

# Protokoll zum Praktikum des Moduls Technische Informatik an der JLU Gießen

Technische Informatik Versuch 4

Julian Bergmann, Dennis Getzkow

3. Juli 2013

## Versuch 4

### 1 Einführung

Im Versuch 4 sollte sich mit dem Aufbau von Digital zu Analog Wandlern und den damit verbundenen Umwandlungsfehlern auseinander gesetzt werden.

### 2 Vorbereitende Fragen

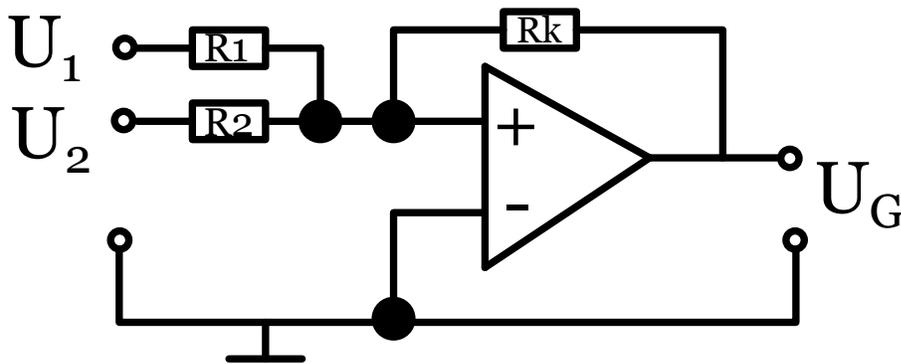


Abbildung 1.1: Schaltung eines Summierverstärkers mit 2 Eingängen  $U_1$  und  $U_2$  mit dem Ausgang  $U_G$

1. a) *Skizzieren sie einen Summierverstärker und geben Sie die Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsspannungen an!*

Die Skizze ist in Abbildung 1.1 dargestellt.

Die Formel folgt dabei allgemein  $U_g = R_k \sum_i I_i = R_k \sum_i \frac{U_i}{R_i}$ .

Im dargestellten Fall von 2 Spannungen entspricht das  $U_g = \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$

Wählt man hier alle Widerstände gleich, so kürzen sie sich heraus und man erhält einen Spannungssummierer.

- b) *Wieviel Bits entsprechen einer Auflösung eines  $4\frac{1}{2}$ -stelligen Digitalvoltmeters?*

Halbstellige Anzeigen bedeuten für das höchste Bit nur die möglichen Anzeigen 1 oder 0. Dementsprechend ist eine 4.5 stellige Anzeige fähig, Werte zwischen 0 und 19999 darzustellen.

Da dies jedoch keine Potenz von 2 darstellt, entspricht dies etwa der nächst kleineren Auflösung von 14 Bit mit  $2^{14} = 16384$ .

- c) *Berechnen Sie eine Stufe eines 12 Bit-Wandlers mit 0 bis 10 V-Ausgangsspannung!*

Einteilung des Bereiches von 0–10 V in  $2^{12}$  Stufen =  $\frac{10 \text{ V} - 0 \text{ V}}{2^{12}} = \frac{10 \text{ V}}{4096} = 2.441 \text{ mV}$

- d) *Nennen Sie die Bitkombination direkt unterhalb und oberhalb der Majoritätsübergänge eines 12-Bit-Wandlers.*

Das Problem der differentiellen Nichtlinearität tritt bei der Summation gewichteter Ströme besonders bei Majoritätsübergängen auf, also dort, wo viele Bits ihren Wert ändern müssen, um die nächste Zahl darstellen zu können. Mit den meisten Änderungen ist dies der Fall

bei

0111 1111 1111  $\Rightarrow$  1000 0000 0000  $\Rightarrow$  12 Änderungen,  
 0011 1111 1111  $\Rightarrow$  0100 0000 0000  $\Rightarrow$  11 Änderungen und  
 1011 1111 1111  $\Rightarrow$  1100 0000 0000  $\Rightarrow$  11 Änderungen.

## Versuch

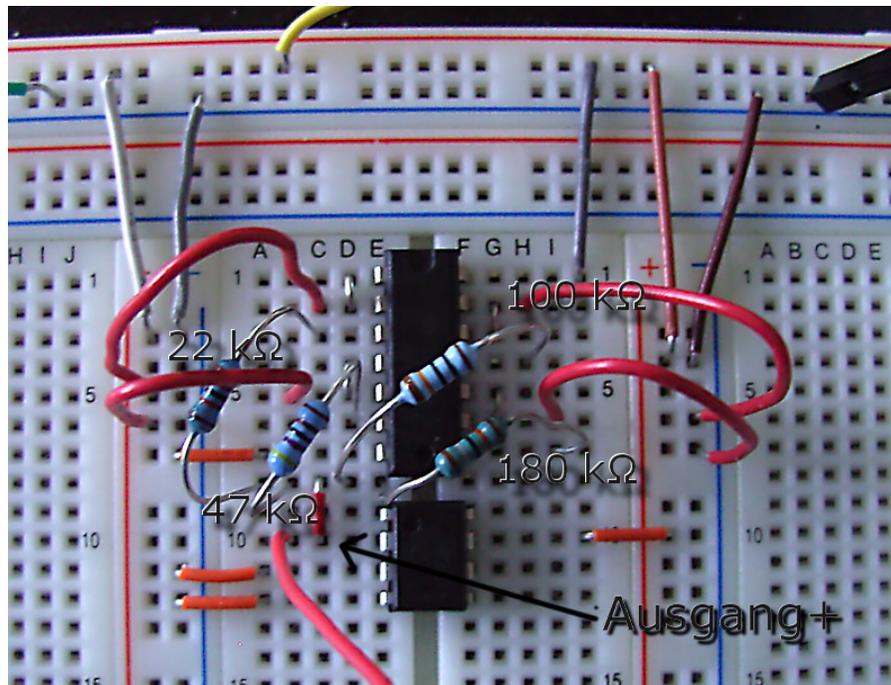


Abbildung 1.2: Photo der Schaltung aus Aufgabenstellung 2: 4-Bit DAC nach gewichteter Strom-Methode.

2. *Bauen Sie einen 4 Bit-DAC nach der Methode der gewichteten Ströme auf. Benutzen Sie direkt die Ausgänge von NAND-Gattern als schaltbare Spannungsquellen (Ausgangsspannung  $\approx 0\text{ V}$  bzw.  $\approx 3.5\text{ V}$ ) und treiben Sie damit gewichtete Ströme in einen Summierverstärker.  
 Wählen Sie die passenden Widerstände (um die Signalquelle nicht zu sehr zu belasten mindestens  $2\text{ k}\Omega$ ) und achten Sie dabei auf ein möglichst starkes Ausgangssignal.  
 Es ist ausreichend genau, wenn Sie jeweils nur einen Widerstand pro Bit benutzen.*

Die entsprechende 4-Bit DAC Schaltung wurde in Abbildung 1.2 aufgebaut. Hierbei fiel ein Defekt mit dem verwendeten Operationsverstärker auf, weswegen dieser nicht angeschlossen wurde (Man beachte die fehlende Rückkopplung des Ausgangs zum Eingang und die Signalabnahme am OpAmp-Eingang). Stattdessen wurde das Signal davor bewertet.

Die Widerstände wurden dabei so ausgewählt, dass der nächste in etwa dem Doppelten des Vorherigen entspricht:  $R_1=22\text{ k}\Omega$  ,  $R_2=47\text{ k}\Omega$  ,  $R_3=100\text{ k}\Omega$  ,  $R_4=180\text{ k}\Omega$

3. Benutzen Sie den DAC als Sägezahngenerator, in dem Sie die Ausgänge eines 4 Bit-Zählers (z.B. BCD-Counter-Baustein 74143) an die Eingänge des DACs anschließen.

- a) Messen Sie die differentielle Nichtlinearität, indem Sie die Ausgangsspannung für jede der 16 Zustände mit dem Oszilloskop bestimmen und daraus die Stufen berechnen! Nennen Sie mögliche Gründe für eine beobachtete Nichtlinearität.

Folgende Werte wurden dabei ermittelt:

Stufe	Wert	Ungenauigkeit	Abstand
0000	0.2 V	0.05 V	-
0001	0.25 V	0.05 V	0.05 V
0010	0.3 V	0.05 V	0.05 V
0011	0.4 V	0.05 V	0.1 V
0100	0.8 V	0.05 V	0.4 V
0101	0.86 V	0.02 V	0.06 V
0110	0.92 V	0.02 V	0.06 V
0111	1 V	0.02 V	0.08 V
1000	3.4 V	0.05 V	2.4 V
1001	3.5 V	0.05 V	0.1 V
1010	3.6 V	0.05 V	0.1 V
1011	3.75 V	0.05 V	0.15 V
1100	4 V	0.05 V	0.25 V
1101	4.2 V	0.1 V	0.2 V
1110	4.3 V	0.1 V	0.1 V
1111	4.5 V	0.1 V	0.2 V

Für die Ableseungenauigkeit wurde hier  $\frac{1}{10}$  Div angenommen.

Bei Betrachtung der Tabelle fiel jedoch auf, dass die Widerstände wohl z.T. falsch einsortiert waren, sodass es zu Stufenbildung innerhalb der Linearität kam. (siehe hierzu Abbildung 1.3).

Zusätzlich dazu fallen kleinere Ungenauigkeiten in der Linearität auf, die wohl auf die oben erwähnten Majoritätsübergänge zurückzuführen sind.

- b) Tragen Sie die Stufen (Abstand zweier benachbarter Werte) in ein Diagramm ein.

Zusätzlich zu der Abbildung 1.3, welche die Stufen schon veranschaulicht, wurden nun die Differenzen der gemessenen Werte in Abbildung 1.4 dargestellt. Hier fällt vor allem die 4. und 8. Stufe auf, welche auf die Widerstände zurückzuführen sind, wie schon Abbildung 1.3 gezeigt hat. Eingetragen wurde auch der Mittelwert der Stufen mit und ohne die beiden fehlerhaften Stufen. Betrachten wir außerdem die Standardabweichung ergibt diese für alle Stufen (0.592 V) einen wesentlich höheren Wert als für die Auslassung der beiden

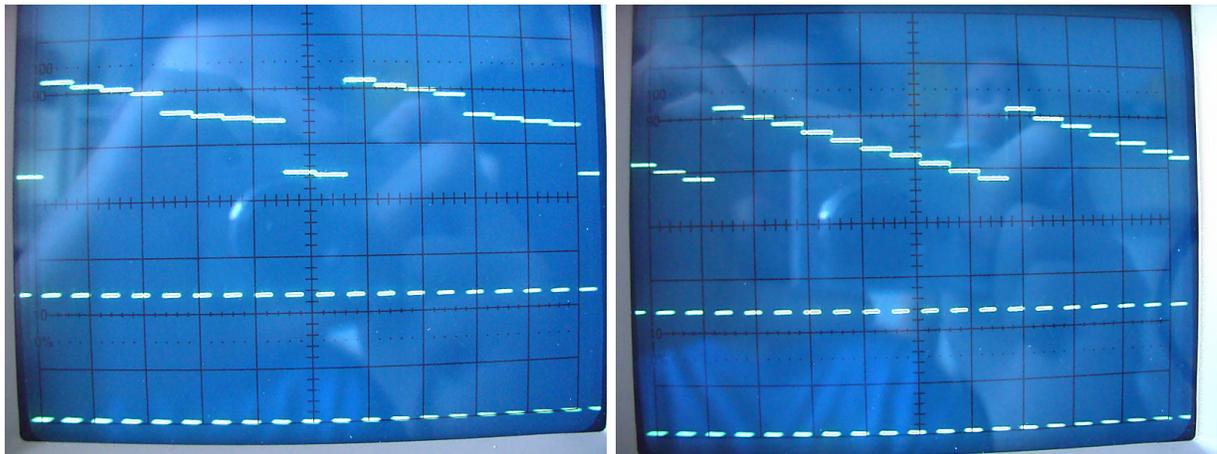


Abbildung 1.3: Photo der Oszilloskop-Aufnahme. Man beachte die 3 Stufen innerhalb der Linearität (links), die auf falsche Widerstände zurückzuführen sind. rechts wurde nach dem Versuch noch einmal mit 4 neuen Widerständen gemessen.

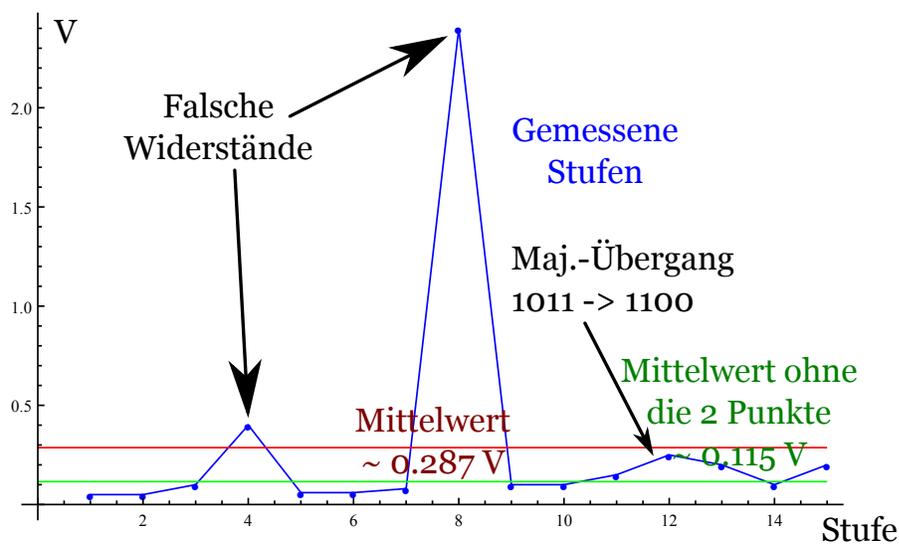


Abbildung 1.4: Diagramm der Stufen. Eingetragen ist zusätzlich der Mittelwerte mit und ohne die 4. und 8. Stufe. Für Linearität wäre eine Konstante optimal.

Stufen (0.065 V). Außerhalb dieser beiden Stufen besteht also eine gute Linearität (mit entsprechender Wahl der Widerstände wie in Abbildung 1.3 rechts, dann auch gesamt).

- c) Die Messung der Einschwingzeit ergab sowohl für die Stufe als auch für Hub  $0.5 \mu\text{s} \pm 0.2 \mu\text{s}$