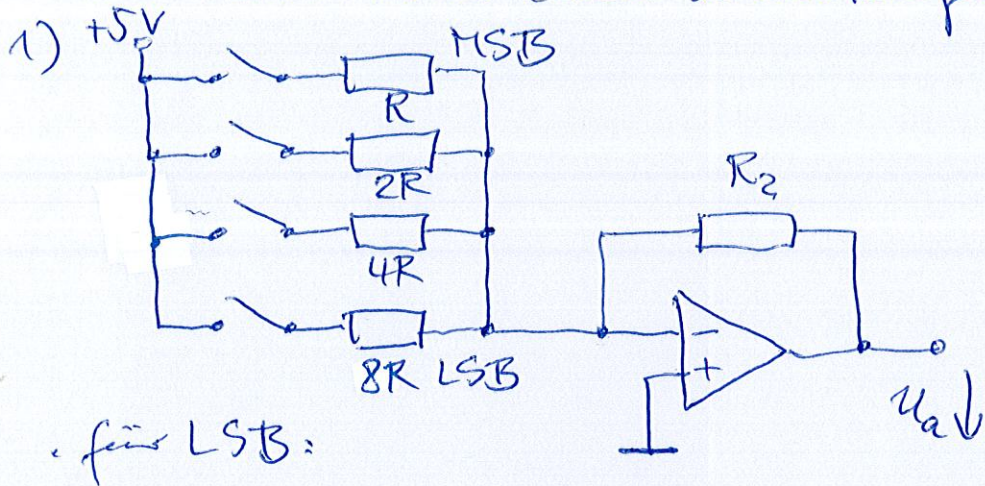


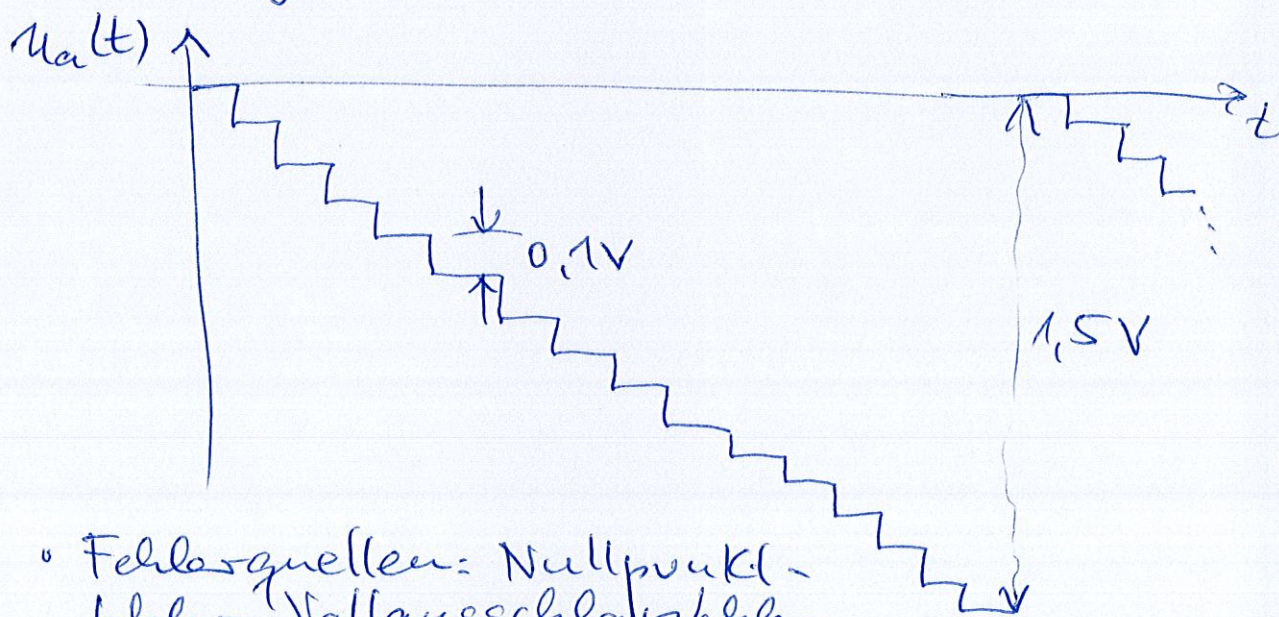
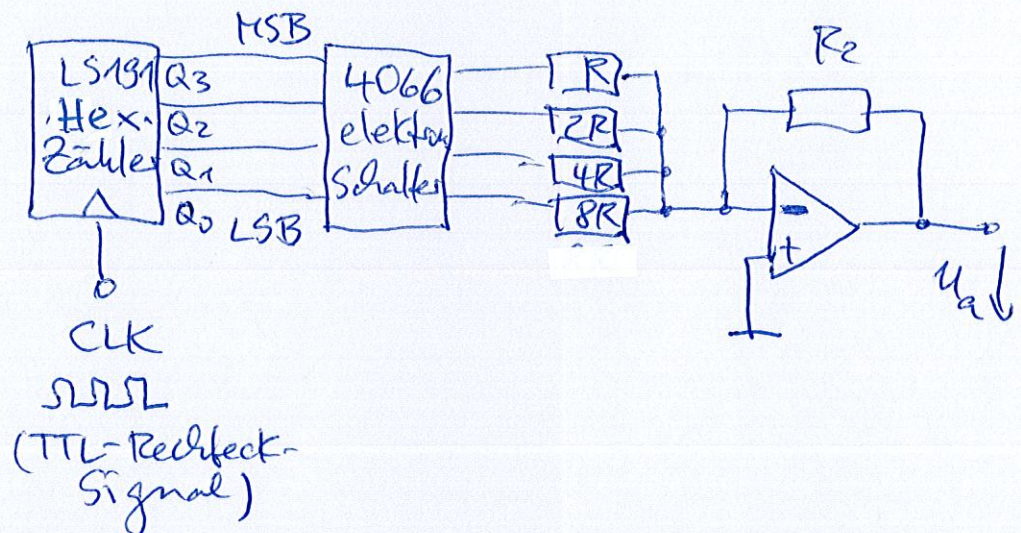
In der Praxis zwei Schaltungen:



für LSB:

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{0,1V}{5V} = \frac{R_2}{400k\Omega} \Rightarrow R_2 = 8k\Omega$$

2)



- Fehlerquellen: Nullpunktfehler, Vollausschlagfehler, Linearitätsfehler
- letzterer muss kleiner als $\frac{1}{2}$ LSB sein, damit das LSB nicht wertlos wird

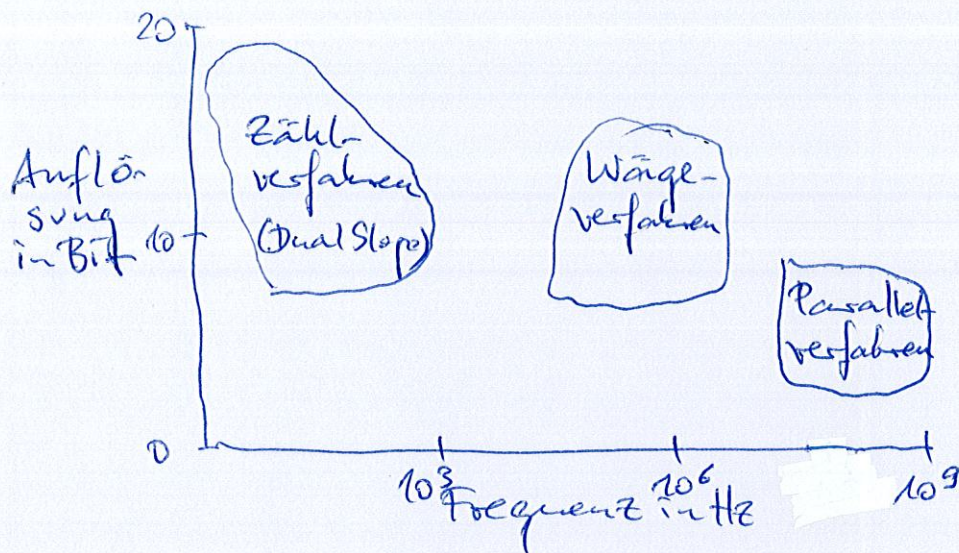
9.2. Analog-Digital-Wandler

(62)

- Aufgabe: Umwandlung einer Eingangsspannung in eine dazu proportionale Zahl
- man unterscheidet dieselben prinzipiell verschiedenen Verfahren wie bei den DACs:
 - + Parallelverfahren: gleichzeitiger Vergleich mit $n = 2^N$ Referenzspannungen
 \Rightarrow 1 Schritt, d.h. sehr schnell, aber aufwendig
 - + Wägeverfahren: pro Schritt wird ein Bit ermittelt; man beginnt mit dem MSB und vergleicht, ob die Eingangsspannung größer oder kleiner als die zugehörige Referenzspannung ist; bei "größer" wird das Bit auf 1 gesetzt ansonsten auf 0; danach Referenzspannung subtrahieren
 \rightarrow Schleife durchlaufen bis zum LSB
 $\Rightarrow N = \lg n$ Schritte, d.h. guter Kompromiss zwischen Aufwand und Zeitdauer

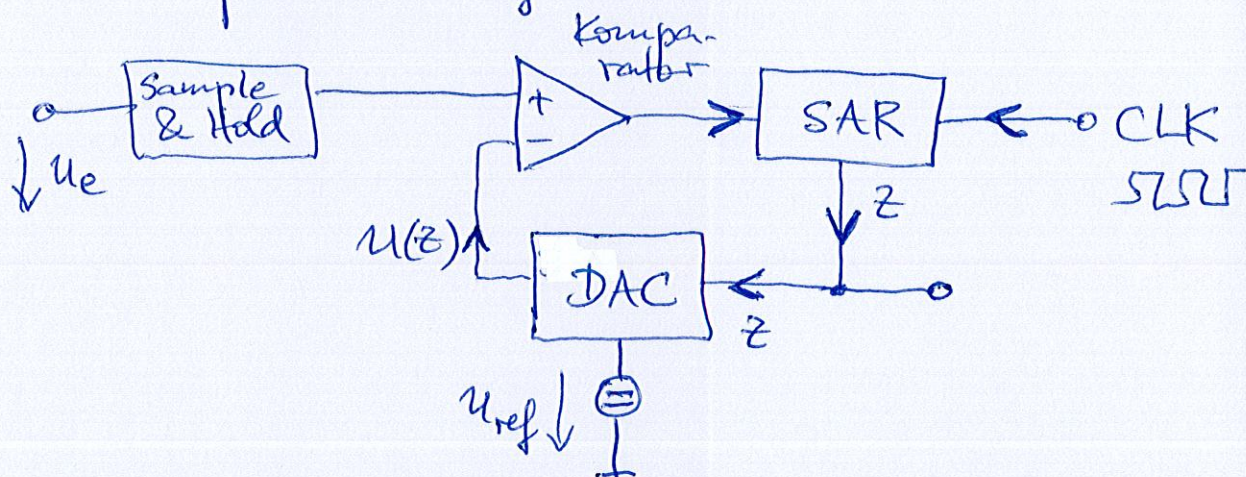
Beispiel: Merken Sie sich eine natürliche Zahl zwischen 1 und 1000 (einschließlich). Mit zehn Fragen errate ich, welche Zahl Sie sich gemerkt haben!

- + Zählverfahren: abzählen, wie oft man die Referenzspannung des LSB addieren muss, um die Eingangsspannung zu erhalten
 $\Rightarrow n = 2^N$ Schritte maximal, bei Gleichverteilung der Eingangsspannung 2^{N-1} Schritte im Mittel; einfach, aber langsam
- wichtigste Anwendung: Dual-Slope-Verfahren

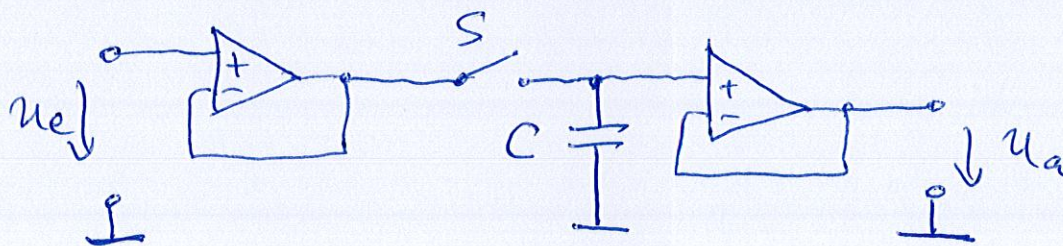


9.2.1. Wägelverfahren

- Prinzipschaltung:



- Komparator und DAC wurden erläutert
- Sample-and-Hold - (Abtast-/Halte)-Glieder:
 - + wenn eingeschaltet: $U_a = U_e$
 - + wenn ausgeschaltet: U_a direkt vor dem Ausschalten

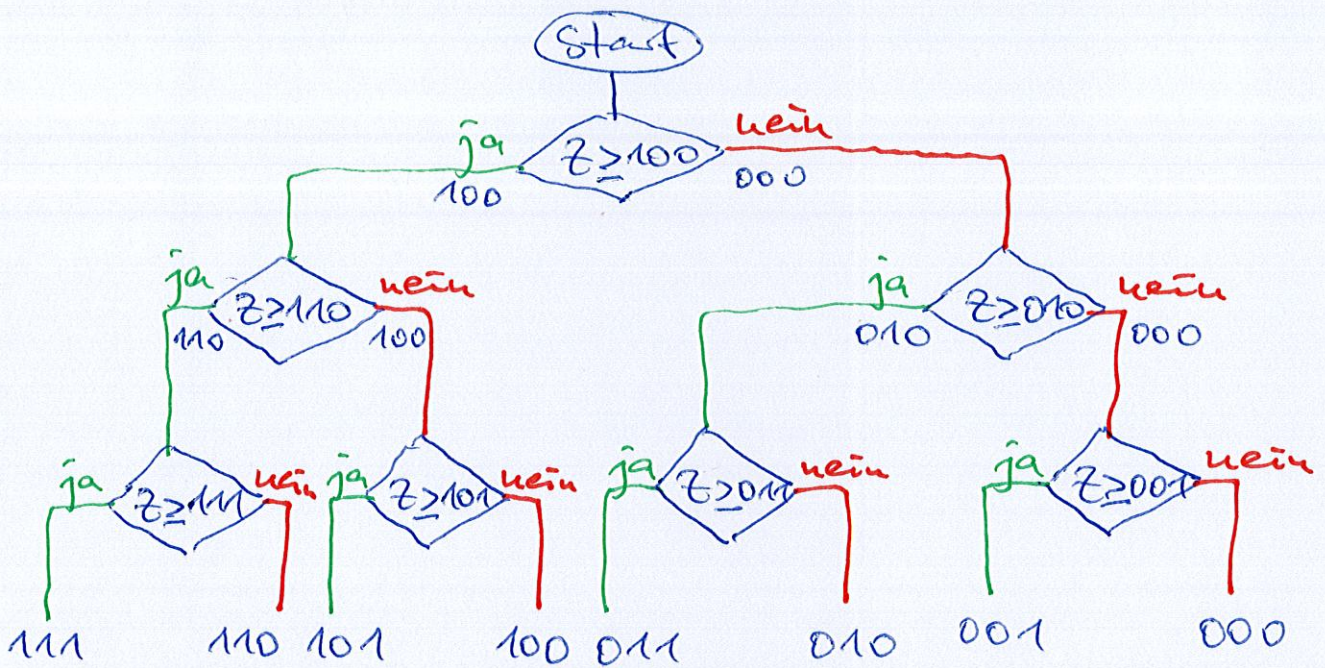


(zwei Spannungsfolger: 1) Impedanzwandler, damit U_e nicht belastet wird; 2) Spannungsfolger um Belastung von C festzuhalten)

- SAR (Sukzessives Approximations-Register)
 - Schaltung siehe Praktikumsheft S. 78 oder TS

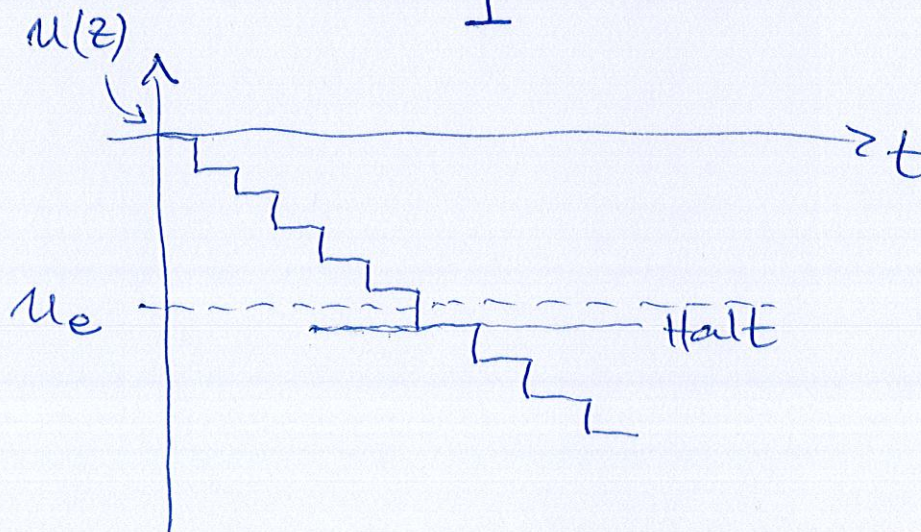
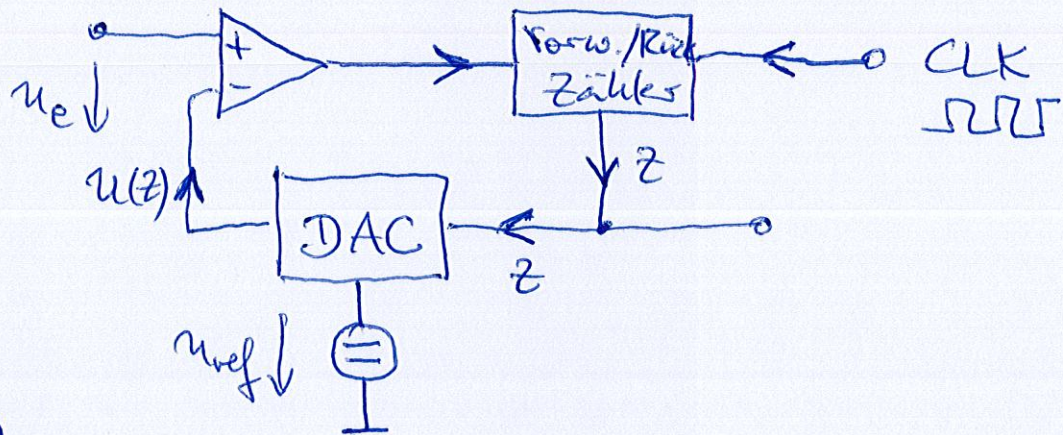
• binärer Baum als Flussdiagramm:

(64)



9.2.2. Nachlaufverfahren

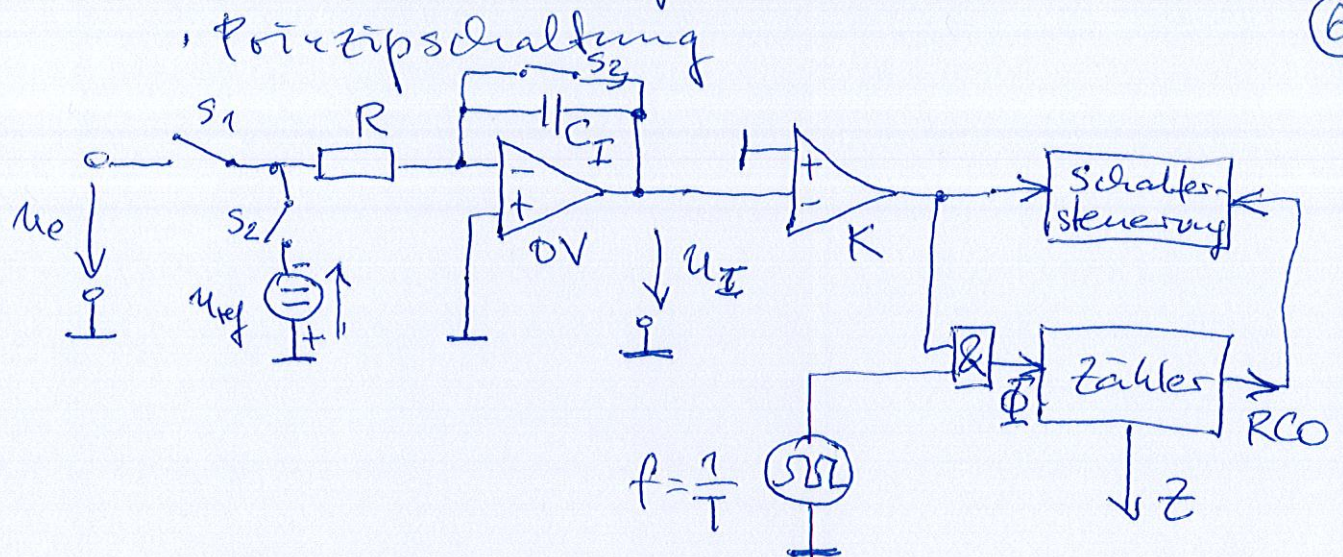
• Prinzipschaltung:



• langsam für große N

9.2.3 Dual-Slope-Verfahren (Zwei-Rampen-Verfahren)

(65)



- Arbeitsweise: Aufintegration der Eingangsspannung U_e und anschließende Abintegration der Referenzspannung U_{ref}
 - Ruhezustand: S_1, S_2 offen, S_3 geschlossen $\rightarrow U_I = 0$
 - Messbeginn: Zähler löschen, S_3 geöffnet, S_1 geschlossen \rightarrow Aufintegration
 - Ende der Messdauer bei Zählerüberlauf $\rightarrow U_I(t_1) = -\frac{1}{T} \int_0^{t_1} U_e dt = -\frac{U_e}{T} (Z_{max} + 1) T$
 - Abintegration: mit $U_{ref} = -\{U_e\}$
 S_1 geöffnet, S_2 geschlossen $\rightarrow t_2 = Z \cdot T = \frac{T}{U_{ref}} |U_I(t_1)|$
- $\Rightarrow Z = (Z_{max} + 1) \frac{U_e}{U_{ref}}$
- es gehen weder die Taktfrequenz $1/T$ noch die Zeitkonstante des Integrators $T = R \cdot C_I$ in das Ergebnis ein
 - deshalb nur Kurzzeitstabilität von T und C_I erforderlich
 - Genauigkeiten von $100 \text{ ppm} = 0,01\%$ erreichbar

