

---

Univ.Prof. Dr.sc.techn. Georg Schitter  
schitter@acin.tuwien.ac.at

# Ausgabe Rechenübung 6

## A/D, D/A Wandlung, Oszilloskop

Messtechnik, VU 376.045 (3 SWS, 4 ECTS)  
Sommersemester 2014

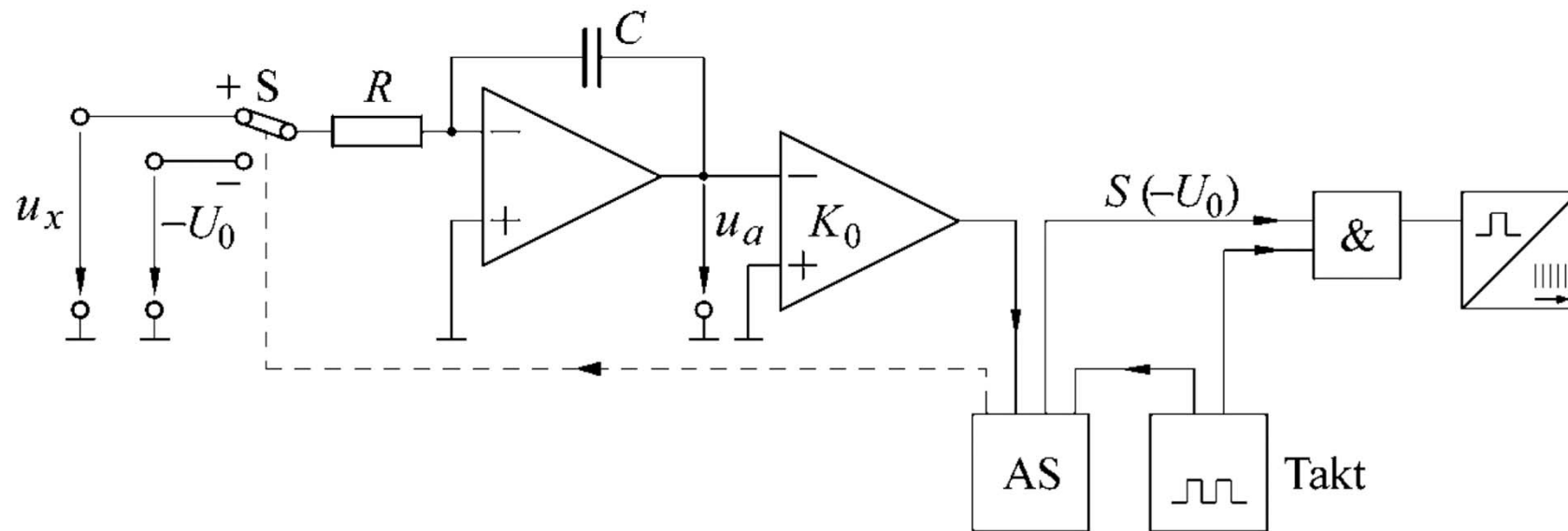
# Allgemein

---

- Beispiele ab sofort in TISS verfügbar
- Musterlösung wird am 18.06. vorgestellt
- Die Bearbeitung der Beispiele erfolgt auf freiwilliger Basis. Im Hinblick auf die Klausur empfehlen wir jedoch die Beispiele selbst zu lösen.

# Beispiel 1: Dual Slope Konverter

- Ein 8-bit Duals Slope Konverter bildet die Ausgangsspannung eines Sensors ( $\pm 5\text{ V}$ ) digital ab.
- Um Aliasing zu vermeiden soll ein RC-Tiefpass 1-ter Ordnung dimensioniert werden.
- Die maximale auftretende Signalfrequenz  $f_{\text{sens}}$  beträgt 300 Hz.



# Beispiel 1: Dual Slope Konverter

---

- (a) Berechnen Sie die Auflösung des ADCs ( $U_{\text{LSB}}$ )
- (b) Geben Sie die zu erwartende Rauschspannung ( $U_{\text{Rausch}}$ ) an
- (c) Dimensionieren Sie den Antialiasing-Filter (RC-Tiefpass 1-ter Ordnung), dass die -3dB Grenzfrequenz des Filters der Signalfrequenz  $f_{\text{sens}}$  entspricht. Berechnen Sie die zugehörige Zeitkonstante  $\tau$  des Filters.  
Um Signaldämpfung und Phasendrehung zu reduzieren wird die Grenzfrequenz um eine Dekade erhöht. Was bedeutet dies für die Abtastfrequenz?
- (d) Berechnen Sie die Frequenz, mit der sie abtasten müssen, damit der Abtastfehler stets kleiner als  $1 U_{\text{LSB}}$  ist („Echtzeit Signalabtastung“).

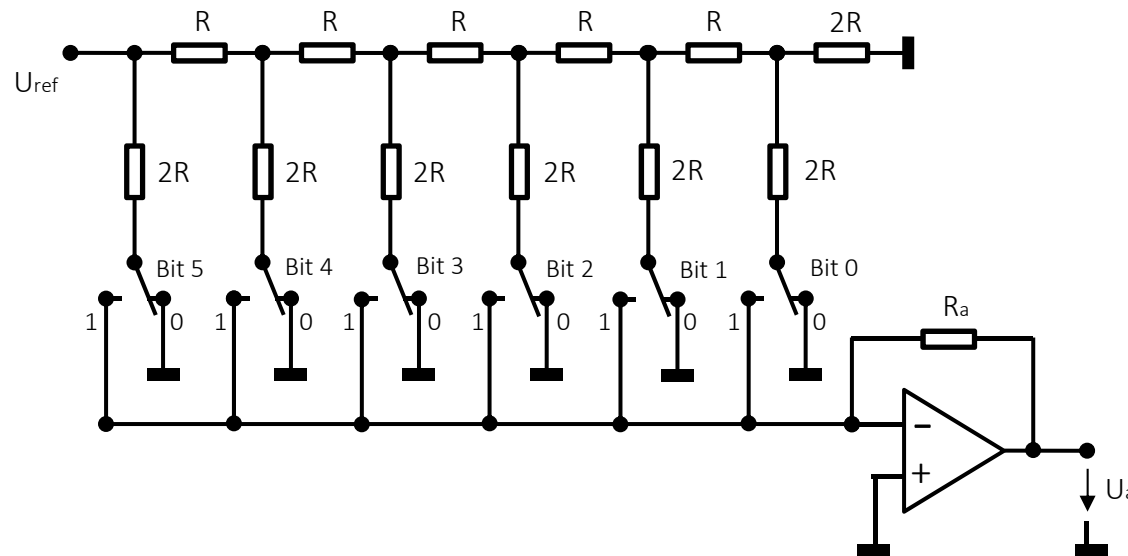
# Beispiel 1: Dual Slope Konverter

---

- (e) Berechnen Sie die Integrationszeit  $T_I (t_2-t_1)$  und die Messzeit  $T_M (t_x-t_2)$  der Dual-Slope Schaltung unter Berücksichtigung folgender Angaben:
- $U_0 = 5V$ ,  $R = 2k\Omega$ , Wandlungszeit  $T_A (t_x-t_1) = 10\mu s$ , maximaler Kondensatorstrom  $i_c = 5mA$
  - $u_x$  wird mit einer Offsetspannung auf den Bereich 0-10V angehoben
- (f) Wie groß muss die interne Pulsfrequenz  $f_{Takt}$  sein, damit jedes Bit mit mindestens einem Puls abgebildet wird?
- (g) Der Komparator sei ideal bis auf eine Schaltzeit  $t_k = 10ns$ . Welcher Art ist die dadurch entstehende Abweichung von der Sollcharakteristik? Berechnen sie den relativen Fehler bei  $u_x = 2.5V$ .

# Beispiel 2: R-2R DAC

- Gegeben ist ein DAC nach dem Wägeverfahren mit folgenden Parametern:  $U_{\text{ref}} = 5 \text{ V}$ ,  $R = 1 \text{ k}\Omega$



- (a) Berechnen Sie den Strom  $i_{\text{ges}}$  mit der die Spannungsquelle konstant belastet wird. Wie groß sind die Teilströme durch jeden Schalter? Wie groß ist  $R_a$ , wenn der maximale Betrag von  $U_a$  gleich  $10 \text{ V}$  ist?

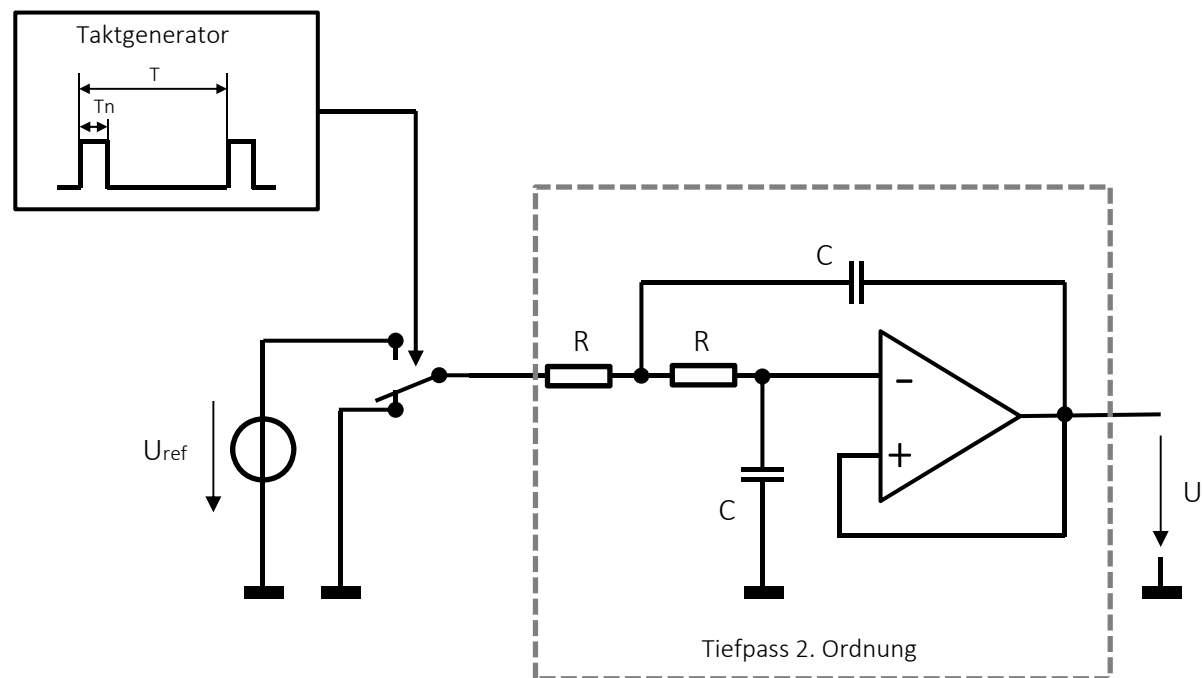
# Beispiel 2: R-2R DAC

---

- (b) Geben Sie für die anliegende Eingangskombination Bit5=0; Bit4=1; Bit3=1; Bit2=0; Bit1=0; Bit0=1 die Spannung  $U_a$  am Ausgang des OPVs an.
- (c) Berechnen Sie die maximale Fehlerspannung  $\Delta U_a$  die in einem Temperaturbereich von  $-30^\circ\text{C}$  bis  $80^\circ\text{C}$  auftritt und geben Sie die Temperatur und die Schalterkombination an, bei der diese auftritt:
- Temperaturänderung von R:  
 $R(T) = R(20^\circ\text{C}) \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C})]$  mit  $\alpha = 5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
  - Temperaturänderung von  $U_{\text{ref}}$ :  
 $U_{\text{ref}}(T) = -5\text{V} \cdot [1 + \beta \cdot (T - 20^\circ\text{C})]$  mit  $\beta = 2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$

# Beispiel 3: Tastverhältnis DAC

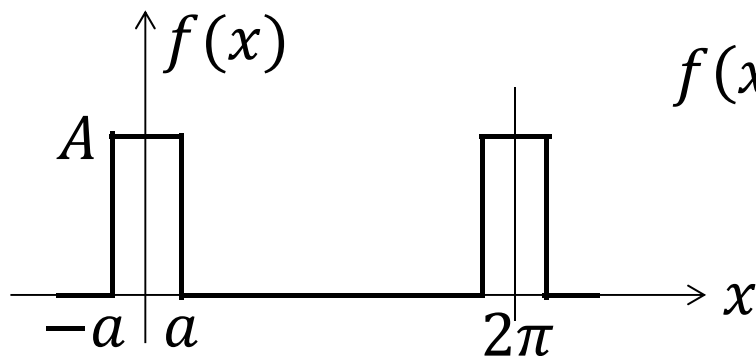
- Die gepulste Referenzspannung ( $U_{\text{ref}}=5\text{ V}$ ) wird über einen Sallen-Key Filter (Tiefpass-Filter) 2-ter Ordnung geglättet. Die Periodendauer  $T$  der Pulse beträgt 1ms, es soll ein 8bit DAC realisiert werden.





# Beispiel 3: Tastverhältnis DAC

- (a) Wie groß muss die Referenzspannung  $U_{\text{ref}}$  sein, wenn eine Ausgangsspannung von 5V erreicht werden soll?
- (b) Es wird ein Digitalwert von 0b10010000 vorgegeben. Berechnen sie den Mittelwert von  $U_a$ ?
- Das Signal nach dem Schalter kann durch eine Fourier-Reihenentwicklung folgend beschrieben werden:



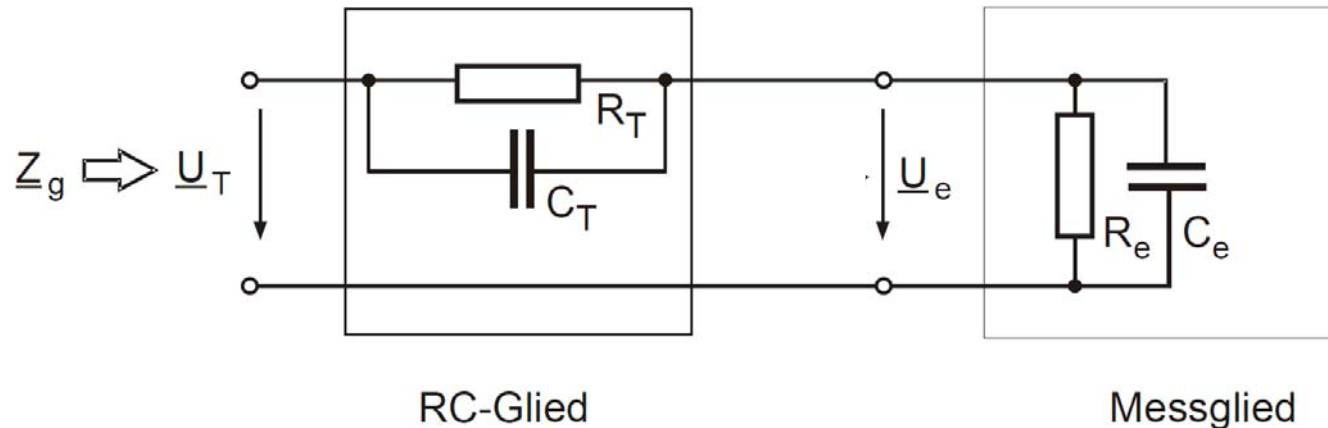
$$f(x) = \frac{A \cdot a}{\pi} + \frac{2 \cdot A}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n \cdot a)}{n} \cos(n \cdot x)$$

# Beispiel 3: Tastverhältnis DAC

---

- (c) Wie groß ist die maximale Amplitude  $U_1$  der ersten Grundwelle von  $f(x)$  und bei welchem Tastverhältnis tritt diese auf?
- (d) Zur Glättung des Signals am Ausgang wird der Tiefpass 2-ter Ordnung verwendet. Berechnen sie den Dämpfungsfaktor in dB, der die Amplitude  $U_1$  auf ein 1/10 LSB reduziert. Wie groß ist die Zeitkonstante  $\tau = RC$  des Filters um dies zu gewährleisten?
- (e) Der Schalter besitzt unterschiedliche Ein- und Ausschaltzeiten. Überlegen sie, wie sich diese Differenz auf die Ausgangsspannung  $U_a$  auswirkt.

# Beispiel 4: Frequenzkomp. Spg.-Teiler



- Berechnen Sie allgemein den komplexen Spannungsteilerfaktor als Funktion der Frequenz
- Abgleichbedingung für frequenzunabhängigen Teilerfaktor?
- Wie groß ist der abgeglichene Teilerfaktor?
- Wie groß ist der Eingangswiderstand?