

# Hochschule Bremen

Labor Elektrische Messtechnik

## Bericht

zum Laborversuch DAQ-LV  
(Kürzel)

Signalerfassung und -ausgabe mit LabVIEW, Darstellung von Spektren  
(Versuchsbezeichnung)

### Angaben zur Veranstaltung

WiSe: 21/22

Modul: ELMESS

Dozent/Dozentin:

Prof. Dr.-Ing. Mevenkamp

Kevin Pfeifer  
(Autor / Autorin)

( DSI )  
(Studiengang)

5131378  
(Matrikel-Nr.)

Versuchsdatum:  
20.12.2021

Abgabedatum:  
17.01.2022

Gruppe:	weitere Gruppenmitglieder:	(Studiengang)	Benotung / Bemerkungen
	1. Kelly Mbietketchi Koudjo 2.	( ISTI ) ( )	

### Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

- Für das NI-USB-6212 wurde folgende Quantisierungsstufenhöhe für den Spannungsbereich 10V berechnet:  $q = 328,89\mu V \pm 0,786\mu V$
- Frequenz des Sinussignals mit geeigneter Abtastfrequenz:  $f = 903\text{Hz}$   
Frequenz des Sinussignals mit ungeeigneter Abtastfrequenz:  $f = 798,3\text{Hz}$   
Ein Aliaseffekt trat auf.



# „LabVIEW“

## Signalerfassung und-ausgabe mit LabVIEW, Darstellung von Spektren

### Versuchsbezeichnung:

**DAQ-LV**

### Versuchsdatum:

20.12.2021

### Abgabedatum:

17.01.2022

### Beteiligte:

**Gruppe C7**

Kevin Pfeifer 5131378  
Kelly Mbitketchie Koudjo 5136175

### Laborleitung / - Betreuung:

Prof. Dr.-Ing. M. Mevenkamp

# 1 Inhalt

<b>1 HINTERGRUND UND ZIEL DES VERSUCHS .....</b>	<b>4</b>
1.1 GEGENSTAND DES VERSUCHS .....	4
1.2 DIGITALE SIGNALVERARBEITUNG .....	4
<b>2 VERSUCHSAUFBAU .....</b>	<b>5</b>
2.1 BESTANDTEILE DES VERSUCHS .....	5
2.2 AUFBAU DES ARBEITSPLATZES .....	5
2.3 KONFIGURATION VON LABVIEW .....	6
<b>3 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG .....</b>	<b>8</b>
3.1 LABVIEW .....	8
3.2 AMPLITUDEQUANTISIERUNG .....	8
3.3 ALIASEFFEKT .....	8
3.4 AMPLITUDENSPEKTRUM .....	9
<b>4 AUSWERTUNG DER LABORDURCHFÜHRUNG .....</b>	<b>10</b>
4.1 AMPLITUDEQUANTISIERUNG .....	10
4.1.1 <i>Messung des Rechtecksignals .....</i>	10
4.1.2 <i>Messung der Quantisierungsstufe .....</i>	11
4.1.3 <i>Berechnung der Quantisierungsstufe .....</i>	12
4.2 HERVORRUFEN DES ALIASEFFEKT .....	13
4.3 SIGNALSPEKTRUM .....	15
4.4 SPEKTRUM EINES RECHTECKSIGNALS .....	17
<b>ANHANG .....</b>	<b>19</b>
PROTOKOLL .....	20
VORBEREITUNG .....	25
GERÄTELISTE .....	27

# 1 Hintergrund und Ziel des Versuchs

## 1.1 Gegenstand des Versuchs

Die Ausarbeitung des Versuchs soll einen Einblick in die verschiedenen Aspekte der Digitalisierung von analogen Signalen liefern. In den Messtechnik-Vorlesungen zur digitalen Signalverarbeitung wurde vor Versuchsantritt benötigtes Vorwissen vermittelt, das im Labor anzuwenden ist. Dies schließt folgende Themen ein: Diskretisierung bei Analog-Digital-Umsetzung, Quantisierung sowie der Aliaseffekt. Die praktische Anwendung mithilfe dieses Laborversuchs dient zur Festigung dieses Wissens.

Ein weiterer Bestandteil des Laborversuchs ist die Verwendung der Software LabVIEW. Erste Erfahrungen in der Nutzung der Anwendung sollen im Rahmen des Labors gesammelt werden. Die zur Software mitgelieferte Hardware dient dem Messen und Erzeugen von Signalen. Dies funktioniert nur mit korrekter Handhabung der Software.

Der Bericht umfasst die Auseinandersetzung mit oben genannten Themen.

## 1.2 Digitale Signalverarbeitung

Zum Messen eines analogen Signals in einem digitalen System wird ein A/D-Umsetzer verwendet, der ein solches analoges Signal digitalisiert. Dies wird mit dem S&H-Glied (Sample & Hold) umgesetzt. Ein analoges Signal wird in regelmäßigen Zeitabständen abgetastet und erzeugt ein digitalisiertes Signal, das ein Stufenmuster aufweist.

Abhängig von der Konfiguration des Messgeräts kann ein Aliaseffekt auftreten. Das Abtasttheorem besagt, dass ein Aliaseffekt auftritt, sobald die Abtastfrequenz nicht den doppelten Frequenzwert des zu messenden Signals erreicht hat. Ist das nicht gegeben, kann das analoge Signal nicht sauber abgetastet werden und es folgen grobe Messfehler.

## 2 Versuchsaufbau

### 2.1 Bestandteile des Versuchs

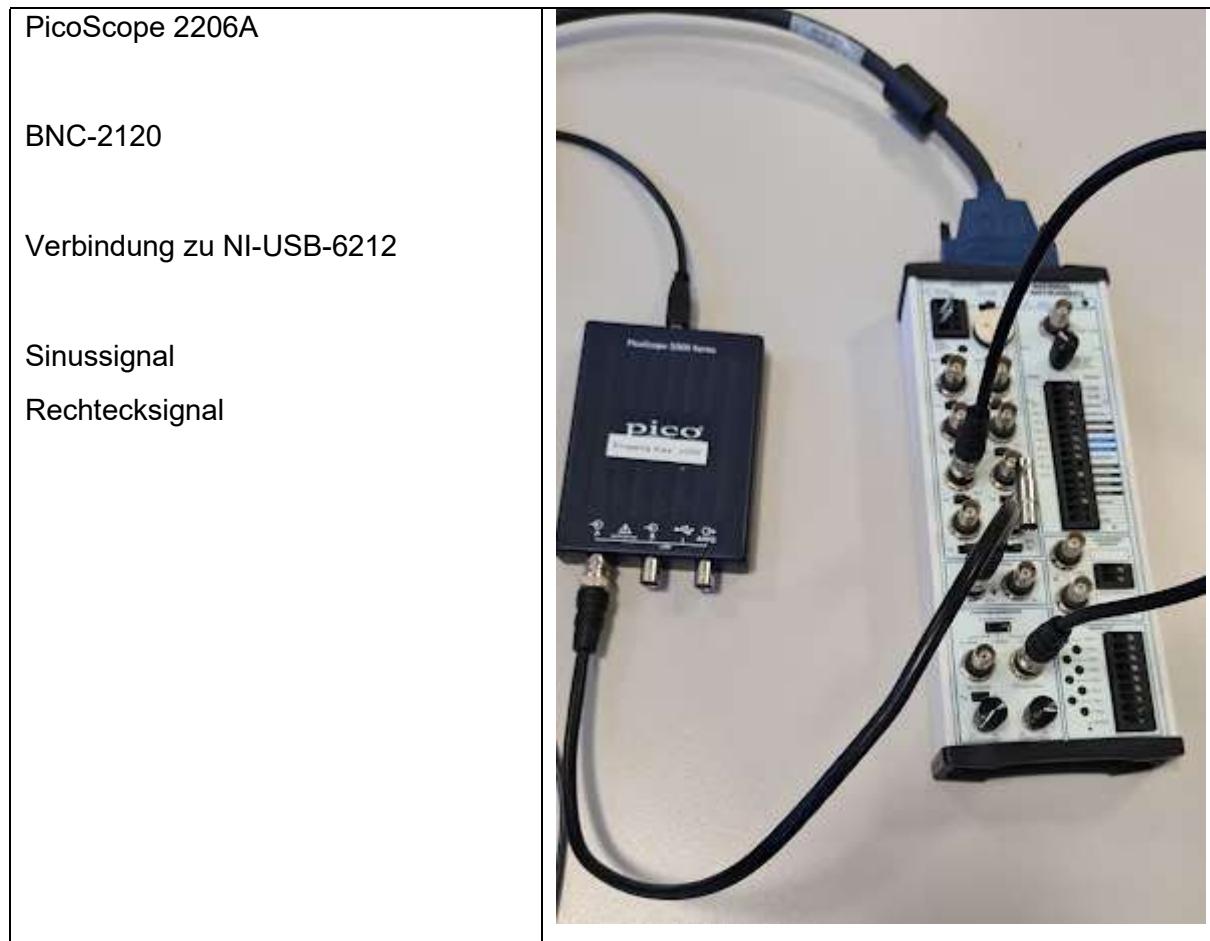
Der Versuchsaufbau setzte sich aus den folgenden Bestandteilen zusammen:

- |                                     |                                          |
|-------------------------------------|------------------------------------------|
| - Anschlussbox mit Signalgenerator: | <b>National Instruments BNC-2120</b>     |
| - Datenerfassungshardware:          | <b>NI-USB-6212 (“Multifunction I/O“)</b> |
| - Dazugehörige Software:            | <b>National Instruments LabVIEW</b>      |
| - USB-Oszilloskop:                  | <b>PicoScope 2206A</b>                   |
| - BNC-Kabel:                        | 2x                                       |

### 2.2 Aufbau des Arbeitsplatzes

Am Arbeitsplatz wurden die benötigten Geräte bereits angeschlossen vorgefunden. Die Anschlussbox war mit der Datenerfassungshardware verbunden. Die Datenerfassungshardware sowie der Oszilloskop waren über USB-Schnittstellen mit dem Arbeitsplatzrechner verbunden.

Somit war für die jeweilige Durchführungsaufgabe nur ein korrektes Verbinden der BNC-Kabel sowie die dazugehörige Konfiguration der Software LabVIEW und ggf. PicoScope notwendig. Für die Durchführung relevante Geräte und ihre verwendeten Eingangs- und Ausgangskanäle sind in der nachfolgenden Abbildung hervorgehoben.



## 2.3 Konfiguration von LabVIEW

Zur Durchführung des Labors gehörte eine Konfiguration der Software LabVIEW. Ein Frontpanel wurde eingerichtet mit den einzelnen für den Versuch relevanten VIs (Virtual Instrument) bestückt, die benötigte Messgrößen aufnehmen, die an den Schnittstellen der VIs abgegriffen werden.

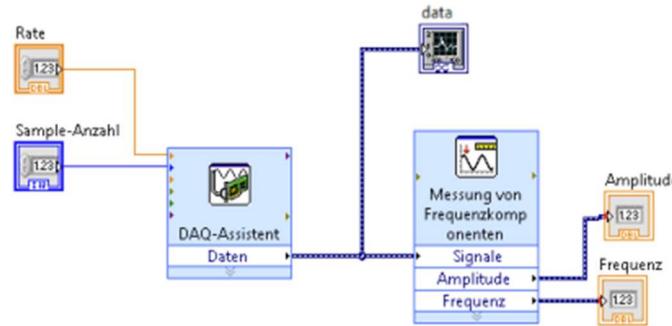


Abbildung 1: Das Backpanel für den DAQ-LV-Versuch

Die obige Abbildung stellt das „Backpanel“ der Software dar und dient der Aufnahme von Messwerten. In der folgenden Abbildung ist das „Frontpanel“ zu sehen. Hier werden Messwerte und Messverläufe, die von den VIs abgegriffen werden, dargestellt. Zudem lassen einige Schnittstellen Eingaben zu wie in diesem Fall die Sample-Anzahl und die Rate, die für die Durchführung einzelner Versuchsziele relevant ist.

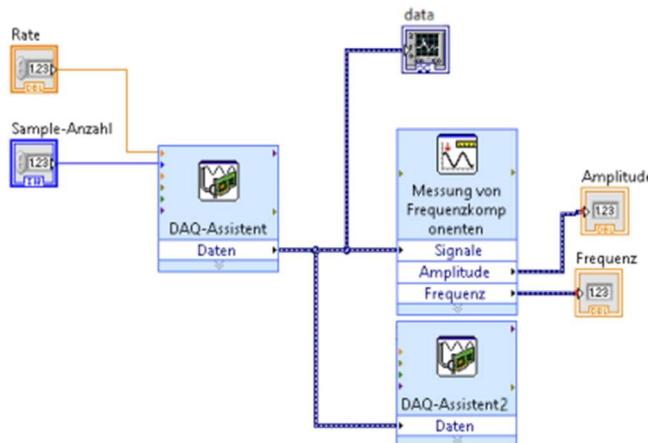


Abbildung 2: Das angepasst Backpanel für das Amplitudenspektrum

Ein Versuchsziel umfasst die Messung eines Amplitudenspektrums und erfordert eine Anpassung des Backpanels. Der zweite DAQ-Assistent wird für die Verwendung des Picoscope-Oszilloskopen verwendet.

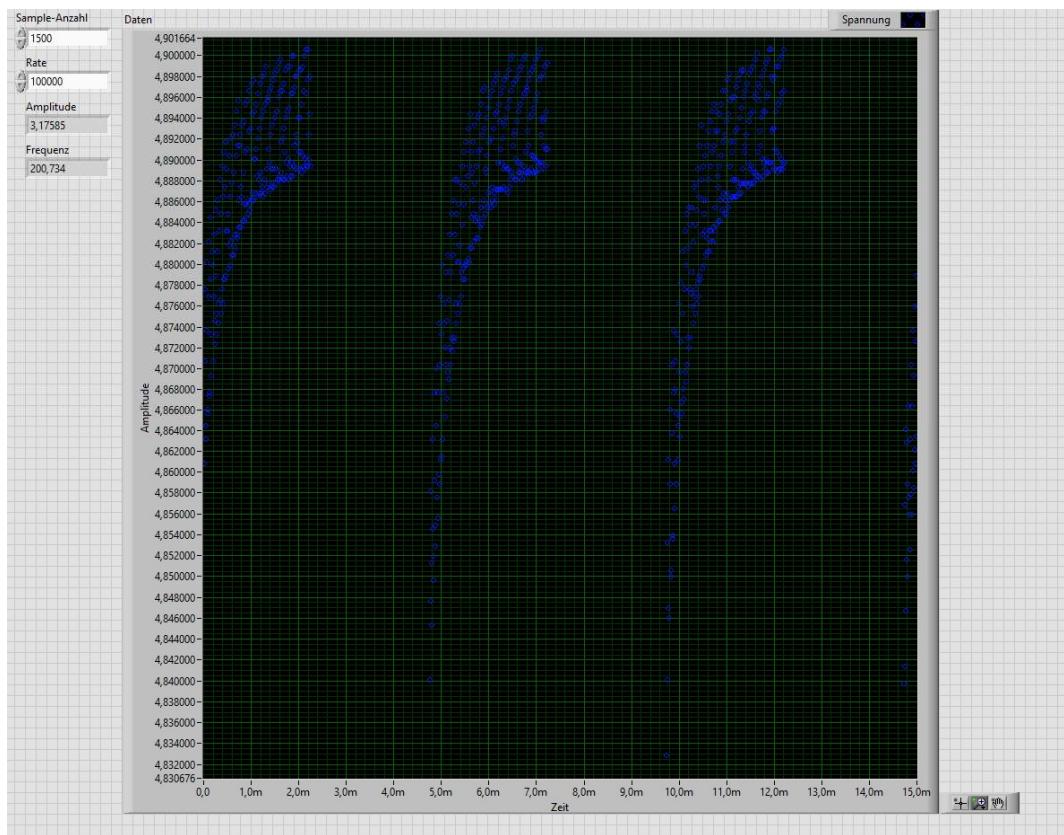


Abbildung 3: Das entsprechende Frontpanel des VIs

### 3 Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung beginnt mit einer vorbereitenden Konfiguration der Software LabVIEW und PicoScope an einem Windows-basierten Computer sowie eine entsprechende Verkabelung der dazugehörigen Hardware. Dies wurde für jedes Versuchsziel entsprechend der Aufgabenstellung angepasst.

#### 3.1 LabVIEW

Nach einer Einführung des Laborbetreuenden hinsichtlich der Konfiguration von LabVIEW startete die Vorbereitung mit der Programmierung der Software. Die Programmierung wurde vorgenommen. Ein Eingabe-DAQ-Assistent wurde eingerichtet und über das angeschlossene NI-USB-6212 dem Eingangskanal AI-4 zugewiesen. Die Eingänge „Rate“ und „Sample-Anzahl“ des DAQ-Assistenten wurden am Frontpanel dargestellt. Zudem wurde am Ausgang „Daten“ das VI „Messung von Frequenzkomponenten“ angebunden und dessen Ausgänge „Amplitude“ und „Frequenz“ ebenfalls am Frontpanel dargestellt. Die Platzierung der grafischen Elemente des Front- und Backpanels entsprachen nun denen aus Abbildungen 2 und 3.

Im Anschluss wurden die weiteren Versuchsziele abgearbeitet. Hierfür wurden Änderungen an Front- und Backpanel sowie der Verkabelung an Hardware vorgenommen.

#### 3.2 Amplitudenquantisierung

Das TTL-Signal der BNC-2120-Anschlussbox wurde mit einem BNC-Kabel am Eingangskanal AI-4 angeschlossen. Nach einem Triggern des Frontpanels wurde ein Rechtecksignal dargestellt und dessen derzeitige Amplitude angezeigt. Eine korrekte Messung des gewünschten Signalgenerators ließ sich feststellen. Die Frequenz des Rechtecksignals wurde auf etwa 200 Hz angepasst.

Der Messverlauf des angepassten Signals wurde vertikal herangezoomt bis 9 Quantisierungsstufen erkennbar waren. Mithilfe dieses Graphen wurde die Stufenhöhe einer einzelnen Quantisierungsstufe mit reduzierter Messunsicherheit bestimmt.

#### 3.3 Aliaseffekt

In diesem Versuchsziel wurde die Auswirkung eines Aliaseffekts mithilfe zweier Messverläufe an einem Sinussignal untersucht. Zunächst wurde der Eingangskanal AI-4 mit dem Sinussignal der BNC-2120-Anschlussbox verbunden. Anschließend wurde am Frontpanel eine Anpassung der Abtastrate und Messdauer vorgenommen. Die Abtastrate lag nun bei 50kHz und die Messdauer bei 50ms. Die Amplitude des Signals wurde auf einen Wert von ca. 1,8V eingestellt. Die Frequenz wurde auf ca. 900 Hz gestellt. Die Amplitude ließ sich eindeutig vom Messverlauf ablesen.

Danach wurde die Abtastrate auf 1,7kHz reduziert. Die Amplitude war nun nicht mehr erkennbar. Der Aliaseffekt trat auf. Beide Messverläufe wurden protokolliert und gesichert.

### 3.4 Amplitudenspektrum

Für dieses Versuchsziel wurde ein Amplitudenspektrum mithilfe des Picoscope Oszilloskopens aufgenommen. Hierfür musste dem Backpanel eine weitere VI vom Typen „DAQ-Assistent“ für eine Signalausgabe hinzugefügt werden. Dem DAQ-Assistenten wurde der Ausgangskanal AO-0 zugewiesen. Die Anordnung im Backpanel entsprach nun der aus Abbildung 2. Der Eingang „Daten“ wurde anschließend mit dem Ausgang „Daten“ des Eingabe-DAQ-Assistenten verbunden. Die Änderung hat zur Folge, dass das Signal, das am Eingangskanal AI-4 anliegt, an den Picoscope-Oszilloskopens durchgereicht wird.

Nach der Konfiguration von LabVIEW wurde der Eingangskanal A des Picoscope-Oszilloskopens mit dem zuvor konfigurierten Ausgangskanal AO-0 verbunden. Anschließend wurde die Software Picoscope 6 geöffnet und eine zusätzliche Ansicht für das Amplitudenspektrum des zu messenden Signals hinzugefügt. Auch in diesem Versuchsziel wurde durch Anpassen der Abtastfrequenz ein Alias-Effekt hervorgerufen. Hier wurde beobachtet, wie sich das Amplitudenspektrum verhält. Abschließend wurde ein Rechtecksignal gemessen und auch dessen Amplitudenspektrum analysiert.

## 4 Auswertung der Labordurchführung

### 4.1 Amplitudenquantisierung

#### 4.1.1 Messung des Rechtecksignals

In der folgenden Abbildung ist das zur oberen Kante herangezoomte Rechtecksignal für die Bestimmung der Höhe der Quantisierungsstufen zu sehen. Die Sample-Anzahl wurde mit folgender Formel bestimmt:  $N_P = \frac{f_s}{f_x} * P = \frac{100\text{kHz}}{200\text{Hz}} * 3 = 1500 \text{ Samples}$

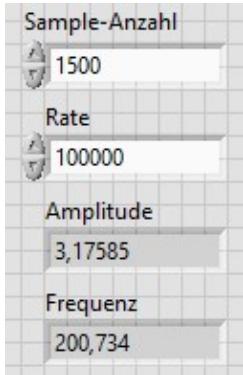


Abbildung 4: Amplitudenquantisierung:  
Messwerte

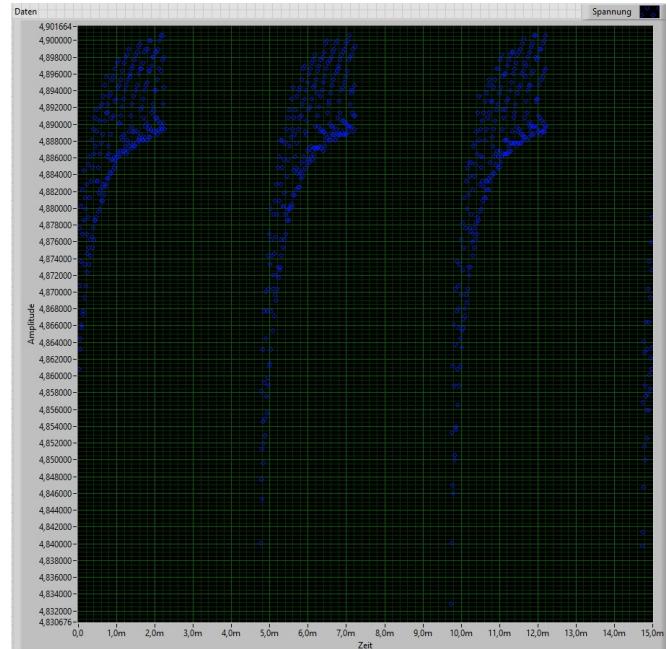


Abbildung 5: Amplitudenquantisierung: obere Kante des  
Rechtecksignals

Bei einer Frequenz von  $f=200,397\text{Hz}$  mit einer Sample-Anzahl von 1500 Samples und einer Abtastrate von 100kHz wurde eine Amplitude von 3,1769V gemessen. Sie weicht deshalb stark von den ursprünglich eingestellten 10V ab, da es sich hier um die Grundschwingung handelt.

#### 4.1.2 Messung der Quantisierungsstufe

Durch zusätzliches vertikales Heranzoomen im Messverlauf wurden die Quantisierungsstufen dargestellt.

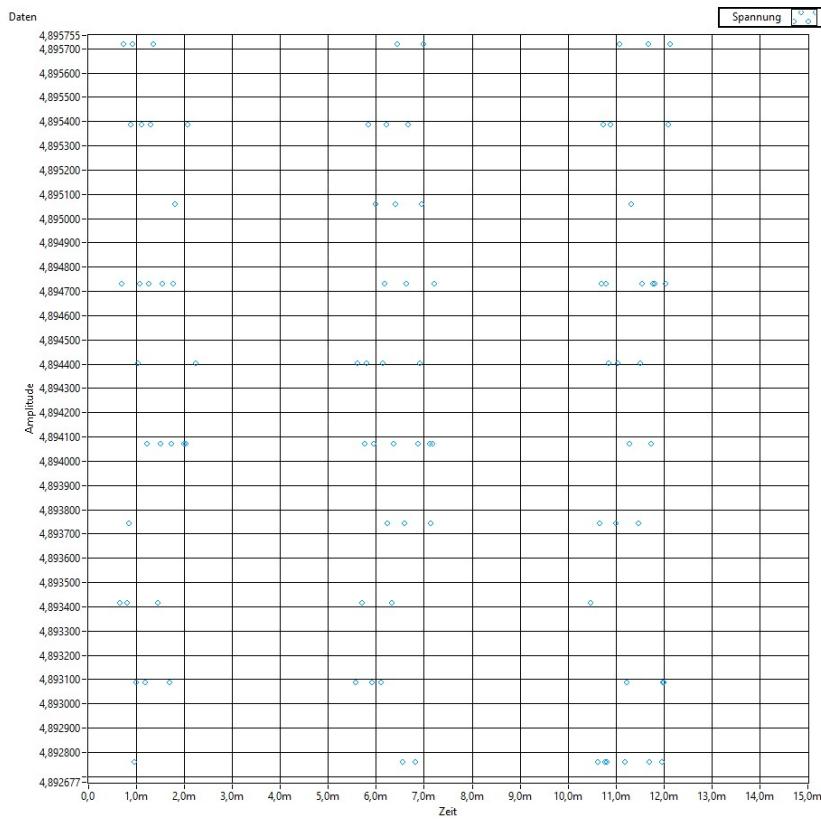


Abbildung 6: Amplitudenquantisierung: Stufenhöhen

Die maximale und minimale Spannung im obigen Messverlauf betragen:

$$U_{max} = 4,89572V \quad \Delta U_{max} = 5\mu V$$

$$U_{min} = 4,89276V \quad \Delta U_{min} = 5\mu V$$

Im Messverlauf werden  $N = 9$  Quantisierungsstufen dargestellt, somit ergibt sich die Quantisierungsstufenhöhe wie folgt:

$$q = \frac{U_{max} - U_{min}}{N} = \frac{4,89572V - 4,89276V}{9} = 3,2889 * 10^{-4}V = 328,89\mu V$$

$$\Delta q = \frac{\sqrt{\Delta U_{max}^2 + \Delta U_{min}^2}}{N} = \frac{\sqrt{5\mu V^2 + 5\mu V^2}}{9} = 0,786\mu V$$

$$q = 328,89\mu V \pm 0,786\mu V$$

#### 4.1.3 Berechnung der Quantisierungsstufe

Die Quantisierungsstufenhöhe für NI-USB-621x-Geräte wird mit folgender Formel berechnet (National Instruments, 2009, S. 38):

$$q = \frac{U_{max} - U_{min}}{2^{16}}$$

Demnach gilt für eine Amplitude von 10V:

$$q = \frac{10V - (-10V)}{2^{16}} = 305,18\mu V$$

Für eine erhöhte Genauigkeit beim Messen wurde ab Werk eine Kalibrierungsmethode gewählt, die eine Messunsicherheit von 5% verursacht, somit gilt für den Spannungsbereich  $\pm 10V$  anhand der Angabe des User Manuals die Quantisierungshöhe:  $q = 320\mu V$

Berechnet liegt die maximal mögliche Quantisierungshöhe bei:

$$q_{max} = 305,18\mu V * 1,05 = 320,44\mu V$$

Die gemessene Quantisierungsstufe  $q = 328,89\mu V \pm 0,786\mu V$  unterscheidet sich im Vergleich zur maximal erreichbaren Quantisierungsstufe um mindestens  $7,66\mu V$  und bleibt somit außerhalb der Messunsicherheit. Aufgrund der systematischen Herangehensweise beim Messen, ist hier nicht von einem Messfehler auszugehen. Möglicherweise liegt hier ein Quantisierungsfehler vor, der das Signal zusätzlich stört.

## 4.2 Hervorrufen des Aliaseffekts

Ein Sinussignal wurde mit unterschiedlichen Abtastraten und Sample-Anzahlen aufgenommen.

Die folgende Abbildung zeigt den Signalverlauf bei einer Abtastrate  $f = 50\text{kHz}$ . Die Sample-Anzahl beträgt  $N_P = \frac{f_s}{f_x} = \frac{50\text{kHz}}{20\text{Hz}} = 2500\text{ Samples}$

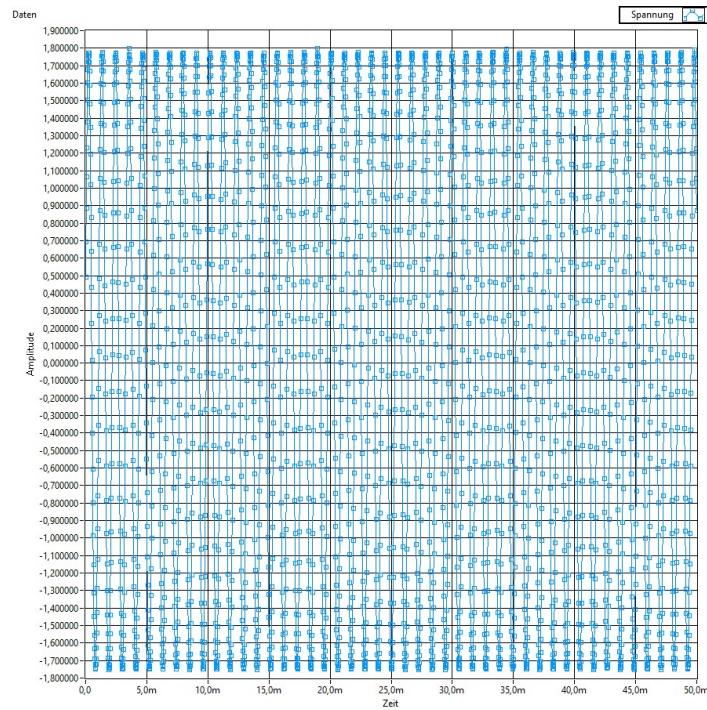


Abbildung 7: Hervorrufen des Aliaseffekts - geeignete Abtastrate

Hervorrufen des Aliaseffekts mit einer Abtastfrequenz von  $f = 1,7\text{kHz}$ .

Sample-Anzahl:  $N_P = \frac{f_s}{f_x} = \frac{1,7\text{kHz}}{20\text{Hz}} = 85\text{ Samples}$

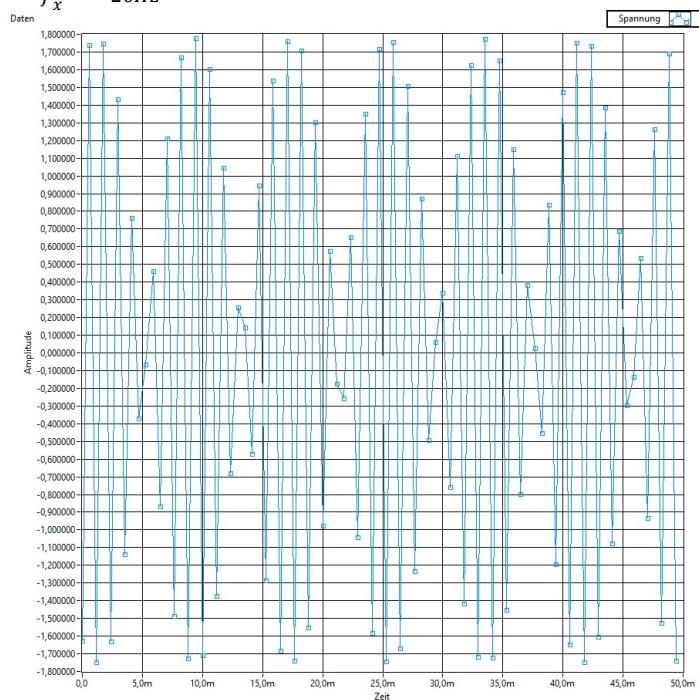


Abbildung 8: Hervorrufen des Aliaseffekts - niedrige Abtastrate

Die im Frontpanel angezeigten Frequenzen weisen, wie in der folgenden Tabelle zu sehen, Unterschiede auf:

	Frequenz
$f_s = 50\text{kHz}$	903Hz
$f_s = 1,7\text{kHz}$ (Aliaseffekt)	798,3Hz

Der Unterschied kommt zustande, da die Ungleichung des Abtasttheorems  $f_x > \frac{f_s}{2}$  nach Änderung der Frequenz  $f_s$  nicht mehr gültig ist. Das sorgt für den Aliaseffekt. Die angezeigte Frequenz während des Aliaseffekts stellt die Aliasschwingung dar:

$$\bar{f}_x = f_s - f_x = 1,7\text{kHz} - 900\text{Hz} = 800\text{Hz}$$

Der Signalverlauf bei  $f_s = 1,7\text{kHz}$  besteht aus zwei sich überlagernden Sinusschwingungen  $f_1$  und  $f_2$ . Dabei handelt es sich um eine Schwebung. Diese Schwingungen haben einen Zusammenhang zwischen der Trägerschwingung und der Einhüllenden.

Berechnung der Trägerschwingung:

$$\begin{aligned} T_T &= 2 * T_s \\ \frac{1}{f_T} &= 2 * \frac{1}{f_s} \\ f_T &= \frac{f_s}{2} = \frac{1,7\text{kHz}}{2} = 850\text{Hz} \end{aligned}$$

Berechnung der Einhüllenden:

$$\begin{aligned} T_E &= 20\text{ms} \\ f_E &= \frac{1}{T_E} = \frac{1}{20\text{ms}} = 50\text{Hz} \end{aligned}$$

Mithilfe des Additionstheorems  $\sin(x + y) + \sin(x - y) = 2 \sin x \cos y$  lässt sich der Zusammenhang wie folgt herleiten:

Es gilt:  $\sin \omega_1 t + \sin \omega_2 t = 2 \sin \omega_T t \cos \omega_E t$  und  $\omega = 2\pi f$ .

Somit ergibt sich:  $\sin 2\pi f_1 t + \sin 2\pi f_2 t = 2 \sin 2\pi f_T t \cos 2\pi f_E t$

Daraus folgt:  $f_1 = x + y$ ;  $f_2 = x - y$ ;  $f_T = x$  sowie  $f_E = y$

Nun lassen sich die Frequenzen der überlagernden Schwingungen bestimmen:

$$f_1 = f_T + f_E = 850\text{Hz} + 50\text{Hz} = 800\text{Hz}$$

$$f_2 = f_T - f_E = 850\text{Hz} - 50\text{Hz} = 900\text{Hz}$$

Die soeben berechneten Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  zeigen, dass es sich hier jeweils um die Frequenz der Aliasschwingung und der Frequenz des Sinussignals handelt.

### 4.3 Signalspektrum

In der folgenden Abbildung wird der Signalverlauf vom Ausgangskanal AO-0 der BN-2120-Anschlussbox sowie dessen Signalspektrum am Picoscope-Oszilloskop dargestellt.

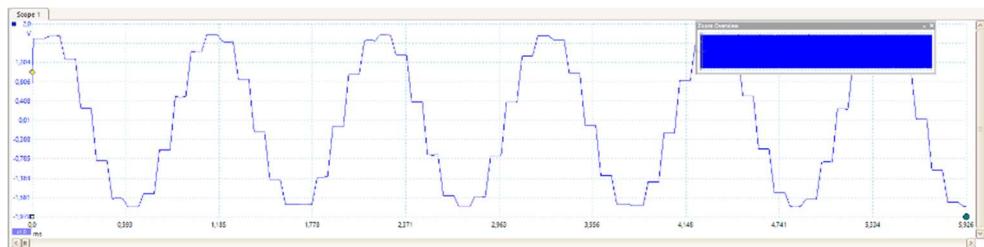


Abbildung 9: Signalspektrum: Sinussignal

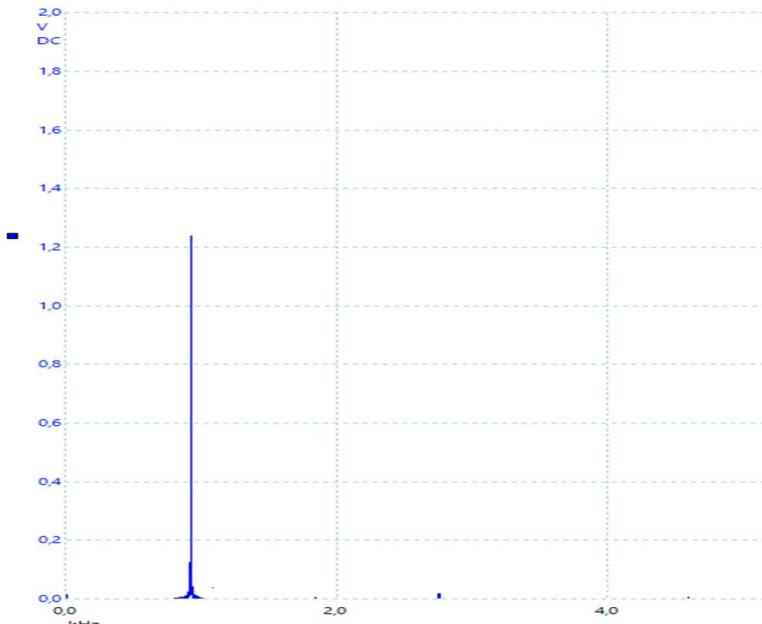


Abbildung 10: Signalspektrum: Peak

An der Frequenz  $f = 908\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$  wird eine erhöhte Amplitude gemessen. Somit ergibt sich der Signalverlauf nur aus einer Sinusschwingung.

Durch Reduktion der Abtastrate auf  $f_s = 1700\text{Hz}$  und eine Anpassung der Sample-Anzahl auf  $N_p = 1400\text{ Samples}$  wurde ein Alias-Effekt in der nachfolgenden Abbildung hervorgerufen. Dabei wird sowohl der Signalverlauf als auch das Amplitudenspektrum beeinflusst. Es sind mehrere erhöhte Amplituden erkennbar.



Abbildung 11: Signalspektrum: Signalverlauf mit Alias-Effekt

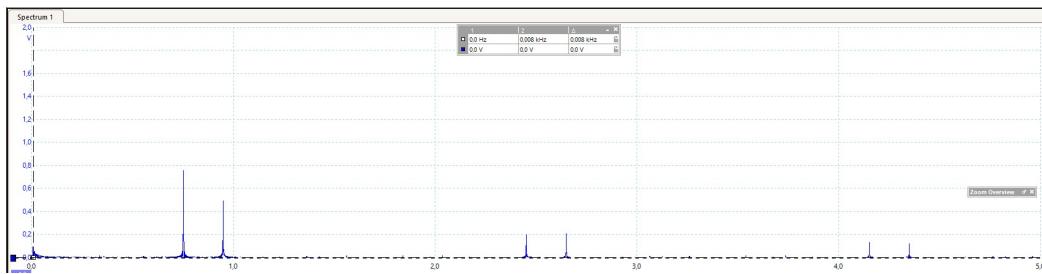


Abbildung 12: Signalspektrum: Peaks Aliasschwingungen

Die Peaks kommen zustande, da es sich hier um überlagernde Schwingungen handelt. Das heißt, dass sich der Signalverlauf aus mehreren Sinusschwingungen zusammensetzt. Diese Sinusschwingungen werden im Amplitudenspektrum dargestellt und in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die abgelesenen Frequenzen stimmen den berechneten Aliasschwingungen nahezu überein.

Frequenz [Hz]	Amplitude [mV]
789	668,5
903	543,4
2483	213,7
2623	197,3
4179	115,1
4316	97,15

$$\begin{aligned}
 \bar{f}_1 &= 800\text{Hz} \\
 \bar{f}_2 &= 900\text{Hz} \\
 \bar{f}_x &= n * f_s - f_x = 2 * 1700\text{Hz} - 900\text{Hz} = 2500\text{Hz} \\
 &\quad = 1700\text{Hz} + 900\text{Hz} = 2600\text{Hz} \\
 &\quad = 3 * 1700\text{Hz} - 900\text{Hz} = 4200\text{Hz} \\
 &\quad = 2 * 1700\text{Hz} + 900\text{Hz} = 4300\text{Hz}
 \end{aligned}$$

Die Signalverläufe beim Messen mithilfe des Picoscope-Oszilloskopen zeigen ein Stufenmuster. Dieses Muster kommt zustande, da das analoge Signal vom Signalgenerator am NI-USB-6212 digitalisiert wird und ein abgetastetes Signal an zurück an den Oszilloskop gibt. Dabei wird am Eingangskanal des NI-USB-6212 eine ADU-Schaltung verwendet, die mit einem S&H-Glied für ein Abtasten des analogen Signals in Abhängigkeit der Auflösungsrate in regelmäßigen Zeitabständen sorgt.

## 4.4 Spektrum eines Rechtecksignals

Abschließend wurde der Signalverlauf und das Amplitudenspektrum eines Rechtecksignals analysiert.



Abbildung 13: Spektrum eines Rechtecksignals: Signalverlauf

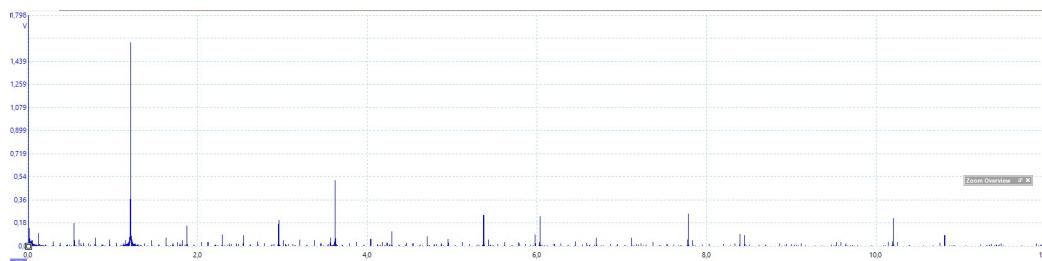


Abbildung 14: Spektrum eines Rechtecksignals: Peaks

Dem Amplitudenspektrum wurden folgende Peaks entnommen und in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Frequenz [Hz]	Art der Schwingung	Berechnung
0	Gleichanteil	
538	9. Harmonische (Aliasschwingung)	$f_{x9} = 11400 \text{ Hz} - 9 * 1200 \text{ Hz} = 600 \text{ Hz}$
1209	Grundschwingung	$f_{s1} = 1 * 1200 \text{ Hz} = 1200 \text{ Hz}$
1853	Unerwarteter Peak	$f_{x8} = 11400 \text{ Hz} - 8 * 1200 \text{ Hz} = 1800 \text{ Hz}$
2545	Unerwarteter Peak	$f_{s2} = 2 * 1200 \text{ Hz} = 2400 \text{ Hz}$
2958	7. Harmonische (Aliasschwingung)	$f_{x7} = 11400 \text{ Hz} - 7 * 1200 \text{ Hz} = 3000 \text{ Hz}$
3622	3. Harmonische	$f_{s3} = 3 * 1200 \text{ Hz} = 3600 \text{ Hz}$
4181	Unerwarteter Peak	$f_{x6} = 11400 \text{ Hz} - 6 * 1200 \text{ Hz} = 4200 \text{ Hz}$
4881	Unerwarteter Peak	$f_{s4} = 4 * 1200 \text{ Hz} = 4800 \text{ Hz}$
5377	5. Harmonische (Aliasschwingung)	$f_{x5} = 11400 \text{ Hz} - 5 * 1200 \text{ Hz} = 5400 \text{ Hz}$
6041	5. Harmonische	$f_{s5} = 5 * 1200 \text{ Hz} = 6000 \text{ Hz}$
6699	Unerwarteter Peak	$f_{x4} = 11400 \text{ Hz} - 4 * 1200 \text{ Hz} = 6600 \text{ Hz}$
7118	Unerwarteter Peak	$f_{s6} = 6 * 1200 \text{ Hz} = 7200 \text{ Hz}$
7790	3. Harmonische (Aliasschwingung)	$f_{x3} = 11400 \text{ Hz} - 3 * 1200 \text{ Hz} = 7800 \text{ Hz}$
8398	7. Harmonische	$f_{s7} = 7 * 1200 \text{ Hz} = 8400 \text{ Hz}$
9006	Unerwarteter Peak	$f_{x2} = 11400 \text{ Hz} - 2 * 1200 \text{ Hz} = 9000 \text{ Hz}$
9587	Unerwarteter Peak	$f_{s8} = 8 * 1200 \text{ Hz} = 9600 \text{ Hz}$
10209	Grundschwingung (Aliasschwingung)	$f_{x1} = 11400 \text{ Hz} - 1 * 1200 \text{ Hz} = 10200 \text{ Hz}$
10755	9. Harmonische	$f_{s9} = 9 * 1200 \text{ Hz} = 10800 \text{ Hz}$

Während der Messung des Rechtecksignals sind Peaks aufgetreten, die gemäß der Vorbereitung nicht erwartet waren. Ein Rechtecksignal enthält nur ungerade Harmonische. Somit sollten die unerwarteten Peaks nicht im Amplitudenspektrum auftauchen.

Die Messung der erwarteten Schwingungen stimmen mit kleinen Ausreißern während der Messung mit den berechneten überein. Möglicherweise sind Messfehler aufgrund eines geringen vertikalen Zooms aufgetreten. Grundsätzlich passen die Messungen jedoch.

## 5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Backpanel für den DAQ-LV-Versuch .....	6
Abbildung 2: Das angepasst Backpanel für das Amplitudenspektrum .....	6
Abbildung 3: Das entsprechende Frontpanel des VIs .....	7
Abbildung 4: Amplitudenquantisierung: Messwerte .....	10
Abbildung 5: Amplitudenquantisierung: obere Kante des Rechtecksignals .....	10
Abbildung 6: Amplitudenquantisierung: Stufenhöhen .....	11
Abbildung 7: Hervorrufen des Aliasfehlers - geeignete Abtastrate .....	13
Abbildung 8: Hervorrufen des Aliasfehlers - niedrige Abtastrate .....	13
Abbildung 9: Signalspektrum: Sinussignal .....	15
Abbildung 10: Signalspektrum: Peak .....	15
Abbildung 11: Signalspektrum: Signalverlauf mit Aliasfehler .....	15
Abbildung 12: Signalspektrum: Peaks Aliasschwingungen .....	16
Abbildung 13: Spektrum eines Rechtecksignals: Signalverlauf .....	17
Abbildung 14: Spektrum eines Rechtecksignals: Peaks .....	17

## 6 Quellenverzeichnis

National Instruments. (2009). *NI USB-621x User Manual.*

# Anhang

## Protokoll

<b>Hochschule Bremen</b> Labor Elektrische Messtechnik		Angaben zur Veranstaltung
		WS 2021/22
		Modul: ELMESS
		Dozent/Dozentin:
		Prof. Dr.-Ing. Manfred Mevenkamp
<b>Protokoll</b> zum Laborversuch <b>DAQ-LV</b> (Kürzel)		
<i>Signal erfassung und -ausgabe mit LabView</i> (Versuchsbezeichnung) <i>Darstellung von Spektren</i>		
Kevin Pfeifer (Protokollführer / Protokollführer) <i>S131378</i> (Matrikel-Nr.)		Versuchsdatum: <b>20.12.21</b> Testat / Benotung: Vorbereitung
Gruppe:	weitere Gruppenmitglieder: 1. Kelly Mbitketchie Kachig (ISTI) 2. -----	(Studiengang)
Notizen zum Versuchsablauf – nur grober Zeitverlauf und Besonderheiten (Messwerte und Versuchsdokumentation auf den folgenden Blättern)		
<i>9:05 Einführung LabView</i> <i>9:25 Beginn Programmierung</i> <i>9:45 Amplitudenquantisierung</i> <i>10:18 Versuchsaufbau</i> <i>10:24 Heraufkommen Aliaseffekt</i> <i>10:40 Amplitudenspektrum</i> <i>10:55 Signalspektrum</i> <i>11:10 Spektrum mit Aliaseffekt</i> <i>11:20 Spektrum Rechteksignal</i>		

Kevin Pfeifer

Protokoll

20.12.21

## 9:25 LabVIEW - Einführung und Programmierung

- DAQ-VI eingerichtet
- VI mit DAQ-Assistenten bestückt
- Elemente für das Frontpanel hinzugefügt  
(Messung v. Frequenzkomponenten)

## 9:45 Amplitudenquantisierung

Anzeige des Frontpanels:

Amplitude  $U = 3,1769$  $f = 200,734 \text{ Hz}$ 

Vertikales Zoomen durchgeführt, sodass

9 Quantisierungsstufen erkennbar waren.

$$U_{\max} = 4,89572 \text{ V} \quad \Delta U_{\max} = 5 \mu\text{V}$$

$$U_{\min} = 4,89276 \text{ V} \quad \Delta U_{\min} = 5 \mu\text{V}$$

$$q = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{N} = \frac{4,89572 \text{ V} - 4,89276 \text{ V}}{9}$$

$$= 328,89 \mu\text{V}$$

$$\Delta q = \sqrt{\frac{(U_{\max}^2 - U_{\min}^2)}{N}} = \frac{\sqrt{5 \mu\text{V}^2 + 5 \mu\text{V}^2}}{9}$$

$$= 0,786 \mu\text{V}$$

$$q = 328,89 \mu\text{V} \pm 0,786 \mu\text{V}$$

Kerin Pfeifer Protokoll (2) 20.12.21

10:18 Versuchsaufbau

- Verbinden und Einstellen des Sinussignals nach Aufgabenstellung.
- Darstellung im Frontpanel angepasst.

10:34 Hervorrufen des Aliaseffekts

Abtastrate:  $f = 50\text{kHz}$

Samples :  $N_p = 2500 \text{ samples}$

gemessen:

$$f = 903\text{Hz}$$

$$U = 1,81V$$

Für Aliaseffekt

Abtastrate:  $f = 1,7\text{kHz}$

Samples :  $N_p = 85 \text{ Samples}$

$$f = 798,3\text{Hz}$$

$$U = 1,81V$$

Kevin Pfeif Protokoll (3) 20.12.21

- 10:40 Amplitudenspektrum  
Schaltung v. Programmierung
- Picoscope verbinden
  - Backpanel um einen Ausgabe-DAQ-Assistenten erweitert.
  - Diesen mit Eingangs-DAQ-Assistenten an Daten gebunden.

- 10:55 Signalspektrum
- Picoscope-Software zum Messen konfiguriert

$$f = 908 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 1 \text{ Hz}$$

$$U = 1,2V$$

- 11:10 Spektrum mit Alias-Effekt

$$\text{Abtastfrequenz: } f = 1,7 \text{ kHz}$$

$$\text{Sample-Rate: } N_p = 1400 \text{ samples}$$

Messungen des Sinussignals mit Alias-Effekt ergaben:

$f [\text{Hz}]$	$U [\text{nV}]$
0	274 nV
789	668,5
900	543,4
2483	213,7
2623	197,3
4179	175,1
4316	97,15

Kevin Pfeifer Protokoll (4) 20.12.21

### 11:30 Spektrum eines Rechtecksignals

- Rechtecksignal erzeugt
- $f = 1,207 \text{ kHz}$
- Darstellung in Picoscope
- Peaks bestimmt

#	$f [\text{Hz}]$
1	0
2	578
3	1209
4	1853
5	2545
6	2958
7	3622
8	4181
9	4881
10	5377
11	6041
12	6659
13	7118
14	7790
15	8398
16	9006
17	9587
18	10209
19	10755
20	11951

## Vorbereitung

Kevin Pfeifer 5131378 DAQ-LV Vorbereitung  
Kelly Koudjou

$$\Delta u = \frac{U_{max} - U_{min}}{2^M - 1}$$

$$= \frac{10V - (-10V)}{2^{16} - 1}$$

$$= 305,18 \mu V \text{ (V)}$$

- 2) S&H steht für Sample & Hold.  
S&Hs sind Abtaster in ADU-Schaltungen, die dafür sorgen, dass analoge Spannungen abgetastet und konstant gehalten werden.

- 3) NI-USB-6212

Sample Rate

Single Channel maximum 400 kS/s

Multichannel maximum 400 kS/s ✓

$$4) N_p = \frac{f_s}{f_x} \Leftrightarrow f_s = N_p \cdot f_x$$

$$= 12 \cdot 500 \text{ Hz}$$

$$= 6 \text{ kHz} \quad \checkmark$$

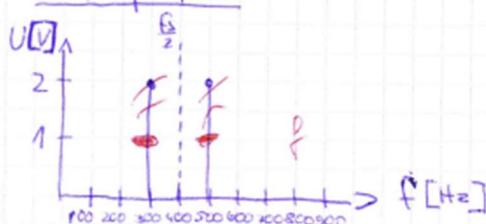
$$5) v(t) = 2V \sin(3140 \frac{\text{rad}}{\text{s}} t) \quad f_s = 800 \text{ Hz}$$

$$\omega = 3140 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 2\pi f \quad f_x > \frac{f_s}{2}$$

$$\Leftrightarrow f_x = \frac{3140 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{2\pi} \approx 499,75 \text{ Hz} \quad 499,75 \text{ Hz} > 400 \text{ Hz}$$

Ein Alias-Effekt tritt auf!

DFT-Spektrum

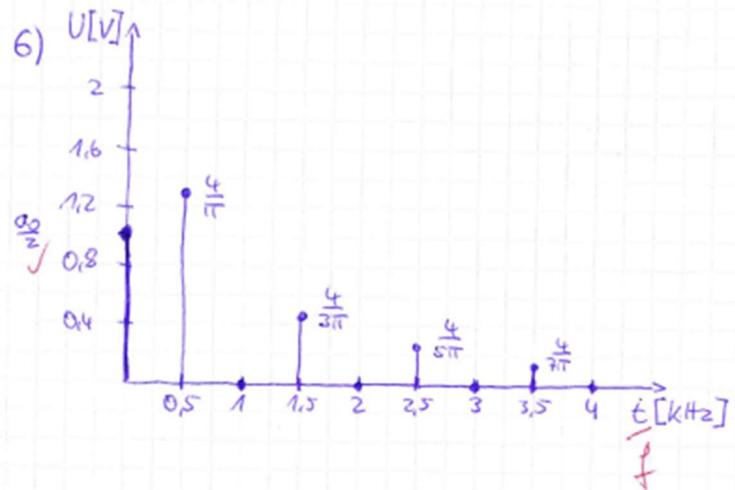


$$f_x = f_s - f$$

$$= 800 \text{ Hz} - 499,75 \text{ Hz}$$

$$= 300,25 \text{ Hz}$$

Kevin Pfeifer S131378 DAQ-LV Vorbereitung  
Kelly Kouyjo



## **Geräteliste**

**Geräte**liste zum Laborversuch · **DAC-LV**

Datum:

### Beispiel:

