

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Allgemeine Vorbetrachtung.....	1
2.1 Digitalisierung im Speicheroszilloskop.....	1
2.2 Entstehung von Störsignalen in der Digitalisierung.....	2
2.3 Messunsicherheit mit dem Cursor.....	2
2.4 RC-Tiefpass und Grenzfrequenz.....	2
3. Versuchsaufbau.....	3
4. Versuchsdurchführung.....	5
4.1 Versuchsvorbereitung.....	5
4.2 Bestimmung von Kenngrößen und unbekannten Bauteilkennwerten.....	7
5. Auswertung.....	8
5.1 Ermittlung der Anstiegszeit.....	8
5.2 Quantisierungsstufe und Abtastzeit.....	9
5.3 Abtastrate und Wortlänge M des A/D-Umsetzers.....	9
5.4 RC-Tiefpass.....	10
5.4.1 Bestimmung der Grenzfrequenz im RC-Tiefpass.....	10
5.4.2 Bestimmung der Kapazität durch die Grenzfrequenz.....	11
5.4.3 Phasenverschiebung.....	11
5.5 Parallelschwingkreis.....	12
5.5.1 Berechnung der Resonanzfrequenz und einer Induktivität.....	12
5.5.2 Berechnung der Kapazität im Parallelschwingkreis.....	13
6 Zusammenfassung und Fazit.....	14
7 Quellenverzeichnis.....	15
Anhang A.....	16
Messwerttabellen.....	17
Laborbeschreibung.....	19
Vorbereitungsfragen.....	26
Anhang B.....	33
Protokoll.....	34
Geräteliste.....	36

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Tastkopf.....	3
Abbildung 2: USB-Oszilloskop.....	3
Abbildung 3: Schaltplan Versuchsaufbau.....	3
Abbildung 4: Aufbau Parallelschwingkreis.....	4
Abbildung 5: Einstellung für den Einsatz des Tastkopfes.....	5
Abbildung 6: Ausgangssignal am Tastkopf nach Abgleich.....	5
Abbildung 7: Unterkompensiertes, Überkompensiertes und ideales Signal.....	6
Abbildung 8: Cursormessung.....	8
Abbildung 9: Ermittlung der Quantisierungsstufe und Abtastzeit.....	9
Abbildung 10: Verlauf der Messsignale bei ermittelter Grenzfrequenz.....	10

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Verhältnis Ausgangs- und Eingangsspannung bei systematischer Variierung der Frequenz.....	10
Tabelle 2: Verhältnis Ausgangs- und Eingangsspannung bei systematischer Variierung der Frequenz.....	12

# 1. Einleitung

Durch die Zunahme der Komplexität der heutigen Technik, der immer steigenden Anforderung an die zunehmende Digitalisierung und den damit verbundenen Herausforderungen, ist es für die Ausbildung im Mechatronikstudium unabdinglich, sich mit den Grundlagen der Messdatenerfassung, sowie der Messdatenverarbeitung intensiv auseinander zu setzen. Die komplexen Maschinen der heutigen Zeit erfordern neben der energieeffizienten Auslegung von Kinematik, Steifigkeit und Lebensdauer eine zunehmende präzise Regelung und Steuerung. Dabei stellt die Messtechnik die Grundlage dar, um solche komplizierten Vorgänge überhaupt prozesssicher und effizient zu steuern. Nur durch saubere und eindeutige Messdaten können solche hochgradig sichere Funktionen von automatisierten oder teilautomatisierten Vorgängen gewährleistet werden. In Anlehnung an die genannte Thematik wird im durchgeführten Labor der Einstieg in die elektrische Messdatenerfassung behandelt.

Hauptziele dieses Laborversuches sind neben der Messdatenerfassung und Messdatenverarbeitung auch das Kennenlernen von anwendungsbezogener Software der Signalgenerierung, Funktion und Wirkung von elektrischen Bauelementen, sowie der Funktion und Wirkung von elektrischen Schaltkreisen. Des Weiteren ist es das Ziel, unbekannte Bauteilwerte durch verschiedene Verfahren zu bestimmen.

## 2. Allgemeine Vorbetrachtung

### 2.1 Digitalisierung im Speicheroszilloskop

Ein Oszilloskop ist ein elektronisches Messgerät. Sie dienen zur Darstellung und Messung von zeitabhängigen Größen.

Dabei wird ein Verlaufsgraph in einen zweidimensionalen Koordinatensystem dargestellt, wobei die vertikale Achse die Spannung und die horizontale Achse die Zeit präsentiert. Im Laborversuch wird ein USB-Oszilloskop verwendet, das über eine Software, am PC läuft. Es hat die Funktion eines digitalen Speicheroszilloskops. Hier findet eine Rekonstruktion des analogen Spannungssignals aus Abtastwerten statt, da das Signal nicht direkt abgebildet wird. Über einen AD-Umsetzer wird das analoge Signal in ein digitales Signal gewandelt und gespeichert. Anschließend wird das Signal ausgelesen und mit einem DA-Umsetzer wieder in die analoge Messspannung überführt und der Software zugeführt.

Der Vorteil des Zwischenspeicherns ist, dass so langsame Vorgänge als geschlossener Kurvenzug sichtbar gemacht werden, bei denen man sonst nur einen Punkt über den Bildschirm wandern sehen würde. Ebenso würde man zu schnelle, einmalige Vorgänge, ohne die Zwischenspeicherung, mit dem bloßen Auge gar nicht wahrnehmen können. Das Digitalisieren des Messsignals bei den digitalen Speicheroszilloskopen ermöglichen zum Beispiel Berechnung von Messwerten, komplexe Triggerfunktionen oder Datenausgabe an einem PC.

## **2.2 Entstehung von Störsignalen in der Digitalisierung**

Die Quantisierung ist ein Bestandteil der Digitalisierung von analogen Signalen. Es entsteht ein stufenförmiges Signal, dessen Stufenzahl von der Anzahl von Abtastungen abhängt. Somit werden also analoge Signale mit der Abtastrate in regelmäßigen Abständen abgetastet. Der Spannungswert der Abtastzeitpunkte werden in ein Digitalwert umgewandelt.

Da das analoge Signal bei digitalen Speicheroszilloskopen rekonstruiert wird, also nicht direkt abgebildet wird, entstehen Signalunterschiede zwischen dem Digitalsignal und analogem Signal. Diese Unterschiede werden als Störsignal ausgedrückt und werden als Quantisierungsrauschen bezeichnet. Das Quantisierungsrauschen ist umso geringer, je genauer das ursprüngliche analoge Signal nachgebildet wird. Also ist das Quantisierungsrauschen von der Abtastrate und der Digitalisierung abhängig. Das heißt wiederum, dass das Quantisierungsrauschen bei hoher Abtastrate geringer ist als bei kleiner Abtastrate.

## **2.3 Messunsicherheit mit dem Cursor**

Ein Cursor ist ein grafisches Markierungszeichen auf dem Bildschirm. In der Software Picoscope werden die Cursor dafür verwendet, um bestimmte Messwerte zu bestimmen. Bei Verwendung der Cursor entstehen auf dem Bildschirm Linien. Es wird unterschieden zwischen vertikalen und horizontalen Cursorlinien. Um die Cursor zu platzieren, verwendet man die PC-Maus. Die Position des Cursors hängt von der Eingabe ab und kann durch die Maus oder die Cursortasten über den Bildschirm bewegt werden. Jedoch entstehen bei der Bestimmung der Messwerte Abweichungen, weil man die Cursor per Augenmaß nie exakt an die Stellen bzw. Schnittstellen setzen kann.

## **2.4 RC-Tiefpass und Grenzfrequenz**

Ein RC-Tiefpass stellt einen frequenzabhängigen Spannungsteiler, bestehend aus einem Widerstand und einem Kondensator, die in Reihe geschaltet sind, dar. Besteht die Eingangsspannung aus der Überlagerung mehrerer sinusförmiger Teilspannung mit unterschiedlichen Frequenzen, so werden tiefe Frequenzen nahezu ungehindert durchgelassen, während hohe Frequenzen nahezu gesperrt werden, also nicht an den Ausgang gelangen. Der Durchlassbereich im RC-Tiefpass ist begrenzt durch die Grenzfrequenz. Bei der Grenzfrequenz sind die Spannungen am Blindwiderstand und am Wirkwiderstand gleich groß. Wegen der Phasenverschiebung zwischen den Spannungen ist die Eingangsspannung das  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ -fache größer als die Ausgangsspannung.

Das heißt, dass alle Frequenzen durchgelassen werden, die unterhalb der Grenzfrequenz liegen. Dies entspricht der Frequenz, bei dem die Signalamplitude um 3 dB gegenüber der maximalen Signalamplitude abgenommen hat.

### 3. Versuchsaufbau

Für den Laborversuch stehen USB-Oszilloskop "PicoScope 2206A" (s. Abbildung 2) mit zwei Tastköpfen (Pico Technology MI007, s. Abbildung 1) und Anschlussbox mit Signalgenerator National Instruments BNC-2120 zur Verfügung. Dazu haben wir eine Platine, auf der sich eine Filterschaltung mit dem Widerstand 1k Ohm und einem Kondensator mit der Kapazität C befindet.



Abbildung 2: USB-Oszilloskop



Abbildung 1: Tastkopf

Nachdem PicoScope an einen USB-Anschluss des Labor-PCs angeschlossen und die PicoScope-Software gestartet wird, um das Gerät zu verbinden, wird eines der Tastköpfe am Eingang A und das andere am Eingang B des PicoScope's angeschlossen. Der AWG-Anschluss (Arbitrary waveform generator) vom USB-Oszilloskop wird mit dem Eingang der RC-Filterschaltung verbunden ( $U_e$ ). Somit wird das RC-Glied auf der Platine mit dem Sinussignal des Signalgenerator gespeist. Mit diesem Eingang ( $U_e$ ) wird auch der erste Tastkopf angeschlossen, der dann sein an  $U_e$  gemessenes Signal in den Kanal A des USB-Oszilloskops weiterleitet. Der zweite Tastkopf wird mit dem Ausgang  $U_a$  der Schaltung verbunden. Schließlich wird die Schaltung noch geerdet.

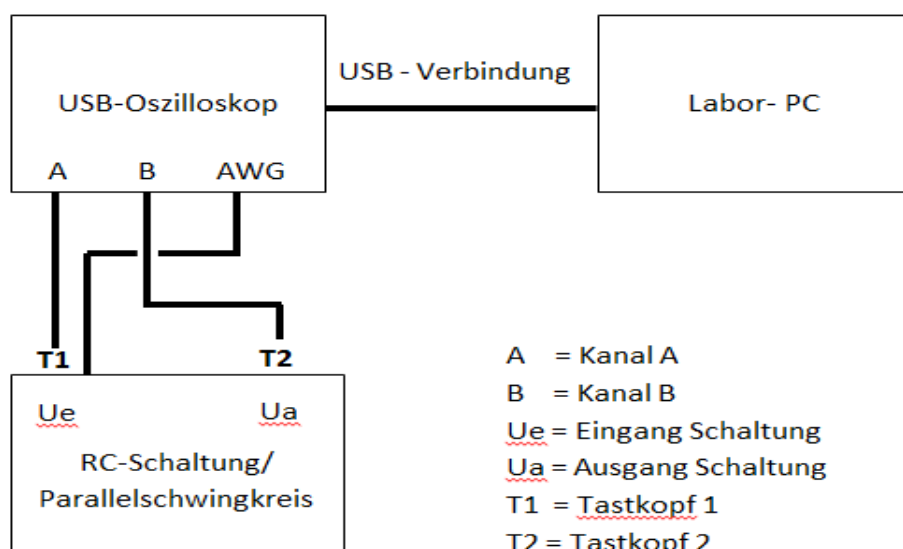
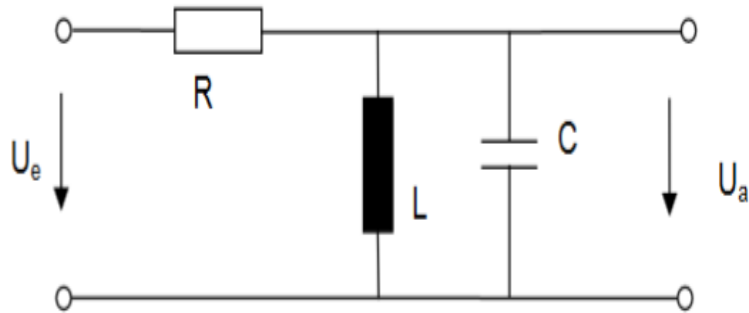


Abbildung 3: Schaltplan Versuchsaufbau

Der Aufbau vom Schwingkreis ähnelt dem des RC-Tiefpasses, wobei beim Schwingkreis eine abgeänderte Schaltung benutzt wird. Zu der RC-Filterschaltung wurde lediglich eine Spule (Induktivität  $L$ ) parallel zum Kondensator angeschlossen, sodass ein Parallelschwingkreis entsteht. (s. Abbildung 4)



*Abbildung 4: Aufbau Parallelschwingkreis*

## 4. Versuchsdurchführung

### 4.1 Versuchsvorbereitung

Zu Beginn der Versuchsdurchführung wird ein USB-Oszilloskop mit dem Labor-PC verbunden, um über das dazugehörige Softwareprogramm PicoScope die Signale wiedergeben zu können. Der Signalgenerator, der in der Software benutzt wird, wird für den späteren Tastkopfabgleich so konfiguriert, dass er ein Rechtecksignal mit einer Amplitude von 1V bei 1kHz erzeugt. Ebenso wird für den Einsatz des Tastkopfes Einstellungen vorgenommen (siehe Abbildung 5).

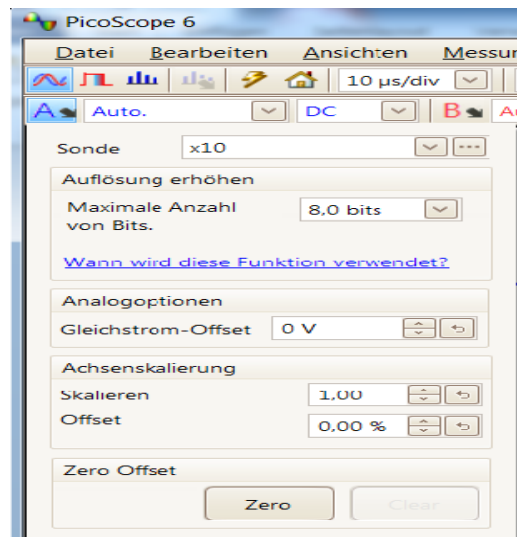


Abbildung 5: Einstellung für den Einsatz des Tastkopfes

Die beiden Tastköpfe werden mit einem nichtmetallischen Schraubenzieher abgeglichen, um Störsignale bei der Rekonstruktion des analogen Signals gering zu halten. Anschließend wird der Signalgenerator und die Zeitbasis geändert. Nach dem Abgleich der beiden Tastköpfe sieht das Signal wie folgt aus:

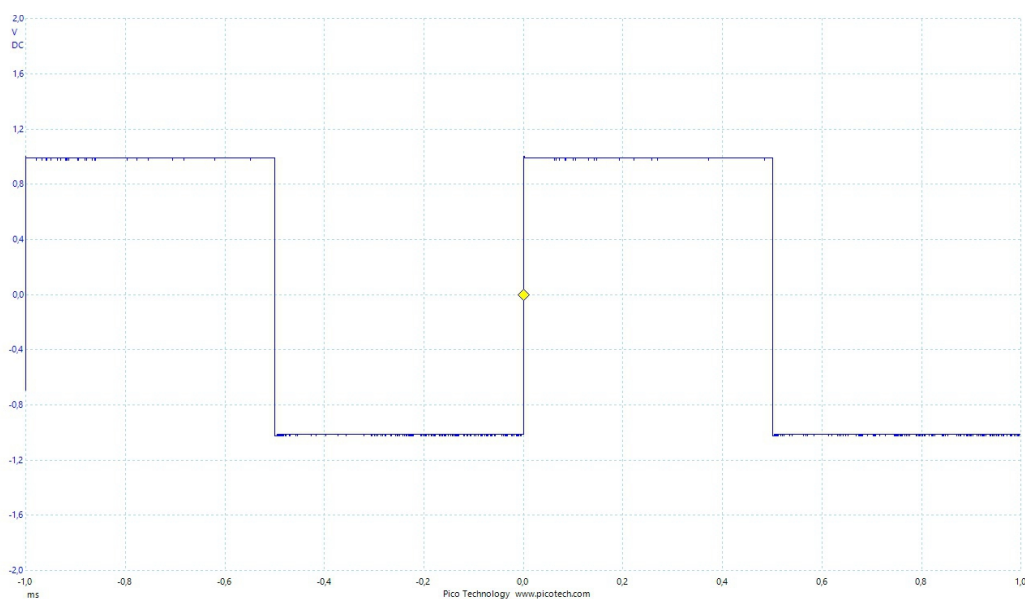


Abbildung 6: Ausgangssignal am Tastkopf nach Abgleich

Das Abgleichen der Tastköpfe ist wichtig, damit das Signal ideal ist und nicht unter- bzw. überkompensiert ist (s. Abbildung 7).

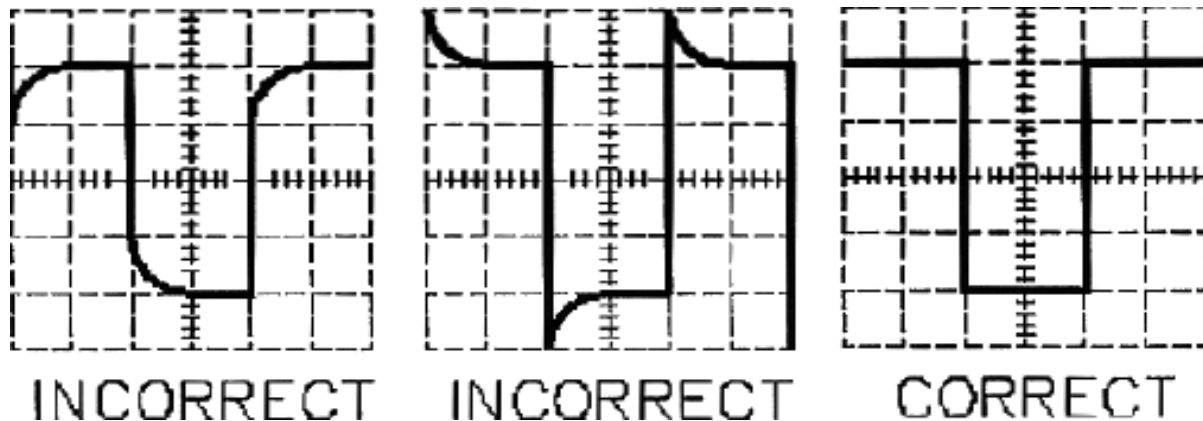


Abbildung 7: Unterkompensiertes, Überkompensiertes und ideales Signal

Durch zwei verschiedene Verfahren wird die Anstiegs- bzw. Abfallzeit ermittelt und verglichen. Bei der Anstiegszeit handelt es sich um die Zeit, die zwischen dem 10%- und dem 90%-Wert einer Pegeländerung vergeht. Im ersten Verfahren wird durch eine bereitgestellte Funktion im Softwareprogramm die Anstiegs- bzw. Abfallzeit automatisch berechnet.

Im zweiten Verfahren wird die Anstiegszeit bei  $T_{90}$  und  $T_{10}$ , durch Betätigung der horizontalen und vertikalen Cursor, ermittelt. Es wird zunächst auf etwas mehr als eine Rechteckperiode und anschließend auf eine ansteigende Flanke eingezoomt. Dabei wird für  $T_{90}$  der horizontale Cursor bei 90 Prozent des Signals und für  $T_{10}$  bei 10 Prozent angelegt. Anschließend werden die vertikalen Cursor an den Schnittpunkt der horizontalen Cursor mit dem Signalverlauf gesetzt, um die Anstiegs- bzw. Abfallzeit zu bestimmen.

Letzteres wird durch zeitlich weiteres Einzoomen die Quantisierungsstufenhöhe sowie die Abtastzeit ermittelt. Unter Abtastung versteht man die Erfassung eines zeitkontinuierlichen analogen Signals in bestimmten Zeitabständen. Im Versuch wird die Abtastzeit für die Quantisierungsstufen ermittelt. Es ist die Zeit, die vergeht, um von der unteren kante der Quantisierung zum höchsten Abtastzeitpunkt zu gelangen.



## **4.2 Bestimmung von Kenngrößen und unbekannten Bauteilkennwerten**

Im zweiten Versuchsteil werden unbekannte Bauteilwerte und Kenngrößen durch verschiedene Verfahren ermittelt. Dabei soll ein RC-Tiefpass und anschließend ein Parallelschwingkreis mit dem Sinussignal des Signalgenerators gespeist werden. Durch die Speisung entstehen Schwingungen, die durch Kondensator und Spule erzeugt werden.

Im ersten Verfahren wird die Kapazität eines Kondensators, im RC-Tiefpass, durch die Grenzfrequenz und eines Widerstands berechnet werden. Zunächst wird der Widerstand, der sich auf der Platine befindet, mit einem Potentiometer gemessen. Zur Bestimmung der Grenzfrequenz wird die Frequenz im Signalgenerator systematisch variiert, bis die Ausgangs- und Eingangsspannung das Verhältnis von  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  erreicht. Zusätzlich wird im RC-Tiefpass die Periodendauer und anschließend der Abstand der Nulldurchgänge der beiden Signale bestimmt.

Durch die davor ermittelte Kapazität, wird im Parallelschwingkreis die Induktivität einer Spule berechnet. Anschließend wird die Kapazität, im Parallelschwingkreis, durch die Bandbreite und durch die Güte sowie die Induktivität berechnet. Für die Berechnung der Güte benötigt man die Resonanzfrequenz und die Bandbreite. Um die Resonanzfrequenz zu ermitteln, wird wie im ersten Verfahren die Frequenz systematisch variiert.

## 5. Auswertung

### 5.1 Ermittlung der Anstiegszeit

Zur Ermittlung der Anstiegszeit bzw. Abfallzeit wird mit Hilfe einer bereitgestellten Funktion im Softwareprogramm eine Anstiegs- bzw. Abfallzeit von 100nS und 97 nS ermittelt. Anschließend wird die Anstiegszeit manuell ermittelt. Es liegt ein Messbereich von  $\pm 1,015\text{V}$ , also 2,03V vor. Nun berechnet man die 10 und 90 Prozent des Messbereichs und legt dort die horizontalen Cursor an.

$$T_{10} : 2,03\text{V} * 0,1 = 0,203\text{V}$$

$$T_{90} : 2,03\text{V} * 0,9 = 1,827\text{V}$$

Das ist jeweils ein Verhältnis von 0,203V. Durch Einführung des Verhältnisses mit dem Messbereich von  $\pm 1,015\text{V}$  legt man für  $T_{10}$  den horizontalen Cursor bei -0,812V und für  $T_{90}$  bei 0,812V an. Um die jetzige Anstiegszeit zu bestimmen, werden die vertikalen Cursor jeweils an die Schnittpunkte der horizontalen Cursor mit dem Signalverlauf gesetzt. In Abbildung 8 ist zu erkennen, wo der Cursor hingesezt wird. Daraus resultiert die Anstiegszeit von  $148 \text{ ns} \pm 1 \text{ ns}$ .

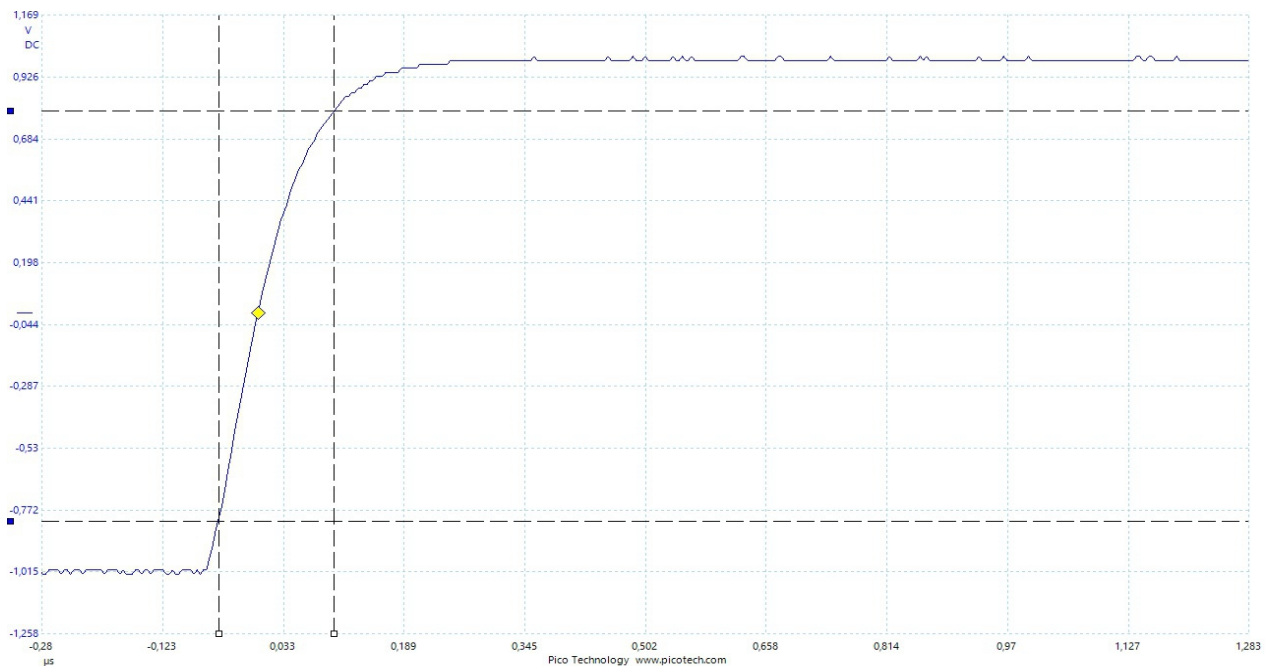


Abbildung 8: Cursormessung

## 5.2 Quantisierungsstufe und Abtastzeit

Durch zeitlich weiteres Einzoomen in die obere Kante des Rechtecksignals konnte eine Quantisierungsstufe von 15,8 mV ermittelt werden. Die Abtastzeit  $T_s$  beträgt 4,061ns. Für jeden Cursor besteht eine Abweichung von 2ps.

Abbildung 9 stellt die Untersuchung der Quantisierungsstufen und Abtastzeit dar. Man erkennt wie die Cursorpunkte genau gesetzt werden.

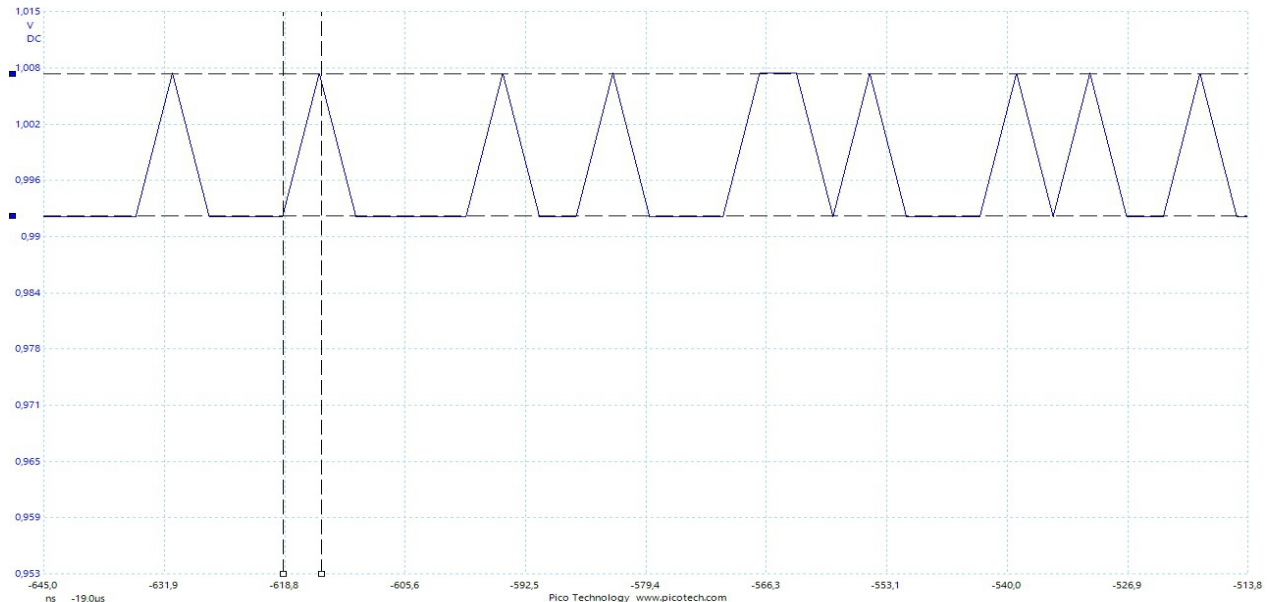


Abbildung 9: Ermittlung der Quantisierungsstufe und Abtastzeit

## 5.3 Abtastrate und Wortlänge M des A/D-Umsetzers

Zusätzlich sollte die Abtastrate und die Wortlänge M des A/D-Umsetzers berechnet werden. Die maximale Spannung  $U_{\max}$  beträgt 2V und  $U_{\min}$  -2V.

Die Wortlänge **M** des A/D-Umsetzers kann nun mit folgender Formel berechnet werden.

$$M = \log_2 \left( \frac{U_{\max} - U_{\min}}{\Delta q} + 1 \right) \approx 7,99 \text{ Bits} = 8 \text{ Bits}$$

Würde man die Bitanzahl auf 10Bits erhöhen, würde man eine niedrigere Quantisierungsstufenhöhe als bei 10Bits haben. Das bedeutet, dass das Störsignal geringer ist, umso größer der Bitanzahlwert ist.. Die **Abtastrate** ergibt sich aus der Zeit zwischen zwei Abtastungen. Die Abtastzeit  $T_s$  beträgt 4,061ns  $\pm$  2ps

$$f_s = \frac{1}{T_s} = 266244767,3 \text{ Hz} = 246,24 \text{ MHz}$$

Die Abweichung der Abtastrate berechnet sich zu:

$$\Delta f_s = \frac{1}{(T_s)^2} \cdot \Delta T_s = 121272,9708 \text{ Hz} = 0,1212 \text{ MHz}$$

## 5.4 RC-Tiefpass

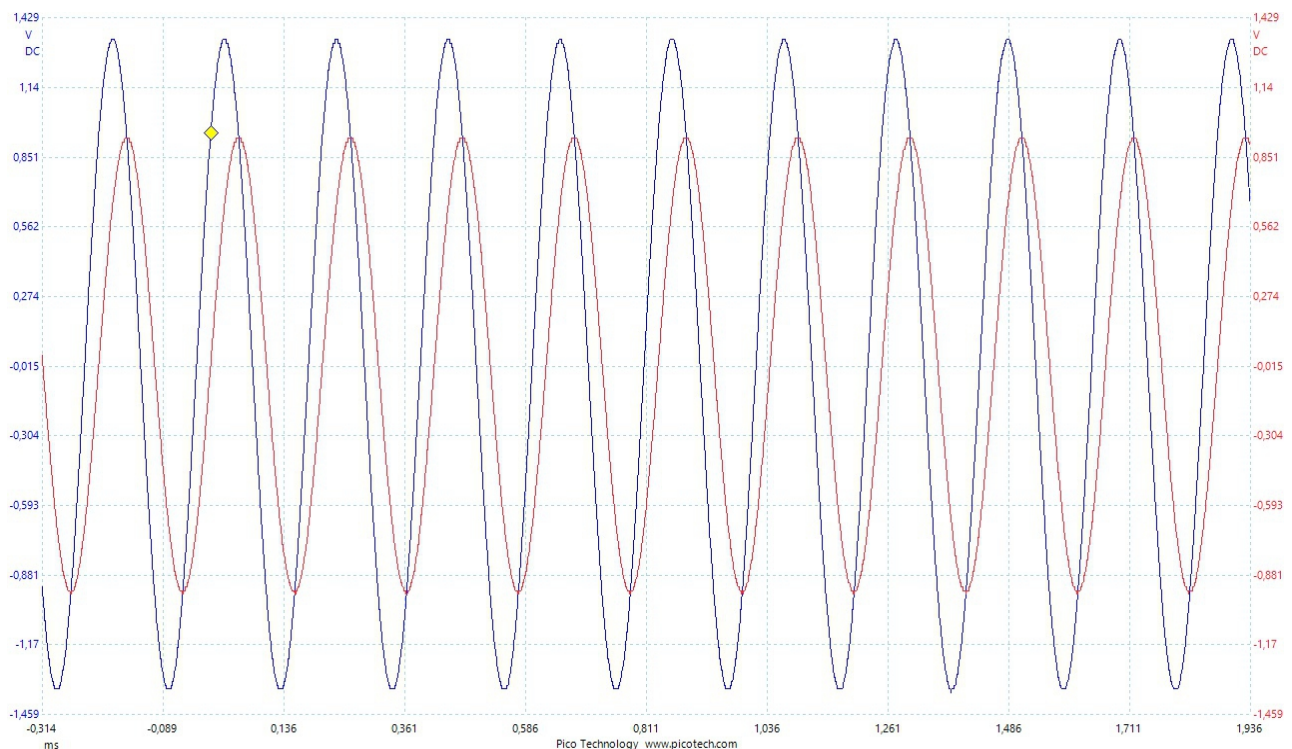
### 5.4.1 Bestimmung der Grenzfrequenz im RC-Tiefpass

Zur Bestimmung der Grenzfrequenz wird die Frequenz im Signalgenerator systematisch variiert, bis die Ausgangs- und Eingangsspannung das Verhältnis von  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  erreicht. Die Grenzfrequenz liegt zwischen 4700 Hz und 4800 Hz (siehe untere Tabelle). Bilden wir den Mittelwert, ergibt sich eine Grenzfrequenz von 4750 Hz.

Frequenz [Hz]	$U_e$ [V]	$U_a$ [V]	$U_a / U_e$
50	2,205	2,173	0,985
75	3,606	3,622	1,004
5000	2,693	1,843	0,6430
4800	2,703	1,906	0,7051
4900	2,693	1,874	0,6958
4700	2,274	1,921	0,7052
4600	2,724	1,953	0,7169

*Tabelle 1: Verhältnis Ausgangs- und Eingangsspannung bei systematischer Variierung der Frequenz*

Bei eingestellter Grenzfrequenz erhält man die in der Abbildung 10 zu sehende Kurvenverläufe der Messsignale.



*Abbildung 10: Verlauf der Messsignale bei ermittelter Grenzfrequenz*

### 5.4.2 Bestimmung der Kapazität durch die Grenzfrequenz

Die ermittelte Grenzfrequenz wird für die Berechnung der Kapazität nach folgender Gleichung herangezogen:

$$C = \frac{1}{2\pi R f_g} = \frac{1}{2\pi 1000 \Omega \cdot 4750 \text{ Hz}} \approx 33,506 \text{ nF}$$

Durch den Potentiometer haben wir eine Toleranz für den Widerstand R von 10 Prozent, also:  $R = 1000 \Omega \pm 10 \%$  (siehe Geräteliste) Wird die Messunsicherheit bzgl. des Widerstandes eingefügt, erhält man:

$$\Delta_{R,C} = \left| \frac{\partial C}{\partial R} \right| \cdot \Delta R = \left| \frac{1}{2\pi R^2 f_g} \right| \cdot 0,1 = 33,506 \text{ nF} \pm 3,35 \text{ pF}$$

### 5.4.3 Phasenverschiebung

Für die Berechnung der Phasenverschiebung wird die Periodendauer und der Abstand des Nulldurchgangs benötigt. Hierbei beträgt die Periodendauer  $208,4 \mu\text{s}$ . Der Abstand des Nulldurchgangs der beiden Signale beträgt  $24,39 \mu\text{s}$ .

Die Phasenverschiebung beträgt  $\Delta\phi = \frac{24,39 \mu\text{s}}{208,4 \mu\text{s}} \cdot 360^\circ \approx 42,13^\circ$ .

Für die jeweiligen Cursor beträgt die Abweichung  $\pm 0,1 \mu\text{s}$ , wodurch sich eine Abweichung von dem theoretischen Wert ( $45^\circ$ ) ergibt, weil durch die Bestimmung der Periodendauer und der Nulldurchgänge Cursor benutzt werden, die man nicht exakt an die gewünschten Stellen des Signals ansetzen kann.

## 5.5 Parallelschwingkreis

### 5.5.1 Berechnung der Resonanzfrequenz und einer Induktivität

Durch das systematische Variieren der Frequenz zur Ermittlung der Resonanzfrequenz, wurde die maximale Verstärkung bei 28kHz und 29 kHz erreicht (siehe untere Tabelle). Für die spätere Berechnung wird der Mittelwert von 28,5 kHz genommen.

Frequenz [Hz]	$U_e$ [V]	$U_a$ / [V]	$U_a / U_e$
30	2,756	1,37	0,497
30,5	2,724	1,307	0,479
29,5	2,787	1,402	0,503
29	2,787	1,433	0,514
28,5	2,819	1,449	0,514
28	2,787	1,433	0,5141
27,5	2,787	1,402	0,5030

*Tabelle 2: Verhältnis Ausgangs- und Eingangsspannung bei systematischer Variierung der Frequenz*

Mit Hilfe der Resonanzfrequenz und der davor ermittelten Kapazität wird die Induktivität der Spule wie folgt berechnet:

$$L = \frac{1}{(2\pi f_r)^2 \cdot C} = 0,931 \text{ mH}$$

### 5.5.2 Berechnung der Kapazität im Parallelschwingkreis

Der Spitze-Spitze-Wert bezeichnet in periodischen Vorgängen die Höhe der Auslenkung vom niedrigsten zum kleinsten Wert. Dieser beträgt 1,436V im Ausgangssignal. Das 0,7-fache des Spitzenwertes beträgt 1,0052V. Die untere Cursorlinie wurde auf -499,6mV und die obere Cursorlinie auf 505,1mV gesetzt. Hierbei beträgt unser  $\Delta U = 1,0052V$ .

Die Frequenz bei dem der Spitze-Spitze-Wert gleich dem Abstand ist, beträgt 25,9 kHz und 31,1 kHz. Es gibt eine „hohe“ Unsicherheit, da die Cursor per Augenmaß eingestellt und abgelesen wurden sind. Die Eingangsamplitude wurde kleiner. Somit ergibt sich eine Bandbreite, durch  $B = f_2 - f_1$ , von 5,2 kHz.

Durch die Berechnung mit der Formel  $Q = \frac{f_R}{B} = \frac{f_R}{f_2 - f_1}$  beträgt die Güte 5,481.

Die Kapazität berechnet sich nach der Formel

$$Q = \frac{R}{\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

Stellt man die Formel um nach der gesuchten Kapazität, ergibt sich:

$$C = \frac{L \cdot Q^2}{R^2}$$

Gerundet erhält man für die Kapazität 27,97 nF.

## 6. Zusammenfassung und Fazit

Im vorliegenden Versuch werden mittels eines USB-Oszilloskop und der dazugehörigen Software Signale erfasst und ausgewertet. Zur Verarbeitung und Auswertung von Signalen kommen zwei unterschiedliche Schaltungen zum Einsatz, in Form eines RC-Tiefpasses und eines Parallelschwingkreises.

Bei der Analyse werden Bauteilkennwerte von Elementen beider Schwingkreise wie zum Beispiel Kondensator und Spule berechnet.

Beim Vergleichen der beiden errechneten Kapazitäten stellt man Abweichungen fest.

Im ersten Verfahren wird die Kapazität mithilfe der Grenzfrequenz und eines Widerstands bestimmt. Aufgrund der Grenzfrequenz entstehen bei der Berechnung der Kapazität Ungenauigkeiten, da das Verhältnis von  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  nicht exakt erreicht wird.

Zusätzlich wird das Ergebnis der Kapazität durch ein Widerstand, der mithilfe eines Potentiometers gemessen wird und somit Messabweichungen entstehen, beeinflusst.

Im zweiten Verfahren wird die Kapazität durch die Güte, eine Spule sowie einen Widerstand berechnet. Dabei beeinflusst die Güte den Wert der Kapazität sehr. Die Güte hängt von der Resonanzfrequenz und der Bandbreite ab. Die Bandbreite enthält Ungenauigkeiten, da die beiden Frequenzen, die nötig sind für die Berechnung der Bandbreite, nicht genau erfasst werden können, da man sie mit der Maus und mit Augenmaß ermitteln muss.

Zusätzlich konnte wie bei der Grenzfrequenz die Resonanzfrequenz nicht genau ermittelt werden.

Die beiden berechneten Kapazitäten weichen um 5,536 nF voneinander ab.

Man kann jedoch sagen, dass die Berechnung der Kapazität durch die Grenzfrequenz besser ist, da hier weniger Bauteile die Kapazität, bei der Berechnung, beeinflussen.



## 7 Quellenverzeichnis

Buchholz, Günther; Dehler, Elmar; Grimm, Bernhard; Häberle, Gregor; Philipp, Werner; Schiemann, Bernd: Grundwissen Elektronik, 15. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. ,Europa Lehrmittel

Frohne, Heinrich; Löcherer, Karl-Heinz; Müller, Hans; Moeller: Grundlagen der Elektrotechnik, 18., neubearbeitete und erweiterte Auflage. B.G. Teubner Stuttgart

Mevenkamp, Manfred: Grundlagen der Elektrischen Messtechnik, Skript

Bilder:

[www.pico-technology-deutschland.de/bilder/produkte/gross/PicoScope-2200A-Serie-2-Kanal-Oszilloskope-im-Reisepass-Format\\_b4.jpg](http://www.pico-technology-deutschland.de/bilder/produkte/gross/PicoScope-2200A-Serie-2-Kanal-Oszilloskope-im-Reisepass-Format_b4.jpg)

[www.meilhaus.de/default/pix/a/n/1300869947-25278.3.jpg](http://www.meilhaus.de/default/pix/a/n/1300869947-25278.3.jpg)