

Versuch 25: Die Funktionsweise und der Umgang mit einem Oszilloskop

Yago Obispo Gerster

1. März 2024

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	i
1.1	Physikalische Grundlagen	ii
1.1.1	Analog vs. digital	ii
1.1.2	Limitierungen	ii
1.1.3	Bedienung digitales Oszilloskop	iii
1.2	Pulsweitenmodulation	iv
2	Messprotokoll	iv
2.1	Aufbau	iv
3	Auswertung	xi
3.1	Fehlerabschätzung	xi
3.2	Untersuchung unterschiedlicher Signale	xi
3.3	Darstellung des grössten Wellenpakets	xiv
3.4	Schwebung	xv
3.5	Pulsweitenmodulation	xvi
3.6	Berechnung der Länge eines Kabels	xvi
4	Zusammenfassung	xvii

1 Einleitung und Motivation

In diesem Versuch geht es nicht um die möglichst genaue Bestimmung einer Naturkonstanten, sondern darum uns mit dem Umgang mit einem Oszilloskop vertraut zu machen. Ein Oszilloskop kann die zeitliche Änderung eines elektrischen Signals in Echtzeit messen und grafisch darstellen. Somit eignet es sich vor allem zur genaueren Untersuchung von Signalen. Nachdem wir uns mit der Funktionsweise vertraut gemacht haben, wollen wir die Periodendauer und Amplitude von verschiedenen Signalformen messen und für ein periodisch exponentielles Signal die Halbwertszeit bestimmen.

1.1 Physikalische Grundlagen

1.1.1 Analog vs. digital

Früher verwendete man vor allem analoge Oszilloskope (Kathodenstrahlrohre). Bei diesen steuert das angelegte Signal einen Elektronenstrahl, der auf einem Fluoreszenzschirm ein kontinuierliches Bild zeichnet. Der Elektronenstrahl wird dabei durch zwei Plattenkondensatoren abgelenkt. Der eine sorgt durch das Anlegen einer elektrischen Spannung an den Kondensator für eine Bewegung in horizontaler und der andere in vertikaler Richtung. So kann jeder Punkt auf dem Schirm durch den Elektronenstrahl erreicht werden.

Der Vorteil bei analogen Oszilloskopen liegt darin, dass diese eine sehr genaue Amplitudenauflösung erreichen können, da sie kontinuierlich das Signal angeben. Der Nachteil ist jedoch, dass bei den meisten analogen Oszilloskopen das Signal nicht zwischengespeichert werden und später nochmal angezeigt werden kann (einige wenige analoge haben zwar diese Möglichkeit, die Speicherung ist jedoch nicht mit der Qualität der Speicherung bei moderneren Geräten vergleichbar). Insbesondere können also schwer Berechnungen mit den Signalen durchgeführt werden. Als Lösung wurde das digitale Oszilloskop entwickelt. Bei diesem wird

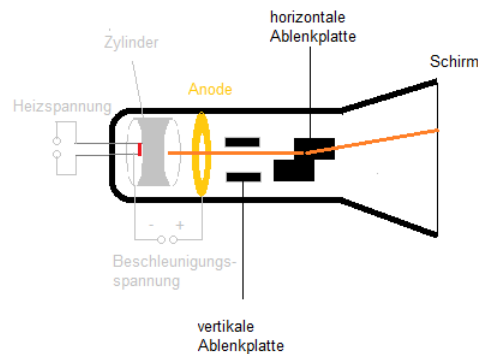


Abbildung 1: Aufbau eines Kathodenstrahlrohrs (Analog)

in festen Zeitabschnitten der aktuelle Spannungswert gemessen und in einem Speicher abgelegt. Das heisst, es werden im Gegensatz zum analogen, nur diskrete Werte gespeichert, durch die man dann später näherungsweise (jedoch sehr gute Näherung aufgrund der hohen Anzahl an Speicherungen) das Signal durch Interpolation durchzeichnet (siehe dafür Abbildung 2). Der grosse Vorteil liegt darin, dass man viel einfacher mit dem Signal arbeiten, es reproduzieren und seine charakteristischen Grössen wie Periodendauer, Phasenverschiebung, Effektivwert und Amplitude bestimmen kann.

1.1.2 Limitierungen

Nun mag man vielleicht denken:

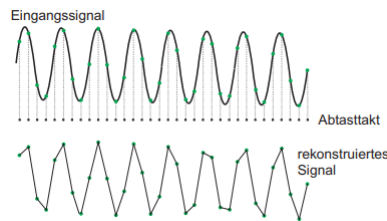


Abbildung 2: Rekonstruktion eines Signals mit dem Oszilloskop

Desto grösser die Samplerate, d.h. die Anzahl an Zwischenspeicherung, umso schärfer wird unser rekonstruiertes Bild.

Dies stimmt, geht aber gleichzeitig mit dem Problem eines beschränkten Speichers einher, bei unserem Oszilloskop entsprechend 2500 Messungen. Eine hohe Samplerate verkürzt also die Aufzeichnungszeit.

Ausserdem ist die *Bandbreite* ein limitierender Faktor. Es können nicht beliebig hohe Frequenzen vom Oszilloskop aufbereitet werden, ohne das dabei ein Fehler entsteht. Die Bandbreite ist dann per Definition die Frequenz, bei welcher ein Signal auf 71% seiner Anfangsintensität abgeschwächt wird. Sie entsteht automatisch bei der elektronischen Aufbereitung des Signals. Das Oszilloskop im heutigen Versuch hat eine Bandbreite von 70MHz .

1.1.3 Bedienung digitales Oszilloskop

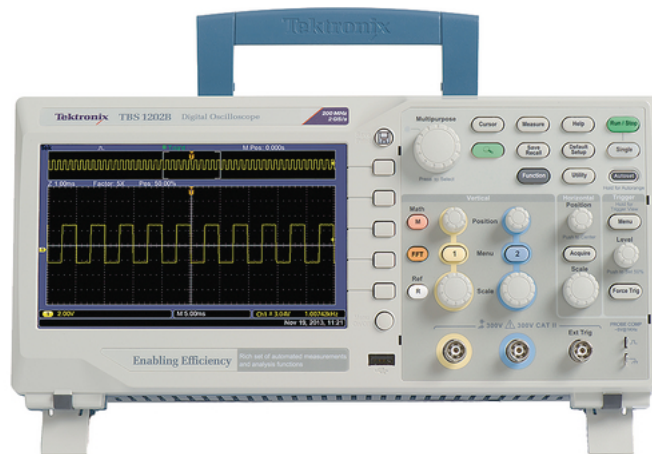


Abbildung 3: Foto des verwendeten Oszilloskops

Zur Bedienung eines digitalen Oszilloskops sind vor allem drei Teile von grosser Bedeutung.

Eine wichtige Komponente ist der Input, welcher über zwei Kanäle verfügt, sodass zwei Signale gleichzeitig gemessen und dargestellt werden können. Diese werden jeweils mit **1** oder **2** eingeschaltet bzw. ausgeschaltet.

Die zweite wichtige Komponente ist die Bildschirmanzeige an der die Signale dargestellt werden.

Die dritte Komponente ist die interaktive Fläche, in der mehrere Taster und Drehrädchen die Einstellung des Signals manipulieren können. Mit **Kopplung** kann angegeben werden, ob man sich für den AC oder DC-Teil (Wechselspannung oder Gleich- und Wechselspannung) interessiert. Mit **Erde** wird eine Referenzspannung auf 0V eingestellt. Hilfreich ist auch die **MEASURE** Funktion, welche wichtige Grössen liefert, wie z.B. die Spitze-Spitze Spannung, also die Spannung zwischen einem positiven und negativen Spitzenwert einer Periodendauer.

Die Funktion **TRIGGER** ist bei der Analyse von periodischen Signalen besonders vorteilhaft. Daher das ein oszilloskop Signale in Echtzeit misst, entsteht auf dem Bildschirm ein inkohärentes, springendes Signal. Mit **TRIGGER** wird eine gemessene Signalspannung nur angezeigt wenn diese eine einstellbare Grenze erreicht. Diesen Prozess bezeichnet man als *Triggerung*.

1.2 Pulsweitenmodulation

Eine LED kann leicht mit dem Verfahren der Pulsweitenmodulation (PWM) gedimmt werden. Anstatt die LED über die Höhe der Betriebsspannung zu steuern, wird per Pulsweitenmodulation die Spannung für kurze Zeiten ausgeschaltet. Das Verhältnis zwischen der eingeschalteten und ausgeschalteten Zeit der Spannung liefert die gewünschte Effektivspannung. Dabei gilt für den Mittelwert einer pulsweitenmodulierten Spannung U_M und den Effektivwert U_{eff} :

$$U_M = U_0 \frac{t}{T} \quad (1)$$

$$U_{eff} = U_0 \sqrt{\frac{t}{T}} \quad (2)$$

Wobei U_0 die Impulsspannung, t die Pulsdauer und T die Periodendauer ist.

2 Messprotokoll

2.1 Aufbau

Für den Versuch werden folgende Geräte benötigt:

1. Digitales Oszilloskop TBS1072B
2. Funktionsgenerator

3. Signalgenerator
4. Kabel (von dem die Länge bestimmt werden soll)
5. regulierbare Widerstand
6. Phasenschieber

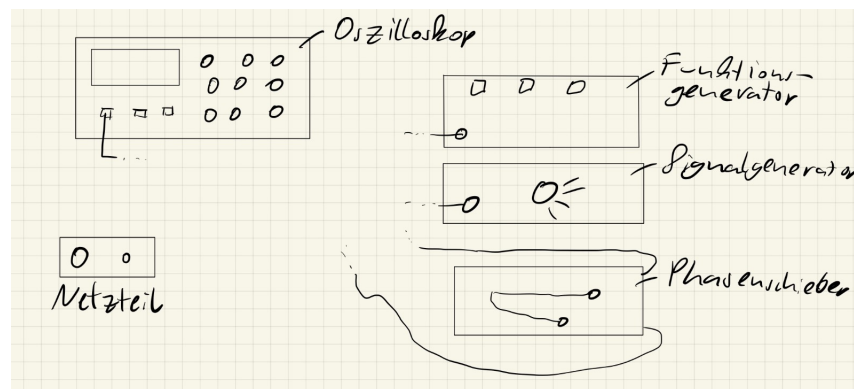


Abbildung 4: Versuchsaufbau

Messprotokoll: Versuch 25

07.09.2023

09:20

Juan Bueno Fontanilla

Yago Olimpio Gerster

1 | Bedienung des Oszilloskops

↳ Wir schalten den Oszilloskop an und schließen den Funktionsgenerator an Kanal 1 an.

Bei Dämpfung haben wir 1x Spannung.
Die Scale-Taste steuert die Anzeige in y-Richtung (vertikal), in x-Richtung. (horizontal.)

Eine Änderung des Trigger-Level verschiebt die Funktion in x-Richtung.

↓
Beim Automodus wird das ungetriggerte Signal angezeigt.

Beim Normalmodus wird ~~das~~ das zuletzt getriggerte Signal angezeigt, wenn man oberhalb bzw. unterhalb der Signalgrenzen die Triggerung schließt.

2 | Jetzt wird Ausgang 2 des Signalgenerators am Kanal 1 des Oszilloskops angeschlossen.

Mit den Tasten wechseln wir zwischen den Signalen.

Wir ~~den~~ setzen das Oszilloskop auf Radus Erde und setzen somit die 0-Lage auf die Nulllinie.

Dann wechseln wir zu DC. ~~und triggeren ein Signal~~ ~~1. e~~

Bei allen Signalen führen wir eine Triggerung durch, (im Normalmodus), und stellen die Scale so, dass das Signal in y-Richtung fast den gesamten Feld Bildschirm ausfüllt.

Wir messen folgende Werte:

Signal	T (Per. dau.) in ms	f (Frequenz)	U_{ss} in V	Gleichspannungs- anteil in V
1	5.00 ± 0.03		1.02 ± 0.04	1.26 ± 0.08
2	1500 ± 220		$(89 \pm 35) \cdot 10^3$	$(-1.97 \pm 0.03) \cdot 10^{-3}$
3	2.5 ± 0.03		1 ± 0.04	$(1.9 \pm 0.02) \cdot 10^{-3}$
4	1 ± 0.004		0.944 ± 0.008	0 ± 0.1
5	41.6 ± 0.05		0.944 ± 0.008	0.11 ± 0.02

Diese Messungen haben wir mithilfe der Curvoren hauptsächlich auf DC-Radus durchgeführt, bei Signal 2 haben wir auch AC-Radus zur Bestimmung von U_{ss} u. T.

Die Fehler sind eine Zusammensetzung aus Flexitationen und dem Ablesfehler

⁵
Bei Signal⁵ benutzen wir DC-Modus benutzt, um die Halbwertszeit zu bestimmen, diesmal aber bei einer versetzten Nulllinie, um die Messung der Werte mit dem Cursor zu vereinfachen.

↳ Für die abfallende Flanke gilt: $\tau_{H2} = 2.4 \pm 0.6 \text{ ns}$

Bei Signal 6 handelt es sich um Wellenpakete

↓
Wir ändern die Zeitskala zur optimalen Darstellung eines Wellenpakets und setzen den Trigger in Auto-Modus leicht über die 0-Linie. Man sieht Wellenpakete nur kurzzeitig, die schnell verschwinden.

Danach gehen wir auf Normalmodus, bei dem die Signale länger im Bildschirm bleiben.

Wir erhöhen dann den Trigger-Level, um das ~~größt~~ am größtmöglichen Signal, (mit der größten Amplitude) zu messen.

↓
Dieses hat eine Vss von 840mV und eine Amplitude von 8mV

Bei Signal 7 setzen wir den Trigger im Modus Auto und bei AC-Kopplung.

↓

Wir setzen erstens den Triggerlevel auf der Nulllinie, die Anzeige ist dabei nicht stabil.

↓

Danach setzen wir den Trigger nah am Maximum und die Anzeige wird deutlich stabil.

Bei 5c

Danach schliessen wir das 2. Kanal der Oszilloskops mit Ausgang des Signalgenerators und wechseln zu Signal 8. Die vom Kanal 1 kommende Signal ist dabei verdrahtet und ~~Sig~~^{das} die vom Kanal 2 kommende Signal ist stabil. Wir triggeren mit Kanal 1 und danach mit Kanal 2.

Bei der Triggerung mit Kanal 1 kriegt man eine unstabile Anzeige und mit Kanal 2 eine stabile Anzeige.

Wir messen bei Signal 9 nur mit Kanal 1. Wir stoppen die Anzeige und messen die Zeit über 12 Perioden des Signals:

$$t = 7.64 \text{ ms} \rightarrow T = 0.637$$

$$t = 7.64 \pm 0.1 \text{ ms} \rightarrow T = 0.637 \pm 0.017 \text{ ms}$$

Dieses Signal ist eine Schwingung, wir messen mit dem ~~Hand~~ Cursor die Schwingungsperiode

↓
Wir messen $T = 4,96$ $T = 9,92 \pm 0,4 \text{ ms}$

Wir drücken auf die FFT Taste - (bei Run), und mit dem Cursor auf Typ Frequenz um f_1 und f_2 zu messen. Wir kommen auf folgende Werte

$$f_1 = 1,59 \pm 0,4 \text{ kHz} \quad f_2 = 1,39 \pm 0,5 \text{ kHz}$$

3. Pulsweitenmodulation

↳ Wir schalten Ausgang 3 auf Kanal 1 und messen:

$$\text{Periode} = 1,024 \pm 0,003 \text{ ms}$$

$$\text{Höhe} = 3,56 \pm 0,05 \text{ V}$$

E1:

$$\text{Mittelwert: } 1,79 \pm 0,09 \text{ V}$$

$$\text{Eff. Wert: } 2,62 \pm 0,01 \text{ V}$$

$$\text{Breite: } 0,52 \pm 0,06 \text{ ms}$$

E2:

$$\text{Mittelwert } 1,18 \pm 0,06 \text{ V}$$

$$\text{Eff. Wert } 2,03 \pm 0,01 \text{ V}$$

$$\text{Breite: } 0,29 \pm 0,02 \text{ ms}$$

4. Wir verbinden Ausgang 4 des Signalgenerators mit Kanal 1 des Oszilloskops.

$$t = 250 \pm 2 \text{ ns} \quad R = 75,4 \pm 1 \Omega \quad R = 52,8 \pm 5 \Omega$$

07.09.23 Bll

3 Auswertung

3.1 Fehlerabschätzung

Bevor ich mit der Auswertung des durchgeführten Versuches beginne, möchte ich einen Überblick über die gemachte Fehlerabschätzung geben.

Die Messung der Periodendauer der unterschiedlichen Signale lief - wie im Messprotokoll beschrieben - durch das Einstellen von zwei vertikalen Cursors ab, die versucht wurden, so genau wie möglich auf die entsprechende Stelle einzustellen. Jedoch war das Drehrädchen nicht sensibel genug um sie perfekt auf die Stellen zu legen. Deshalb haben wir, bei Markierung einer Stelle mit einem Cursor immer auch den Cursor sehr wenig zur Seite bewegt um den Unterschied als Fehler zu verwenden. Da die Signale unterschiedliche Größen besaßen und die horizontale und vertikale Skalierung angepasst wurde, ist der Fehler der Periodendauer nicht für alle Signale gleich sondern variiert (siehe dafür Tabelle 1 im Messprotokoll). Dieser Fehler besteht also aus dem Ablesefehler und der Genauigkeit des Oszilloskops.

Das gleiche gilt für die Spitze-Spitze-Spannung U_{SS} (hier lagen die Cursors horizontal), die Halbwertszeit bei dem exponentiellen Signal und die Messwerte bei der Pulsweitenmodulation.

Der Gleichspannungsanteil der an der Anzeige dargestellt wurde änderte sich im Sekundentakt, weshalb versucht wurde den Mittelwert der gesehenen Werte zu bestimmen und als Fehler die durchschnittliche Abweichung anzugeben.

3.2 Untersuchung unterschiedlicher Signale

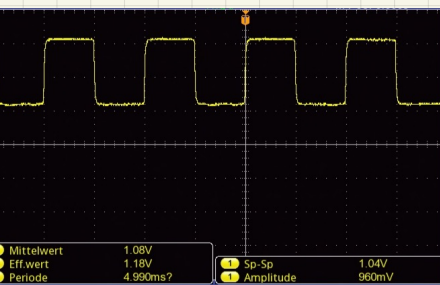
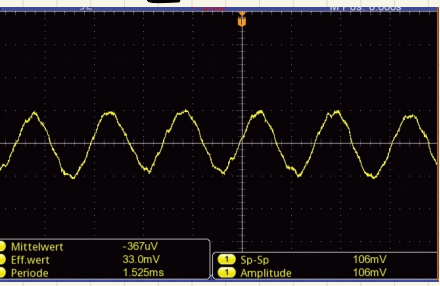
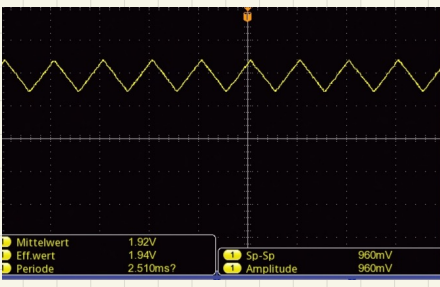
Nachdem mit dem Funktionsgenerator der Umgang mit den Funktionen des Oszilloskops geübt wurde (siehe Abschnitt 1 des Messprotokolls), wird nun die Verbindung zum Funktionsgenerator abgeschlossen und der Signalgenerator wurde an Kanal 1 gelegt.

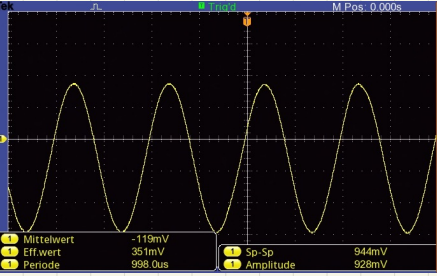
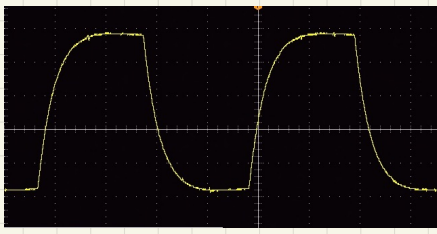
Dieser generiert zunächst 5 unterschiedliche Signale, bei denen die Periodendauer T , die Spitze-Spitze Spannung U_{SS} und der Gleichspannungsanteil U_{GC} bestimmt wurden. Diese werden mit der zusätzlich berechneten Frequenz f , der Maximalspannung U_{max} , der Minimalspannung U_{min} und einem Screenshot des Signals tabellarisch dargestellt. Beim fünften exponentiellen Signal wird auch die Halbwertszeit τ_H angegeben, bei der die Hälfte der Spitze-Spitze-Spannung erreicht wurde.

Die maximale und minimale Spannung werden mit folgender Formel berechnet:

$$U_{max} = \frac{U_{SS}}{2} + U_{GC} \quad (3)$$

$$U_{min} = -\frac{U_{SS}}{2} + U_{GC} \quad (4)$$

Nr. + Skizze	T [ms]	f [$\frac{1}{ms}$]	U_{rs} [V]	U_{max} [V]	U_{min} [V]	Gleichspannungswerte (V_{cc}) [V]
1 	5,00 $\pm 0,03$	0,2000 $\pm 0,0012$	1,02 $\pm 0,04$	1,77 $\pm 0,08$	0,75 $\pm 0,08$	1,26 $\pm 0,08$
2 	1500 ± 220	6,67 $\pm 0,98$ $\cdot 10^{-4}$	189 $\pm 35 \cdot 10^3$	(44,50 $\pm 17,50$) $\cdot 10^3$	(-44,50 $\pm 17,50$) $\cdot 10^3$	(-1,97 $\pm 0,03$) $\cdot 10^{-3}$
3 	2,5 $\pm 0,03$	0,4000 $\pm 0,0048$	1 $\pm 0,04$	0,50 $\pm 0,02$	(-0,50 $\pm 0,02$	(1,9 $\pm 0,02$) $\cdot 10^{-3}$

Nr. + Skizze	T [ms]	f [$\frac{1}{s}$]	U_{rs} [V]	U_{max} [V]	U_{min} [V]	Gleichspannungsanteil [V]
4 	1 $\pm 0,004$	1 $\pm 0,004$	$0,944$ $\pm 0,008$	$0,472$ $\pm 0,10$	$-0,472$ $\pm 0,10$	$0 \pm 0,1$
5 	$41,6$ $\pm 0,05$	$0,02$ $\pm 0,00024$	$0,944$ $\pm 0,008$	$0,572$ $\pm 0,02$	$-0,372$ $\pm 0,02$	$0,1$ $\pm 0,02$

For 5: $\tau_H = 2,4 \pm 0,6 \text{ ms}$

Bei der Versuchsdurchführung ist uns bei Signal 5 aufgefallen, dass dieses im AC-Modus verzerrt wird (siehe Abbildung 5). Dieses Signal kann physikalisch als

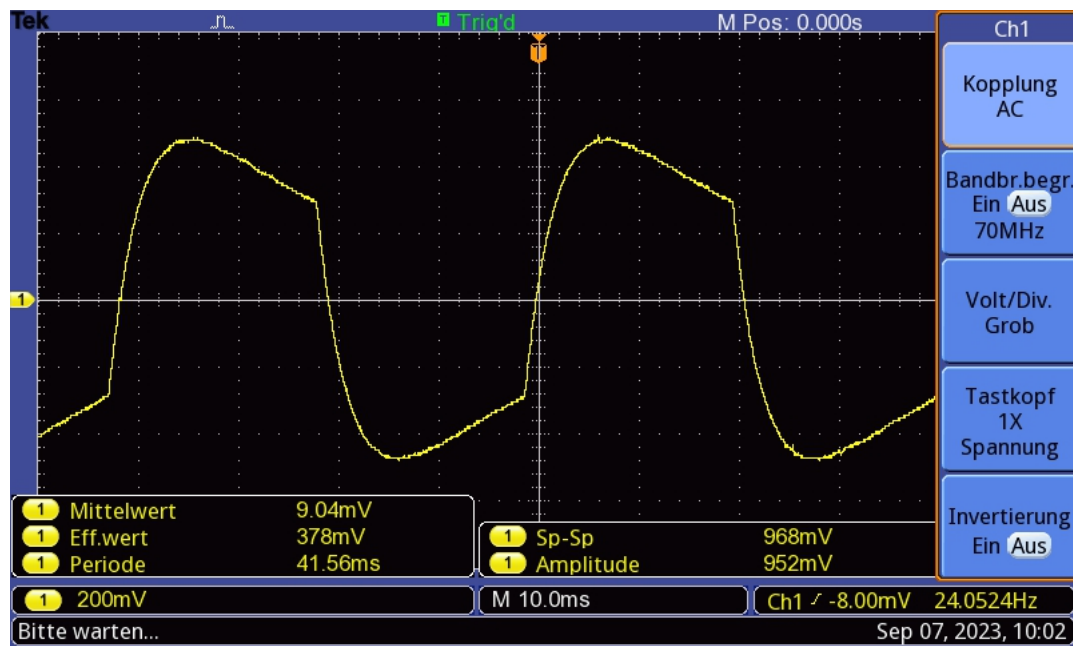


Abbildung 5: Verzerrtes Bild Signal 5 in AC Kopplung

der Auflade- und Entladevorgang eines Kondensators interpretiert werden. Bei der DC-Kopplung wird das Signal ungefiltert angezeigt. Diese enthält sowohl den Gleichspannungsanteil als auch den Wechselspannungsanteil. D.h. sowohl die Änderung der Spannung mit der Zeit als auch die Gleichspannungskomponente die aufgrund des Ladungszustands des Kondensators vorhanden ist werden angezeigt.

Bei der AC-Kopplung hingegen wird nur die Wechselstromkomponente am Oszillator angezeigt. Ein Hochpassfilter wird verwendet um den Gleichspannungsanteil zu blockieren. Wird der Kondensator langsam aufgeladen, so kommt es zu einer Verzerrung des Bildes wie in Abbildung 5. Ist der Gleichspannungsanteil sichtbar, so wird die Verzerrung korrigiert.

3.3 Darstellung des grössten Wellenpakets

Das sechste Signal des Signalgenerators schickt zufällig Wellenpakete an den Oszillator. Im Auto-Modus kommen und verschwinden diese schnell. Der manuelle Trigermodus wird eingestellt, sodass je nach der Höhe des Triggercursors die Wellenpakete schneller oder langsamer erscheinen.

Wir stellen den Cursor ziemlich hoch, damit nur die grossen Wellenpakete angezeigt werden. Während des Versuchs mussten wir etwas Zeit warten bis ein

grosses Wellenpaket angezeigt wurde (siehe Abbildung 6), da erst beim Durchgang eines solchen Wellenpakets der Trigger eine Anzeige zulässt.

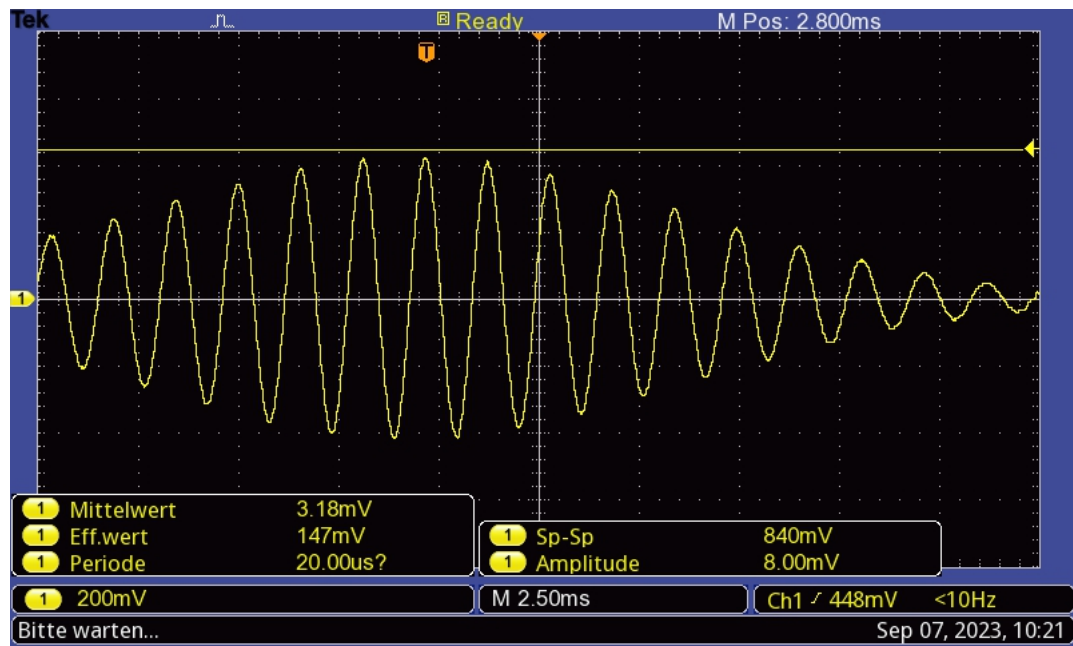


Abbildung 6: Grosses Wellenpaket das bei Signal 6 fotografiert wurde

3.4 Schwebung

Das neunte Signal des Signalgenerators entspricht einer Schwebung, d.h. es ist durch die Überlagerung zweier anderer Wellen entstanden.

Die Fast-Fourier-Transformation des Oszilloskops lieferte die Werte:

$$f_I = (1,39 \pm 0,005)kHz \quad (5)$$

$$f_{II} = (1,59 \pm 0,005)kHz \quad (6)$$

Daraus werden nach Praktikumsanleitung f_1 und f_2 berechnet:

$$f_1 = \frac{1}{2}(f_{II} + f_I) = (1490 \pm 4)Hz \quad (7)$$

$$f_2 = \frac{1}{2}(f_{II} - f_I) = (100 \pm 4)Hz \quad (8)$$

Für den Fehler wurde nach Gaussscher Fehlerfortpflanzung $\Delta f_1 = \Delta f_2 = \frac{1}{2}\sqrt{\Delta f_I^2 + \Delta f_{II}^2}$ verwendet.

Im Messprotokoll wurde die Schwingungsperiode und die Schwebungsperiode

bestimmt. Diesen entsprechen die Frequenzen:

$$f_{Schwingung} = (1570 \pm 42) Hz \quad (9)$$

$$f_{Schwebung} = (101 \pm 4) Hz \quad (10)$$

Man kann erkennen, dass die berechneten Frequenzen f_1, f_2 in etwa mit den Werten die rechnerisch aus der Fast-Fourier-Transformation ermittelt wurden, übereinstimmen.

3.5 Pulsweitenmodulation

Ausgang 3 des Signalgenerators wurde mit Kanal 1 des Oszilloskops verbunden. Mit dem Potentiometer kann die Helligkeit einer LED verändert werden. Die Periode $T = (1,024 \pm 0,003) \cdot 10^{-3} s$, die Pulsbreiten $t_1 = 0,52 \pm 0,02 ms$ und $t_2 = 0,29 \pm 0,02 ms$ und die Pulshöhe $U_0 = 3,65 \pm 0,05 V$ wurden für zwei unterschiedliche Einstellungen gemessen.

Nach Formel (1) und (2) kann der Mittelwert und der Effektivwert berechnet werden.

$$U_{M1} = 1,85 \pm 0,08 V \quad (11)$$

$$U_{eff1} = 2,60 \pm 0,06 V \quad (12)$$

$$U_{M2} = 1,03 \pm 0,07 V \quad (13)$$

$$U_{eff2} = 1,94 \pm 0,07 V \quad (14)$$

Diese Werte stimmen mit den am Oszilloskop gemessenen Werten (siehe Versuchsprotokoll) unter Berücksichtigung der Fehler überein.

3.6 Berechnung der Länge eines Kabels

Zuletzt soll die Länge eines Kabels mit einer Laufzeitmessung bestimmt werden. Ausgang 4 des Signalgenerators wird mit Kanal 1 des Oszilloskops verbunden. Per Praktikumsanleitung wurde vorgegeben dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit 66% der Vakuumlichtgeschwindigkeit entspricht. Eine Zeit von $t = 250 \pm 2 ns$ wurde für den Zeitunterschied des eingehenden Signals und der Ankunft des reflektierten Signals gemessen. Da das Signal zwei Mal die Strecke zurücklegt muss das Ergebnis durch 2 geteilt werden. Dies entspricht einer Länge l von:

$$l = c \cdot \frac{2}{2 \cdot 3} \cdot t = (25,00 \pm 0,10) m \quad (15)$$

Mithilfe einer Laufzeitmessung haben wir also herausgefunden, welche Länge das Kabel besitzt.

Ein Widerstand wurde an das Ende des Kabels gestellt und man beobachtet wann das reflektierte Signal verschwindet. Dabei hatte der gemessene Widerstand damit dies eintritt eine Grösse von $52,8 \pm 5 \Omega$. Dies entspricht in etwa dem vom Hersteller angegebenen Wellenwiderstand des Kabels 58Ω .

4 Zusammenfassung

In diesem Versuch haben wir den Umgang mit einem Oszilloskop, seine Funktionsweise und Einstellungsmöglichkeiten erlernt. Dazu haben wir uns zuerst mit dem Funktionsgenerator ein Signal anzeigen lassen und haben anhand mit diesem Signal ein wenig herumgespielt um das Gerät kennenzulernen. Anschliessend haben wir mit einem Signalgenerator 5 unterschiedliche Signale am Oszilloskop dargestellt und dessen charakteristischen Grössen wie Periodendauer, Frequenz, Spitze-Spitze-Spannung und Gleichstromspannungsanteil berechnet. Anhand eines Signals das den Auflade- und Entladevorgang eines Kondensators darstellen sollte, haben wir die Unterschiede zwischen AC- und DC Kopplung kennengelernt und haben herausgefunden, dass in diesem Fall die AC-Kopplung das Bild undeutlich darstellt, da der Gleichspannungsanteil fehlt.

Die Triggerfunktion wurde ausserdem anhand eines Signals getestet, welches schnelle Wellenpakete darstellte. Wir haben es geschafft durch eine manuelle Triggerung eines dieser grossen Wellenpakete darzustellen.

Ein Schwebungssignal wurde analysiert und die Frequenzen die aus der FFT entstanden wurden rechnerisch bestätigt.

Zum Schluss wurde die Länge eines Kabels durch die Reflexion eines Signals bestimmt und der Wellenwiderstand des Kabels angenähert.

Da in dieser Versuch vielmehr zu Lehrzwecken durchgeführt wurde und z.B. kein Literaturwert bestimmt werden musste, muss keine weiterführende Diskussion über eine mögliche Abweichung von einem Literaturwert geführt werden.