

Übungen zur Vorlesung Grundlagen der Messtechnik

Prof. Dr. G. Dollinger

1. Atomuhr

In einer Cs-Atomuhr wird der Cs-Ofen auf etwa 100°C geheizt. Die (anfangs polarisierten) Cs-Atome legen in der Resonanz-Apparatur eine Wegstrecke $L = 1\text{ m}$ zurück. In der Apparatur wird die Frequenz der eingestrahnten Mikrowellenstrahlung so eingestellt, dass die Resonanz des $6S_{1/2}$ -Hyperfeinübergangs ($F = 3, m_f = 0$) \rightarrow ($F = 4, m_f = 0$) der ^{133}Cs -Atome mit $f_0 = 9,192631770 \cdot 10^9\text{ Hz}$ optimal angeregt wird, d.h. dass der Detektor am Ausgangspolarisator ein Maximum erreicht.

- Welche Zeit verweilen die Cs-Atome im Mittel innerhalb der Apparatur? Gehen Sie dabei davon aus, dass alle Cs-Atome den Wert $E = \frac{3}{2}kT$ der mittleren Energie eines einatomigen Gases haben.
- Berechnen Sie die prinzipiell erreichbare Unschärfe, die für die Messung der Frequenz durch die Heisenbergsche Unschärferelation vorgegeben ist.

2. Zeitverhalten eines Hochpass-Messgliedes

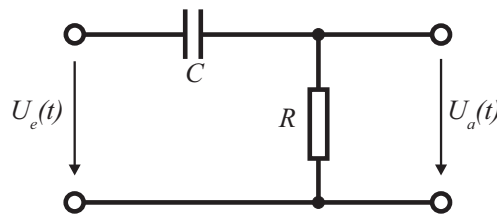


Abbildung 1: Schaltbild eines Hochpass-Messgliedes

Gegeben ist die Schaltung aus Abb. 1 mit $R = 160\text{ k}\Omega$ und $C = 1\text{ }\mu\text{F}$.

- Ermitteln Sie die Differentialgleichung für $U_a(t)$, wenn der Ausgang nicht belastet wird ($I_a = 0\text{ A}$).
- Bestimmen Sie die *Sprungantwort* des Hochpass-Messgliedes. Lösen Sie dazu die DGL für den Fall, dass sich die Eingangsspannung U_e zur Zeit $t = 0$ sprunghaft von $U_e(t < 0) = 0$ auf $U_e(t \geq 0) = U_0$ ändert.
- Nach welcher Zeit t ist mit oben angegebenen Werten für R und C die Ausgangsspannung auf
 - die Hälfte
 - den Bruchteil $1/e$
 abgesunken?
- Leiten Sie die *Impulsantwort* durch Übergang $T_0 \rightarrow 0$ eines Spannungsimpulses $U_e(t) = A/T_0$ für $0 \leq t \leq T_0$ und $U_e(t) = 0$ für $t > T_0$ her. A sei dabei definiert als konstante *Impulsfläche* $U_0 \cdot T_0$.
- Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Ableitung der *Übergangsfunktion* $h(t) = U_a(t)/U_0$ aus der Sprungantwort $U_a(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.