

5 Digitale Messdatenerfassung

Lernziele

- ADU
- Antialiasing-Filter
- Sample& Hold -Glieder

5.1 Analog-Digital-Umsetzer (ADU)

5.1.1 ADU-Kennlinie

- Was versteht man unter der Kennlinie eines ADUs?
- Zeichnen Sie beispielhaft die ADU-Kennlinie eines 2 Bit ADUs.

5.1.2 Auflösung

- Gegeben sei ein 8 Bit-ADU mit einem Eingangsspannungsbereich von $-5\text{ V} \leq U_c \leq 5\text{ V}$. Bestimmen Sie die Auflösung (U_{LSB}) des ADUs.

5.1.3 Quantisierungsrauschen

- Was ist das Quantisierungsrauschen?
- Wie kann man es verringern?

5.1.4 Signal-Rausch-Verhältnis

- Wie ist das Signal-Rauschverhältnis (SNR) definiert?
- Betrachten Sie wieder den 8 Bit-ADU aus Aufgabe 5.1.2 . Berechnen Sie das maximale SNR am Ausgang des ADUs infolge der Quantisierung des Eingangssignals (in dB).

5.1.5 Clipping

- Was ist Clipping?

5.1.6 DNL eines Analog-Digital-Umsetzers

- Was ist die differentielle Nichtlinearität (DNL) eines ADUs?

- Wie kann sie bestimmt werden?

5.1.7 INL eines Analog-Digital-Umsetzers

- Was ist die integrale Nichtlinearität (INL) eines ADUs?
- Wie kann sie bestimmt werden?

5.2 Sample&Hold-Glied

5.2.1 Abtastung (Sampling)

- Was versteht man in der Messtechnik unter Abtastung?
- Wozu dient ein Sample&Hold-Glied?

5.3 Aliasing-Filter

5.3.1 Aliasing

- Was ist Aliasing?
- Wie kann es vermieden werden?

5.3.2 Aliasing-Filter

- Wie muss ein Aliasing-Filter entworfen werden?
- Welche Rolle spielt die Auflösung des ADUs?
- Bestimmen Sie die mindestens benötigte Ordnung des Filters unter der Bedingung einer Grenzfrequenz von $f_{gr} = 2\text{ kHz}$ und einer Abtastfrequenz von $f_0 = 20\text{ kHz}$ (ADU-Auflösung: 8 Bit).
- Das Anti-Aliasing-Filter soll eine Butterworth-Charakteristik aufweisen. Geben Sie die Übertragungsfunktion $G(s)$ an.

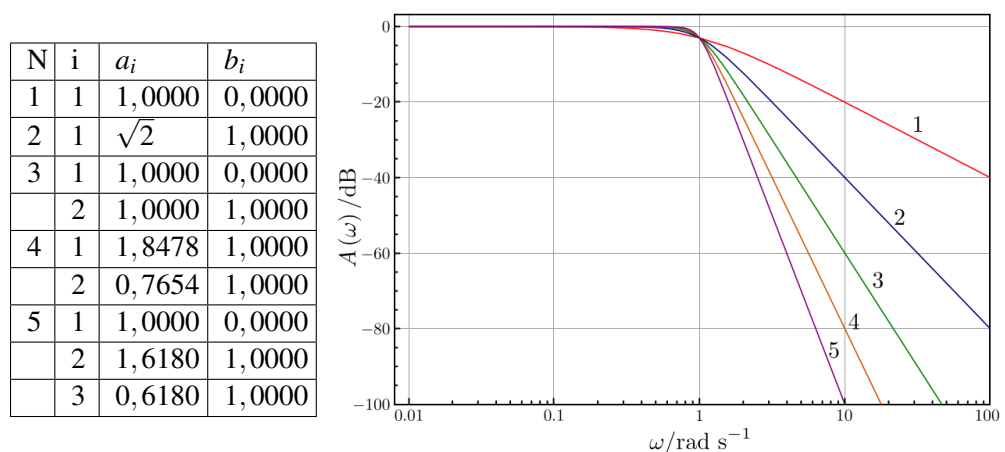


Bild 5.1: Filterkoeffizienten und Amplitudenfrequenzgänge von Butterworth-Filtern 1. bis 5. Ordnung

5.4 Zusatzaufgaben

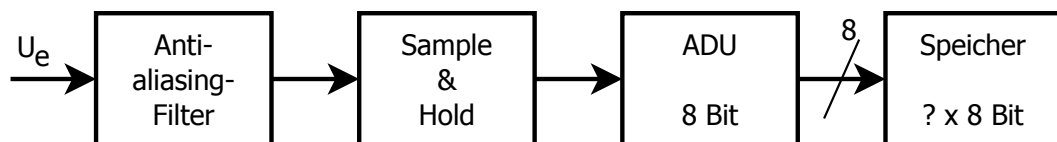


Bild 5.2: Digitale Messkette

5.4.1 AD-Umsetzer

Der aus der Abbildung 5.2 ersichtliche 8 Bit AD-Umsetzer besitzt eine Wandlungszeit von $t_c = 25 \mu\text{s}$ und einen Eingangsspannungsbereich von $-5\text{ V} \leq U_c \leq +5\text{ V}$.

- Bestimmen Sie die Auflösung des AD-Umsetzers.

Ergebnis: $U_{LSB} = 39,2\text{ mV}$

- Bestimmen Sie das maximale Signal-Rausch-Verhältnis (in dB) am Ausgang des AD-Umsetzers infolge der Quantisierung des Eingangssignals

Ergebnis: $SNR_{dB} = 49,9\text{ dB}$

- Am Eingang des ADCs liegt eine sinusförmige Spannung mit einer **Amplitude** von $4,5\text{ V}$ an. Anschließend wird durch die Messdaten mittels Regression eine Sinuskurve gefittet und die Differenz zwischen der Sinuskurve und den Messdaten gebildet. Das Differenzsignal kann als Rauschsignal, das dem Sinus-Signal überlagert ist, betrachtet werden. Ursachen für das Rauschen können, u.a. interne Rauschquellen im ADU sein. Der **Effektivwert** des Rauschsignals beträgt 20 mV . Berechnen Sie den SNR-Wert in dB für das aufgenommene Signal.

Ergebnis: $SNR|_{dB} = 44,0 \text{ dB}$

- Berechnen Sie die effektive Auflösung des ADUs, die aus dem in der vorangegangenen Aufgabe berechneten SNR folgt. Diskutieren Sie was die berechnete effektive Bitzahl über die Qualität des ADUs aussagt.

Ergebnis: $N_{eff} = 7,03 \text{ Bit}$

5.4.2 Sample & Hold-Glied

- Berechnen Sie den Speicherkondensator des Sample & Hold-Gliedes, wenn der Entladestrom $I_1 = 100 \text{ pA}$ und die Haltezeit $T_H = 100 \mu\text{s}$ betragen und die Spannungsdrift $\frac{1}{100} U_{LSB}$ nicht überschreiten soll.

Ergebnis: $C = 25,5 \text{ pF}$

5.4.3 Antialiasing-Filter

Die Abtastfrequenz f_{ab} soll 10 kHz betragen.

- Bestimmen Sie die minimal erforderliche Ordnung des Antialiasing-Filters unter der Bedingung einer Grenzfrequenz von $f_{gr} = 2 \text{ kHz}$.

Ergebnis: 7. Ordnung

- Als Antialiasing-Filter soll ein Butterworth-Tiefpass verwendet werden. Die Grenzfrequenz beträgt $f_{gr} = 2 \text{ kHz}$. Berechnen Sie die Dämpfung des Filters an der Stelle $\frac{f_{ab}}{2} = 5 \text{ kHz}$.

Ergebnis: $|G(j\omega)| = -55,7 \text{ dB}$

- Die Nutzsignalbreite wird reduziert. Die Grenzfrequenz beträgt jetzt noch $f_{gr} = 500 \text{ Hz}$. Bestimmen Sie die minimal erforderliche Ordnung des Filters.

Ergebnis: 3. Ordnung

- Als Antialiasing-Filter soll ein Butterworth-Tiefpass verwendet werden. Die Grenzfrequenz beträgt $f_{gr} = 500 \text{ Hz}$. Berechnen Sie die Dämpfung des Filters an der Stelle $\frac{f_{ab}}{2} = 5 \text{ kHz}$.

Ergebnis: $|G(j\omega)| = -60 \text{ dB}$