

Digital-Analog-Wandler

Handreichung zur Präsentation

Frederik Dienert

5. November 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Verfahren der Digital-Analog-Wandlung	1
1.1	Ein mechanischer Digital-Analog-Wandler	1
1.2	Praktischer Versuch: DA-Wandlung mit Arduino	2
2	DA-Wandlung mit Summierverstärkern	3
2.0.1	Summierverstärker	3
3	Leiternetzwerke	3
3.1	DA-Wandlung mit Leiternetzwerk	3
3.2	Berechnung eines Leiternetzwerks	3
3.3	DA-Wandler mit Leiternetzwerk und Summierverstärker	4

1 Verfahren der Digital-Analog-Wandlung

1.1 Ein mechanischer Digital-Analog-Wandler

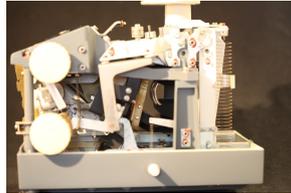


Abb. 1: Seitenansicht einer Schaltgewichtwaage

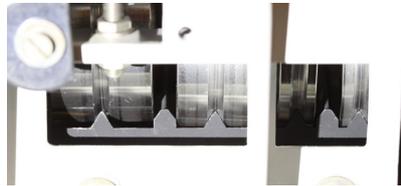


Abb. 2: Schaltgewichte, 80g angehoben

- Die Waage besitzt 4 ringförmige Gewichte
- Die Gewichte sind binär gestuft: 80g, 40g, 20g, 10g
- Mit einem Drehknopf werden die Gewichte mit einer binär codierten Walze über Hebel angehoben oder abgesenkt.
- Ist '0' eingestellt, liegen alle Gewichte auf der Waagschale.
- Legt man z.B. 50g Wägegut dazu, muss man die Gewichte 10g und 40g anheben, damit die Waage wieder im Gleichgewicht ist.
- Die Feinauflösung bis 10mg wird über ein optisches System mit Drehspiegel erzielt.

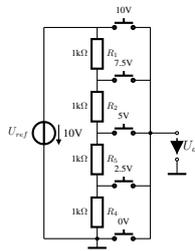


Abb. 3: Parallelverfahren

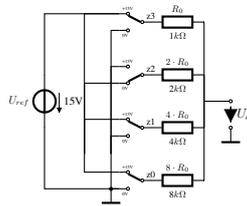


Abb. 4: Wägeverfahren

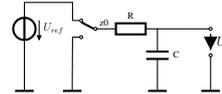


Abb. 5: Zählverfahren

- n Schalter für n Schritte
- Beliebige Funktionen realisierbar
- n Schalter für 2^n Schritte
- Im Beispiel: 4 Schalter \Rightarrow 16 Schritte
- Nur 1 Schalter, auch bei hoher Auflösung
- langsames Verfahren
- Audio-Klasse-D-Verstärker bis in den kW-Bereich

Vgl.: [1, Kap. 24, S. 740]

1.2 Praktischer Versuch: DA-Wandlung mit Arduino

- Anstelle der Umschalter werden 4 Digitalausgänge eines Arduinos verwendet.
 $\Rightarrow U_{ref} = 5V$
- Widerstände: 11kΩ, 22kΩ, 44kΩ, 88kΩ, durch Parallel- und Reihenschaltung realisiert.
- Pufferung und Filterung des Analogsignals mit einem Operationsverstärker.
- Arduino-Programm zählt fortlaufend von 0 bis 15 und gibt den entsprechenden 4-Bit-Digitalwert aus.
- Pro Schleifendurchlauf 10ms Verzögerung eingebaut.

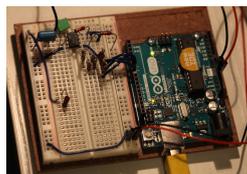


Abb. 6: DA-Wandlung mit Arduino

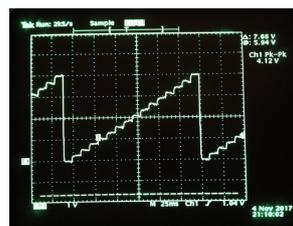
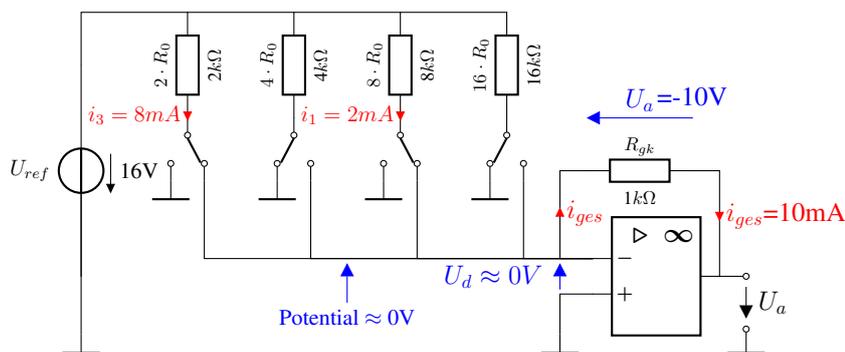


Abb. 7: Analogsignal mit 16 Schritten

2 DA-Wandlung mit Summierverstärkern

2.0.1 Summierverstärker

Abb. 8: DA-Wandler mit Summierverstärker



$$\text{Knotenregel: } i_{ges} = i_3 + i_1$$

3 Leiternetzwerke

3.1 DA-Wandlung mit Leiternetzwerk

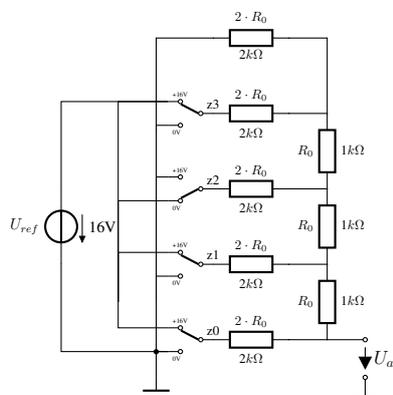


Abb. 9: DA-Wandler mit Leiternetzwerk

- Realisierung der vielen unterschiedlichen Widerstandswerte bei hohen Auflösungen schwierig.
- Aufbau eines **Leiternetzwerks**.
- Nur noch 2 Werte: R und $2R$.
- Genauigkeit hängt nur noch davon ab, ob alle R bzw. $2R$ gleich sind.

3.2 Berechnung eines Leiternetzwerks

- Der Eingangswiderstand des Leiternetzwerks beträgt immer R_0
- Zusammen mit den Längswiderständen R_0 ergibt sich ein Spannungsteiler, der die Spannung der vorhergehenden Stufe halbiert.

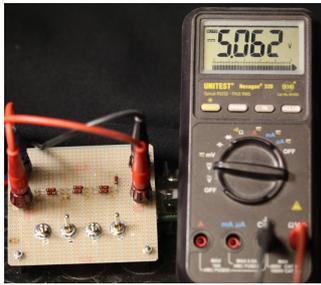
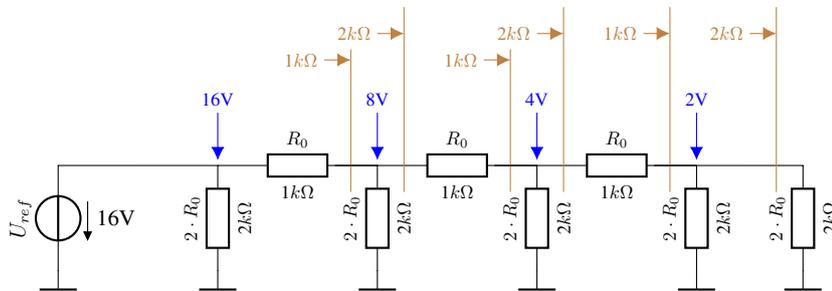


Abb. 10: DA-Wandler mit Leiternetzwerk und Kippschaltern

- Testschaltung mit 220Ω Widerständen.
- Die Sprossenwiderstände sind auf der Unterseite
- $U_{ref}=16V$
- Eingestellt ist das 4bit-Wort 0101

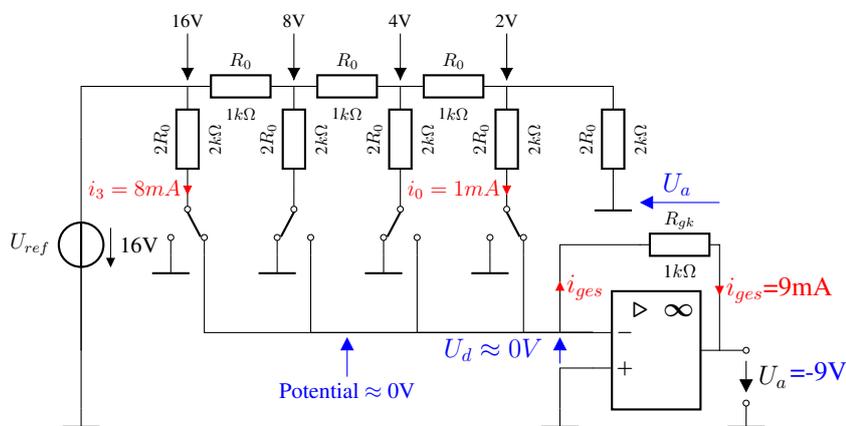
Abb. 11: Herleitung des Leiternetzwerks



- Durch die fortlaufende Halbierung ergeben sich binär codierte Referenzspannungen.
- Die Referenzspannungen sind unabhängig vom Wert von R_0 . Wichtig ist nur, dass alle Widerstände exakt R_0 bzw. $2R_0$ haben.

3.3 DA-Wandler mit Leiternetzwerk und Summierverstärker

Abb. 12: Leiternetzwerk mit Summierverstärker



Literatur

- [1] U. Tietze, Ch. Schenk, *Halbleiterschaltungstechnik*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 8 Auflage, 1986.