

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Grundpraktikum in Experimentalphysik - Kurs P2
Blockpraktikum vom 10. Aug. bis 07. Sept. 2020

Versuch:	057	Gruppe:	K2-5				
Vorname:	Simin	Name:	Hosseinzadeh				
Mit Abgabe der Auswertung wird bestätigt, dass diese eigenständig erstellt wurde!							
Punkte der Vorbereitung:		2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0
				1. Abgabe		2. Abgabe	
Alle Teilversuche vollständig ausgewertet?				Ja	Nein	Ja	Nein
Wurden immer korrekte Formeln angegeben und eigene Werte eingesetzt?				Ja	Nein	Ja	Nein
Wurde immer eine Fehlerrechnung durchgeführt?				Ja	Nein	Ja	Nein
Wurde immer eine aussagekräftige Diskussion geführt?				Ja	Nein	Ja	Nein
Sind Endergebnisse immer angegeben und korrekt gerundet?				Ja	Nein	Ja	Nein
Wurden alle Diagramme mit geeignetem Maßstab und Titel eingeklebt?				Ja	Nein	Ja	Nein
Enthalten die Diagramme alle Messwerte, Beschriftungen u. Konstruktionen?				Ja	Nein	Ja	Nein
Auswertung erhalten am:							
Auswertung zurückgegeben am:							
Nacharbeit notwendig bis:						nicht möglich	
Wird eine der obigen Fragen bei der ersten Abgabe mit Nein beantwortet ist eine Nacharbeit erforderlich!							
Punkte:		Datum, Abtestat:					

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum unbedingt auf.

Wechselspannungen und aperiodische Vorgänge (OSZ)

Grundpraktikum P2

Simin Hosseinzadeh

01 September 2020

Contents

1	Vorbereitung	2
1.1	Teilversuch 1: Basisbedienelemente des Oszilloskops	2
1.2	Teilversuch 2: Messen einer Amplitude	3
1.3	Teilversuch 3: Messen einer Phasendifferenz	5
1.4	Teilversuch 4: Betrachten des Auf- und Entladevorgangs eines Kondensators	7
1.5	Teilversuch 5: Quantitative Registrierung der Entladekurve eines Kondensators	9
2	Laborheft	11
3	Auswertung	15
3.1	Teilversuch 1	15
3.2	Teilversuch 2	15
3.3	Teilversuch 3	16
3.4	Teilversuch 4	18
3.5	Teilversuch 5	18

1 Vorbereitung

1.1 Teilversuch 1: Basisbedienelemente des Oszilloskops

Zur Registrierung des zeitlichen Verlaufs von **rasch ablaufenden Vorgängen** sind mechanische Geräte wie XY-Schreiber zu träge. Das Oszilloskop ist ein Gerät zur Anzeige rasch veränderlicher Spannungen. Man nutzt dabei die nahezu trägheitslose Ablenkung der Elektronen im elektrischen Feld aus.

Aufbau: Die Elektronen treten aus einer geheizten Kathode aus und werden durch den ihr vorgeschalteten Wehnelt-Zylinder so fokussiert, dass sie alle durch das Loch in der Anode gelangen. Als Elektronenlinsen wirkende Lochblenden bündeln die von der Anode wegfliegenden Elektronen zu einem feinen Strahl (Siehe Figure **1**).

Der Elektronenstrahl durchläuft zwei zueinander senkrechte Plattenpaare. Die an sie angelegten Spannungen erzeugen elektrische Felder, welche die Elektronen in zwei zueinander senkrechte Richtungen quer zur Strahlrichtung ablenken. Der Strahl trifft schließlich auf den Bildschirm. Dieser besteht aus einer nahezu ebenen Fläche im Inneren des Glaskolbens, welche mit einer dünnen Leuchtschicht bedeckt ist. Im Auftreffpunkt der Elektronen wird der Leuchtstoff von diesen angeregt, so dass dort ein heller Lichtfleck erscheint.

Das Oszilloskop stellt einen Verlaufsgraphen in einem zweidimensionalen Koordinatensystem dar, wobei üblicherweise die x -Achse die Zeitachse ist und die y -Achse die Spannungsachse.

Allgemein kann jeder Vorgang, der sich als zeitlicher Verlauf einer elektrischen Spannung abbilden lässt, mit dem Oszilloskop dargestellt werden (Z.B: elektrischer Strom, Lichtintensität, Magnetfeldstärke und etc.).

Für die entsprechende **Strahlablenkung** wird eine zur Zeit proportionale Spannung benötigt, welche z.B. durch Aufladen eines Kondensators mit konstanter Stromstärke erzeugt werden kann. Die **Zeitablenkspannung** bewegt den Leuchtpunkt mit konstanter Geschwindigkeit in waagerechter Richtung über den Bildschirm. Eine gleichzeitig an die y -Ablenkung gelegte zeitabhängige Spannung $U(t)$ wird als Kurve geschrieben. Das Bild dieser Kurve verschwindet jedoch bei nicht nachleuchtendem Bildschirm sofort wieder. Ein **stehendes Bild** wird erzeugt, wenn die zu registrierende Funktion periodisch ist. Die Zeitablenkspannung wird dafür ebenfalls periodisch gemacht, indem sie jedes Mal, wenn der Leuchtpunkt in x -Richtung den rechten Rand des Bildschirms erreicht, sehr schnell auf den Ausgangswert zurückgesetzt wird, von dem aus sie dann von neuem linear ansteigt („**Sägezahn**“). Stimmt nun ihre Periodenlänge mit der Länge einer ganzen Zahl von Perioden von $U(t)$ überein, so werden diese immer wieder durchlaufen, was das Auge als stehendes Bild wahrnimmt. Zur **Erzeugung eines stehenden Bildes** von $U(t)$ muss der Anstieg der Zeitablenkspannung immer exakt an derselben Stelle einer Periode von $U(t)$ beginnen. Um dies zu erreichen, schaltet eine elektronische Zusatzeinrichtung, der **Trigger**, die Zeitablenkung individuell für jeden einsetzenden Durchlauf im richtigen Moment ein. Der Trigger erkennt diesen Zeitpunkt daran, dass $U(t)$ dort eine bestimmte Größe bei einem bestimmten Vorzeichen der Steigung dU/dt erreicht.

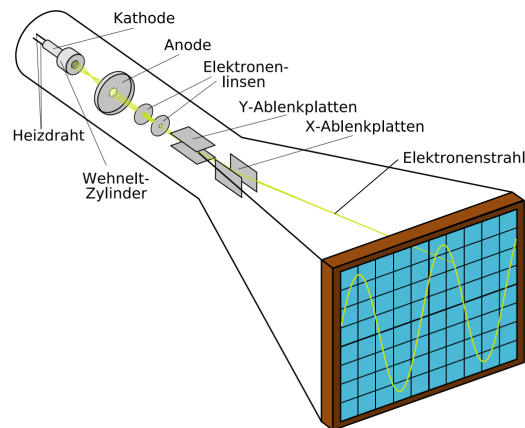


Figure 1: Bildröhre eines Elektronenstrahloszilloskops

Das Ziel dieses Teilversuchs ist es, sich mit denjenigen Knöpfen und Funktionen des Oszilloskops vertraut zu machen, die das Anzeigen (und deren Variation) eines periodischen Verlaufes ermöglichen. Zentrale Punkte sind hier die **Ablenkfaktoren** und die **Triggereinstellungen**.

- Zuerst verbinde ich Funktionengenerator, Oszilloskop und Frequenzzähler miteinander.
- Ich stelle am Funktionengenerator eine beliebige Frequenz zwischen 1 kHz bis 10 kHz ein. Mit dem **INTENS** Knopf kann ich die Bildhelligkeit und mit dem **FOCUS** Knopf kann ich die Schärfe einstellen.
- Für periodische Signale kann ich mit **AUTO SET** taste, die Positionseinstellungen und Ablenkfaktoren automatisch an das Eingangssignal anpassen lassen.
- Bei nichtperiodischen Signalen, muss ich die notwendigen Einstellungen manuell vornehmen.
- Ich teste die Positionseinstellungen und Ablenkfaktoren für X- und Y-Ablenkung. Für die X-Ablenkung (Zeit-Ablenkung) benutze ich die **TIME/DIV** Taste und für die Y-Ablenkung benutze ich die **VOLTS/DIV** Taste.
- Als nächstes soll ich die Einstellungsmöglichkeiten für den Trigger kennenlernen. Ich wähle den **NM**-Modus (Normalmodus) und probiere diese Wirkungsweise: ansteigende Flanke, fallende Flanke und Level.

1.2 Teilversuch 2: Messen einer Amplitude

Wechselspannung nennt man eine elektrische Spannung, deren Polarität in regelmäßiger Wiederholung wechselt, deren zeitlicher Mittelwert null ist (Siehe Figure [2](#)). Eine Wechselspannung hat in der Praxis oft einen **sinusförmigen Verlauf** (harmonische Schwingung):

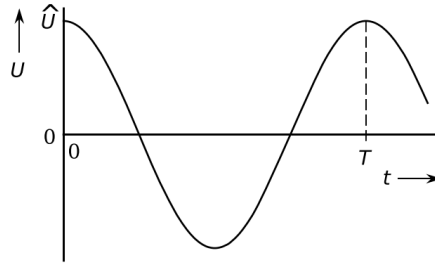


Figure 2: Zeitlicher Verlauf einer sinusförmigen Wechselspannung

$$\tilde{U}(t) = \hat{U} \cos \omega t \quad (1.1)$$

Wobei \hat{U} ist die **Amplitude** von $\tilde{U}(t)$ und **Kreisfrequenz** $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$ mit $T =$ **Periodendauer** und $f =$ **Frequenz**.

Unter dem **Effektivwert** versteht man der quadratische Mittelwert einer zeitlich veränderlichen physikalischen Größe. Er ist definiert als der Wert, den eine Gleichspannung haben muss, um an einem Widerstand während einer Periode die gleiche elektrische Leistung umsetzen zu können. Nach Gleichung 1.1 haben wir für eine sinusförmige Wechselspannung folgendes:

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle U^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U(t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \hat{U}^2 \cos^2(\omega t) dt} \quad (1.2)$$

Wir haben: $0 \leq \cos^2(\omega t) \leq 1 \Rightarrow \overline{\cos^2(\omega t)} = \frac{1}{2}$. Also dann: $\frac{1}{T} \int_0^T \cos^2(\omega t) dt = \frac{1}{T} \cdot \frac{T}{2} = \frac{1}{2}$. Somit haben wir:

$$\Rightarrow U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{2}} \hat{U} \quad (1.3)$$

In diesem Teilversuch lerne ich, die Cursors zu benutzen. Mit deren Hilfe kann man eine Amplitude sehr genau ausmessen. Wenn ich die **CH I/II** lange drücke, erscheint ein paar Cursorlinien. Man kann der Cursor bewegen und fixieren. Die Bewegung erfolgt durch den Tastschalter unter **CURSOR**. Wenn ich die **I/II** Taste kurz drücke, kann ich zwischen fixiert und nicht fixiert wechseln. Langes Drücken von **I/II** bewirkt einen Wechsel zwischen waagerechten und senkrechten Cursorlinien.

- Zuerst prüfe ich für welche Frequenzen meinen Multimeter geeignet ist und dann stelle ich diese Frequenz am Funktionsgenerator ein.
- Hier benutze ich die waagerechten Cursorlinien, um die Amplitude auszumessen. Dafür messe ich das Minimum und Maximum und dividiere dann durch 2.

- Wenn ich die **AUTOSET** Taste drücke, werden die Cursorlinien in die gewünschte Position gesetzt.
- Dieser Wert vergleiche ich dann mit dem Effektivwert gegeben durch den Multimeter.

1.3 Teilversuch 3: Messen einer Phasendifferenz

Die **Phasenverschiebung** ist im Zusammenhang mit periodischen Vorgängen. Zwei Sinusschwingungen sind gegeneinander in ihren Phasenwinkeln verschoben, wenn ihre Periodendauern zwar übereinstimmen, die Zeitpunkte ihrer Nulldurchgänge aber nicht.

Zum Beispiel $U_1 = \hat{U} \cos(\omega t - \phi_1)$ und $U_2 = \hat{U} \cos(\omega t - \phi_2)$ haben konstante Phasendifferenz $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$.

Eine Phasenverschiebung kann in eine zeitliche Verschiebung umgerechnet werden:

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} \quad (1.4)$$

Lissajous-Ellipse ist ein Kurvengraph, das durch die Überlagerung zweier harmonischer, rechtwinklig zueinander stehender Schwingungen verschiedener Frequenz entsteht. Aus dem Figure **3** kann eine Beziehung zur Bestimmung der Phasenverschiebung wie folgt hergeleitet werden:

$$x = \hat{x} \cos(\omega t) \text{ und } y = \hat{y} \cos(\omega t - \phi)$$

Für die Schnittpunkte der Ellipse mit der x-Achse $y = 0$ gilt:

$$\begin{aligned} \hat{y} \cos(\omega t - \phi) &= 0 \Rightarrow \omega t = \phi \pm 90^\circ \\ \Rightarrow x_{1,2} &= \hat{x} \cos(\phi \pm 90^\circ) = \mp \hat{x} \sin \phi \\ \Rightarrow \Delta\phi &= \phi_2 - \phi_1 = 2\hat{x} \sin \phi \end{aligned}$$

Am Oszilloskop abgelesen wird allerdings nur der Betrag $|\Delta x|$. Somit können wir ϕ wie folgt berechnen:

$$\sin \phi = \pm \frac{|\Delta x|}{2\hat{x}} \quad (1.5)$$

Aus der Neigung der Ellipse nach oben rechts oder oben links lässt es sich entscheiden, ob der Betrag von ϕ zwischen 0° bis 90° oder zwischen 90° bis 180° liegt (Siehe Figure **4**).

In diesem Teilversuch bestimmen wir die Phasendifferenz zweier gleichfrequenter Wechselspannungen.

Dafür baue ich zuerst eine Schaltung wie in Figure **5** auf. Durch Drehen am Potentiometer werden die Spannungen \tilde{U}_1 und \tilde{U}_2 von 0° bis 180° gegeneinander phasenverschoben.

- Zuerst erstelle ich senkrechten Cursorlinien. Danach drücke ich die **CH I/II** Taste und bekomme die Frequenz f von der Sinusschwingung. Mit $f = \frac{1}{T}$ kann ich die Periodendauer T berechnen.

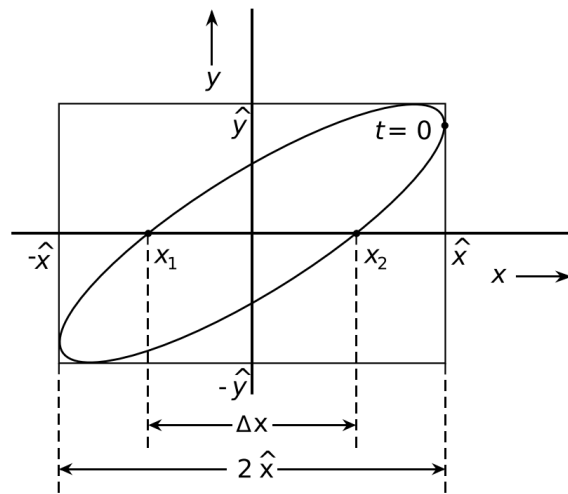


Figure 3: Lissajous-Ellipse

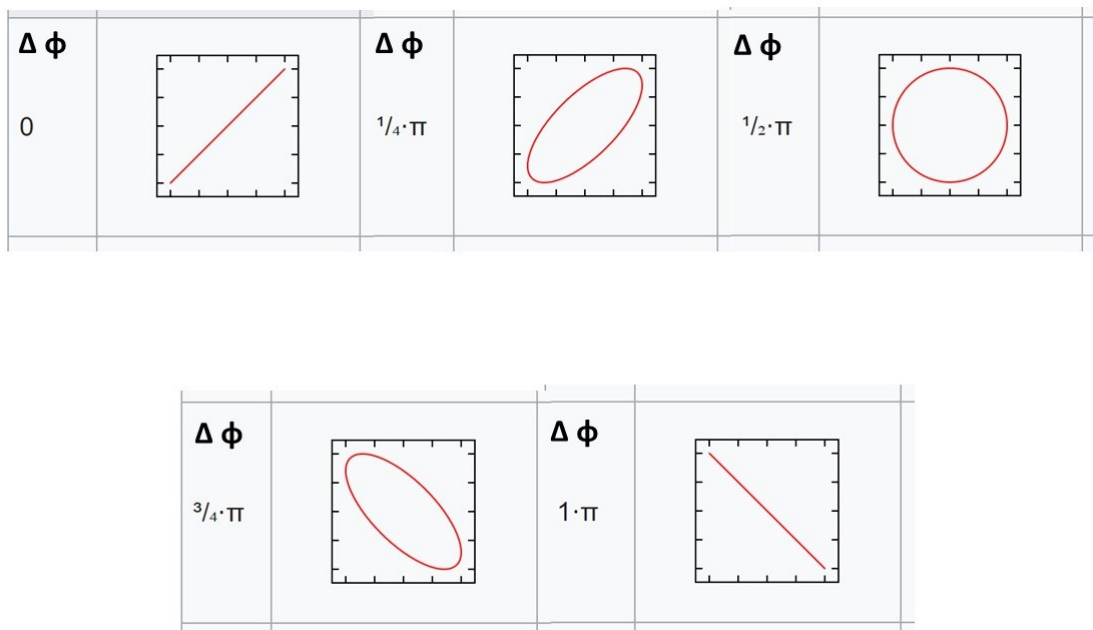


Figure 4: Lissajous-Ellipse bei verschiedene Phasendifferenz $\Delta \phi$

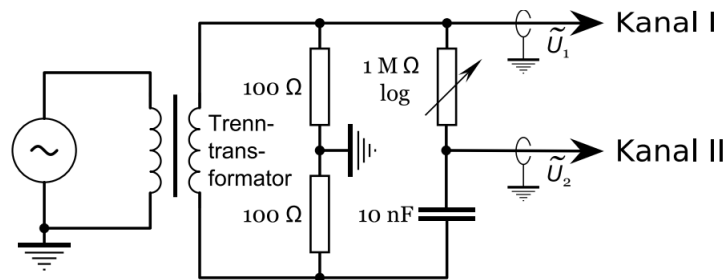


Figure 5: Schaltung zum Teilversuch 3

- **im t-y-Modus (Sinus-Darstellung):**
- Ich finde den Vorzeichen von der Phasenverschiebung zwischen Kanal I und Kanal II. Nach Gleichung [1.4](#) kann Δt gefunden werden.
- Mit der Funktion **ADD** kann die Interferenz zweier überlagerter Wellen simuliert werden. Hier Betrachten wir die Interferenz in Abhängigkeit der Phasenverschiebung.
- Ich Stelle eine Phasenverschiebung $\phi \notin \{0^\circ, 90^\circ, 180^\circ\}$ ein und messe $|\Delta x|$ und Amplitude \hat{x} . Nach Gleichung [1.5](#) kann ich dann ϕ finden.
- **im x-y-Modus (Lissajous-Ellipse):**
- Ich behalte dieselbe Phasenverschiebung und messe diese Mit Hilfe von Lissajous-Ellipse (Nach Figure [4](#)).
- Ich ändere die Phasenverschiebung und beobachte die Lissajous-Ellipse.
- Ich ändere die Lage der beiden Teilschwingungen bezüglich ihrer Nulllage und beobachte diesen Einfluss auf die $|\Delta x|$ Messungen.

1.4 Teilversuch 4: Betrachten des Auf- und Entladevorgangs eines Kondensators

Aufladevorgang:

Ein Kondensator der Kapazität C werde über einen Widerstand R an eine Rechteckspannung gelegt (siehe Figure [6](#)). Ab dem Zeitpunkt $t = 0$ fließt durch den Widerstand ein Strom $I(t)$. Dieser Strom lädt den Kondensator auf. Die Spannung $U_C(t)$ am Ausgang wächst dadurch von 0 bis zum Maximalwert U_0 an. Nach Maschenregel haben wir:

$$RI + U_C - U_0 = 0 \quad (1.6)$$

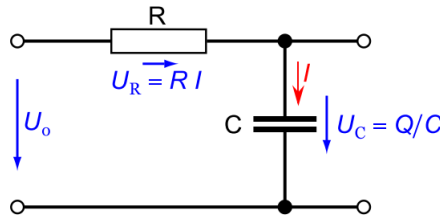


Figure 6: Schaltung zum Aufladen eines Kondensators über einen Widerstand

Mit $I = \frac{dQ}{dt} = \frac{CdU_c}{dt}$ bekommen wir:

$$R \frac{CdU_c}{dt} + U_c = U_0 \Rightarrow \frac{dU_c}{dt} = \frac{1}{RC}(U_0 - U_c) \quad (1.7)$$

Wir wissen dass $d(U_c - U_0) = dU_c$, Also dann haben wir:

$$\begin{aligned} \frac{d(U_c - U_0)}{U_c - U_0} &= -\frac{dt}{RC} \\ \Rightarrow \int_{-U_0}^{U_c - U_0} \frac{d(U_c - U_0)}{U_c - U_0} &= -\frac{1}{RC} \int_0^t dt' \\ \Rightarrow U_c &= U_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right] \end{aligned} \quad (1.8)$$

Entladevorgang:

Zum Entladen des Kondensators werden die Spannungsquelle U_0 entfernt und der Eingang der Schaltung kurzgeschlossen (siehe Figure 7). Nach Maschenregel haben wir:

$$RI - U_c = 0 \quad (1.9)$$

$$\begin{aligned} RC \frac{dU_c}{dt} &= -U_c \Rightarrow \frac{dU_c}{U_c} = -\frac{dt}{RC} \\ \Rightarrow \int_{U_c}^{U_0} \frac{dU_c}{U_c} &= -\frac{1}{RC} \int_0^t dt' \Rightarrow -\ln \frac{U_c}{U_0} = -\frac{1}{RC} t \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{U_c}{U_0} = \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \Rightarrow U_c = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad (1.10)$$

In diesem Teilversuch erstellen wir mit Hilfe von Funktionsgenerator periodische Kurven für Auf- und Entladung eines Kondensators.

- Zuerst baue ich eine Schaltung ähnlich wie Figure 6 mit zwei Kanäle und $R = 100 \text{ k}\Omega$.
- Ich wähle die Frequenz auf etwa 60 Hz .

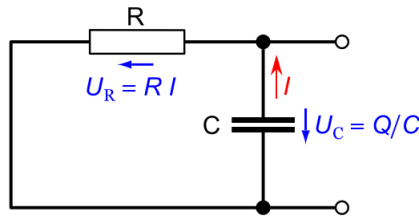


Figure 7: Schaltung zum Entladen eines Kondensators über einen Widerstand

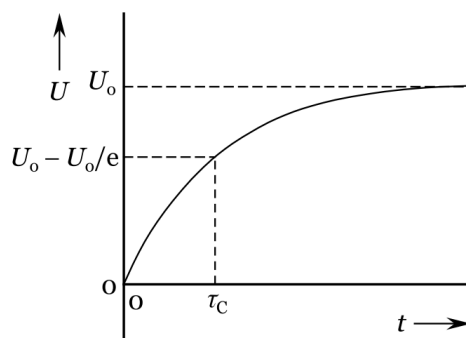


Figure 8: Auflade Verlauf

- Ich stelle den Oszilloskop so ein, dass ich einen vollständigen Auf- und Entladevorgang beobachten kann.
- Den $R = 100 \text{ k}\Omega$ Widerstand durch Potentiometer $R = 1 \text{ M}\Omega$ ersetzen.
- Ich verbinde einen gleichen Kondensator parallel mit dem vorherigen Kondensator, damit die Kapazität verdoppelt wird.

1.5 Teilversuch 5: Quantitative Registrierung der Entladekurve eines Kondensators

Relaxationszeit:

Die Relaxationszeit beschreibt die charakteristische Zeit, in welcher sich ein System dem stationären Zustand annähert. Die in Figure 8 und 9 angegebene Zeit τ_C ist die Relaxationszeit. Die betrachtete Größe wird nach dieser Zeit auf den e -ten Teil (ca. 37%) der Differenz zwischen Anfangs- und Endwert abgeklungen. Die Relaxationszeit charakterisiert, wie schnell oder langsam ein solcher Vorgang abläuft bzw. sich ein System erholt. Sowohl für das Aufladen als auch das Entladen eines Kondensators gilt:

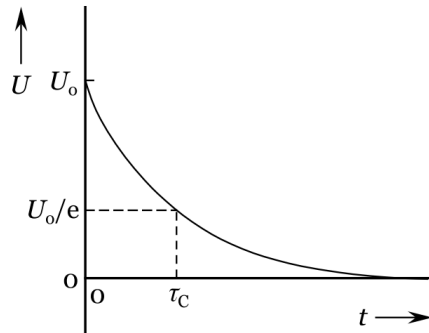


Figure 9: Entlade Verlauf

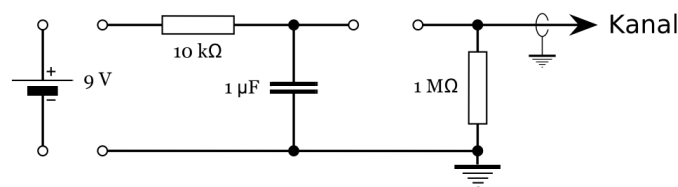


Figure 10: Schaltung zu Teilversuch 5

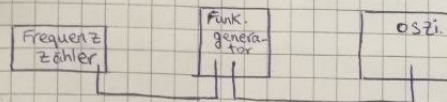
$$\tau_C = RC \quad (1.11)$$

In diesem Teilversuch wollen wir ein Entladevorgang und den dazu gehörigen Kurvenverlauf beobachten und daraus können wir dann die Relaxionszeit bestimmen. Dafür baue ich eine Schaltung auf (Siehe Figure 10).

- Zuerst aktiviere ich die digitale Speicherfunktion des Oszilloskops (**STOR. ON**).
- Den Kondensator wird über den $R = 10 \text{ k}\Omega$ mit dem $U_0 = 9 \text{ V}$ aufgeladen und danach mit dem $R = 1 \text{ M}\Omega$ entladen.
- Das Wandern des Leuchtpunkts auf dem Bildschirm wird beobachtet.
- Danach das **SINGLE (SGL)** aktivieren. Mit **RESET (RES)** Taste wird den Speicher gelöscht.
- Erneut die Entladung durchführen.
- Den zeitlichen Verlauf der Entladekurve messen: 10 t-y-Wertepaare aufnehmen und Raster-Linien, Cursors und Positions-Einstellungen bedienen.
- Ich notiere auch die Herstellerangaben für Widerstand und Kapazität und ihre Toleranzen.

2 Laborheft

Teilversuch 1



Frequenz am Funk.gene. = 30 kHz \rightarrow Frequenzzähler = 29,610 kHz
am oszi "Auto Set" gedrückt und am Funk.gen. eine Sinustörmige Signal ausgewählt.

- mit der y-Ablenkung taste ändert sich die Amplitude V .
 \curvearrowright $A \uparrow$ \curvearrowright $A \downarrow$
- mit der x-Ablenkung taste ändert sich die periode Δt .
 \curvearrowright $\Delta t \downarrow$ \curvearrowright $\Delta t \uparrow$

mit drehknopf Level kann man Nulllinie einstellen.

- Δt ist mit Hilfe von Cursor Linien (Senkrechte) zu bestimmen.
- ΔV " " " " (Waagerechte) " " "

mit Cursor taste kann ich die Cursor Linie in x-Achse verschieben.

wenn ich die I/II taste lange Drücke dann wechseln die waagerechte Cursor Linien zu senkrechte und umgekehrt.

\rightarrow taste $\frac{NM}{AT}$ Normiert den Signal.

Teilversuch 2

Multimeter Frequenz: 500 Hz bis 1 kHz 21. + 3

in diesem Bereich eine Frequenz am Funkgenerator einstellen \rightarrow (700 Hz \pm 1)

mit waagerechte Einstellung von Cursor Linie $\rightarrow \Delta V = 6,97 V$

$$\rightarrow \text{Amplitude} = \frac{\Delta V}{2} = 3,485$$

Effektiv Wert Multimeter = 2,448

Teilversuch 3

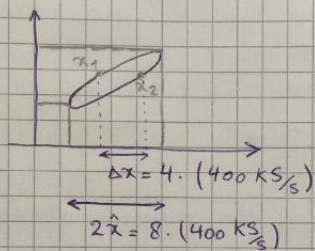
Die Schaltung aufgebaut.

Durch drehen von potmeter verschieb sich die untere Signal.

$$R \uparrow \Rightarrow \Delta \varphi \uparrow$$

a) $T = 1,51 \text{ ms}$ $\Delta t \approx 100 \mu\text{s}$

b)



Teilversuch 4

am Funk.generator rechteckige Signal ausgewählt.

Frequenz 60 Hz eingestellt.

$R \uparrow$ Amplitude \downarrow

$C \uparrow$ Amplitude \downarrow

Teilversuch 5

Zeit (ms)	40	100	160	240	320	560	920	400	310	120	Fehler
U (V)	5	4,5	4	3,5	3	2	1	2,5	3,2	4,4	± 40 ms
$\ln U$ (V)	1,61	1,50	1,39	1,25	1,10	0,69	0	0,92	1,16	1,48	$\pm 0,2$ V

jede Quadrat $x = 200$ ms ; $y = 1$ V

Hersteller:

$R = 1$ M braun schwarz schwarz gelb braun
 1 0 0 10⁴ $\pm 1\%$

$R = 10$ k Ω braun schwarz schwarz rot braun rot
 1 0 0 10² $\pm 1\%$ $50 \cdot 10^{-6} \text{ k}$

$C = 1$ μ FK63-L6

tastkopf 1x

3 Auswertung

3.1 Teilversuch 1

Die Form von einem Signal wird am Funktionsgenerator ausgewählt (Sinus- oder Rechteckförmig).

Mit "Intens" und "Focus" Taste, kann man Helligkeit und Schärfe des Schirmbildes einstellen.

Mit der Y-Ablenkung Taste ändert sich die Amplitudenskala. Eine Drehung im Uhrzeigersinn erhöht die Amplitudenskala und im gegen Uhrzeigersinn erniedrigt sie.

Mit der X-Ablenkung Taste ändert sich die Periodendauerskala. Eine Drehung im Uhrzeigersinn erniedrigt die Periodendauerskala und im gegen Uhrzeigersinn erhöht sie.

Mit Drehknopf "LEVEL" kann man die Nulllinie einstellen.

Wenn ich die I/II Taste lange drücke, dann wechseln die Waagerechte CURSOR Linien zu senkrechte und andersrum.

Mit CURSOR Taste kann ich die CURSOR Linien in X- oder Y-Achse verschieben.

Δt kann mit Hilfe von senkrechte CURSOR Linien bestimmt werden.

ΔV kann mit Hilfe von waagerechte CURSOR Linien bestimmt werden.

Mit Taste X-Position und Y-Position kann man den Signal in X- und Y-Achse verschieben.

Mit der Oszilloskop-Triggerfunktion können sich wiederholende Wellenformen gleichmäßig auf dem Bildschirm angezeigt werden (stehendes Bild). Der Trigger ermöglicht es der Zeitbasis, den Scan bei jeder Wiederholung der Wellenform an derselben Stelle zu starten. Diese kann man auch so einstellen, dass es bei einer positiven oder einer negativen Zeitablenkung anfängt.

3.2 Teilversuch 2

Mit Hilfe von Waagerechte CURSOR Linien habe ich die Amplitude am Oszi. bestimmt:

$$\Delta V = 6,97 \text{ [V]} \Rightarrow \text{Amplitude } \hat{U} = \frac{\Delta V}{2} = 3,485 \pm 0,400 \text{ [V]}$$

Die gemessene Effektivwert am Multimeter: $U'_{eff.} = 2,45 \pm 0,02 \text{ V}$.

Nach Gleichung 1.3 haben wir für die nach Amplitude berechnete Effektivwert:

$$U_{eff.} = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{U} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 3,485 = 2,464 \pm 0,2828 \text{ [V]} \approx 2,46 \pm 0,22$$

Wie es hier zu sehen ist stimmen die beide Effektivwerte ($U'_{eff.}$ und $U_{eff.}$) sehr gut überein.

3.3 Teilversuch 3

Vorzeichen die Phasenverschiebung zwischen Kanal I und Kanal II ist positive. Ich habe eine Phasenverschiebung (außer 0° , 90° , 180°) eingestellt. Jetzt möchte ich durch zwei Methoden berechnen, was es für eine Phasenverschiebung war.

a):

Periodendauer: $T = 1,51 \pm 0,1 [ms]$ und zwieschen die zwei Signale: $\Delta t \approx 100 [\mu s]$.

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 2\pi \frac{100 \cdot 10^{-6}}{1,51 \cdot 10^{-3}} = 0,416 \text{ Rad}$$

$$\Delta\phi = 0,416 \cdot \frac{180}{\pi} \approx 23,84^\circ$$

$$\delta\phi = \sqrt{(2\pi \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{10^3}{1,51})^2 \cdot 10^{-4}} \approx 0,004 \text{ Rad} = \pm 0,23^\circ$$

$$\Rightarrow \Delta\phi = 23,84^\circ \pm 0,23^\circ$$

b):

$2\hat{x} = 8,0 \pm 0,1 [400KS/s]$ und $|\Delta x| = 4,0 \pm 0,1 [400KS/s]$

$$\sin\phi = \pm \frac{|\Delta x|}{2\hat{x}} = \pm \frac{4}{8} = \pm \frac{1}{2} = \pm 0,5 \text{ Rad} \Rightarrow \phi = 28,65^\circ \text{ oder } \phi = 151,35^\circ$$

$$\delta\phi = \sqrt{(\frac{0,1}{8})^2 + (\frac{0,1}{16})^2} \approx 0,014 \text{ Rad} = \pm 0,80^\circ$$

Die Neigung von der Ellipse war von oben Recht nach unten Links. Also nehme ich $\Delta\phi = 28,65^\circ \pm 0,80^\circ$.

Die beide Ergebnisse von Teil a und b passen gut zusammen. Der kleine Unterschied liegt wahrscheinlich daran, dass ich bei ablesen von Δt , Δx und $2\hat{x}$ am Oszilloskop kleine Messfehler hatte. Zum Beispiel die Genauigkeit von Δt war höchstens nur $100 \mu s$. Deswegen könnte es zu einige kleine Fehler kommen.

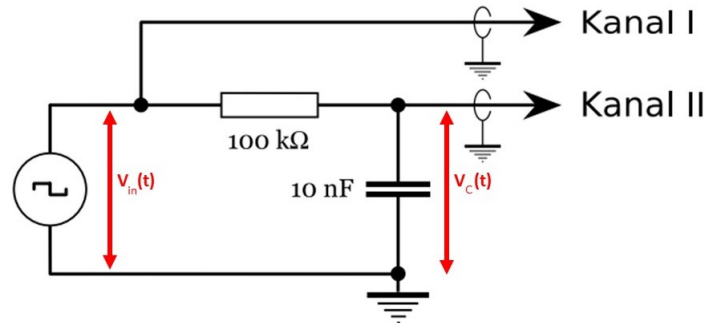


Figure 11: Auswertung Teilversuch 4

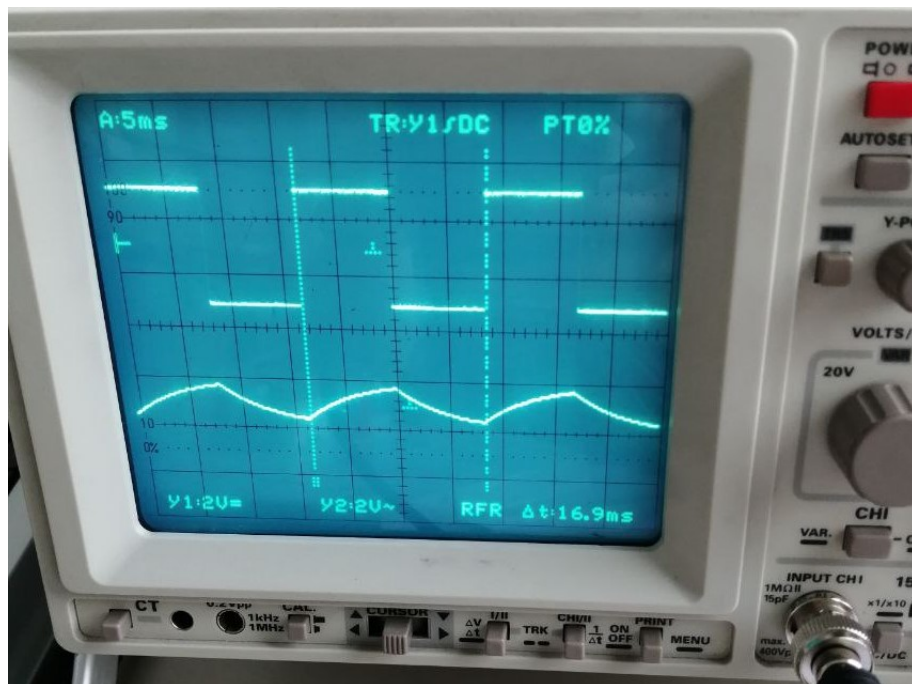


Figure 12: Untere Signal ist vom Kanal II mit große Widerstand R am Potentiometer.

3.4 Teilversuch 4

Wie es auch im Figure 11 zu sehen ist, Kanal I zeigt uns die Spannungsdifferenz für den Funktionsgenerator ($V_{in}(t)$) und Kanal II zeigt die Spannungsdifferenz für den Kondensator ($V_C(t)$).

Wenn der Widerstand $R = 0$ ist, haben wir $V_{in}(t) = V_C(t)$ und die beide Signale werden sehr ähnlich mit gleicher Amplitude. Wenn wir den Widerstand erhöhen (oder auch den Kondensator verdoppeln), erhöht sich die Multiplikation von RC . Dies führt dazu, dass die Auflade und Entlade Vorgang von dem Kondensator langsamer wird (kleinere Steigung). Das heißt der Kondensator hat nicht genug Zeit um sich selbst vollständig aufladen oder entladen (Siehe Gleichungen 1.8 und 1.10). Deswegen haben wir bei größerer R und größerer C , kleinere Amplituden U_C (Siehe Figure 12).

3.5 Teilversuch 5

Meine Messpunkte:

Zeit (ms)	40	100	160	240	320	560	920	400	310	120
$U(V)$	5	4,5	4	3,5	3	2	1	2,5	3,2	4,4
$\ln U$	1,61	1,50	1,39	1,25	1,10	0,69	0	0,92	1,16	1,48

Ich zeichne eine optimale Gerade für meine Daten (Siehe Figure 13).

Jetzt bestimme ich die Steigung:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1,25 - 1,61}{240 - 40} = -1,8 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{ms} \right] = -1,8 [1/s]$$

Fehler von der Steigung:

$$\delta m = \left[\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2 \right]^{1/2} = 0,06 [1/s]$$

$$m = -1,8 \pm 0,06 [1/s]$$

Außerdem ich habe die Steigung mit Python auch gefunden; es ist nämlich $m = -0.00182768 \left[\frac{1}{ms} \right]$.

Nach Gleichung 1.10 haben wir:

$$V(t) = V_0 \cdot \exp\left(\frac{-\Delta t}{RC}\right) \Rightarrow \ln\left(\frac{V(t)}{V_0}\right) = \frac{-\Delta t}{RC} \Rightarrow \frac{\ln V(t) - \ln V_0}{t - t_0} = \frac{-1}{RC}$$

Das Term $\frac{\ln V(t) - \ln V_0}{t - t_0}$ ist die Steigung, die wir vorher berechnet haben. Also:

$$\tau_C = RC = \frac{1}{1,8 \cdot 10^{-3}} = 0,55 \cdot 10^3 [ms]$$

Fehler von tau:

$$\delta\tau_C = \sqrt{\left(\frac{d\tau_C}{dm}\right)^2 \cdot \delta m^2} = \sqrt{\left(\frac{-1}{m}\right)^2 \cdot 0,06^2} \approx 0,02 [s]$$

$$\Rightarrow \tau_C = 0,55 \pm 0,02 [s]$$

τ_C kann auch aus den Herstellerangaben von Tastkopf, R und C berechnet werden:
 $R = 10^6 \pm 10^4 \Omega$ und $C = 10^{-6} \pm 10^{-7} F$, $R_{TK} = 1 M\Omega$ und $C_{TK} = 50 pF$

$$R_{ges} = \frac{10^{12}}{2 \cdot 10^6} = 0,5 \cdot 10^6 [\Omega]$$

$$C_{ges} = 10^{-6} + 50 \cdot 10^{-12} = 1,00005 \cdot 10^{-6} [F]$$

$$\tau'_C = R_{ges} C_{ges} \approx 0,50 [s]$$

$$\delta\tau'_C = \sqrt{\left(\frac{d\tau'_C}{dR}\right)^2 \cdot (\delta R)^2 + \left(\frac{d\tau'_C}{dC}\right)^2 \cdot (\delta C)^2} = \sqrt{(1,00005 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4)^2 + (0,5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-7})^2} \approx 0,03s$$

$$\Rightarrow \tau'_C = 0,50 \pm 0,03 [s]$$

Jetzt vergleiche ich die beide Werte τ'_C und τ_C mit einander. Diese beide Werte stimmen gut mit einander überein. Der Grund für den kleinen Unterschied ist:

1. Die Drähte, die wir in der Schaltung benutzt haben sind eigentlich nicht ideal. Im theorie nehmen wir an, dass der Widerstand im Draht null ist aber in Realität haben diese Drähte selber auch einen Widerstand. Also deswegen kann diese einen Grund für dieses Differenz zwischen diese beide Werte sein.
2. Jede Kondensator verliert am Anfang des Entlade-Vorgang eine Menge Energie (manchmal im Form von Wärme oder sogar Blitz). Deswegen dauert die Relaxionszeit im Realität etwa weniger als in der Theorie. Daher ist die Gleichung 1.10 nicht sehr genau für die Experimentelle Methoden.

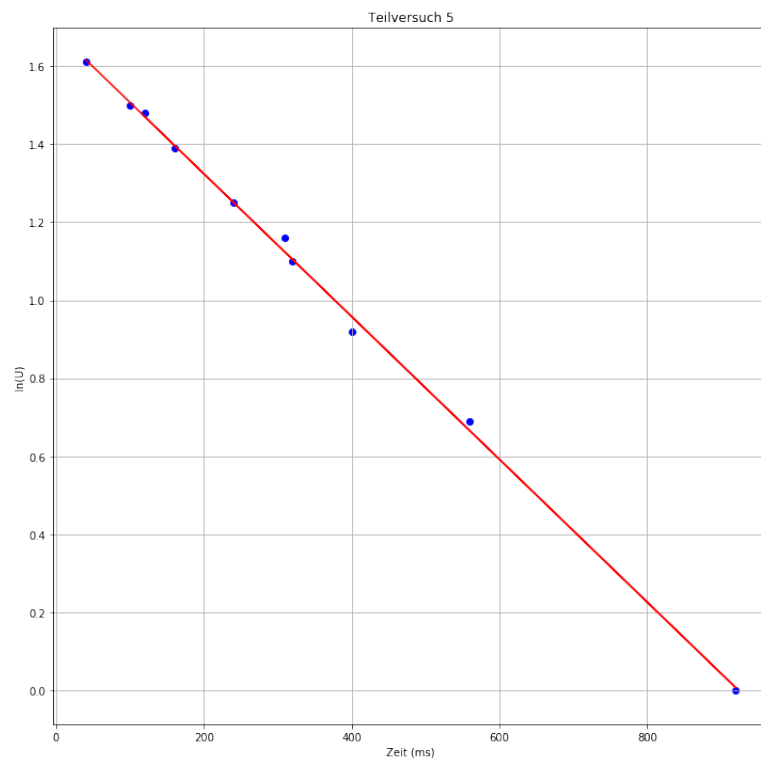


Figure 13: Auswertung von Teilversuch 5. Hier ist $\ln(U)$ in Volt gegen die Zeit in ms aufgetragen worden. (Plot mit Hilfe von Python)