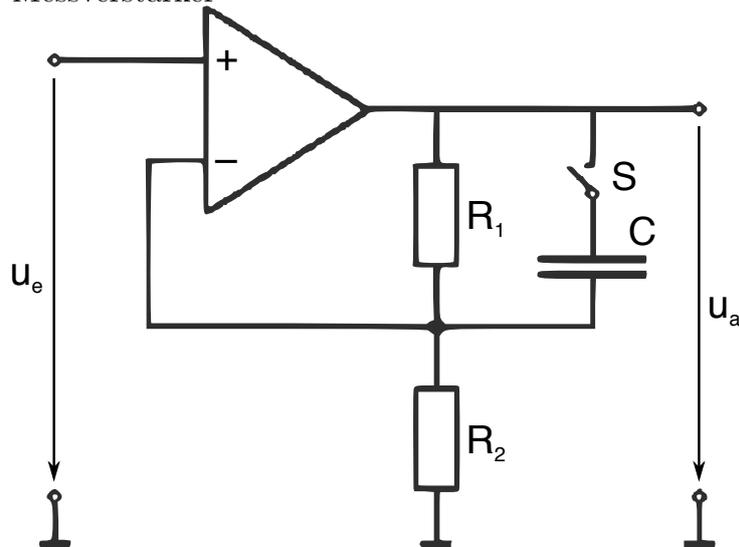
- Wie viele Komparatoren wurden für die Wandlerstufe des Umsetzers benötigt? [5 Punkte]
- Berechnen sie die integrale Nichtlinearität des Umsetzers (End Point Method) in mV. [5 Punkte]
- Berechnen sie die Rauschspannung unter der Annahme eines gleichverteilten Quantisierungsfehlers. [5 Punkte]
- Das Messsignal hat eine maximale Steigung von  $k = 10 \frac{\text{V}}{\text{ms}}$ . Mit welcher Taktrate  $f_{DAU}$  muss der Umsetzer mindestens arbeiten, damit der Messfehler  $\Delta_{max} = 10 \text{ mV}$  nicht übersteigt?  
*Nehmen Sie den Umsetzer als ideal an ( $n \rightarrow \infty$ , keine Nichtlinearität). [5 Punkte]*

### 3. Frequenzunabhängige Widerstandsmessung



- Berechnen Sie allgemein Real- und Imaginärteil der komplexen Impedanz  $Z = \frac{U}{I}$ . [5 Punkte]
- Berechnen Sie einen Näherungsausdruck  $Z_a$  für die Impedanz  $Z$  aus Unterpunkt (a) unter den beiden Annahmen, dass  $\omega \ll \frac{1}{RC}$  und  $L = R^2C$ . [5 Punkte]
- Berechnen Sie das Verhältnis  $\alpha = Z_a/Z$  von genäherter und exakter Impedanz, wenn Sie folgende Werte verwenden:  $\omega = 2\pi \cdot 5 \text{ kHz}$ ,  $R = 100 \Omega$ ,  $C = 100 \text{ nF}$ ,  $L = R^2C$ ,  $R_s = 10 \Omega$ . Stellen Sie das Ergebnis in Polardarstellung dar (Betrag und Phase). [5 Punkte]
- Berechnen Sie allgemein den Strom  $I_C(I)$  durch den Kondensator und die Spannung  $U_L(I)$  an der Spule in Abhängigkeit des Stroms  $I$ . Berechnen Sie weiters allgemein die Differenz  $U_L(I) - I_C(I)R$  unter den beiden Annahmen  $L = R^2C$  und  $\omega \ll \frac{1}{RC}$ . [5 Punkte]

4. Messverstärker



Ein Messverstärker hat die dargestellte Schaltung mit  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $R_2 = 400 \Omega$ . Der Operationsverstärker ist als ideal anzunehmen.

- Geben Sie die Verstärkung  $v = u_a/u_e$  bei geöffnetem Schalter  $S$  an. [5 Punkte]
- Zur Unterdrückung von hochfrequenten Störungen kann mit dem Schalter  $S$  der Kondensator  $C$  zu  $R_1$  parallel geschaltet werden. Es ergibt sich dann eine Grenzfrequenz  $f_g$ , oberhalb der die Schaltung nicht mehr voll verstärkt. Geben Sie allgemein  $f_g = f(R_1, C)$  an. [5 Punkte]
- Bestimmen Sie  $C$  für  $f_g = 3.8 \text{ kHz}$ . [3 Punkte]
- Geben Sie Betrag und Phase der Verstärkung  $v = u_a/u_e$  bei geschlossenem Schalter  $S$  bei sehr hohen Frequenzen an? [7 Punkte]

5. Theoriefrage 1 [23 Punkte]

- a) Erklären Sie das Phänomen des Aliasing im Zusammenhang mit der Abtastung eines bandbegrenzten Signals? Wie kann dieses vermieden werden? [4 Punkte]
- b) Bei einer Abtastzeit von 1 ms, welche Frequenzen werden für Signale mit 0 Hz, 700 Hz und 1500 Hz detektiert? [3 Punkte]
- c) Beschreiben Sie die Funktionsweise des Zero-Order-Hold Halteglieders, inklusiv Skizze des rekonstruierten, analogen Signals. [4 Punkte]
- d) Erläutern Sie, wie die differenzielle Nichtlinearität eines A/D Wandlers mittels Histogrammtest ermittelt werden kann. Was muss bei der Wahl des angelegten Spannungsverlaufes beachtet werden? [6 Punkte]
- e) Erläutern Sie, wie die integrale Nichtlinearität anhand der gemessenen differenziellen Nichtlinearität bestimmt werden kann. [3 Punkte]
- f) Erklären Sie das Prinzip der Überabtastung. Wie wirkt sich die Abtastfrequenz auf das resultierende Signal-zu-Rausch Verhältnis aus? [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) Was muss bei der Wahl der Grenzfrequenz  $f_{lp}$  des Tiefpass-Filters eines Lock-In Verstärkers beachtet werden? [2 Punkte]
- c) Erklären Sie den Zweck und das Funktionsprinzip einer PLL. Wie kann ein Ausgangssignal doppelter Frequenz erzeugt werden? [6 Punkte]

7. Theoriefrage 3 [13 Punkte]

- a) Wie kann ein elektrischer Widerstand gemessen werden? [3 Punkte]
- b) Erklären Sie die Begriffe *spannungsrichtig* und *stromrichtig* anhand einer Skizze. [3 Punkte]
- c) Unter welchen Bedingungen kann der Innenwiderstand des Messgeräts bei spannungsrichtiger bzw. stromrichtiger Widerstandsmessung vernachlässigt werden? [2 Punkte]
- d) Welche Arten von Messfehlern gibt es, wie sind diese beschreibbar und wie wirken sich diese auf eine Messung aus? [3 Punkte]
- e) Erläutern Sie den Unterschied zwischen der absoluten Genauigkeit und der Wiederholgenauigkeit. [2 Punkte]

8. Theoriefrage 4 [8 Punkte]

- a) Wie lassen sich frequenzabhängige oder nichtlineare Funktionen mit Operationsverstärkern realisieren? [3 Punkte]
- b) Wie kann daraus die inverse Funktion erzeugt werden? [2 Punkte]
- c) Geben Sie ein Beispiel einer Schaltung mit frequenzabhängigem Eingangs-Ausgangs Verhalten und skizzieren Sie das Bode-Diagramm der Schaltung. [3 Punkte]