

Prof. Dr. Matthias O. Franz

## DIGITALISIERUNG

### Versuch 5, Praktikum Technische Grundlagen der angewandten Informatik

In diesem Versuch wird die Umwandlung von analogen in digitale Daten untersucht. Wie immer sind die Vorüberlegungen, Berechnungen und Ergebnisse zum nächsten Praktikumstermin in Form eines Jupyter-Notebooks zu präsentieren. Bitte alle Programme in das Notebook einbauen und kommentieren.

Lernziele:

- Umgang mit Analog-zu-Digital- und Digital-zu-Analog-Wandlern
- Messung der Genauigkeit der AD- und DA-Wandlung
- Untersuchung des Zeitverhaltens der DA-Wandlung
- Praktische Erfahrungen mit dem Abtasttheorem

#### 1. Programmierung der AD/DA-Wandlerkarte

Info:

Im Labor verwenden wir die Multifunktionsbox ME-RedLab USB-1208LS, welche Analogeingänge, -ausgänge und Digitaleingänge/-ausgänge besitzt. Bei der Analogeingabe liegt der Eingangsspannungsbereich bei  $\pm 10 \text{ V}$  im single-ended-Modus, welchen wir verwenden. Der Ausgangsspannungsbereich liegt bei  $0 - 5 \text{ V}$ .

Anschluss	Signalbezeichnung
1	CH0 IN
2	CH1 IN
3	GND
...	
12	GND
13	D/A OUT 0
14	D/A OUT 1
...	

Das Datenblatt der ME-RedLab-Box finden Sie im Anhang des beiliegenden Dokumentes "RedLab - Python" von J. Keppler.

Mit dem Programm 'InstaCal' in der Programmgruppe 'RedLab' kann geprüft werden, ob die ME-RedLab-Box erkannt wurde. Die 'Board Configuration' für die Box USB-1208LS muss auf '8 Single Ended' Channels eingestellt sein. Die Funktion der ME-RedLab-Box kann

mit dem Programm 'TracerDAQ' in der Programmgruppe 'RedLab -> TracerDAQ' getestet werden.

Aufbau:

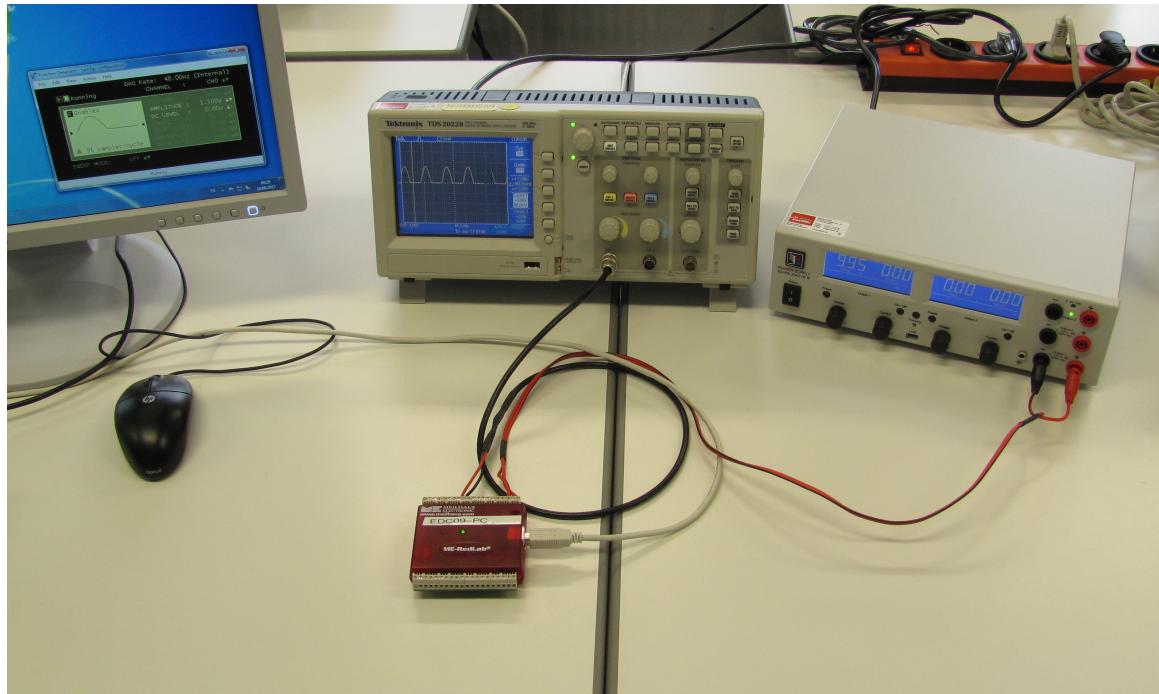
In Moodle finden Sie eine zusammenfassende Beschreibung der nötigen Befehle zum Ansteuern der AD/DA-Wandlertkarte aus Python heraus mit RedLab sowie einige passende Programmierbeispiele. Schreiben und testen Sie die folgenden Funktionen:

- Erstellen Sie eine Funktion zum Auslesen einer Reihe von Werten aus der Karte und ihrer Darstellung.
- Als Nächstes schreiben Sie eine Funktion, die eine Konsoleneingabe auf die Karte ausgibt. Überprüfen Sie die Funktion mit dem Messgerät.

Bitte fügen Sie die Programme in das Protokoll ein.

## 2. Genauigkeit der AD-Wandlung

Messaufbau:



Messaufgaben:

- Die Genauigkeit eines Messdatenerfassungssystems hängt in hohem Maße von der Anzahl von Bits ab, mit denen das analoge Eingangssignal dargestellt wird. Die

*Genauigkeit* der AD-Wandlung mit  $n$  Bit ist das Verhältnis von einem LSB zur Gesamtzahl der darstellbaren Bits

$$\text{Genauigkeit} = \frac{1}{2^n}.$$

Die Genauigkeit in Volt (der *theoretische Quantisierungsfehler*) ergibt sich aus der minimalen und maximalen Eingangsspannung  $U_{\min}$  bzw.  $U_{\max}$  als

$$\Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n}.$$

Berechnen Sie den theoretischen Quantisierungsfehler des 11-Bit-AD-Wandlers ( $-10 \text{ V} \dots 10 \text{ V}$ ).

- Variieren Sie die Spannung einer Gleichspannungsquelle von  $1 - 10 \text{ V}$  in Schritten von  $1 \text{ V}$ . Messen Sie die Spannung mit dem hochgenauen Feinmessgerät Keithley TRMS 179, dem analogen Multimeter Philips PM 2503 und mit dem AD-Wandler und tragen die Werte in eine Tabelle ein.
- Berechnen Sie für jeden Tabelleneintrag den Messfehler  $e_i = U_{i,\text{ref}} - U_i$  für das Multimeter und den AD-Wandler, wobei die Werte des Feinmessgeräts als Referenz  $U_{i,\text{ref}}$  genommen werden. Bestimmen Sie daraus die Standardabweichungen der beiden Geräte als Genauigkeitsmaß

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n e_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_{i,\text{ref}} - U_i)^2},$$

wobei  $n$  die Anzahl der Messwerte ist. Diskutieren Sie die Ergebnisse.

### 3. Genauigkeit der DA-Wandlung

Messaufgaben:

- Berechnen Sie den theoretischen Quantisierungsfehler des 10-Bit-DA-Wandlers ( $0 \text{ V} \dots 5 \text{ V}$ )
- Benutzen Sie Ihr Konsoleneingabeprogramm und geben Sie Werte von  $0.5 - 5 \text{ V}$  in  $0.5\text{-V}$ -Schritten aus. Messen Sie mit dem Oszilloskop nach und tragen Sie die Ergebnisse in eine Tabelle ein.
- Bestimmen Sie wie in Aufgabe 2 die Standardabweichung und vergleichen Sie den Fehler mit dem theoretisch berechneten Quantisierungsfehler.

### 4. Zeitverhalten der DA-Wandlung

Messaufgaben:

- Schreiben Sie eine Routine, die eine Sinusspannung ausgibt. Schreiben Sie dazu die Werte sequentiell hintereinander auf die Karte, wobei Sie zwischen den einzelnen Ausgaben geeignete Pausen einhalten müssen, um die Samplingrate des DA-Wandlers einzuhalten (maximal 100 Samples pro Sekunde). Programmieren Sie mindestens 30 Amplitudenstufen pro Sinusschwingung.
- Nehmen Sie den Spannungsverlauf mit dem Oszilloskop auf und speichern Sie die Kurve. Wie gut entspricht die erzeugte Ausgangsspannung einer realen Sinusschwingung?

## 5. Abtasttheorem

Messaufgaben:

- Wählen Sie ein Abtastfrequenz im Intervall [6000, 8000] aus. Lesen Sie in Python mit dem entsprechenden RedLab-Befehl die tatsächliche Abtastfrequenz des AD-Wandlers für Ihre gewählte Abtastfrequenz aus. Was ist hier also die Nyquist-Frequenz?
  - Angefangen von der halben Nyquist-Frequenz bis zur doppelten Nyquist-Frequenz, variieren Sie die Frequenz des Sinusgenerators in 7 Schritten und plotten die entsprechenden Kurven in Python für Ihr Notebook. Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.
-