

Digital-Analog-Wandlung

Analog-Digital-Wandlung

Wird immer dann benötigt, wenn ein Rechner Ausgangssignale zur Steuerung und Regelung liefern soll, z.B.

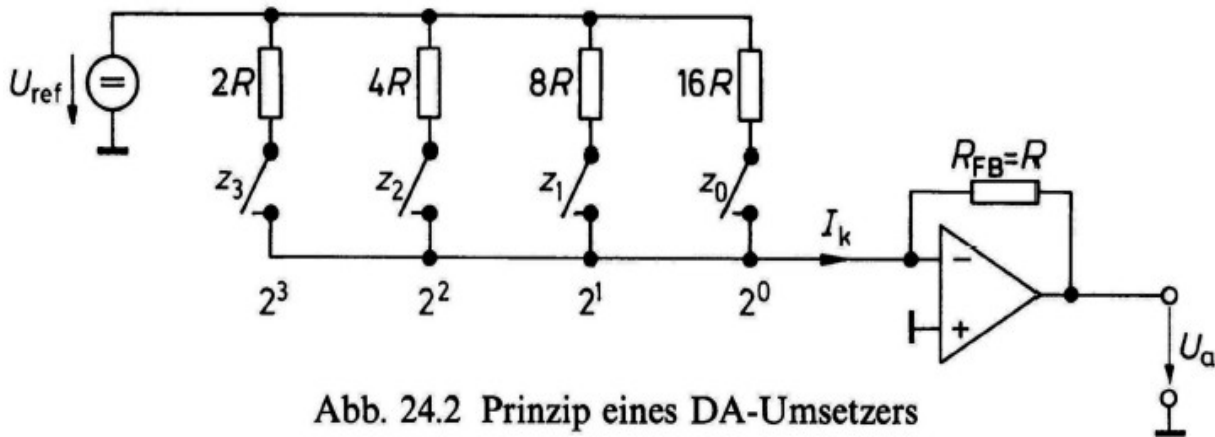
Ansteuerung von

- Lautsprechern
- Steuerspannungen für alle Arten von Reglern
- analogen Video-Geräten
- ...

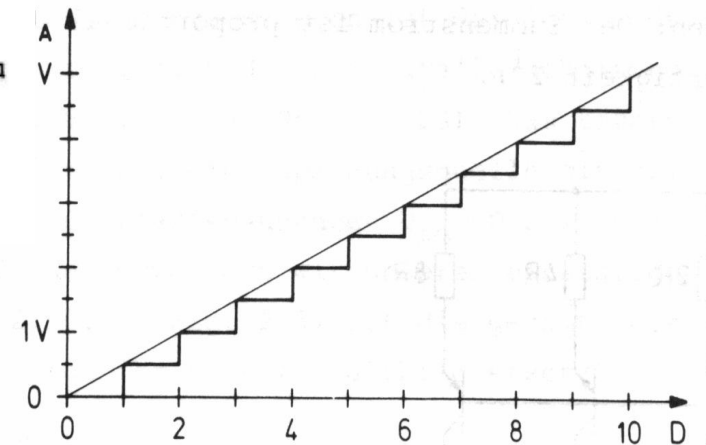
Digital-Analog-Wandler setzen einen digitalen Wert D in eine entsprechende Spannung um U .

d.h. Abbildung von $0 \leq D < 2^n \rightarrow U_{\min} \leq U < U_{\max}$

Digital-Analog-Wandlung



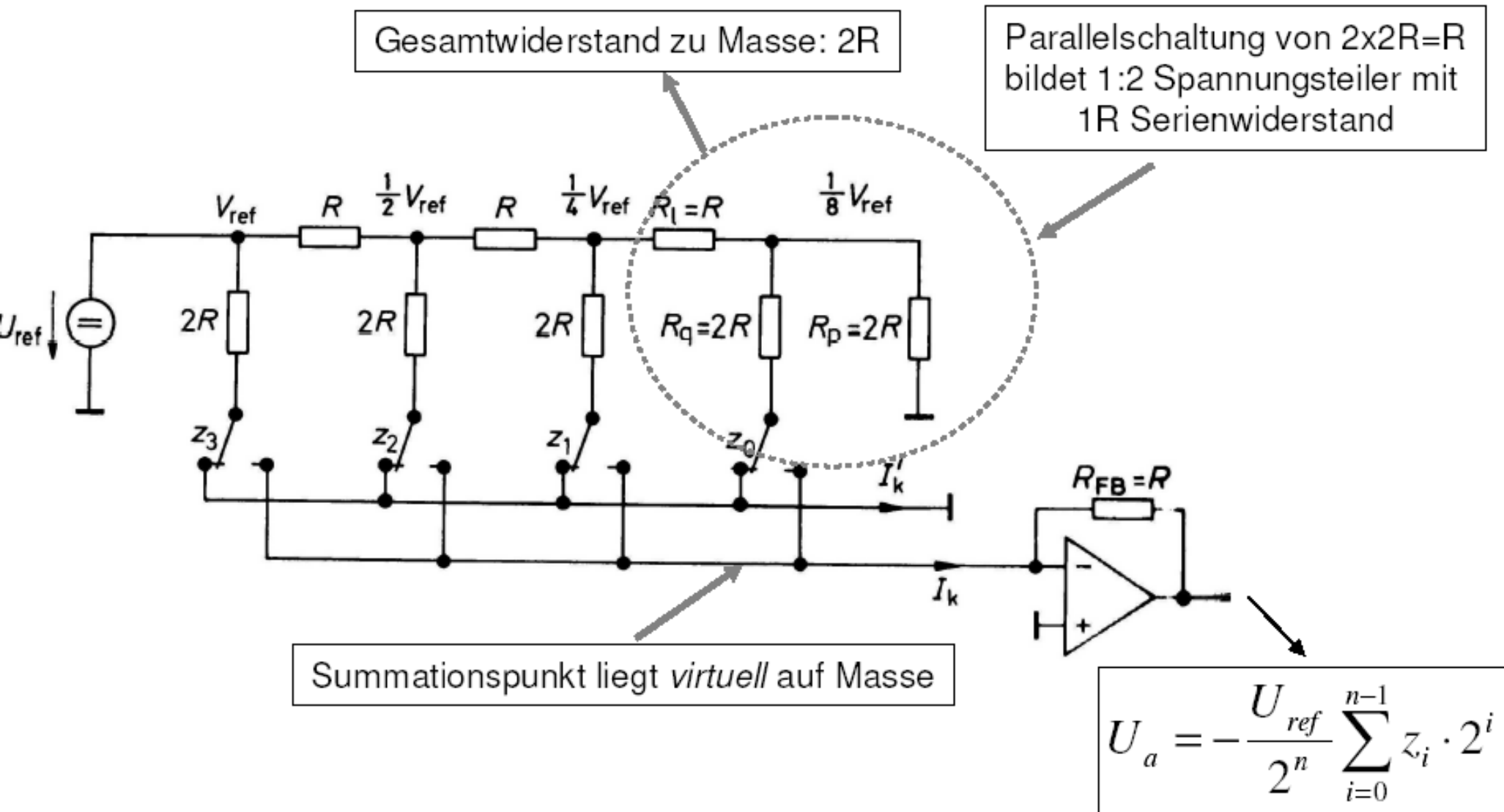
$$U_a = -\frac{U_{ref}}{16} \sum_{i=0}^{n-1} z_i \cdot 2^i \quad I_k = \frac{U_a}{R} = \frac{U_{ref}}{R} \cdot \frac{Z}{16}$$



Prinzip: den Werten der einzelnen Bits einer Binärzahl entsprechende Ströme werden aufaddiert.

Stufencharakter der Ausgangsspannung unvermeidlich !

Digital-Analog-Wandlung mit R-2R-Netzwerk



Statische Fehler:

- Nullpunktfehler (Offset)
- Verstärkungsfehler
- Nichtlinearität
- > besonders schwerwiegend: Monotoniefehler

Dynamische Fehler:

- Glitch
(kurzfristige Ausgabe des falschen Wertes während des Umschaltzeitpunkts)
- > „Sample-and-Hold“ Schaltung

Digital-Analog-/Analog-Digital-Wandlung

Während der Wandlung sollte sich das analoge Signal nicht ändern -
Dies erledigt die „Sample-and-Hold“-Schaltung.

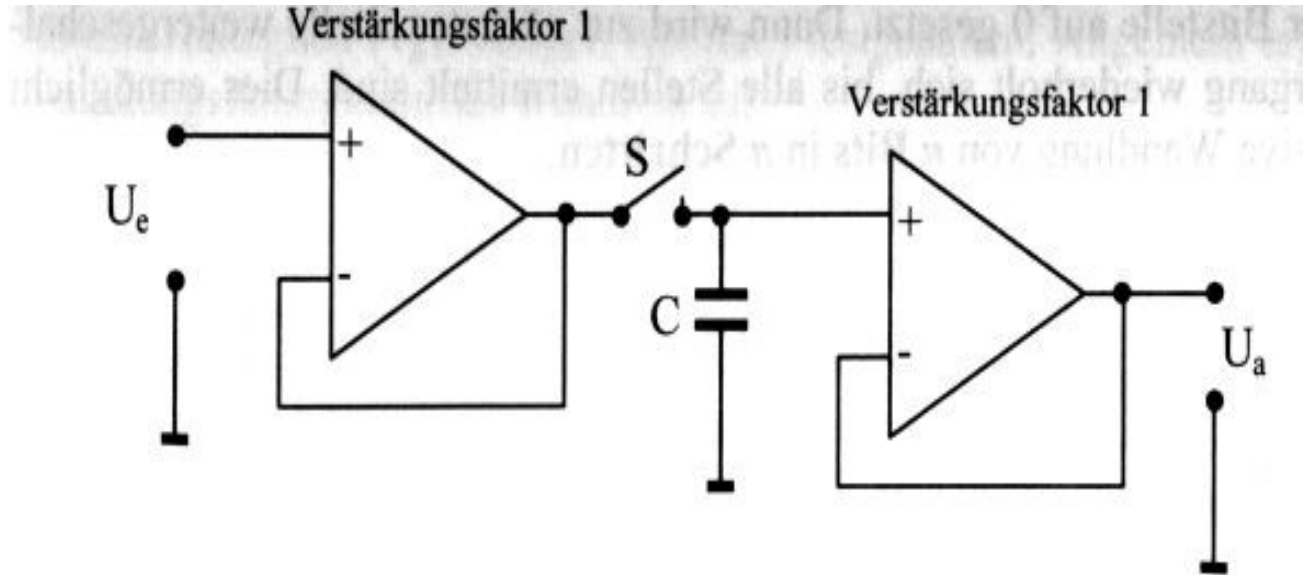
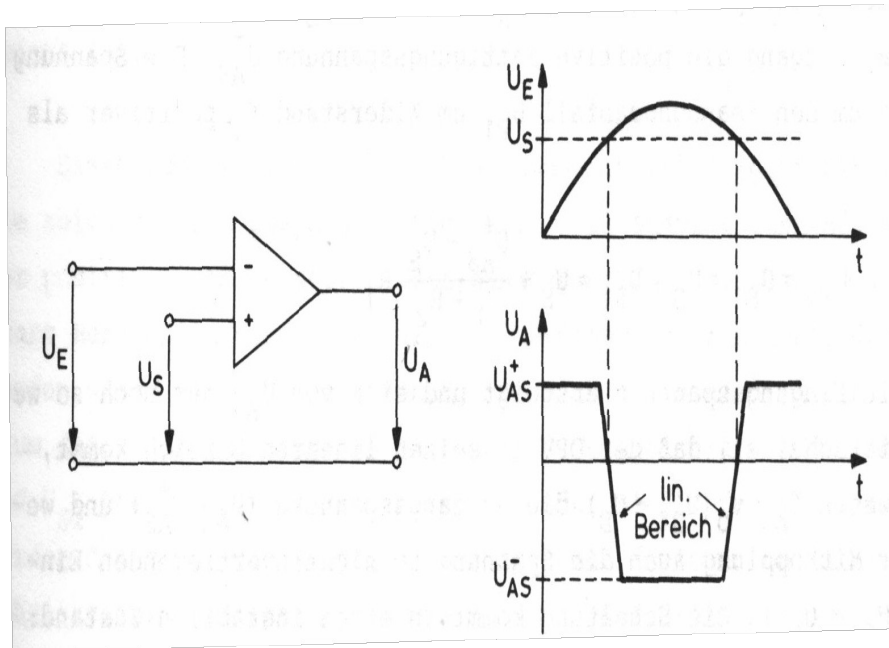


Abb. 4.23. Ein Abtast-/Halteglied

So lässt sich ein Glitch bei der D/A-Wandlung verhindern
und der genaue Zeitpunkt einer A/D-Wandlung festlegen.

Analog-Digital-Wandlung

Erfassung von Meßdaten durch Rechner erfordert
Wandlung der analogen Werte in digitale Daten.



Schlüsselement:

Komparator

z.B. mit einfachem OP:

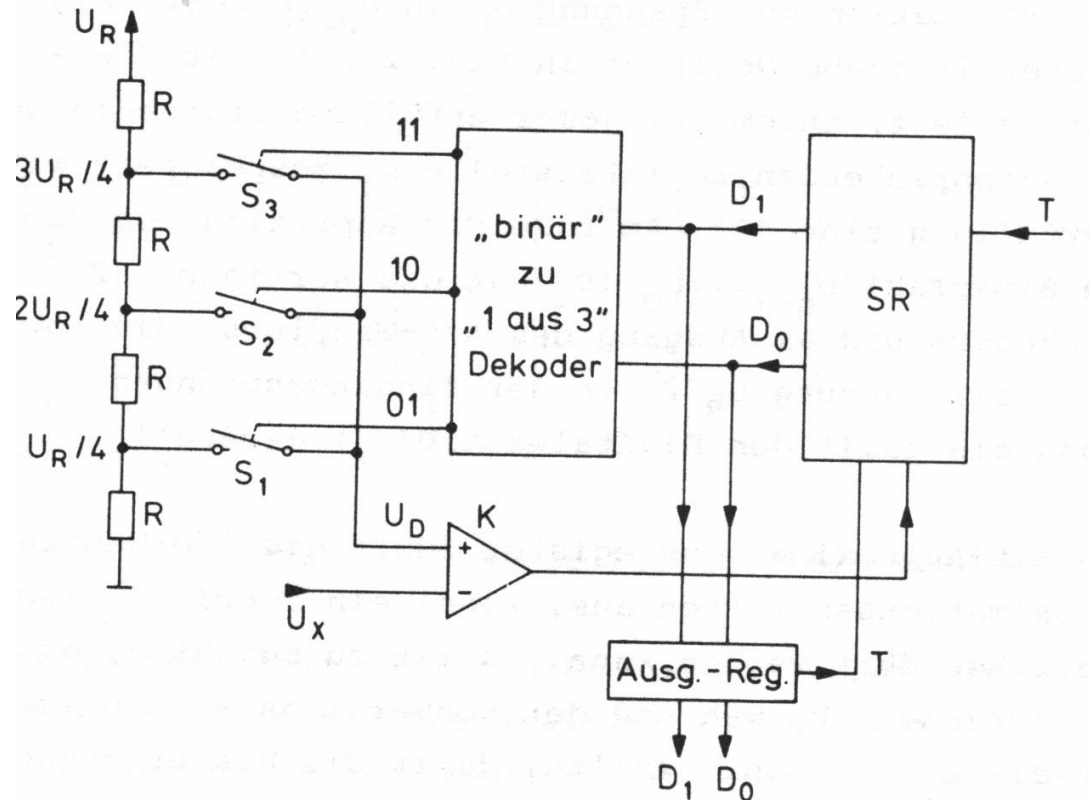
$$U_E < U_S : U_A = U^+$$

$$U_E > U_S : U_A = U^-$$

d.h. **digitale Ausgabe !**

Analog-Digital-Wandlung

Durch Vergleich mit mehreren Schwellen
erreicht man „Analog-Digital-Wandlung“



Hier ein Komparator, sukzessiver Vergleich mit mehreren Schwellen
Prinzip der „sukzessiven Approximation“ (recht langsam)

Analog-Digital-Wandlung

Wägeverfahren: DAC in Verbindung mit einem Komparator;
unterschiedliche Schwellen werden **nacheinander** verglichen

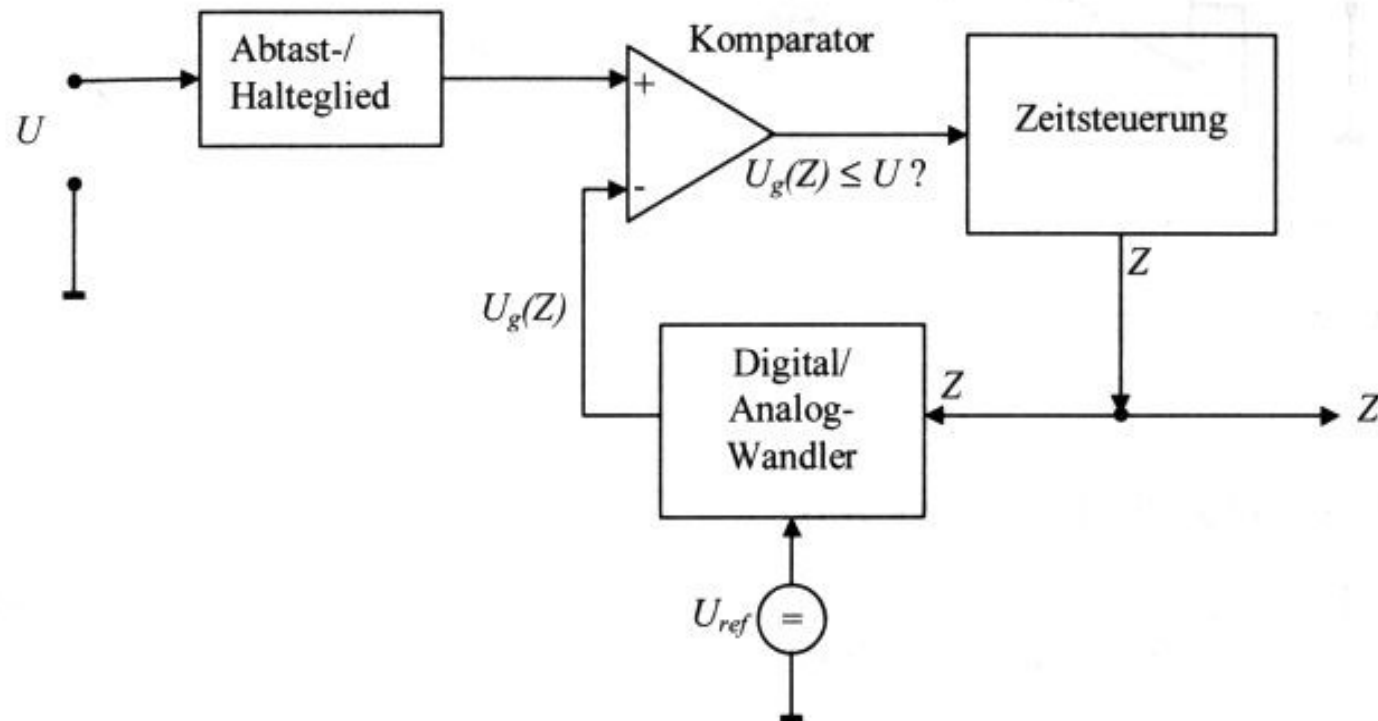
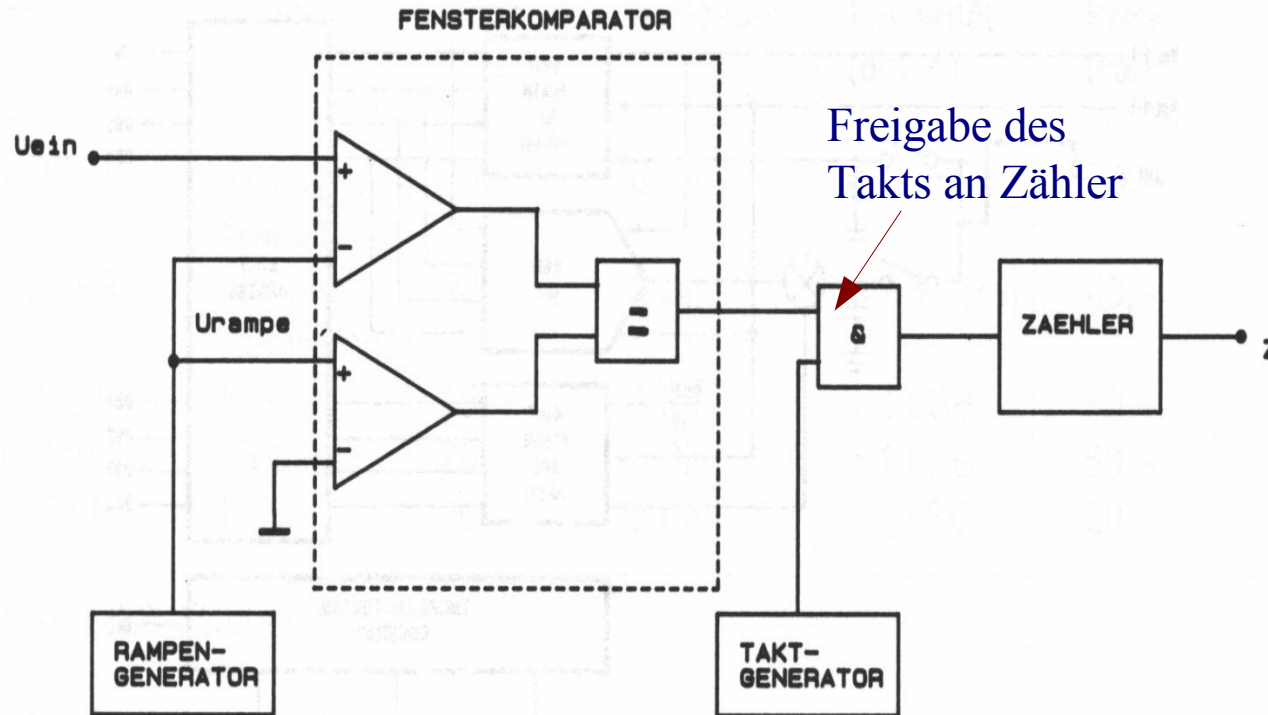


Abb. 4.24. Aufbau eines Analog/Digital-Wandlers nach dem Wägeverfahren

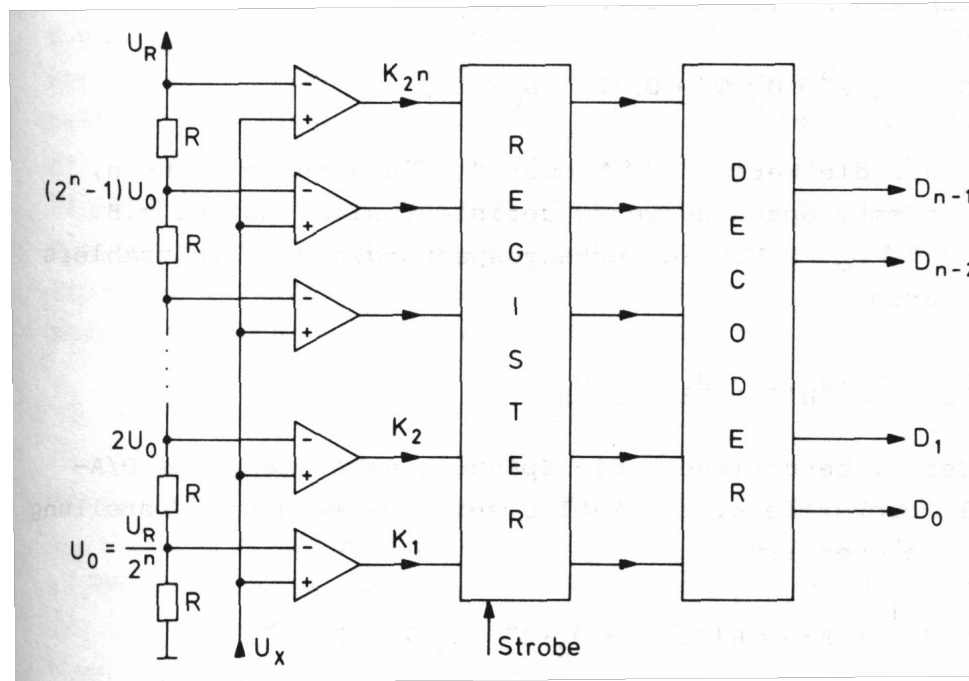
Single-Slope-Verfahren:



Vergleich der zu wandelnden Eingangsspannung mit einer linear ansteigenden Rampe, digitaler Ausgangswert über Zeitmessung mit Hilfe eines Digitalzählers.

sehr, sehr langsam, in Digitalmultimetern verwendet

Flash-Wandlung



Prinzip: Simultaner Vergleich mit vielen Referenzspannungen

sehr schnell, **aber aufwändig** (1024 Komparatoren und ein
1024- $\rightarrow$ 10 Encoder für 10 bit Auflösung)

Zur Zeit sind Wandlungsraten von einigen Hundert MHz möglich

Analog-Digital-Wandlung

Digitalisiertes Signal entspricht nur näherungsweise dem Original,
„Quantisierungsfehler“ sind unvermeidlich !

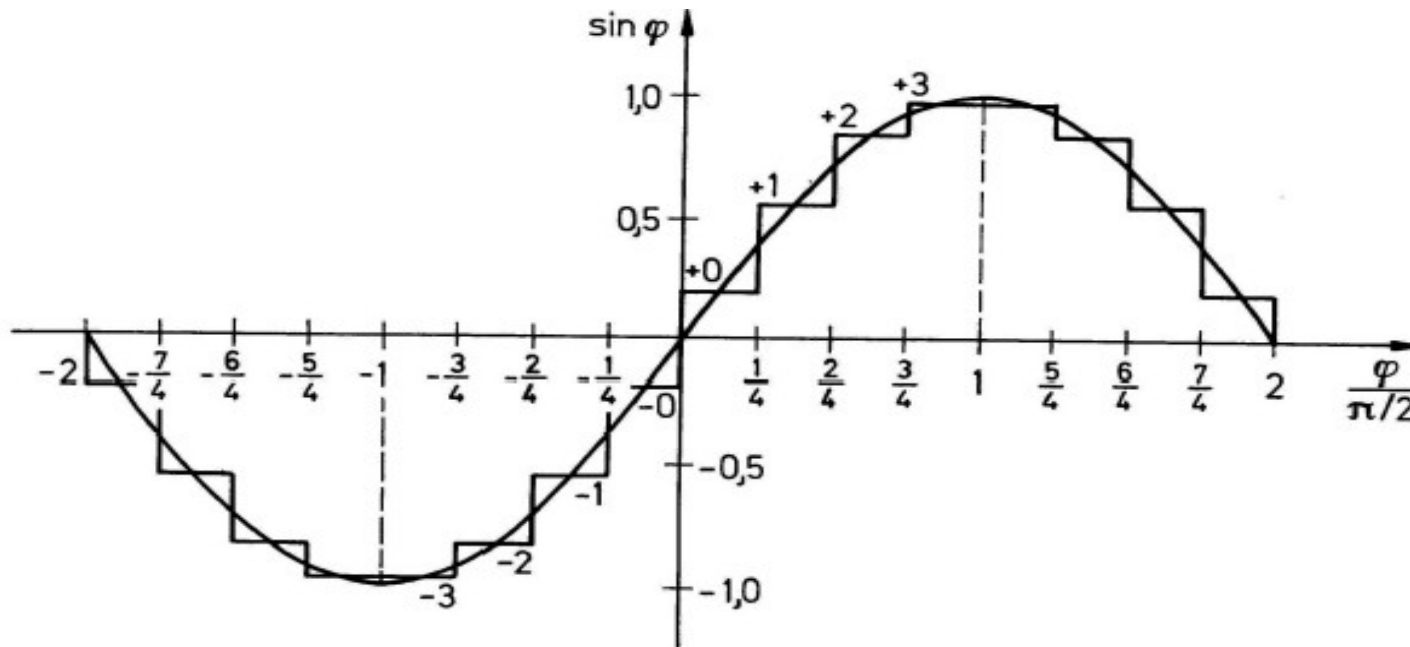


Abb. 24.17 Approximation einer Sinusschwingung mit 16 Stufen

„Abtastrate“ muß mindestens dem zweifachen der höchsten im
Signal vorhandenen Frequenz entsprechen (Nyquist-Theorem)

Analog-Digital-Wandlung

Fehler bei A/D-Wandlung

- Quantisierungsfehler
- Unterabtastung, Aliasing
- Aperturfehler (Jitter)
- Änderung des Eingangssignals während der Wandlung
- > Sample-and-Hold

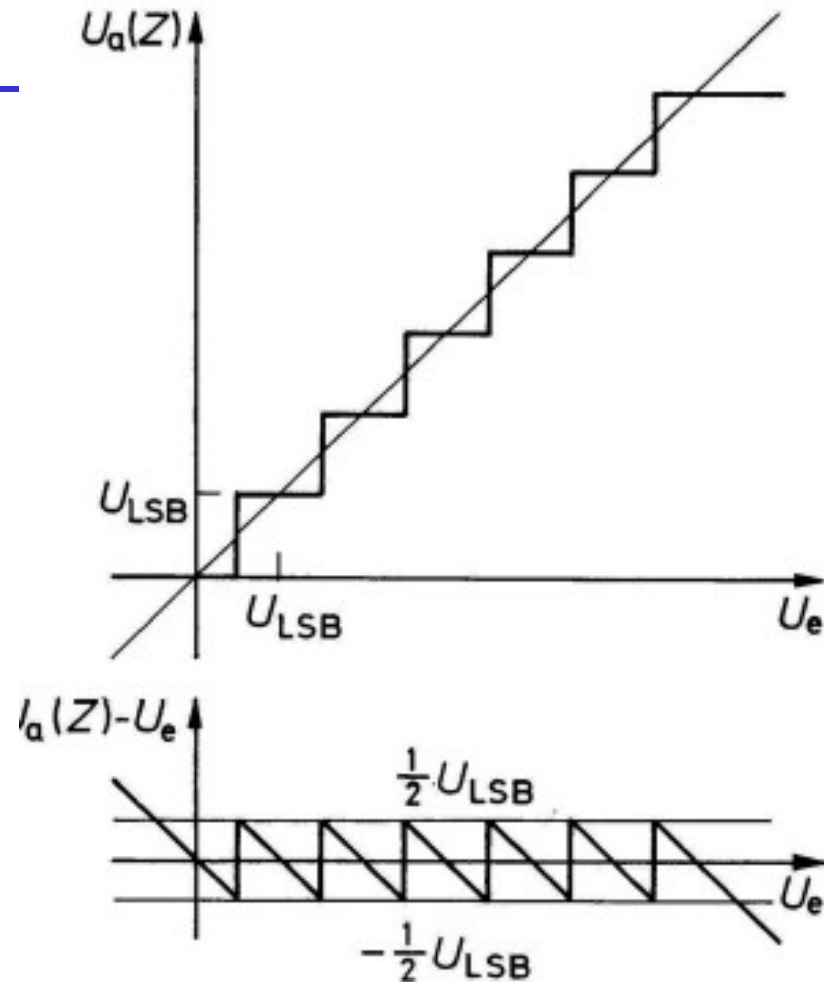
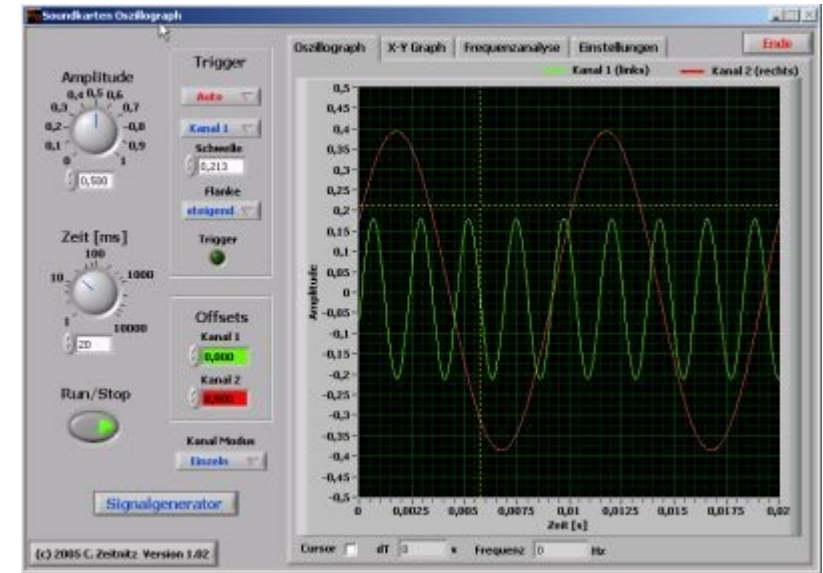


Abb. 24.26 Zustandekommen des Quantisierungsrausches. Die Spannung $U_a(Z)$ ergibt sich durch DA-Umsetzung der Zahl Z , die am Ausgang des AD-Umsetzers auftritt

Die Sound-Karte, DAC und ADC in jedem PC

Moderne Soundkarten haben

- (mindestens) zwei Eingangskanäle
- (mindestens) zwei Ausgänge
- mit (mindestens) 44,1 kHz Abtastfrequenz
- und 8 – 16 Bit Auflösung



Nachteil:

- Ein- und Ausgangsspannungen im Audio-Bereich ($< 0.7\text{ V}$)
- nur Wechselspannungen oberhalb $\sim 20\text{ Hz}$

Einen Oszillographen mit Frequenzanalyse für die Soundkarte gibt es (leider nur für Windows) unter

http://www.zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope_ger.html