

HOCHSCHULE KONSTANZ TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Technische Grundlagen
der angewandten Informatik**

Digitalisierung

Benedict Roth, David Kubatzki

Konstanz, 17. Juni 2015

Zusammenfassung (Abstract)

Thema: Digitalisierung

Autoren: Benedict Roth beroth@htwg-konstanz.de
David Kubatzki dakuba@htwg-konstanz.de

Betreuer: Prof. Dr. Matthias O. Franz mfranz@htwg-konstanz.de
Jürgen Keppler juergen.keppler@htwg-konstanz.de
Martin Miller martin.miller@htwg-konstanz.de

In diesem Versuch befassen wir uns mit einem Analog Digital Wandler. Zuerst schauen wir uns die Genauigkeit der Analog Digital Umwandlung an. Danach die Digital Analog Umwandlung und dessen Zeitverhalten an. Zuletzt wird noch das Abtasttheorem betrachtet.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Listingverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Versuch 1	2
2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel	2
2.1.1 Fragestellung	2
2.1.2 Messprinzip	2
2.1.3 Aufbau	2
2.1.4 Messmittel	2
2.2 Messwerte	3
2.3 Auswertung	3
2.4 Interpretation	3
3 Versuch 2	4
3.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel	4
3.1.1 Fragestellung	4
3.1.2 Messprinzip	4
3.1.3 Aufbau	4
3.1.4 Messmittel	4
3.2 Messwerte	4
3.3 Auswertung	5
3.4 Interpretation	5
4 Versuch 3	6
4.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel	6

4.1.1	Fragestellung	6
4.1.2	Messprinzip	6
4.1.3	Aufbau	6
4.1.4	Messmittel	6
4.2	Messwerte	6
4.3	Auswertung	7
4.4	Interpretation	8
5	Versuch 4	9
5.1	Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel	9
5.1.1	Fragestellung	9
5.1.2	Messprinzip	9
5.1.3	Aufbau	9
5.1.4	Messmittel	9
5.2	Messwerte	9
5.3	Auswertung	10
5.4	Interpretation	15
Anhang		17
A.1	Quellcode	17
A.1.1	Quellcode Versuch 1	17
A.2	Messergebnisse	20

Abbildungsverzeichnis

4.1	Sinussignal	7
4.2	Ausschnitt Sinussignal	8
5.1	2000 FFT	10
5.2	2000 Signal	10
5.3	3000 FFT	11
5.4	3000 Signal	11
5.5	4000 FFT	12
5.6	4000 Signal	12
5.7	6000 FFT	13
5.8	6000 Signal	13
5.9	7000 FFT	14
5.10	7000 Signal	14
5.11	8000 FFT	15
5.12	8000 Signal	15
6.13	Messprotokoll D/A Output	20
6.14	Messfehler	21
6.15	Messergebnisse	22

Listingverzeichnis

media/v5.py	17
-------------	----

1

Einleitung

In diesem Versuch arbeiten wir mit einer Multifunktionsbox, die sowohl als Analog-Digital Wandler als auch Digital-Analog Wandler betrieben werden kann. Zuerst betreiben wir das Gerät als Analog-Digital Wandler und berechnen den Quantisierungsfehler als auch die Standardabweichung. Im nächsten Teil berechnen wir nochmals den Quantisierungsfehler, aber diesmal vom Digital-Analog Wandler, und vergleichen eine ausgegebene Spannung mit der eingestellten Spannung. Zum Schluss geben wir mithilfe des Digital-Analog Wandlers eine Sinusspannung aus.

2

Versuch 1

2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

2.1.1 Fragestellung

Zuerst sollen wir den Quantisierungsfehler berechnen. Nachfolgend noch die jeweiligen Standardabweichungen des analogen Messgeräts sowie des A/D Wandlers um diese anschließend vergleichen zu können.

2.1.2 Messprinzip

Der A/D Wandler tastet das Eingangssignal in einer festgelegten Abtastfrequenz ab. Das Multimeter PM 2503 von Philips verwendet zur Messung ein Drehspulmesswerk.

2.1.3 Aufbau

Der A/D Wandler ist per USB Kabel mit dem Laborrechner verbunden. Außerdem ist ein Ausgang mit dem Oszilloskop sowie ein Eingang mit einem Netzteil verbunden. Zusätzlich zum A/D Wandler haben wir an das Netzteil noch ein feinmessgerät, das Keithley TRMS 179 sowie ein analoges Multimeter das Philips PM 2503.

2.1.4 Messmittel

Als Messmittel dient und ein Python Skript zum Auslesen der Ausgangsspannung des A/D Wandlers und das analoge Multimeter.

2.2 Messwerte

Um das Genauigkeitsmaß zu berechnen führen wir mehrere Spannungsmessungen durch. Hierzu stellen wir am Netzteil jeweils die Spannungen von 1 bis 10 Volt in 1 V schritten ein und entnehmen die Werte jeweils vom Feinmessgerät, dem Multimeter als auch dem A/D Wandler. (Messwerte im Anhang)

2.3 Auswertung

Zuerst berechnen wir den Theoretischen Quantisierungsfehler mithilfe der Formel

$$\Delta U = \frac{U_{Max} - U_{Min}}{2^n}$$

dieser beträgt 0,0098 V. Als nächstes berechnen wir noch die Standardabweichung für das analoge Messgerät und den A/D Wandler. Der des analogen Messgeräts beträgt 0,0021 V und der des A/D Wandlers 0,0011 V. Dazu verwenden wir folgende Formel:

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_{i,ref} - U_i)^2}$$

2.4 Interpretation

Die Standardabweichung des analogen Messgerätes ist um einiges höher als die des A/D Wandlers obwohl der theoretische Quantisierungsfehler des A/D Wandlers wesentlich höher ist. Die Ungenauigkeit des analogen Messgeräts ist auf die nicht ausreichend feine Messskala zurückzuführen. Das die Standardabweichung des A/D Wandlers wesentlich niedriger als der theoretische Quantisierungsfehler ist, liegt daran dass sich die von uns gemessenen Werte vermutlich unmittelbar nach einem Stufenübergang der Quantisierungskennlinie befinden.

3

Versuch 2

3.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

3.1.1 Fragestellung

Diesmal berechnen wir den theoretischen Quantisierungsfehler des D/A Wandlers. Danach vergleichen wir die ausgegebene Spannungen des D/A Wandlers mit den eingestellten Werten.

3.1.2 Messprinzip

Das Keithley TRMS 179 funktioniert nach dem Dual-Slope-Verfahren.

3.1.3 Aufbau

Nun haben wir den Ausgang des D/A Wandlers an das Keithley TRMS 179 angeschlossen.

3.1.4 Messmittel

Als Messmittel dienen das Keythley TMRS 179 und der D/A Wandler.

3.2 Messwerte

Mithilfe eines Python skriptes lassen wir den D/A Wandler, Spannungen im Bereich von 0,5V bis 5V in 0,5V Schritten ausgeben um die Standardabweichung berechnen zu können.

3.3 Auswertung

Jetzt können wir die Standardabweichung mit dem Quantisierungsfehler vergleichen und stellen fest, dass die Standardabweichung ungefähr halb so groß ist wie der Quantisierungsfehler. Des Weiteren zeigt sich bei höherer Spannung eine höhere Abweichung vom eingegebenen Wert.

3.4 Interpretation

Die höhere Abweichung bei höherer Spannung lässt sich vermutlich auf eine nichtlineare Quantisierungskennlinie zurückführen.

4

Versuch 3

4.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

4.1.1 Fragestellung

Nun sollen wir mithilfe des D/A Wandlers eine Sinusspannung ausgeben. Anhand dieser bestimmen wir die Differenz der einzelnen Stufen und damit die maximale Ausgabefrequenz.

4.1.2 Messprinzip

Wir verwenden ein digitales Oszilloskop. Dieses führt eine analog-digital-Wandlung durch.

4.1.3 Aufbau

Der Ausgang des D/A Wandlers wird an das Oszilloskop angeschlossen.

4.1.4 Messmittel

Als Messmittel dient ein Oszilloskop vom Modell TDS 2022B des Herstellers Tektronix.

4.2 Messwerte

Nachdem wir die Sinusschwingung mithilfe des D/A Wandlers ausgegeben haben, halten wir die hierdurch auf dem Oszilloskop erschienene Sinusschwingung an um diese Auszuwerten.

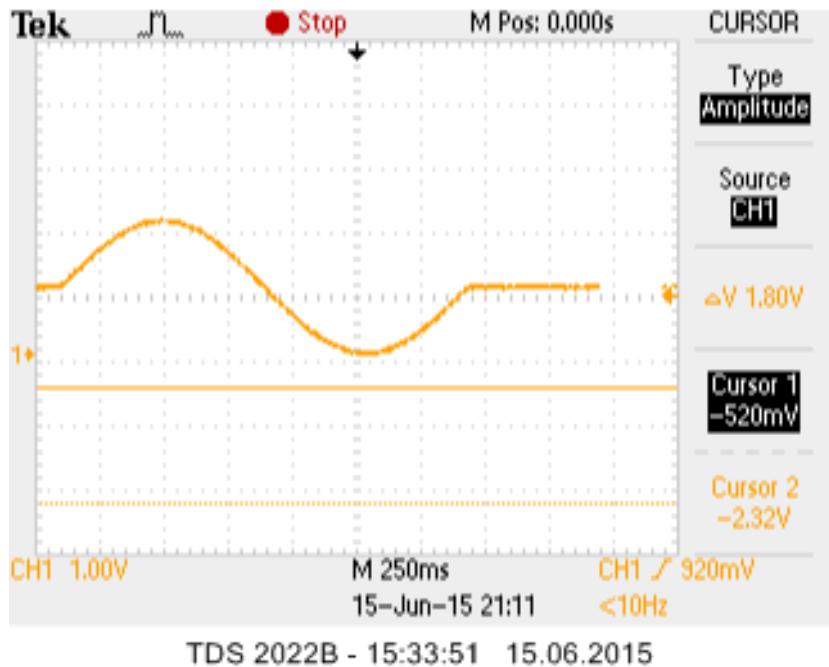


Abbildung 4.1: Sinussignal

4.3 Auswertung

Nun messen wir die Zeitdifferenz der einzelnen Stufen mit einer Samplingrate von 10 samples pro Sekunde und erhalten hierdurch eine Zeitdifferenz der einzelnen Stufen von 106 Millisekunden. Dies entspricht einer Frequenz von 10 Hz.

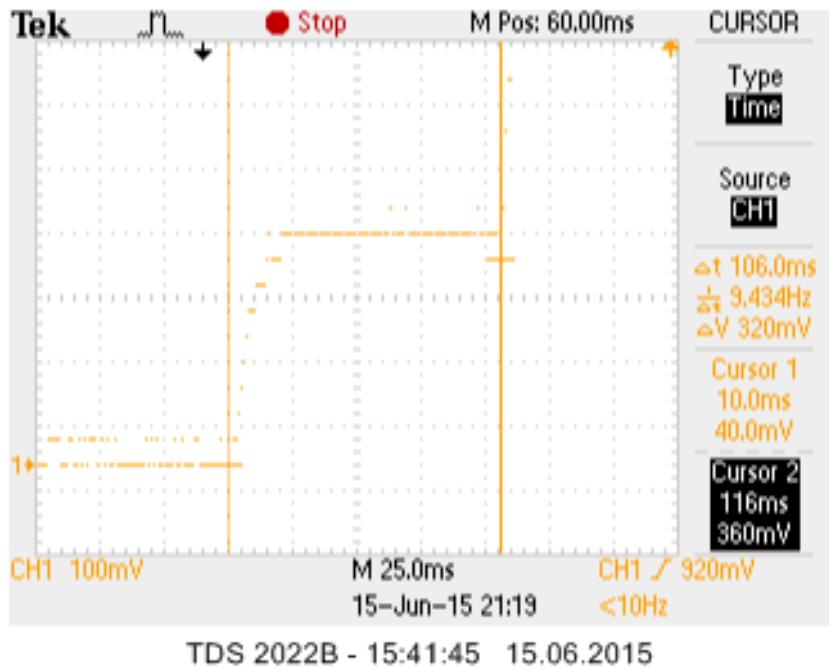


Abbildung 4.2: Ausschnitt Sinussignal

4.4 Interpretation

Da die Ausgabefrequenz für 10 samples pro Sekunde bei 10 Hz liegt muss die maximale Ausgabefrequenz (100 samples pro Sekunde) bei 100 Hz liegen.

5

Versuch 4

5.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

5.1.1 Fragestellung

Wir untersuchen, was passiert wenn man eine Abtastfrequenz immer weiter der Nyquistfrequenz annähert und über diese hinausgeht.

5.1.2 Messprinzip

Ist wieder der A/D Wandler.

5.1.3 Aufbau

Nun schließen wir einen Sinusgenerator an den Eingang des A/D Wandlers an.

5.1.4 Messmittel

Als Messmittel nutzen wir ein Python Skript, welches uns das Signal und das Spektrum des eingegebenen Signals abbildet.

5.2 Messwerte

Nun stellen wir den Sinusgenerator so ein, dass er eine Frequenz ausgibt, die angefangen bei der halben Nyquist-Frequenz (2000Hz) bis zur doppelten Nyquist-Frequenz (8000Hz) geht.

5.3 Auswertung

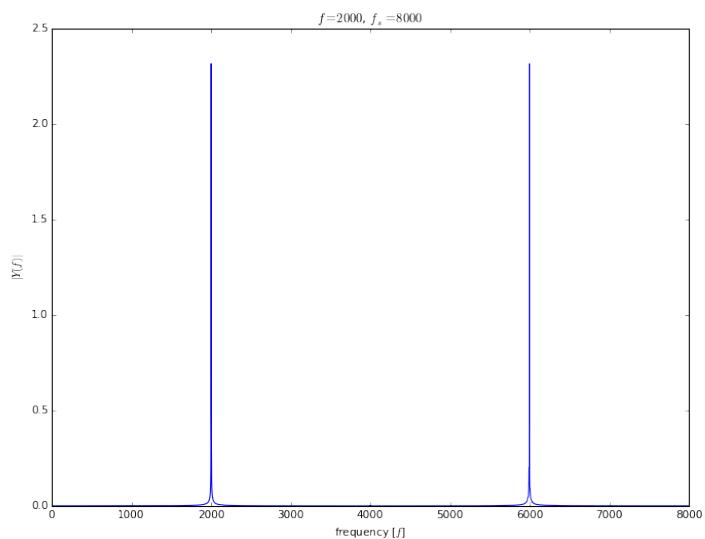


Abbildung 5.1: 2000 FFT

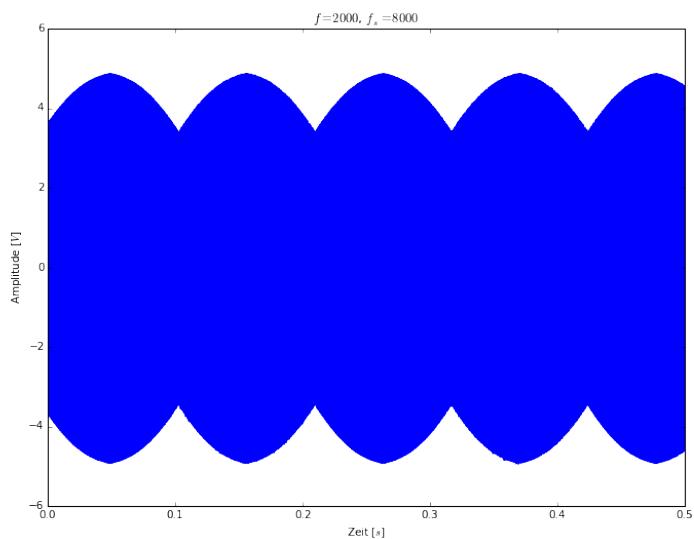


Abbildung 5.2: 2000 Signal

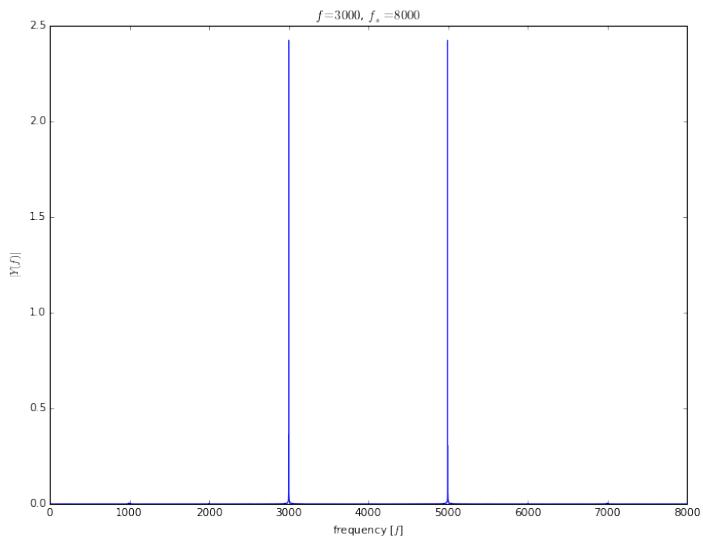


Abbildung 5.3: 3000 FFT

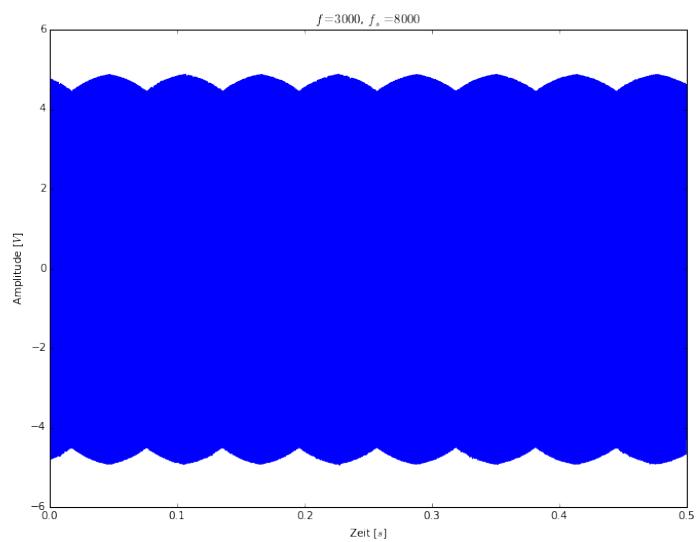


Abbildung 5.4: 3000 Signal

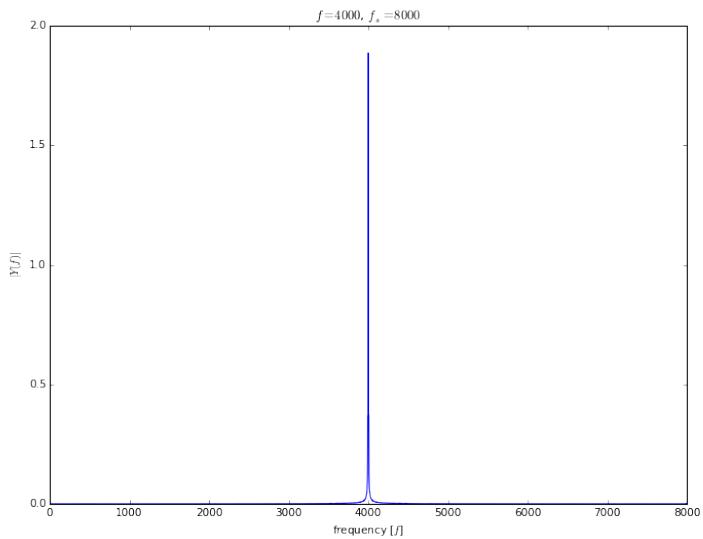


Abbildung 5.5: 4000 FFT

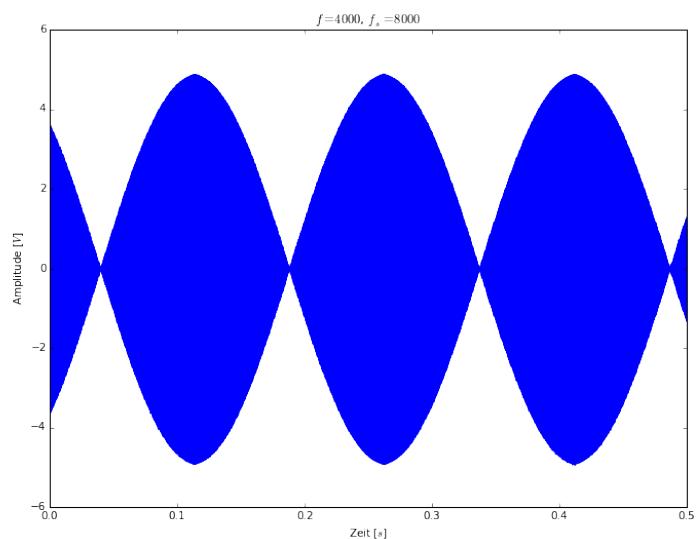


Abbildung 5.6: 4000 Signal

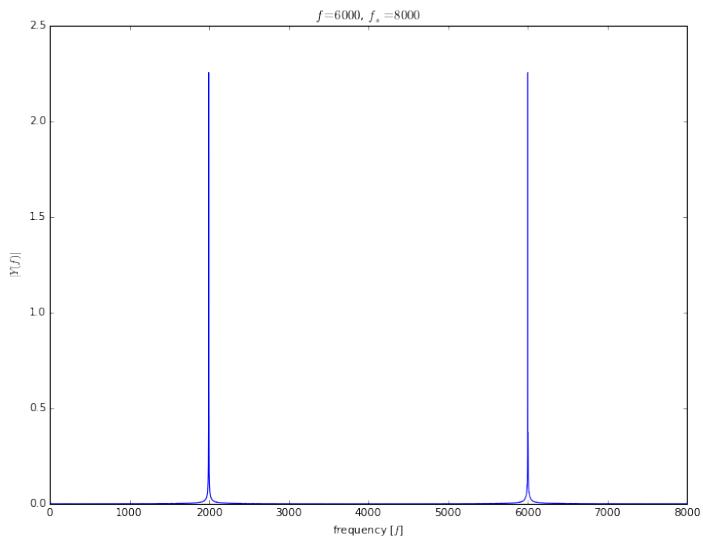


Abbildung 5.7: 6000 FFT

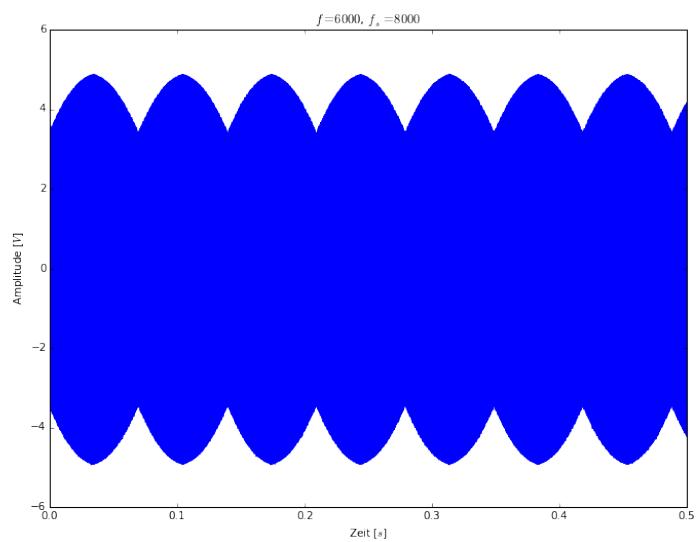


Abbildung 5.8: 6000 Signal

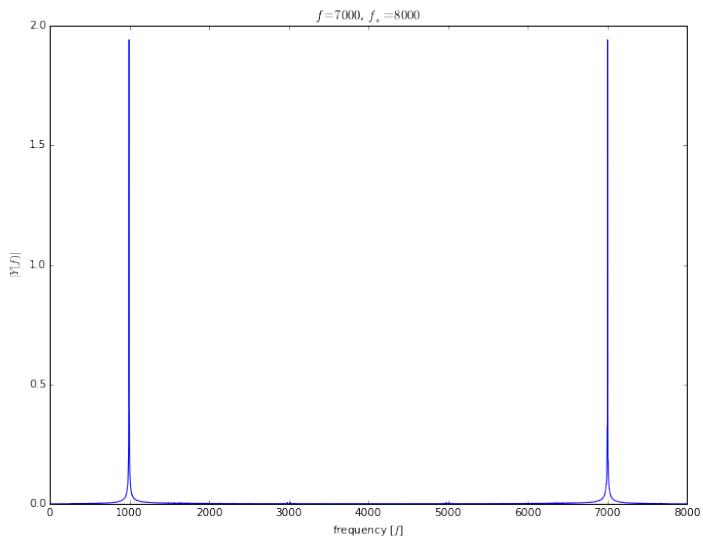


Abbildung 5.9: 7000 FFT

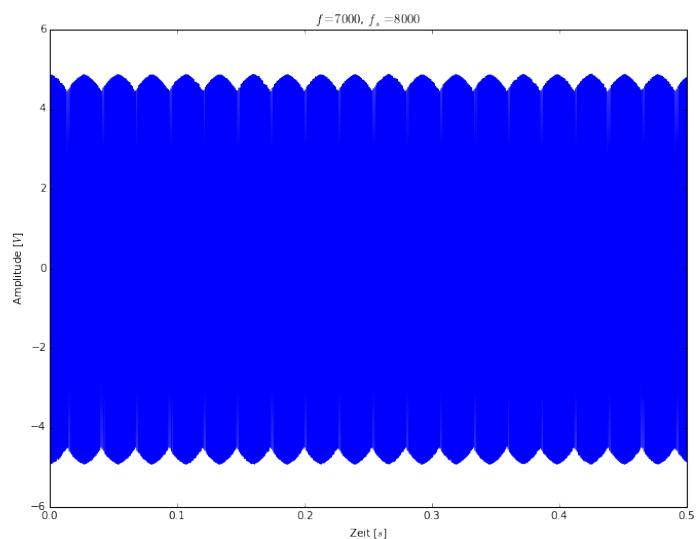


Abbildung 5.10: 7000 Signal

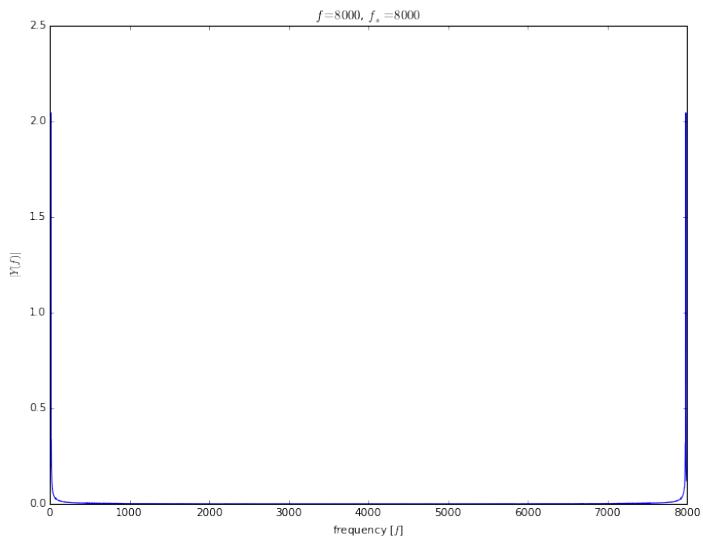


Abbildung 5.11: 8000 FFT

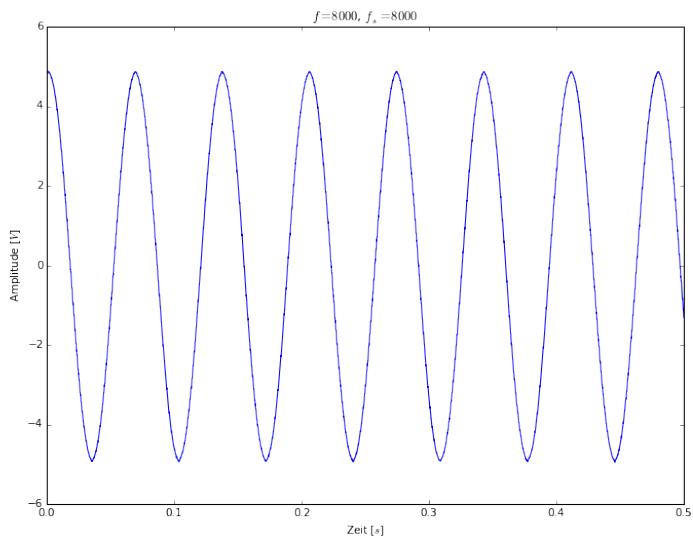


Abbildung 5.12: 8000 Signal

5.4 Interpretation

Die Spektren sind jeweils an der Nyquist-Frequenz achsensymmetrisch. Von 0Hz bis zur Nyquist-Frequenz liegt das eigentliche Spektrum des Signals. Hat man jedoch eine Frequenz

die höher ist als die Nyquist-Frequenz, befindet sich diese zwischen Nyquist-Frequenz und 8000. Wenn man die eingegangene Frequenz nicht kennt, würde man also die Falsche Frequenz kriegen, wenn diese über der Nyquist-Frequenz liegt da man in der Regel nur die Seite links der Nyquist-Frequenz betrachtet.

Anhang

A.1 Quellcode

A.1.1 Quellcode Versuch 1

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Mon Jun 15 13:59:13 2015

@author: dakubatz
"""

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import redlab as rl
import time

def AdcRead():
    return np.median(rl.cbVInScan(0,0,0,4000,8000,1))

def AdcScan():
    return rl.cbVInScan(0,0,0,4000,8000,1)

def DAOut(v):
    return rl.cbVOut(0,0,101,v)

def sinus():
    samples = 10
```

```

t = np.linspace(0, 2*np.pi, samples)
y = np.sin(t)
y = y + np.abs(np.min(y))
for i in y:
    DAOut(i)
    time.sleep(1/samples)

def nyquist():
    freq = np.linspace(2000,8000,7)
    x = np.linspace(0,4000/8000, 4000)
    dt=1/8000
    for i in freq:
        print(i)
        input()
        y = AdcScan()
        plot(x,y, 'Zeit_{\$\$}', 'Amplitude_{\$V\$}', '$f={0}\$, $f_s={1}\$'
              spec=np.abs(np.fft.fft(y)/len(y))
              fftLen = len(spec)
              f=np.zeros(fftLen)
              for j in range(0,fftLen):
                  f[j]=j/(fftLen*dt)
              plot(f, spec, 'frequency_{\$f\$}', '$|Y(f)|\$', '$f={0}\$, $f_s={1}\$')

def plot(x,y, xlabel, ylabel, title, filename):
    dpi = 75
    fig,ax = plt.subplots(figsize=(800/dpi,600/dpi), dpi=dpi)
    ax.plot(x, y)
    ax.set_title(title)
    ax.set_xlabel(xlabel)
    ax.set_ylabel(ylabel)
    plt.show()
    fig.savefig(filename, transparent=True, pad_inches=0, dpi=75)

```


A.2 Messergebnisse

AD Wandler Output	Keithley Messgerät	166.75 d. Wahr 1V
0,5	0,511	0,011
1,0	1,014	0,014
1,5	1,520	0,02
2,0	2,031	0,031
2,5	2,538	0,038
3,0	3,045	0,045
3,5	3,556	0,056
4,0	4,062	0,062
4,5	4,569	0,069
5,0	5,071	0,071
		std = 0,0024

theoretischer Quantisierungsfehler: 0,0049

Messfehler:

25.6.15 M. J. R.

Eingangsspannung	Messfehler PM	Messfehler A/D
1	+0,01	-0,004
2	+0,023	-0,005
3	+0,010	-0,006
4	+0,001	-0,100
5	+0,003	+0,090
6	+0,006	-0,001
7	-0,001	-0,008
8	-0,004	-0,007
9	-0,002	-0,006
10	-0,1	-0,001

$$std = 0,0021 \quad std = 0,0011$$

theoretischer Quantisierungsfehler: 0,0098 V

15.6.15 M. Kör

Gingangsspannung Volt	PM	A/D Wandler
1	1,31	1,00 0,996
2 (1,997)	2,02	1,992
3 (3,014)	3,04	3,008
4 (4,004)	4,005	3,994
5 (5,000)	5,003	4,990
6 (6,007)	6,001	6,006
7 (7,000)	6,999	6,992
8 (8,002)	7,998	7,998
9 (9,002)	8,91	8,994
10 (10,000)	9,9	9,990

[?, S.21]