Auswertung Versuch 25:

Oszilloskop

von: Jonas Schwer

am: 21.09.24

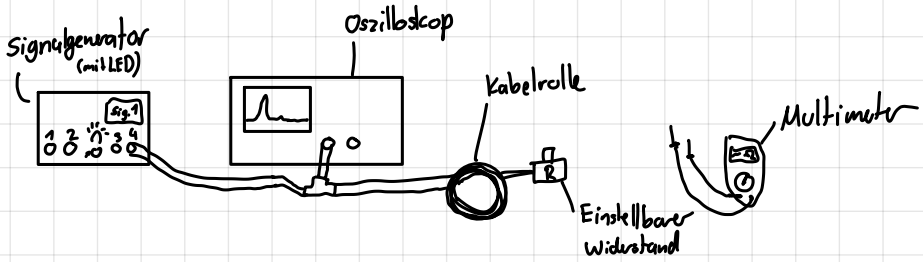
1. Einleitung

1.1 Motivation

Dieser Versuch ist primär dazu da, uns mit dem Oszilloskop vertraut zu machen. Wir wollen für verschiedene Signale wichtige Kenngrößen bestimmen. Des weiteren wollen wir eine LED mithilfe des Oszis dimmen, indem wir die Pulsbreite verkleinern. Zuletzt wollen wir durch eine Laufzeitmessung die Länge eines Kabels und durch Widerstandsvariation am Ende des Kabels dessen Eigenwiderstand bestimmen.

1.2 Messaufbau

Der Aufbau besteht zentral aus dem Oszilloskop. An diesem wird ein Signalgenerator angeschlossen, der insgesamt 4 Ausgänge hat. Ausgang 1 sendet je nach Einstellung eines von neun verschiedenen Signalen. Ausgang 2 sendet die selben Signale wie Ausgang, nur etwas verrauscht, um reale Signale zu simulieren. Ausgang 3 sendet Pulse, welche wir durch das Oszilloskop manipulieren können und zurück in eine eingebaute LED im Signalgenerator schicken können. So werden wir diese dimmen und heller werden lassen. Ausgang 4 sendet sehr kurze Pulse. Diesen werden wir verwenden, indem wir das Signal sowohl in den Oszillator als auch in eine Kabelrolle schicken. Das Signal, welches am Ende des Kabels reflektiert wird, trifft auch wieder auf den Oszillator. Wir messen die Zeitdifferenz der einfallenden Signale. Zuletzt schließen wir einen verstellbaren Widerstand ans Ende des Kabels und variieren diesen, bis der zweite Ausschlag nahezu verschwindet. Wir messen dann mit einem Multimeter den Widerstand, der eingestellt wurde.



Skizze 1: Messaufbau für Widerstandsmessung
mit allen verwendeten Geräten

1.3 Physikalische Grundlagen

Um die Messungen in diesem Versuch zu verstehen, müssen vor allem erstmal einige Begrifflichkeiten erläutert werden, aber auch einige Formeln eingeführt werden.

In der ersten Messreihe schauen wir uns verschiedene Signale an, und lesen charakteristische Werte ab. Zum einen lesen wir Periodendauer T und Frequenz f ab. Diese hängen ganz allgemein so von einander ab:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Auch lesen wir die Spitze-Spitze-Spannung U_{ss} ab. Diese ist die Differenz aus maximalem und minimalem Spannungswert. Also:

$$U_{ss} = U_{max} - U_{min} \quad (2)$$

Der Gleichspannungsanteil (DC-Offset) ist der Anteil des Signal, der die Schwingung konstant nach oben oder unten verschiebt, sodass das Signal nicht mehr um 0V schwingt. Der AC-Modus des Oszilloskop filtert diesen automatisch heraus. Somit lässt er sich einfach berechnen als:

$$U_{DC\text{-}off} = U_{max,DC} - U_{max,AC} \quad (3)$$

wobei $U_{max,DC}$ die maximal angezeigte Spannung beim DC-Modus des Oszilloskops und $U_{max,AC}$ die maximal angezeigte Spannung beim AC-Modus ist.

Für ein Signal sollen wir die Halbwertszeit bestimmen. Diese ist die Zeit, die vergeht bis der Spannungswert von U_{max} oder U_{min} auf $\frac{U_{ss}}{2} + U_{DC\text{-}off}$ gestiegen/gefallen ist.

Wenn wir 2 überlagernde Wellen haben, können wir durch die Fast-Fourier-Transform Funktion des Oszilloskops die Frequenzen der Schwebung und der Schwingung berechnen.

Wenn f_{p1} und f_{p2} die beiden angezeigten Frequenzpeaks sind, sind die Schwebungs- und Schwingungsfrequenzen:

$$f_1 = \frac{f_{p1} + f_{p2}}{2} \quad (4)$$

$$f_2 = \frac{f_{p1} - f_{p2}}{2} \quad (5)$$

Beim dimmen der Lampe senken wir die effektive Spannung U_{eff}, indem wir die Pulsdauer t_p, lassen die Periodendauer T jedoch größer. Die Spannung, die im Mittel und Effektiv bei der Lampe ankommt, lässt sich wie folgt berechnen:

$$U_{eff} = U_0 \sqrt{\frac{t}{T}} \quad (6)$$

$$U_{mittel} = U_0 \frac{t}{T} \quad (7)$$

wobei U_0 die Pulshöhe ist.

Für die Kabelmessung ist es wichtig zu verstehen, dass das Signal am Ende des Kabels in Phase oder gegenphasig reflektiert wird. Nur wenn am Ende ein Widerstand mit gleichem Widerstand wie das Kabel selbst angeschlossen wird, verschwindet das zurücklaufende Signal. Der Wellenwiderstand des Kabels berechnet sich aus:

$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \quad (8)$$

Wobei L' die Induktivität des Kabels und C' die Kapazität ist.

Schließt man jetzt aber nicht einen solchen Widerstand an, sondern lässt das Ende offen, kann man aus der Zeitdifferenz der beiden Signale folgendermaßen bestimmen:

$$2L = c_{sig} \cdot t \quad (9)$$

c_{sig} ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Signals im Kabel und t die Zeitdifferenz. Wir berechnen sie allerdings $2L$, weil das Signal 2 mal das Kabel durchläuft.

Versuch - 25 Oszilloskop

20.09.2024

Harish Mahendran
Jonas Schwer

Messgeräte:

- Oszilloskop (TBS 1072B)
- Funktionsgenerator
- Signalgenerator
- Koaxialkabel (RG 58) ; Widerstand : 50Ω ; Länge : 25m
- Einstellbarer Abschlusswiderstand (Genauigkeit : ± 2Ω)

Messung 1

Es werden nun Messungen von Signal 1-9 durchgeführt

Signal	T [µs]	f [Hz]	U_{ss} [mV]	U_{DC} [mV]	U_{max} [mV]	U_{min} [mV]
1	4989 ± 5	200,4 ± 0,5	1,04 ± 0,020	1 130 ± 20	1700 ± 20	660 ± 20
2	1596 ± 5	626,5 ± 0,5	114	-1340 ± 20	-1290 ± 20	-1430 ± 20
3	2520 ± 5	396,3 ± 0,5	1000 ± 20	2310 ± 20	2840 ± 20	1840 ± 20
4	1000 ± 5	1000,0 ± 0,5	960 ± 20	970 ± 20	1400 ± 20	440 ± 20
6	1300 ± 5	769,2 ± 0,5	872 ± 20	1560 ± 20	1992 ± 20	1128 ± 20
7	2500 ± 5	400,0 ± 0,5	936 ± 20	1430 ± 20	1950 ± 20	950 ± 20
8	1260 ± 5	793,6 ± 0,5	832 ± 20	2150 ± 20	3560 ± 20	2760 ± 20
9						

Messung 2

Nun wird für Signal 5 die Halbwertszeit bestimmt.

$U_{ss} = (980 \pm 20)$ mV $t_H = (2,4 \pm 0,10)$ ms bei 1,04V
$U_{max} = (1,54V)$
$U_{min} = 560$ mV

Messung 3

Nun hat man bei Signal 9 die Schwingfrequenz f_1 und die Einhüllende Frequenz f_2. Mit FFT wurden die Frequenzen F_I und F_{II} bestimmt.

Einhüllende:

$(99{,}34 \pm 2)\,Hz = f_2$

Schwingfrequenz

$(1500 \pm 2)\,Hz = f_1$

Aus FFT:

$f_I = 1390 \pm 15\ Hz$

$f_{II} = 1590 \pm 15\ Hz$

Messung 4

Nun wird Ausgang 4 verwendet, welcher mit einem T-Anschluss an einer Kabeltrommel angeschlossen. An dem Ende befindet sich eine Buchse, die zwischen: -zu, -offen, -R wechseln kann.

Man kann folgendes beobachten:

- zu: Reflektion ist gespiegelt
- offen: Reflektion ist nicht gespiegelt
- R: bei der richtigen Einstellung geht die Amplitude der Reflektion gegen null

Folgende Zeit wurde gemessen zwischen Eingangssignal und Reflektion:

$\Delta t = (24 \pm 4)\,ns$

der Widerstand R hat folgenden Wert:

$R = (51{,}1 \pm 2{,}0)\,\Omega$

Messung 4

Nun wird Ausgang 3 verwendet. Mit dem Potentiometer, wird die LED auf "hell" und auf "dunkel" geregelt. Am Oszilloskop wird dann Periode, Pulsbreite, Pulshöhe, Mittelwert und Effektivwert gemessen.

	T [µs]	Pulsbreite [µs]	Pulshöhe [in V]	Mittelwert [in V]	Effektivwert [in V]
hell	1024 ± 5	860 ± 20	3420 ± 20	0 ± 10	1200 ± 20
dunkel	1024 ± 5	160 ± 20	3420 ± 20	10 ± 5	1260 ± 20

3. Auswertung:

Aufgabe 1: Ein Großteil der Werte sind bereits im Messprotokoll vorhanden:

Signal	T [µs]	f [Hz]	U_{ss} [mV]	U_{DC} [mV]	U_{max} [mV]	U_{min} [mV]	Bild
1	499 ± 5	200,4 ± 0,5	1040 ± 20	1130 ± 20	1700 ± 20	660 ± 20	Foto 1
2	1596 ± 5	626,5 ± 0,5	114 ± 20	-1340 ± 20	-1290 ± 20	-1430 ± 20	Foto 2
3	2520 ± 5	396,3 ± 0,5	1000 ± 20	2310 ± 20	2840 ± 20	1840 ± 20	Foto 3
4	1000 ± 5	1000,0 ± 0,5	960 ± 20	970 ± 20	1400 ± 20	440 ± 20	Foto 4
6	1300 ± 5	769,2 ± 0,5	872 ± 20	1560 ± 20	1992 ± 20	1128 ± 20	Foto 6
7	2500 ± 5	400,0 ± 0,5	936 ± 20	1430 ± 20	1950 ± 20	950 ± 20	Foto 7
8	1260 ± 5	793,6 ± 0,5	832 ± 20	2150 ± 20	3560 ± 20	2760 ± 20	Foto 8

Tabelle 1: Messwerte aus Messprotokoll

Die Halbwertszeit von Signal 5 haben wir vom Oszilloskop abgelesen als:

$$t_H = (2,4 \pm 0,10)\,ms$$

Die gemessenen Peaks mit FFT waren bei

$$f_I = (1390 \pm 15)\,Hz$$

$$f_{II} = (1590 \pm 15)\,Hz$$

Das ergibt nach Formel (4) und (5)

$$f_1 = (1490 \pm 21)\,Hz$$

$$f_2 = (100 \pm 21)\,Hz$$

(Fehler nach Gauss ist $\Delta f_1 = \sqrt{2}\,\Delta f_I$, da $\Delta f_I = \Delta f_{II}$)

Zum Vergleich die gemessenen Frequenzen:

$$f_1 = (1500 \pm 2)\,Hz$$

$$f_2 = (99 \pm 2)\,Hz$$

Aufgabe 2: Wir wollen nun mit Formel (6) und (7) den Effektiv- und Mittelwert der Spannung an der LED bei hell und dunkel berechnen.

Der Fehler von (6) ist nach Gauß:

$$\Delta U_{eff} = \sqrt{\left(\sqrt{\frac{t}{T}}\,\Delta U_0\right)^2 + \left(\frac{U_0\,\Delta t}{2\sqrt{T\cdot t}}\right)^2 + \left(\frac{U_0}{2}\sqrt{\frac{t}{T^3}}\,\Delta T\right)^2} \qquad (10)$$

Und von (7)

$$\Delta U_{mittel} = U_{mittel}\sqrt{\left(\frac{\Delta U_0}{U_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{2\,\Delta T}{T}\right)^2} \qquad (11)$$

Wir erhalten:

	U_{eff} [mV]	U_{mittel} [mV]
hell	3130 ± 40	2870 ± 70
dunkel	1350 ± 30	530 ± 70

Tabelle 1: Berechnete Effektive und Mittlere Spannung

Aufgabe 3: Nun wollen wir die Länge des Kabels berechnen

Wir nutzen Formel (9)

Ihr Fehler ergibt sich als

$$\Delta L = L \cdot \frac{\Delta t}{t}$$

Mit einem Wert für $c_{exakt} = 299792450\ \frac{m}{s^2}$ (Quelle: Eingespeicherter Wert im TI-30X Plus Taschenrechner)

erhalten wir für $c_{sig} = 197863022{,}3\ \frac{m}{s^2}$ und für L letztendlich:

$$L = (24{,}5 \pm 0{,}4)\ m$$

Der eingestellte Widerstand betrug $R = (51{,}1 \pm 2{,}0)\ \Omega$

Fotos der Signale:

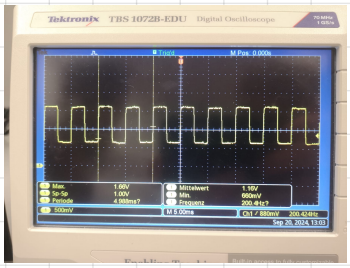


Foto 1: Signal 1

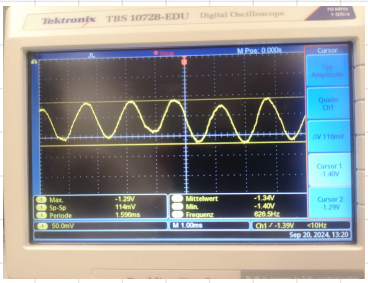


Foto 2: Signal 2

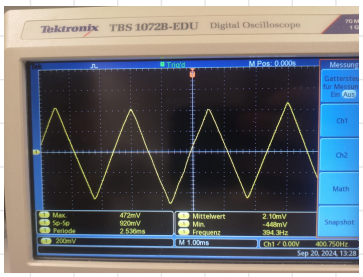


Foto 3: Signal 3

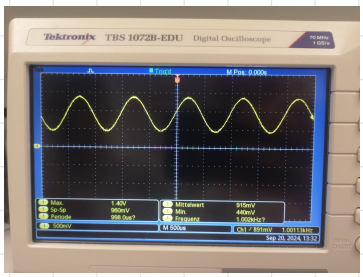


Foto 4: Signal 4

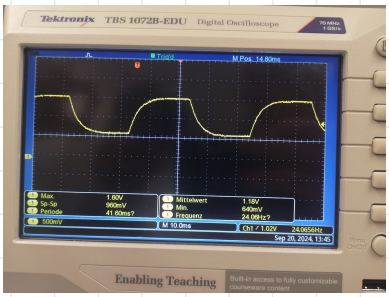


Foto 5: Signal 5

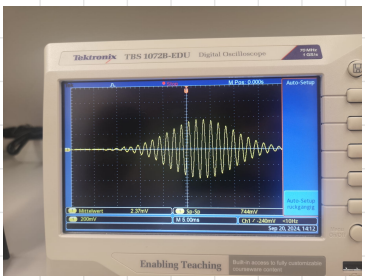


Foto 6: Signal 6

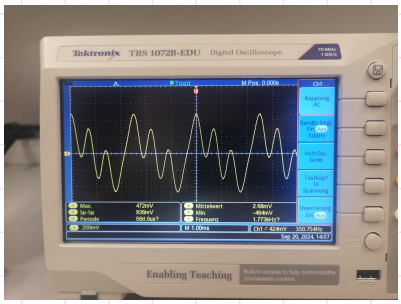


Foto 7: Signal 7

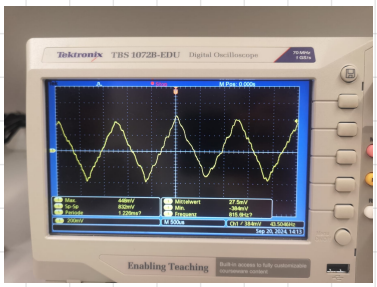


Foto 8: Signal 8

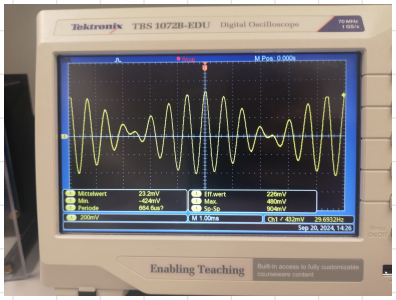


Foto 9: Signal 9

4. Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassend haben wir zuerst von 9 Signalen wichtige Kenngrößen bestimmt. Anschließend haben wir mit der FFT-Funktion des Oszilloskop zwei Frequenzpeaks gemessen und daraus Schwebungs- und Schwingungsfrequenz errechnet. Des weiteren haben wir die mittlere und effektive Spannung berechnet und abgelesen, bei der eine LED jeweils hell oder dunkel leuchtet. Zuletzt haben wir noch den Widerstand und die Länge eines Kabels bestimmt.

Vergleichen wir abgelesene und berechnete Frequenz der Schwebung und Schwingung, erhalten wir für die Schwebung eine $0{,}05\sigma$ Abweichung und für die Schwingung eine $0{,}5\sigma$ Abweichung. Beide Werte weisen keinen signifikanten Unterschied auf und sind demnach mit großer Wahrscheinlichkeit sehr nah am Realwert.

Vergleichen wir nun die berechnete Kabellänge mit der Herstellerangabe von 25m. Wir erhalten eine $1{,}25\sigma$-Abweichung, was ebenfalls keine signifikante Abweichung ist.

Zuletzt vergleichen wir noch den gemessenen Kabelwiderstand mit der Angabe von 50Ω. Dieser Vergleich liefert eine $0{,}55\sigma$ Abweichung, was also auch ein sehr guter Wert ist.

Eigentlich sollten wir noch die berechnete Effektive und Mittlere Spannung vergleichen. Allerdings lassen unsere Messwerte vermuten, dass wir ausversehen im AC-Modus gemessen haben. So haben wir leider keinen Vergleichswert.

Alles in allem bin ich jedoch sehr zufrieden mit unseren Messungen. Jeder berechnete und vergleichbare Wert scheint sehr nah am Echtwert zu liegen. Bei einer erneuten Durchführung des Versuches würde ich also nur jedes mal überprüfen, ob das Oszilloskop richtig eingestellt ist, um unnötige Fehlmessungen zu vermeiden