

5. Kapitel: Versuchsdurchführung

3. Frequenzmessung mit dem Multimeter, **Methode 1**: Frequenzzählermessung

Messen Sie die Frequenz nun mit dem Multimeter (s. Anleitung im Teil B, Abschnitt 2 des Praktikumsskripts) und berechnen Sie die zugehörigen Periodendauern incl. Toleranzen.

4. Wiederholen Sie 3. mit **Methode 2**: Wechselspannungsmessung \sim V, Frequenzanzeige ^{Hz}

	T_{max} [ms]	T_{min} [μ s]	f_{min} [Hz]	f_{max} [Hz]
1. Oszilloskop Schirmablesung T, Berechnung $f=1/T$	$78,6 \pm 0,05$	775 ± 3	$53,8 \pm 0,02$	7380 ± 6
2. Oszilloskop Cursor Readout	$79,58 \pm 0,01$	$746,9 \pm 0,05$	$57,0 \pm 0,01$	7341 ± 10
3. Multimeter Methode 1 Frequenzzähler- messung: \rightarrow Hz	$70,94 \pm 0,01$	$800 \pm 0,6$	$47,76 \pm 0,01$	7250 ± 1
4. Multimeter Methode 2 \sim V und Taste ^{Hz}	$79,57 \pm 0,01$	746 ± 1	$57,09 \pm 0,01$	7337 ± 1

Tabelle 5.1 Messgenauigkeit unterschiedlicher Messverfahren

Wie beurteilen Sie die einzelnen Messverfahren hinsichtlich ihrer Genauigkeit? Wie erklären Sie sich die abweichenden Ergebnisse der Multimetermessung **Methode 1**?

Antwort: Der kleine Innenwiderstand verändert die Frequenz

Das Oszil mit Cursor ist am genauesten, da im Datenblatt die geringste Unsicherheit steht.

5.2 Aufgabe 2: Messung am RC-Glied im 2 Kanal-Betrieb

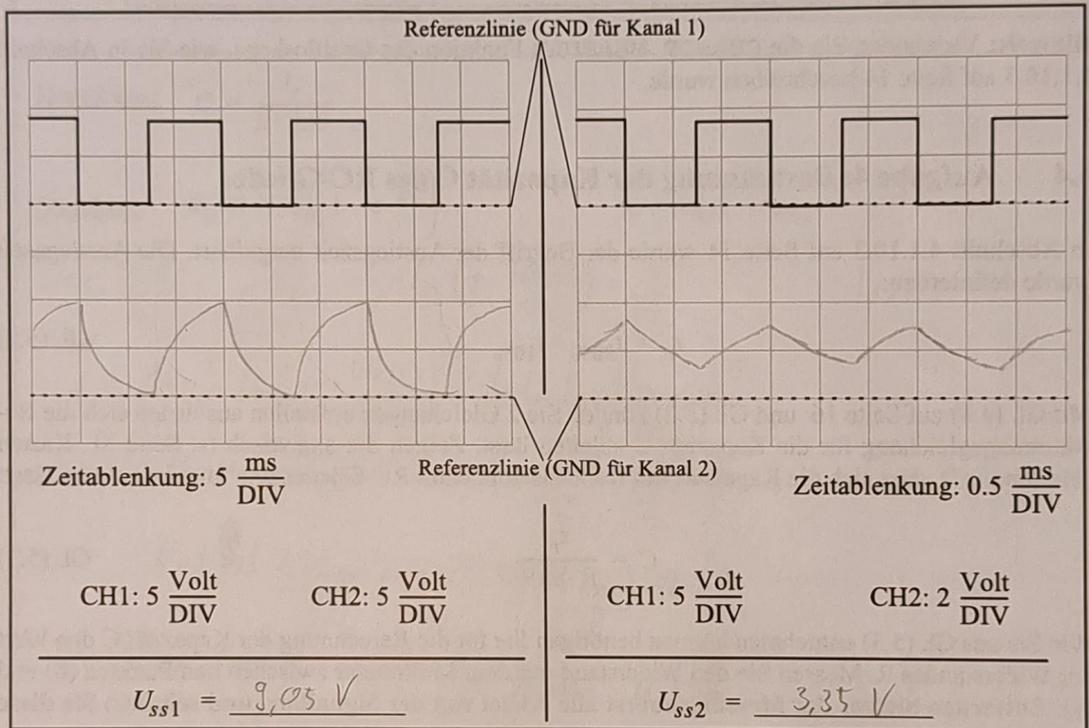
Diese Aufgabe dient dazu, Sie mit den verschiedensten Betriebsmodi des Oszilloskops vertraut zu machen. Verbinden Sie den Ausgang (4) des Rechteckgenerators mit dem Eingang (8) des RC-Gliedes. Oszillografieren Sie die Spannung am Ausgang (4) des Rechteckgenerators auf Kanal 1 und die Spannung über dem Kondensator (9) auf Kanal 2. Beide Kanäle sind im **DC-Modus** (Einstellung über das **CH1 VAR** und **CH2 VAR** Menü) zu verwenden. Variieren Sie den Betriebsmodus (**DUAL alt/chop** im **VERT X/Y** Menü), variieren Sie den Triggermodus (**AUTO/Normal**), **Trigger-LEVEL**, und die Flanke (**SLOPE Rising/Falling/Both** im **FILTER** Menü). Untersuchen Sie das Verhalten des RC-Gliedes für verschiedene Frequenzen und vergleichen Sie die Oszillogramme.

5.2 Aufgabe 2: Messung am RC-Glied im 2 Kanal-Betrieb

Nachfolgend sind 2 Oszillogramme von Kanal 1 mit den zugehörigen Einstellungen für die Zeitbasis und die Eingangsverstärker gegeben. Stellen Sie Ihr Oszilloskop jeweils ein, wie im Bild gegeben.

Skizzieren Sie die Kurve, die Sie auf Kanal 2 oszillografieren. Verwenden Sie dabei die Linie **unter der 0% Linie** als Referenz (GND) Linie für Kanal 2. Zum Einstellen der GND-Referenzlinie legen Sie im Kanalmenü (**CH1 VAR**, **CH2 VAR**) den entsprechenden Kanal auf GND (**GND on**). Über den **Position**-Regler können sie den Strahl dann auf die Referenzlinie bewegen. Danach schalten Sie den Kanal wieder im Kanalmenü frei (**GND off**).

Nachdem Sie die Skizzen erstellt haben, bestimmen Sie nun die Spitzen-Spitzenspannung U_{ss} der Signale auf Kanal 2.



Weshalb zeigt ein Signal einen geringeren Spitzen-Spitzenspannungswert als das andere? Schließen Sie aus den beiden Messungen auf ein Intervall, in welchem Sie die Zeitkonstante $\tau = R \cdot C$ vermuten. Sie wissen ja, dass zum Zeitpunkt $t = \tau$ die Kondensatorspannung 63% der Maximalspannung erreicht hat.

Antwort: Es lässt sich auf dem Oszil die 63% Grenze ablesen links mit 1,6ms als Obergrenze und rechts mit 0,87ms als Untergrenze

Es erreicht in der Zeit nicht die Maximalspannung.

Abschätzung: $\frac{1}{10} 0,87 \text{ ms} < \tau < 1,6 \text{ ms}$

5.3 Aufgabe 3: Messung der Anstiegszeit t_r mit dem Oszilloskop

Verbinden Sie den Ausgang (4) des Rechteckgenerators mit dem Eingang (8) des RC-Gliedes. Messen Sie die Anstiegszeit t_r der Kondensatoraufladung an (9) für die Frequenzen $f_1 \approx 71.43 \text{ Hz}$ und $f_2 \approx 200 \text{ Hz}$.

$f_1 \approx 71.43 \text{ Hz}$	$t_{r1} = \underline{\cancel{2.27} 2.27}$
$f_2 \approx 200 \text{ Hz}$	$t_{r2} = \underline{\cancel{1.67} 1.67} \text{ Mess falsch}$

Hinweis: Verwenden Sie die **CURSOR MEASURE** Funktion des Oszilloskops, wie Sie in Abschnitt 4.1.10.3 auf Seite 14 beschrieben wurde.

5.4 Aufgabe 4: Bestimmung der Kapazität C des RC-Gliedes

In Abschnitt 4.1.10.3 auf Seite 14 wurde der Begriff der Anstiegszeit eingeführt. Die Anstiegszeit wurde definiert zu:

$$t_r = t_{90\%} - t_{10\%} \quad \text{Gl. (5.2)}$$

Mit Gl. (4.8) auf Seite 16 und Gl. (5.2) können Sie 2 Gleichungen aufstellen aus denen sich die Bestimmungsgleichung für die Kapazität C ableiten lässt. Zeigen Sie analytisch (s. Seite 31, Kasten "Herleitung"), dass sich die Kapazität des Kondensators eines RC-Gliedes wie folgt berechnen lässt:

$$C = \frac{t_r}{R \cdot \ln 9} \quad \text{Gl. (5.3)}$$

Wie Sie aus Gl. (5.3) entnehmen können benötigen Sie für die Berechnung der Kapazität C den Wert der Widerstandes R. Messen Sie den Widerstand mit dem Multimeter zwischen den Punkten (8) und (9). **Entfernen Sie vor der Messung zuerst alle Kabel von der Signalbox, und schalten Sie diese aus!**



$R = \underline{9.852 \text{ k}\Omega}$

Berechnen Sie nun für die beiden Anstiegszeiten t_{r1} und t_{r2} , die Sie in Aufgabe 3 gemessen haben, die Kapazität:

$C(t_{r1}) = \underline{7.02 \cdot 10^{-7} \text{ F}}$	$C(t_{r2}) = \underline{0.755 \cdot 10^{-7} \text{ F}}$
--	---

Sie haben zwei unterschiedliche Kapazitätswerte ermittelt. Welches ist die wahre Kapazität? Warum? Bestimmen Sie die Zeitkonstante τ aus der "wahren Kapazität" und vergleichen Sie den Wert mit Ihrer Abschätzung auf Seite 29.

Antwort:Offensichtlich t_{r1} da t_{r2} falsch ist.Es wird bei t_{r1} der Kondensator nicht ganz aufgeladen

$$\tau = \underline{2,21 \text{ ms}}$$

Herleitung: $C = \frac{t_r}{R \cdot \ln 9}$

Gegeben: $u_C(t) = u_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ $t_r = t_{90\%} - t_{10\%}$

$$\Leftrightarrow 1 - \frac{u_C(t)}{u_0} = e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow -\ln\left(1 - \frac{u_C(t)}{u_0}\right) = \frac{t}{RC} \quad | \neq 0$$

$$\Leftrightarrow \left(-\frac{t}{R} \ln\left(1 - \frac{u_C(t)}{u_0}\right)\right)^{-1} = \frac{t}{R} \ln\left(\frac{u_0}{u_0 - u_C(t)}\right)^{-1}$$

$$u_C(t) = u_0 \left(1 - e^{-\frac{t_{90\%} - t_{10\%}}{RC}}\right) = u_0 \left(1 - \underbrace{e^{-\frac{t_{90\%}}{RC}}}_{=0,1} \cdot \underbrace{e^{\frac{t_{10\%}}{RC}}}_{=9}\right)$$

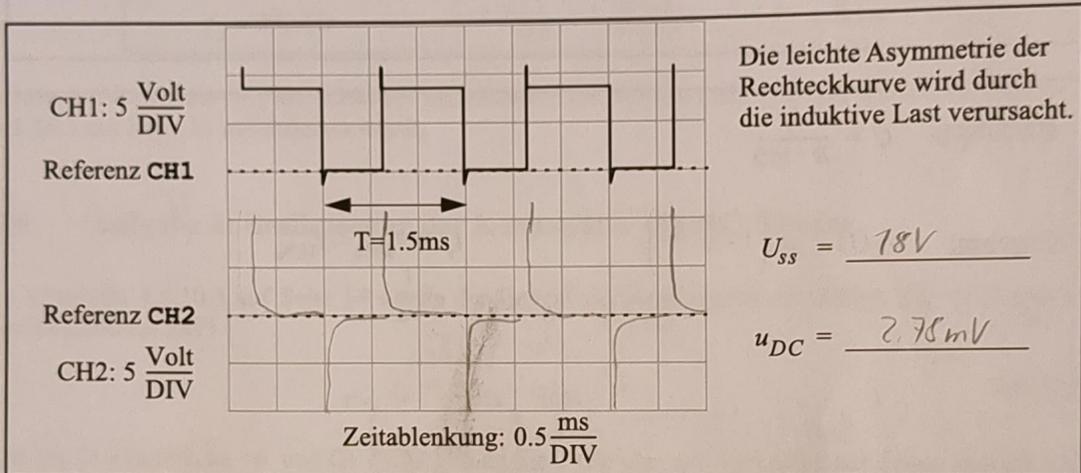
$$= u_0 + \underbrace{\left(u_C(t_{90\%}) - u_0\right)}_{= \frac{9}{10} u_0} \cdot \underbrace{\left(-u_C(t_{10\%}) + u_0\right)}_{= \frac{1}{10} u_0}$$

$$= u_0 \left(1 + \left(\frac{9}{10} - 1\right) \left(1 - \frac{1}{10}\right)\right) = u_0 \left(1 - 0,1 \cdot \frac{1}{0,9}\right) = u_0 \frac{8}{9}$$

$$\Rightarrow C = \frac{t_r}{R} \ln\left(\frac{u_0}{u_0 - u_C(t_r)}\right) = \frac{t_r}{R} \ln\left(\frac{1}{1 - \frac{8}{9}}\right) = \frac{t_r}{R \ln(9)}$$

5.5 Aufgabe 5: Bestimmung der Induktivität L des RL-Gliedes aus der Abfallzeit t_f sowie Messung des Gleichspannungsoffsets

Verbinden Sie den Ausgang (4) des Rechteckgenerators mit dem Eingang (10) des RL-Gliedes. Oszillografieren Sie die Spannung am Ausgang (4) des Rechteckgenerators auf Kanal 1 sowie die Spannung über der Induktivität (11) auf Kanal 2 und skizzieren Sie die Spannung über der Induktivität in das vorbereitete Diagramm. Messen Sie die Spitzen-Spitzenspannung U_{SS} der Spannung über der Induktivität, sowie den Gleichspannungsanteil u_{DC} nach Bild 4.18 auf Seite 23. Wählen sie hierzu eine geeignete Verstärkung für eine maximale Messgenauigkeit!



Variieren Sie die Einkopplung AC/DC von Kanal 2 und beobachten Sie die Änderung des Oszillogramms.

In Abschnitt 4.1.10.3 auf Seite 14 wurde der Begriff der "fall time" eingeführt. Sie wurde definiert zu:

$$t_f = t_{10\%} - t_{90\%} \quad \text{Gl. (5.4)}$$

Mit dem exponentiell abfallenden Anteil u_{AC} von Gl. (4.24) und mit Gl. (5.4) können Sie 2 Gleichungen aufstellen, aus denen sich die Bestimmungsgleichung für die Induktivität L ableiten lässt. Zeigen Sie analytisch (Seite 33), dass sich die Induktivität eines RL-Gliedes wie folgt berechnen lässt:

$$L = \frac{R + R_L}{\ln 9} \cdot t_f \quad \text{Gl. (5.5)}$$

Wie Sie Gl. (5.5) entnehmen können benötigen Sie für die Berechnung der Induktivität L den Wert der Widerstände R und R_L . Messen Sie beide Widerstände mit dem Multimeter. **Entfernen Sie vor der Widerstandsmessung zuerst alle Kabel von der Signalbox und schalten Sie diese aus.**



$$R = 0,9915 \text{ k}\Omega \quad R_L = 38,98 \text{ }\Omega$$

5.5 Aufgabe 5: Bestimmung der Induktivität L des RL-Gliedes aus der Abfallzeit t_f sowie Messung

Herleitung: $L = \frac{R + R_L}{\ln 9} \cdot t_f$

Gegeben: $u_{AC}(t) = u_0 \frac{R}{R + R_L} e^{-t \frac{R + R_L}{L}}$ $t_f = t_{10\%} - t_{90\%}$

$u_{AC}(t_f) = u_0 \frac{R}{R + R_L} e^{-t_{90\%} \frac{R + R_L}{L}} \cdot e^{t_{10\%} \frac{R + R_L}{L}} = \frac{u_{AC}(t_{90\%})}{u_{AC}(t_{10\%})} \frac{R}{R + R_L} u_0 = \frac{0,1}{0,9} u_0 = \frac{1}{9} u_0 \frac{R}{R + R_L}$

$u_{AC}(t_f) = u_0 \frac{R}{R + R_L} e^{-t_f \frac{R + R_L}{L}} = \frac{R \cdot 1}{R + R_L} = \frac{R}{R + R_L} e^{-t_f \frac{R + R_L}{L}} \Rightarrow \ln\left(\frac{R}{R + R_L}\right) = -t_f \frac{R + R_L}{L}$
 $= \ln\left(\frac{1}{9}\right) = -t_f \frac{R + R_L}{L} \Rightarrow L = t_f \frac{R + R_L}{\ln(9)}$

Verbinden Sie nun den Rechteckgenerator wieder mit dem RL-Glied, wählen Sie eine geeignete Frequenz, messen Sie die fall time und berechnen Sie daraus die Induktivität L.

Hinweis: Triggern Sie auf die steigende Flanke.

$t_f = \underline{34,6 \mu s}$

$L = \underline{0,01627 H}$

Wenn Sie noch Zeit haben, nutzen Sie diese um sich mit den Geräten (z. B. Funktionsgenerator) für ihren nächsten Versuch vertraut zu machen.

**Schalten Sie alle Geräte aus und entfernen Sie alle Kabel von der Messbox!
 Reinigen Sie die Arbeitsfläche ggf. von Radiergummi-Krümeln.**