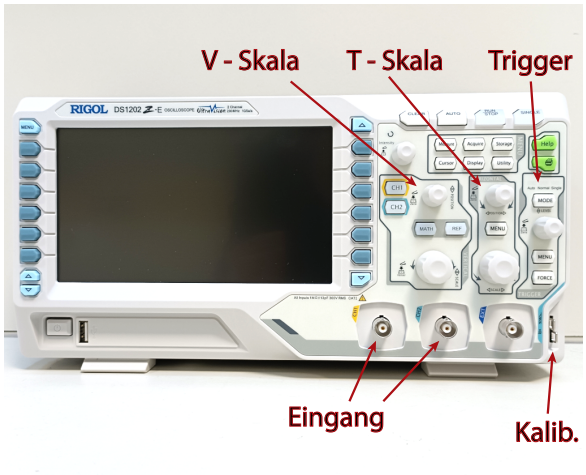
GP1 Versuch 8:

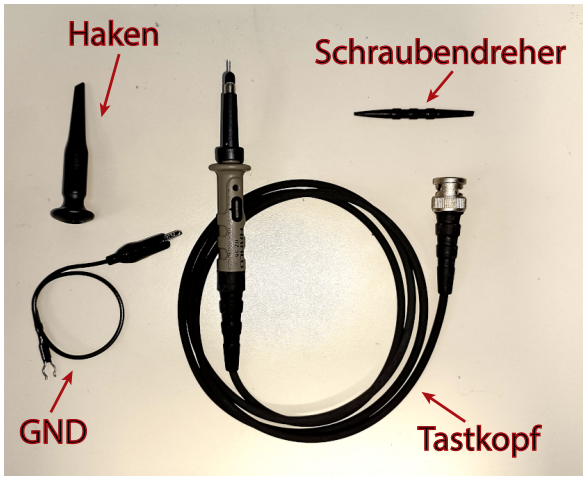
Oszilloskop

Lehrkräfte des Institutes für Experimentalphysik,
Universität Innsbruck

Version: 12.01.2023



(a)



(b)

Abbildung 1: (a) zeigt die Bedienfläche des Oszilloskops. Die BNC-Steckverbinder für die beiden Eingangskanäle befinden sich an der unteren Kante. Rechts davon befindet sich das Referenzsignal, welches in Aufgabe 1 verwendet werden soll. In (b) ist der Tastkopf zu sehen.

*Aufgrund der begrenzten Anzahl von Oszilloskopen koppeln Sie bitte in Gruppen von **zwei** Personen.*

Oszilloskope sind essenzielle Messgeräte und ermöglichen die Aufzeichnung zeitlich variabler Spannungsverläufe. Sie werden sehr oft in Kombination mit anderen Messgeräten eingesetzt, die physikalische Größen in ein entsprechendes Spannungssignal umwandeln. Im Versuch wird ein digitales Speicheroszilloskop (DSO) verwendet, welches das Exportieren der aufgenommenen Daten zur Weiterverarbeitung ermöglicht. Die grundlegende Verwendung soll anhand der nachfolgenden Aufgaben erlernt werden. Abbildung 1(a) zeigt ein solches Oszilloskop, welches denen ähnlich oder gleich ist, die im Versuch benutzt werden. In diesem Versuch machen Sie sich mit einem Oszilloskop vertraut und verwenden es, um Daten zu erfassen, die analysiert werden sollen, um das Ergebnis Ihres Experiments darzustellen.

In diesem Versuch liegt ein zweiter Fokus auf der Auswertung der Daten, d.h. alle Messungen sollen letztlich als CSV-Datei vorliegen und mit einem Programm (Skript) analysiert werden. Es werden zwei Template-Dateien in Form eines Python- und eines Matlab-Skriptes zur Verfügung gestellt, welche zur Auswertung modifiziert werden sollen. Ihr modifiziertes Skript soll die gesamte Datenanalyse durchführen, ausgehend von den während des Versuchs erfassten Daten bis zu den Endergebnissen. Dies ist eine in der Experimentalphysik häufig angewandte Analysestrategie, um die Reproduzierbarkeit der gesamten Messkette sicherzustellen. Ob Python oder Matlab verwendet wird, kann selbst entschieden werden.

Für den Versuch wird ein **FAT32 formatierter USB-Stick benötigt**, um die Daten vom Oszilloskop zu transferieren. Es empfiehlt sich einen Laptop mitzunehmen, um die Dateien zu überprüfen und um diese dort

umbenennen zu können. **Vorsicht: Wenn Sie einen USB-Stick neu formatieren, gehen alle Daten, die sich darauf befinden, verloren!** Falls sie einen USB-Stick neu formatieren, sollte auch auf die Art der verwendeten Partitionstabelle geachtet werden. Das Oszilloskop benötigt `msdos` und dies sollte der Standard für USB-Sticks sein.

Aufgabe A: Erfassen eines Signals

Um sich mit dem Gerät vertraut zu machen, soll zuerst ein einfaches Signal mithilfe des Oszilloskops dargestellt werden. Das Oszilloskop selbst generiert ein Referenzsignal, das dazu verwendet werden kann um die Tastköpfe zu kalibrieren.

Setup. Die erste Aufgabe ist es, dieses zu messen. Dazu wird der Tastkopf (Abb. 1 (b)) an den Klemmen des internen Generators angeschlossen. Diese befinden sich in der unteren rechten Ecke der Bedienoberfläche. Betätigen Sie nun den 'Auto' Knopf und es sollte die Wellenform vor einem Gitter zu sehen sein. Jede vertikale und horizontale Unterteilung entspricht dabei einer gewissen Spannung und Zeit. Dies wird in V/div bzw. s/div angegeben, wobei eine 'Division' (div) einer Unterteilung entspricht. Diese Skalen können mithilfe der Drehregler verstellt werden. Optimieren Sie nun die Anzeige, sodass eine Periode gut sichtbar ist. Die Änderungen beziehen sich auf den aktuell ausgewählten Kanal, welcher mit der zugehörigen Taste ausgewählt oder deaktiviert wird. Mithilfe der Schraube seitlich des Tastkopfs soll dieser nun kalibriert werden. Das ist dann der Fall, wenn das Referenzsignal als Rechtecksignal mit rechten Winkeln dargestellt wird. Durch erneutes drücken der 'Autoset'-Taste kann zu einem definierten Zustand des Oszilloskops zurückgekehrt werden.

Speichern Sie nun das Signal auf den USB-Stick. Beim Einstecken sollte eine Meldung am Bildschirm erscheinen. Falls er nicht erkannt wird oder eine Fehlermeldung erscheint sollte das Format und die Partitionstabelle, wie im Einleitungstext erwähnt, nochmal überprüft werden. Die Option zum Exportieren befindet sich im Menü Storage. Das Dateiformat kann im ersten, gleich benannten, Untermenü angepasst werden: Storage > CSV. Als Nächstes sollte darauf geachtet werden, dass der richtige Kanal ausgewählt ist. Eine Option erlaubt Ihnen entweder das Signal im Bildbereich, oder den gesamten Signalbuffer (`memory`) zu speichern. Letzteres beansprucht wesentlich mehr Zeit beim Speichern und ist nicht notwendig. Beim letztlichen Abspeichern muss der Stick ausgewählt werden und optional noch in einen gewünschten Ordner navigiert werden. Die Auswahl erfolgt mithilfe des Drehreglers an der oberen linken Ecke und wird mit dessen Drücken bestätigt. Es empfiehlt sich am PC die generierte Datei zu überprüfen und dort umzubenennen.

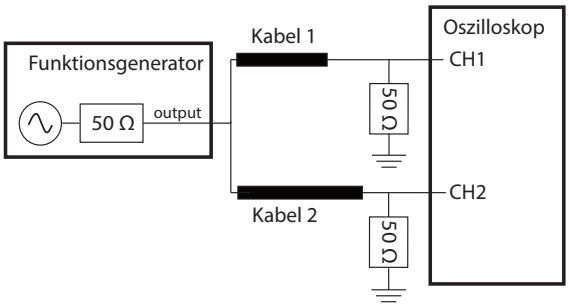
Auswertung. Anhand der exportierten Daten soll dann in der Auswertung die Amplitude und die Frequenz extrahiert werden. Geben Sie die physikalischen Größen mit Unsicherheiten.

Aufgaben

A.1 Kalibrieren Sie nun die Tastköpfe.
A.2 Messen & plotten Sie das Kalibrationssignal. **1 Pkt.**
A.3 Ermitteln Sie die Amplitude aus dem Datensatz. **1 Pkt.**
A.4 Ermitteln Sie die Frequenz aus dem Datensatz. **1 Pkt.**

Aufgabe B: Messen der Signalgeschwindigkeit

(a)



(b)

Abbildung 2: (a) zeigt die Bedienfläche des Funktionsgenerators. Der BNC-Steckverbinder des Ausgangs ('Output') muss mithilfe des Buttons 'Channel' aktiviert werden. (b) zeigt die für diesen Aufgabenteil verwendete Schaltung. Die Begriffe 'CH1' und 'CH2' stehen für die zwei Kanäle des Oszilloskops.

In dieser Aufgabe soll die Signalgeschwindigkeit in Koaxialkabeln bestimmt werden. Dazu wird nun ein Funktionsgenerator (FG) verwendet und der Ausgang wird mit zwei unterschiedlich langen Kabeln an die beiden Kanäle des Oszilloskops angeschlossen, wie in Abbildung 2 (b) dargestellt. Ignorieren Sie jedoch noch die beiden Widerstände. Mithilfe eines T-Stücks kann das Ausgangssignal des Generators geteilt werden.

Stellen Sie nun ein Rechtecksignal mit einer Frequenz von 1 kHz und einer Amplitude von 1 V beim Funktionsgenerator ein. Mithilfe des Channel-Buttons wird der Ausgang aktiviert. Achten Sie darauf, bei Änderungen der Schaltung das Ausgangssignal wieder zu deaktivieren. Messen Sie eine Flanke der Signale mit einer Skala von 10-100 ns/div. Wenn Sie nun beide Signale am DSO betrachten, ist ein Überschwingen zu sehen.

Um das tatsächlich eingespeiste Signal zu erhalten, muss die Leitung richtig terminiert werden. Hierfür stellen Sie zuerst am FG eine Impedanz von 50 Ω ein. Diese Einstellung befindet sich im Menü Utility > Load > 50 Ohm. Danach müssen noch die Enden am Oszilloskop terminiert werden. Das geschieht mithilfe eines weiteren T-Stücks und einem 50 Ω Abschlusswiderstand. Wird die Leitung nicht abgeschlossen, wird das Signal am Übergang zum hochohmigen Oszilloskop teilweise reflektiert. Dieses Echo des Signals verfälscht damit die Messung.

Um die Signalgeschwindigkeit messen zu können, sollte nun auf ein Rechteck-Signal umgestellt werden. Die Verzögerung zwischen den Signalen sollte nun sichtbar sein. Exportieren Sie die Daten und ermitteln Sie in der Auswertung mithilfe der Verzögerung und den Längen der Leitungen die Signalgeschwindigkeit.

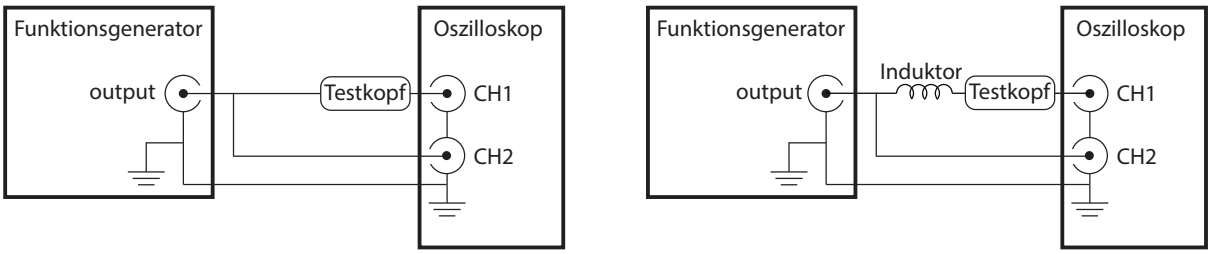
Aufgaben

B.1 Messen Sie die Längen der verwendeten Koaxialkabeln. **0.5 Pkt.**
B.2 Messen & plotten Sie die beiden Signale. **1 Pkt.**
B.3 Bestimmen Sie die zeitliche Verzögerung zwischen den beiden Kanälen. **0.5 Pkt.**
B.4 Ermitteln Sie dadurch die Signalgeschwindigkeit. **1 Pkt.**

Hinweise

- Das akustische Feedback des Funktionsgenerators kann im Menü Utility > System > Beep > Off ausgestellt werden.
- Um sicher zu gehen, dass beide Kanäle vorhanden sind, können die CSV-Dateien mit einem Texteditor geöffnet werden.
- Achten Sie auf korrekten Kontakt des Kabels.

Aufgabe C: Charakterisierung und Resonanz



(a) (b)

Abbildung 3: (a) zeigt den Testaufbau, mit dem die Funktionsgeneratoreinstellungen überprüft werden sollen. In (b) ist die zu analysierende Schaltung zu sehen.

In diesem Versuchsteil soll ein Schwingkreis charakterisiert werden.

> Da sich die Energie, und damit die Spannung, bei Resonanz stark erhöht, sollen folgende Sicherheitsmaßnahmen vorgenommen werden, um die Geräte nicht zu beschädigen:

- Am Funktionsgenerator soll eine geringe Amplitude von 0.2 V (Rechteck) eingestellt werden.
- Es ist weiterhin darauf zu achten, den Ausgang des Generators deaktiviert zu lassen, solange das Setup verändert wird.

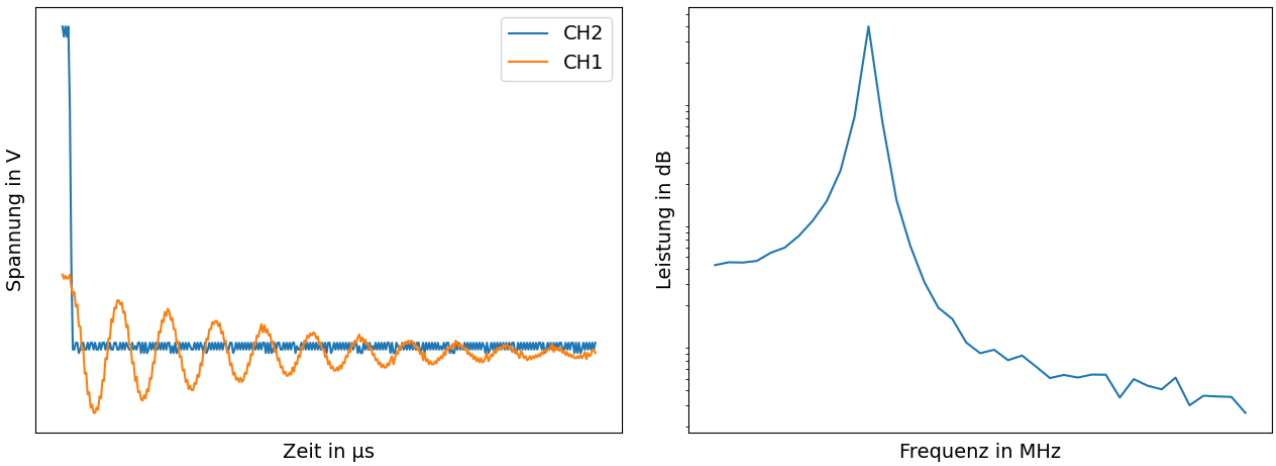
Einerseits soll weiterhin die Eingangsspannung beobachtet werden. Die Verbindung zum ersten Kanal sollte jedoch nun erneut über den Tastkopf erfolgen. Die erste Aufgabe ist es, Abbildung 3 (a) zu rekonstruieren und mithilfe des Oszilloskops die korrekte Konfiguration des FG's zu bestätigen. Dann kann die eigentliche Schaltung 3(b) realisiert werden. Diese besteht aus einem diskreten Bauteil. Für einen Schwingkreis wird jedoch auch eine kapazitive Komponente benötigt. In dieser Testschaltung kommt diese durch parasitäre Kapazitäten, welche normalerweise unerwünscht sind.

Impulsantwort des Systems

Eine Möglichkeit, ein passives System zu charakterisieren, beruht auf der Impulsantwort. Da in einem theoretisch unendlich schmalen Puls alle Frequenzen enthalten sind, kann die komplette Übertragungsfunktion erhalten werden. Im Experiment soll nun eine fallende Flanke eines Rechtecksignals verwendet werden und die Antwort als CSV-Datei aufgezeichnet werden. Hierfür wird der Funktionsgenerator auf eine niedrige Frequenz gestellt, sodass die ganze Antwort innerhalb einer halben Periode aufgenommen werden kann. Die Spannung soll zwischen V_{max} und 0 V wechseln, so dass die fallende Flanke bei 0 V endet. Abbildung 4 (a) zeigt schematisch die erwarteten Signale und die Übertragungsfunktion.

Das Oszilloskop zeichnet permanent die Messdaten auf. Der Trigger gibt den Startpunkt zum Aufzeichnen an und stellt dann die Daten eine gewisse Zeit vor und nach dem Trigger-Event dar. Die Zeiten und die Art des Events kann in den zugehörigen Menüs, wie in Abbildung 1 markiert, adjustiert werden. Standardmäßig wird eine Schwellspannung verwendet, bei dessen Überschreitung aufgezeichnet wird. In diesem Fall ist es sinnvoll auf eine fallende Flanke des Eingangssignales zu triggern. Es muss dementsprechend der richtige Kanal und die Bedingung eingestellt werden. Falls die Signale nicht stabil dargestellt werden, kann der Pegel mithilfe des Drehreglers entsprechend angepasst werden.

Wird nun der Teiler des Tastkopfes verändert, führt dies zu einer geänderten Charakteristik des Systems. Damit während des Umstellens der Kontakt nicht verloren geht, sollte der FG-Ausgang temporär ausgestellt werden. Für diese Konfiguration soll ebenfalls ein Datensatz aufgenommen werden.



(a) (b)

Abbildung 4: (a) zeigt schematisch die fallende Flanke des Eingangssignals (blau) und die Impulsantwort des Schwingkreises (orange). Die Fouriertransformation des Ausgangs ist in (b) dargestellt.

In der Auswertung soll dann die Resonanzfrequenz mithilfe des Spektrums, der Übertragungsfunktion sowie die Güte Q bestimmt werden. Ein mögliches Spektrum ist in Abb. 4(b) dargestellt. Die Güte kann daraus ebenfalls abgeleitet werden:

$$Q = \frac{f_0}{\mathrm{FWHM}}. \tag{1}$$

mit der Resonanzfrequenz f_0 und der Halbwertsbreite FWHM. Des Weiteren sollen die experimentellen Ergebnisse mit der Theorie verglichen werden: Dazu soll die Übertragungsfunktion analytisch hergeleitet werden. Die Resonanz entspricht einer Lorentzkurve, die wie folgt aussieht:

$$f(\omega) = \frac{A}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + \gamma\omega_0^2}\,, \tag{2}$$

$$\mathrm{FWHM} = \sqrt{\omega_0^2 + \gamma\omega_0} - \sqrt{\omega_0^2 - \gamma\omega_0}\,, \tag{3}$$

mit der Resonanzfrequenz ω_0 und der Breite γ. Die beiden Fitparameter können dann genutzt werden, um die Halbwertsbreite FWHM zu erhalten.

Spannungsüberhöhung bei Resonanz

Für diesen Versuchsteil soll noch ein Rechteck-Signal verwendet werden (Amplitude 0.2 V). Die Frequenz am Generator wird nun variiert und die Amplitude am Ausgang beobachtet. Nahe der Resonanz nimmt die Amplitude zu. Es sollen nun die drei höchsten Resonanzen gefunden werden und jeweils die Frequenzen und Amplituden notiert werden. Warum sieht man mehrere Resonanzen? Erstellen Sie einen Plot der die Spannungsverhältnisse bezüglich der höchsten Resonanz gegen die Frequenz und überlagern Sie diesen mit der Übertragungsfunktion von der vorherigen Aufgabe.

Aufgaben

C.1 Stellen Sie sicher, dass alle Sicherheitsvorkehrungen während der Übung eingehalten werden.
C.2 Messen & plotten Sie die Impulsantwort des Systems für eine Konfigurationen des Tastkopfes. **0.5 Pkt.**
C.3 Ermitteln & plotten Sie das Spektrum der Impulsantwort. **0.5 Pkt.**
C.4 Ermitteln Sie die Resonanzfrequenz und die Güte Q aus dem Spektrum. **1.0 Pkt.**
C.5 Ermitteln Sie die Resonanzfrequenz und plotten Sie die Spannungsverhältnisse gegen die Frequenz der Resonanz. **2 Pkt.**

Hinweise

- Sie können das Steckbrett verwenden, um Ihren Stromkreis anzuschließen.

Zusätzliche Informationen

- Der Eingangswiderstand eines Kanals liegt bei 1 MΩ.
- Die elektrische Masse des Oszilloskops ist geerdet. Im Versuch werden nur schwebende Signale beobachtet, das bedeutet, es können alle Spannungen mit beliebigem Bezugspunkt beobachtet werden. Ansonsten muss darauf geachtet werden, dass kein Kurzschluss über andere Verbindungen zur Erde (z.B. andere Geräte) zustande kommt.

Datenauswertung - Abzugebende Dokumente

Im Ordner des Versuchs finden Sie das Skript "data_analysis_Oscilloscope.m" (Matlab) und das Skript "data_analysis_oscilloscope.py" (Python). Modifizieren Sie nur eines davon. Jedes Skript produziert bereits Beispiele für alle Dokumente die abzugeben sind. Die Liste der Dokumente ist

- Die Rohdaten.
- Ihr modifiziertes Skript, dass die Rohdaten analysiert.
- "exercise_A_results.txt"
- "exerciseA2_plot.pdf"
- "exercise_B_results.txt"
- "exerciseB2_plot.pdf"
- "exercise_C_results.txt"
- "exerciseC2_plot.pdf"
- "exerciseC3_plot.pdf"
- "exerciseC5_plot.pdf"

Hinweise für Berichte

VORSICHT! Diese Hinweise sind nur für diejenigen, die die Berichte für den Versuch schreiben müssen.

Hier haben Sie einigen Fragen, die nützlich sein können, um in die physikalischen Probleme dieses Versuchs einzuführen. Verwenden Sie die Fragen als Inspiration, um Ihrem Bericht eine Struktur zu geben.

- (Aufgabe B). Wie groß ist die Signalgeschwindigkeit im Kabel im Vergleich zu der Geschwindigkeit des Lichts? Und im Vergleich zu einem Literaturwert?
- (Aufgabe C). Wo finden Resonanzschaltungen Anwendung? (Verstärkung - Filter)
- (Aufgabe C). Was ist die Fouriertransformation eines Rechteck-Signals? Welche Beziehung haben die in Aufgabe C.5 gemessenen Koeffizienten zur die Fouriertransformation des Rechteck-Signals?

History of changes

Academic year: 2022-2023
authors: Mr. David Bänsch, Dr. Giovanni Cerchiari, Dr. Fabio Zappa