



Vorlesung und Übung: Dipl.-Ing. G. Lebelt mtinf@emt.ei.tum.de Tel: 089 / 289 - 23360

Elektrische Messtechnik für Informatiker SS2003

10. Übung: DA- und AD-Umsetzer

10.1 Digital-/Analog-Umsetzer mit Kettenleiter R/2R

- a) Skizzieren Sie einen 2-bit-DAU, bestehend aus einer Referenzspannungsquelle U_{ref} , einem R/2R-Kettenleiter-Netzwerk und einem i/u -Verstärker, der die analoge Spannung U_a liefert.

Gegeben sind folgende Zahlenwerte: Referenzspannung $U_{ref}=10,0V$; Belastung von U_{ref} mit $10k\Omega$, Übersetzung k des i/u -Verstärkers betragsmässig $k=1,0V/0,1mA$.

- b) Dimensionieren Sie alle Widerstände des DAU.
c) Welche Ausgangsspannung U_a liefert der DAU bei den einzelnen digitalen Eingangswerten? Welcher minimale und welcher maximale U_a -Wert ist möglich?

10.2 Quantisierungsfehler bei der Analog/Digital-Umsetzung

Eine unipolare analoge Spannung U_{an} werde bei einer binären n -bit-AD-Umsetzung als digitaler Wert D , entsprechend dem digitalen Spannungswert U_D , ausgegeben. Die ADU-Referenzspannung sei U_{ref} .

- a) Geben Sie die digitalisierte Spannung U_D mit den Koeffizienten a_i an, wenn das „last significant“ bit $1 \text{ LSB} = 1/2^n \cdot U_{ref}$ sein soll.

- b) Welche Werte U_D und welcher FSR ergeben sich zahlenmässig? ($U_{ref}=16,0V$; $n=4$)

Bei realen ADUs wird häufig von einem max. absoluter Quantisierungsfehler 1 LSB ausgegangen.

- c) Geben Sie den Betrag der relativen Quantisierungs-Messunsicherheit F_{Qrel} in Abhängigkeit von n für große Wortbreiten $n \gg 1$ an. (FSR als bezugswert)

- d) Wie groß muß die Stellenzahl n jeweils mindestens sein, damit F_{Qrel} betragsmässig unter 1% ; $0,1\%$ bzw. $0,01\%$ bleibt?

10.3 Kennlinie eines Analog/Digital-Umsetzers

Betrachtet wird ein unipolarer 3bit-ADU mit einem Eingangsspannungsbereich von $U_e=0,0V$ bis $10,0V$ (Referenzspannung $U_{ref}=10,0V$).

- Weshalb wird bei einem industriell gefertigten ADU das MSB zu $0,5U_{ref}$ gewählt?
- Wie lautet die Formel für das digitalisierte Abbild U_D der Spannung U_e ?
- Wieviele N unterschiedliche Spannungswerte sind dann möglich und wie groß ist damit der minimal bzw. maximal darstellbare Spannungswert für U_e und somit die FSR?
- Zeichnen Sie eine typische Umsetzer-Kennlinie (x-Achse: Eingangsspannung, y-Achse: codierter Wert) und darunter den Verlauf des Quantisierungsfehlers.
- Geben Sie die Zahlenwerte der Intervallgrenzen und sonstiger wesentlicher Punkte an.
- Erläutern Sie den Begriff „Differenzielle Nichtlinearität DNL“ und den Begriff „Integrale Nichtlinearität INL“.
- Zeichnen Sie einen möglichen realen Verlauf einer DNL in das Diagramm von d) ein.

10.4 Dual Slope-Umsetzer

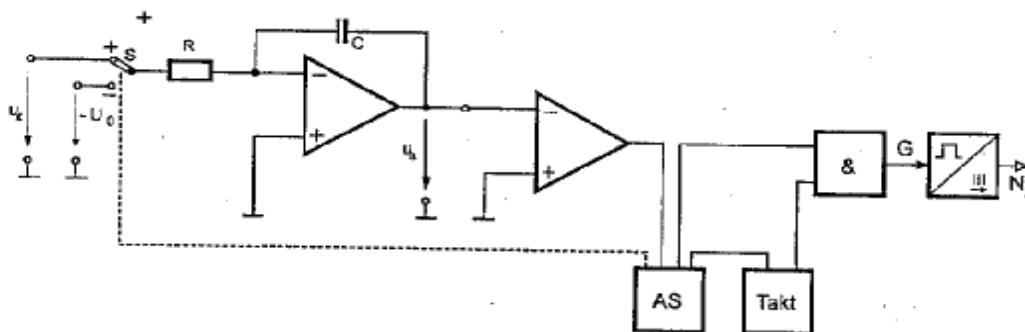


Bild 1

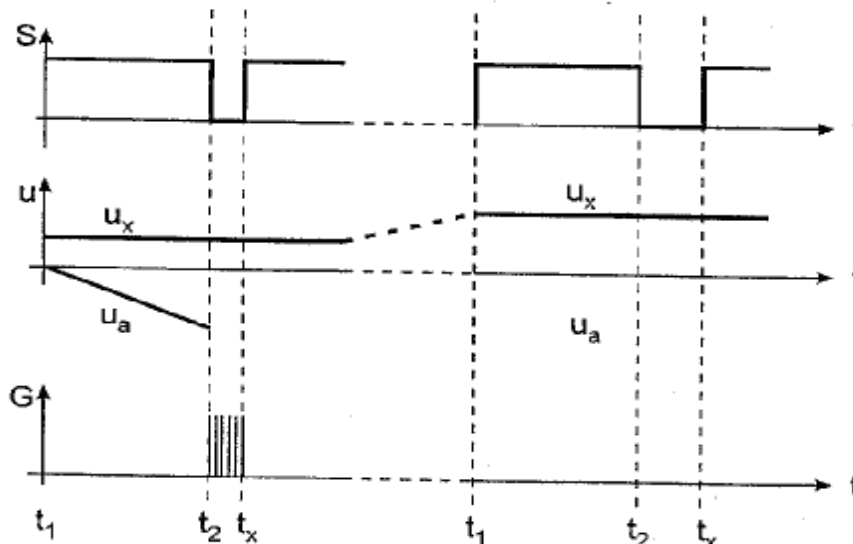


Bild 2

Bild 1 zeigt das Prinzip eines DualSlope-Umsetzers, Bild 2 die zugehörigen Signalverläufe. Die unbekannte Spannung u_x wird auf den Zählerstand N_x abgebildet, d.h. „umgesetzt“. Erklären Sie kurz den zeitlichen Ablauf eines kompletten Umsetzvorganges.

- Ergänzen Sie das Diagramm von Bild 2 um die Zeitverläufe von K und G. In welcher Phase wird u_x und in welcher Phase U_0 aufintegriert?
- Tragen Sie in das gleiche Diagramm alle Zeitverläufe ein für die beiden Fälle von $u_x = U/2$ sowie $u_x = 2U$.
- Berechnen Sie für die Zeitpunkte t_2 und t_3 die Integratorausgangsspannung u_a .
- Welches Zeitintervall T ist von der Meßgröße u_x abhängig und wie berechnet sich dieser Zusammenhang $T = g(u_x, \dots)$?
- Durch welches Messprinzip wird T in den Zählerstand N_x abgebildet und wie lautet damit der Zusammenhang $N = h(T, f_0, \dots)$ und letztendlich $N = k(u_x, f_0, \dots)$?
- Welcher Zählerstand N ergibt sich, wenn der Eingangsspannung U eine sinusförmige Störung der Frequenz f_s und der Amplitude U_s überlagert ist.
- Wie läßt sich eine „Filterung“ dieser Störfrequenz erreichen?
- Diskutieren Sie kurz den Einfluß folgender Störungen:
 - Schwankungen von R und/oder C auf Grund von Temperatureinflüssen
 - Drift der Referenzspannung U_0
 - Kurzzeit- bzw. Langzeitschwankungen der Taktfrequenz f_0 .

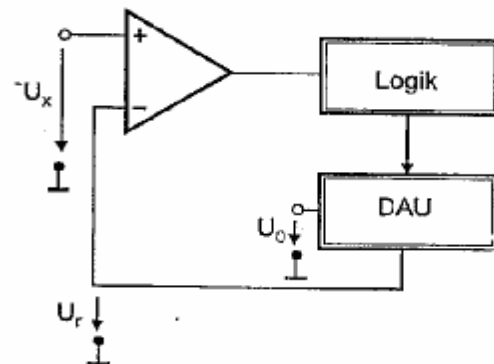
Der ADU wird dimensioniert mit $R = 10\text{k}\Omega$ und $C = 200\text{ nF}$. Störfrequenzen von 50Hz sollen ohne Einfluß auf das Messergebnis bleiben. $|U_a|$ darf 10 V nicht überschreiten.

- Welche maximale Gleichspannung $u_{x\text{max}}$ ist damit zulässig?
- Welche Taktfrequenz f_0 ist für eine Auflösung von 1 mV nötig?

10.5 Analog/Digital-Umsetzer (nicht sehr alte DVP-Aufgabe)

Gegeben ist ein Wägeumsetzer ADU1 und ein inkrementaler Stufenumsetzer ADU 2. Die umzusetzende Spannung U_x und die rückgeführte Spannung U_r werden einem Komparator zugeführt. Die DAUs arbeiten jeweils mit der Referenzspannung U_0 .

Wortbreite 4 bit; unipolarer binärer Code
 $U_0 = 8,00\text{V}$; $U_x = 5,30\text{V}$



- Ergänzen Sie die Schaltung, so daß ersichtlich wird, wo der digitale Wert abgegriffen wird. (\Rightarrow in obige Zeichnung eintragen!)
- Wie groß ist das LSB ?
- Geben Sie für beide ADUs die prinzipiell möglichen U_r -Werte an.

ADU 1	
ADU 2	

d) Geben Sie für ADU1 und ADU2 die bei den einzelnen Schritten einer AD-Umsetzung von $U_x = 5,30 \text{ V}$ die auftretenden U_r -Werte in V an.

ADU 1	
ADU 2	

e) Skizzieren Sie für jeden der ADUs den $u_r(t)$ -Verlauf. ($U_x = 5,30 \text{ V}$)

