

Physikalisches Praktikum für Vorgerückte

Digitalelektronik

Mattia Rigotti

7. Juli 2003

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Grundprinzipien der AD-Wandlung	5
2.1	Das Parallelverfahren	5
2.2	Das Wägeverfahren	7
2.3	Das Zählenverfahren	7
3	Das Rampenverfahren	8
4	Literatur	9

1 Einleitung

Oft muss man sich mit dem Problem auseinandersetzen, kontinuierliche analoge Signale in diskrete digitale Signale umzuwandeln. Dies kann zum Beispiel passieren, wenn wir eine physikalische Messung (wie z.B. eine Spannungsmessung) mit einem elektronischen Gerät (wie z.B. einem Computer) analysieren wollen, oder wenn wir unser Messsignal auf einem elektronischen Display anzeigen wollen.

In diesem kleinen Protokoll werden zunächst kurz die wichtigsten Methoden vorgestellt, die uns ermöglichen eine Spannung digital darzustellen, und dann wollen wir uns einer einfachen spezifischen Methode zuwenden, die als *Rampenverfahren* oder *Sägezahnverfahren* bekannt ist.

2 Grundprinzipien der AD-Wandlung

Prinzipiell kann man drei verschiedene Verfahren unterscheiden:

- das Parallelverfahren (word at a time),
- das Wägeverfahren (digit at a time),
- das Zählverfahren (level at a time).

Wir wollen uns nun diese Methoden genauer betrachten.

2.1 Das Parallelverfahren

Beim *Parallelverfahren* vergleicht man die Eingangsspannung gleichzeitig mit n Referenzspannungen und stellt man fest, zwischen welchen beiden sie liegt. Das ist eine sehr schnelle Methode, weil die Zahl in einem einzigen Schritt digitalisiert wird. Sie ist jedoch sehr aufwendig, denn man braucht einen Komparator für jede mögliche Zahl.

Abbildung 1 zeigt eine Realisierung des Parallelverfahren für 3 bit-Zahlen. Mit einer 3 bit-Zahl kann man 8 verschiedene Zahlen einschliesslich der Null darstellen. Man benötigt demnach 7 Komparatoren. Die zugehörigen sieben äquidistanten Referenzspannungen werden mit Hilfe eines Spannungsteilers erzeugt.

Hinter jedem Komparator muss man als Zwischenspeicher ein flankengetriggertes Flip-Flop einsetzen, damit man sicherstellen kann, dass am Ausgang des Prioritätskodierers bei der Triggerflanke ein stationärer Zustand besteht.

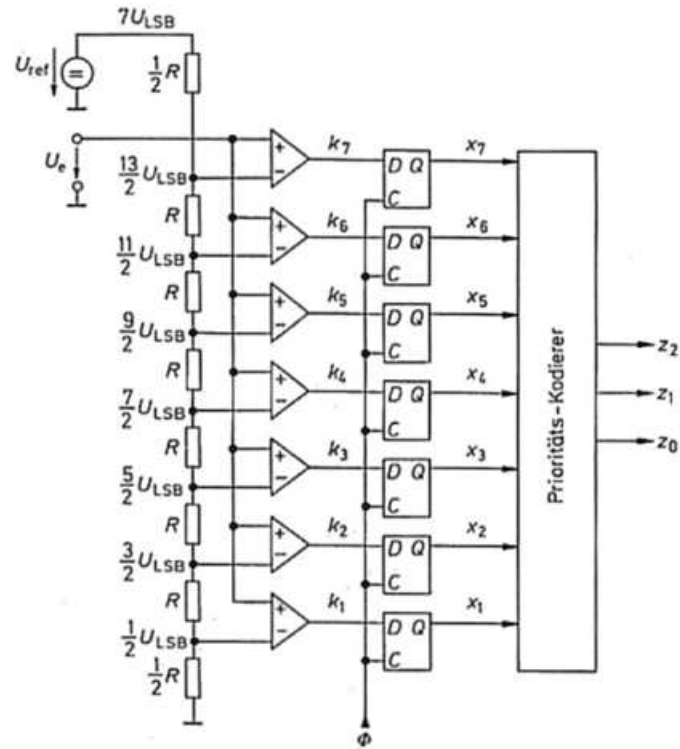


Abbildung 1: AD-Wandler nach dem Parallelverfahren

Eingangsspannung	Komparatorzustände	Dualzahl	Dezimal-äquivalent
U_e/U_{LSB}	$k_7 \ k_6 \ k_5 \ k_4 \ k_3 \ k_2 \ k_1$	$z_2 \ z_1 \ z_0$	Z
0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0	0
1	0 0 0 0 0 0 1	0 0 1	1
2	0 0 0 0 0 1 1	0 1 0	2
3	0 0 0 0 1 1 1	0 1 1	3
4	0 0 0 1 1 1 1	1 0 0	4
5	0 0 1 1 1 1 1	1 0 1	5
6	0 1 1 1 1 1 1	1 1 0	6
7	1 1 1 1 1 1 1	1 1 1	7

Abbildung 2: Variablenzustände im parallelen AD-Wandler in Abhängigkeit von der Eingangsspannung

2.2 Das Wägeverfahren

Beim Digitalisieren eines Signals mit dem *Wägeverfahren* wird nach jedem Schritt nur eine Stelle der zugehörigen Binärzahl ermittelt und zwar die höchste. Man geht so vor: zuerst stellt man fest, ob die Spannung die der ersten Binärzahl entspricht grösser oder kleiner als die Eingangsspannung ist. Ist sie grösser, dann setzt man die erste Binärzahl auf Eins und subtrahiert die zugehörige Spannung der Eingangsspannung. Der Rest wird demselben Verfahren mit der nächstniedrigeren Stelle unterstellt, usw.

Abbildung 3 zeigt einen AD-Wandler, der nach dem Wägeverfahren arbeitet. Die Steuerlogik (z.B. ein Mikrocomputer) setzt bei Messbeginn den Speicher auf Null. Abschliessend wird zunächst die höchste Stelle, also hier z_7 , auf Eins gesetzt. Dadurch tritt am Ausgang des D/A-Wandlers die Spannung $U(Z) = 2^7 \cdot U_{LSB}$ auf. Das ist die Hälfte des Aussteuerbereichs. Wenn die Eingangsspannung U_e grösser ist als dieser Wert, muss $z_7 = 1$ bleiben. Ist sie kleiner, muss $z_7 = 0$ werden. Die Steuerlogik muss also z_7 auf Null zurücksetzen, wenn die Ausgangsvariable k des Komparators Null ist. Anschliessend wird der verbleibende Rest $U_e - z_7 \cdot 2^7 \cdot U_{LSB}$ auf dieselbe Weise mit der nächstniedrigen Stelle verglichen usw.

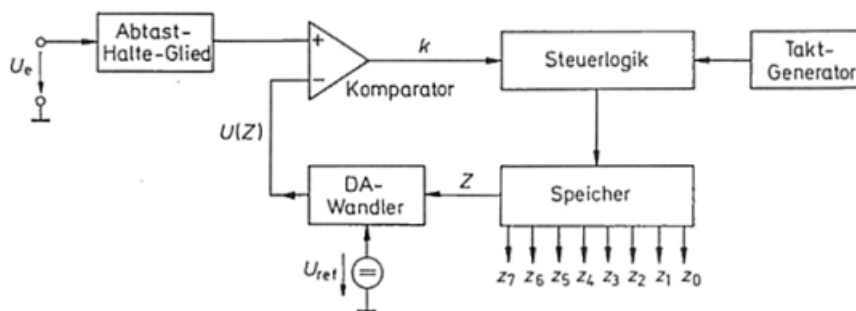


Abbildung 3: AD-Wandler nach dem Wägeverfahren

2.3 Das Zählenverfahren

Das *Zählenverfahren* ist das einfachste aber das langsamste Verfahren, das uns zur Verfügung steht. Dabei zählt man wie oft man die Referenzspannung aufaddieren muss, um die Eingangsspannung zu erreichen. Die Zahl der Schritte ist gleich dem Ergebnis.

3 Das Rampenverfahren

Der Name des Rampenverfahrens bezieht sich auf die Form einer linear mit der Zeit ansteigende Spannung $U(t)$, die mit der Spannung U_x , die zu messen ist, verglichen wird.

Beim Messen eines Spannungssignal U_x geht man mit diesem Verfahren nämlich so vor, dass eine *konstante Stromquelle* I_0 einen Kondensator C_1 auflädt, damit seine Spannung $U_C(t)$ linear steigt. Dank einem Komparator, der ein bestimmtes Signal erzeugt, wenn die linear steigende Spannung $U_C(t)$ die Spannung U_x erreicht, können wir bestimmen wie lange hat man gebraucht die Spannung $U_C(t)$ auf U_x zu bringen. Unserer digitaler Zähler wird genau diese Zeit anzeigen, die dank dem Vergleich mit der bekannten Periode eines *astabilen Multivibrator* ermittelt wird.

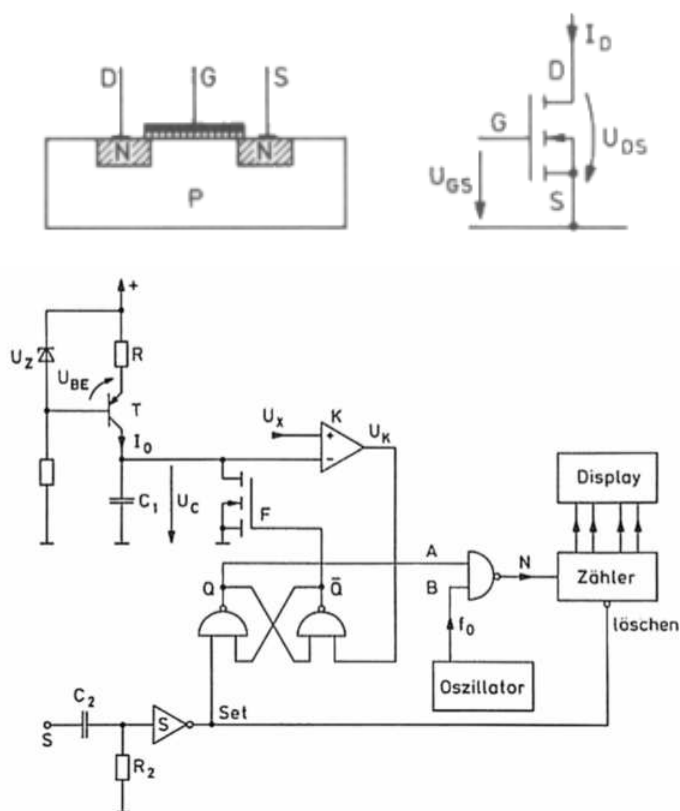


Abbildung 4: AD-Wandler nach dem Rampenverfahren

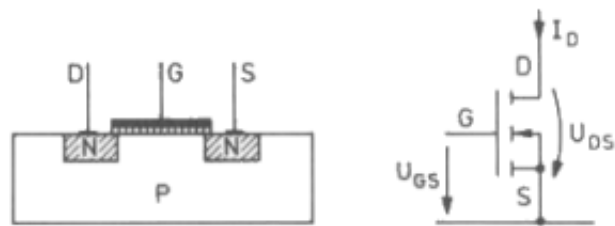


Abbildung 5:

4 Literatur

- *Digitale Elektronik, Anleitung zum Physikalischen Praktikum für Vorgerückte ETH Zürich*
- K.-H. Rohe, D. Kamke: *Digitalelektronik* (B.G. Teubner, Stuttgart, 1985)
- U. Tietze, Ch. Schenk: *Halbleiterschaltungstechnik* (Springer, 1980)
- W. Priesterath, *Elektronik als Hobby* (Falken, 1988)