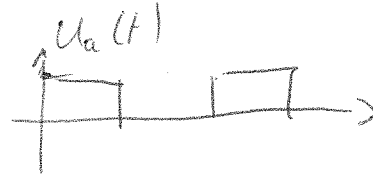
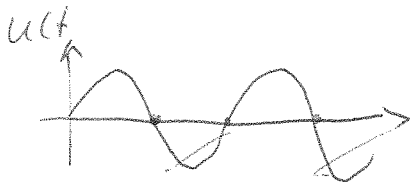
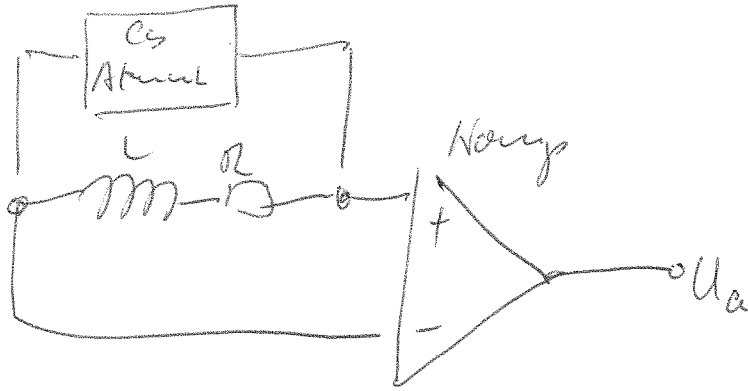
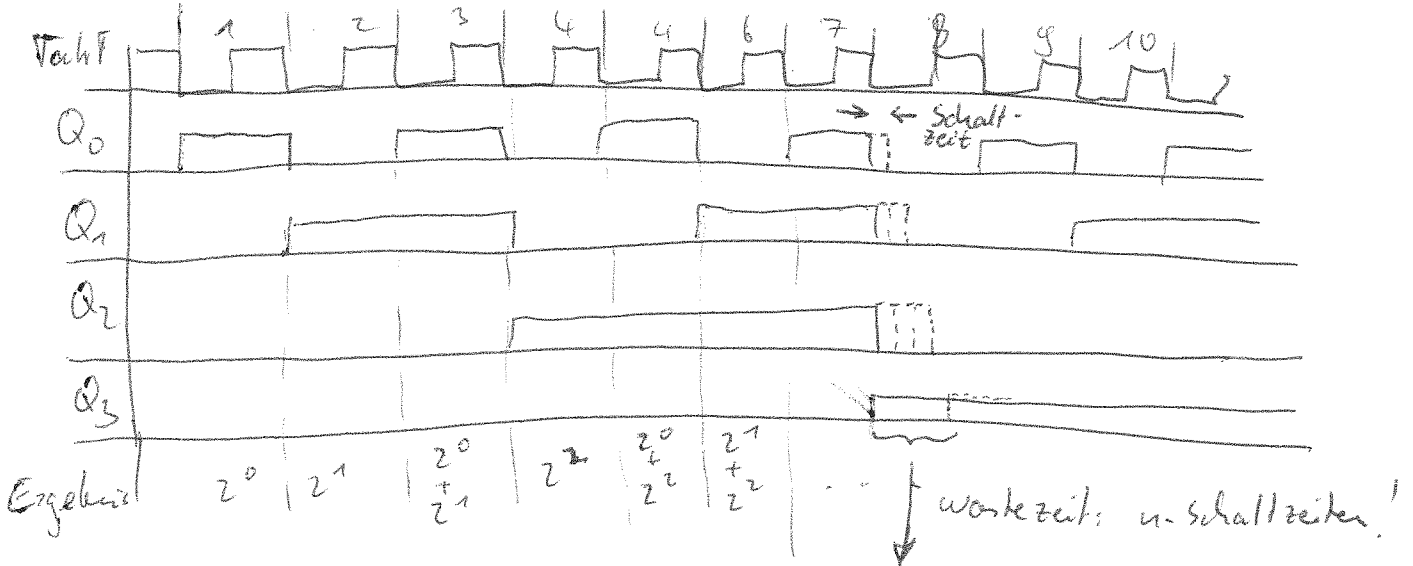
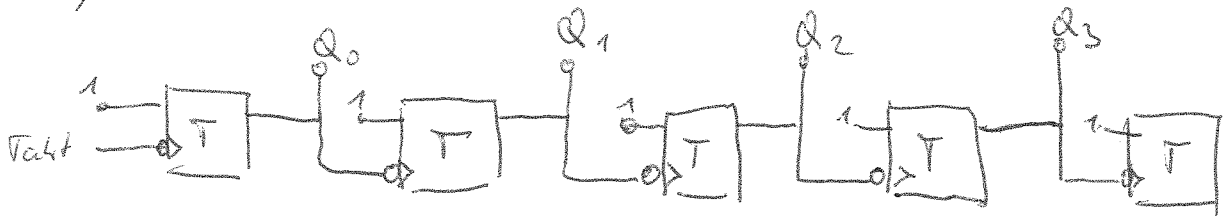


Blatt 11 Aufgabe 1 - Digitale Zeitmessung

a)



b) Asynchr. Dual-Zähl



c) n-tes Bit wird erst nach n-Schaltzeiten
 hochgesetzt (subsequentes Hochsetzen)
 (→ Nachbit: lange Wartezeit)

$$d) \quad v = \frac{dx}{dt} = c$$

$$\Delta x = 2 \cdot h \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{2 \cdot h}{c} = \frac{2 \cdot 35800 \text{ km}}{299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= 0.2388 \text{ s}$$

$$= \underline{\underline{0.2387 \text{ s}}} \quad \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$e) \quad f = 9.19 \dots \text{ GHz}$$

$$N = f \cdot \Delta t = \underline{\underline{2.2 \cdot 10^9}}$$

$$f) \quad \sigma_f = 0.1 \text{ Hz}$$

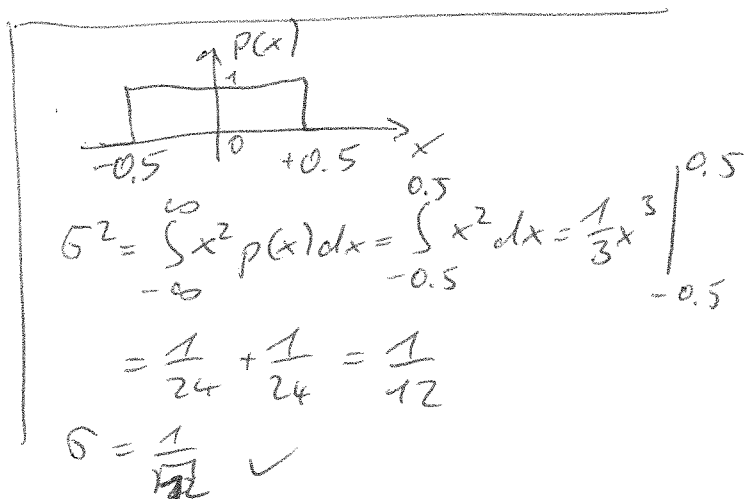
$$t = N \cdot T = N \cdot \frac{1}{f}$$

\uparrow σ_N \leftarrow σ_f

Fehlerfortpflanzung $\Rightarrow \quad \frac{\sigma_t}{t} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_N}{N}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_f}{f}\right)^2}$

$$\sigma_N ? \quad \sigma_N = \frac{\Delta N}{\sqrt{N}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \leftarrow \text{Impulszähler verzählt sich nicht, d.h. maximal } \pm 1 \text{ Unterschied}$$

Vgl. Vorlesung:



f) Fortsetzung

$$\Rightarrow \frac{\sigma_t}{t} = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{2} N}\right)^2 + \left(\frac{0.1 \text{ Hz}}{9.14 \cdot 10^9}\right)^2}$$

$$\frac{\sigma_t}{t} = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{2} \cdot 2.2 \cdot 10^9}\right)^2 + \left(\frac{0.1 \text{ Hz}}{9.14 \cdot 10^9}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(1.3 \cdot 10^{-10}\right)^2 + \left(1.1 \cdot 10^{-11}\right)^2}$$

Zählfehler
größer!

$$= 1.3 \cdot 10^{-10}$$

$$\sigma_t = 1.3 \cdot 10^{-10} \cdot \Delta t = 1.3 \cdot 10^{-10} \cdot 0.2387 \text{ s}$$

$$= 3.11 \cdot 10^{-11} \text{ s} = \underline{\underline{31.1 \text{ ps}}}$$

$\sigma_{c=20}$ Lichtgeschwindigkeit ist ~~immer~~ exakte Naturkonstante!
pe Behälter

$$h = \frac{c \cdot \Delta t}{2} \Rightarrow \frac{\sigma_t}{t} = \frac{\sigma_h}{h} = 1.3 \cdot 10^{-10}$$

$$\sigma_h = 1.3 \cdot 10^{-10} \cdot 35800 \text{ km} = 4.65 \cdot 10^{-4} \text{ km} = \underline{\underline{0.465 \text{ mm}}}$$

Problem: $v \neq c$ in Atmosphäre!

$\Rightarrow \sigma_v \neq 0 \Rightarrow$ zusätzliche Unsicherheit
muss in Fehlerbehandlung mit einbezogen
werden

$$\Rightarrow \sigma_h \gg 5 \text{ mm}$$