



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

# Elektrotechnische Grundlagen der Informatik (LU 182.692)

## Protokoll der 4. Laborübung: "Spektren"

Gruppennr.: 22

Datum der Laborübung: 21.0.6.2017

Matr. Nr.	Kennzahl	Name
1614835	033 535	Jan Nausner
1633068	033 535	David Pernerstorfer

<b>Kontrolle</b>	✓
Sinus-Signal im Frequenzbereich	
Rechteck-Signal im Frequenzbereich	
Amplitudenmodulation	
Brückengleichrichter	

# Contents

1	Messung eines Sinussignals im Spektralbereich mittels FFT	3
2	Messung eines Rechtecksignals	5
3	Amplitudenmodulation	5
4	Brückengleichrichter	5

# Materialien

- Oszilloskop: Agilent InfiniiVision MSO-X 3054A
- Frequenzgenerator: Agilent 33220A

## 1 Messung eines Sinussignals im Spektralbereich mittels FFT

### Aufgabenstellung

Ein einfaches Sinussignal soll im Zeit- und Frequenzbereich grafisch dargestellt werden.

### Durchführung

Das Oszilloskop wurde direkt mit dem Funktionsgeneraor verbunden und mit diesem wurde daraufhin ein Sinussignal mit  $1V_{pp}$  und  $100kHz$  Frequenz erzeugt. Das Signal wurde mittels FFT-Funktion in den Frequenzbereich transformiert und das daraus resultierende Spektrum aufgenommen.

### Ergebnisse & Diskussion

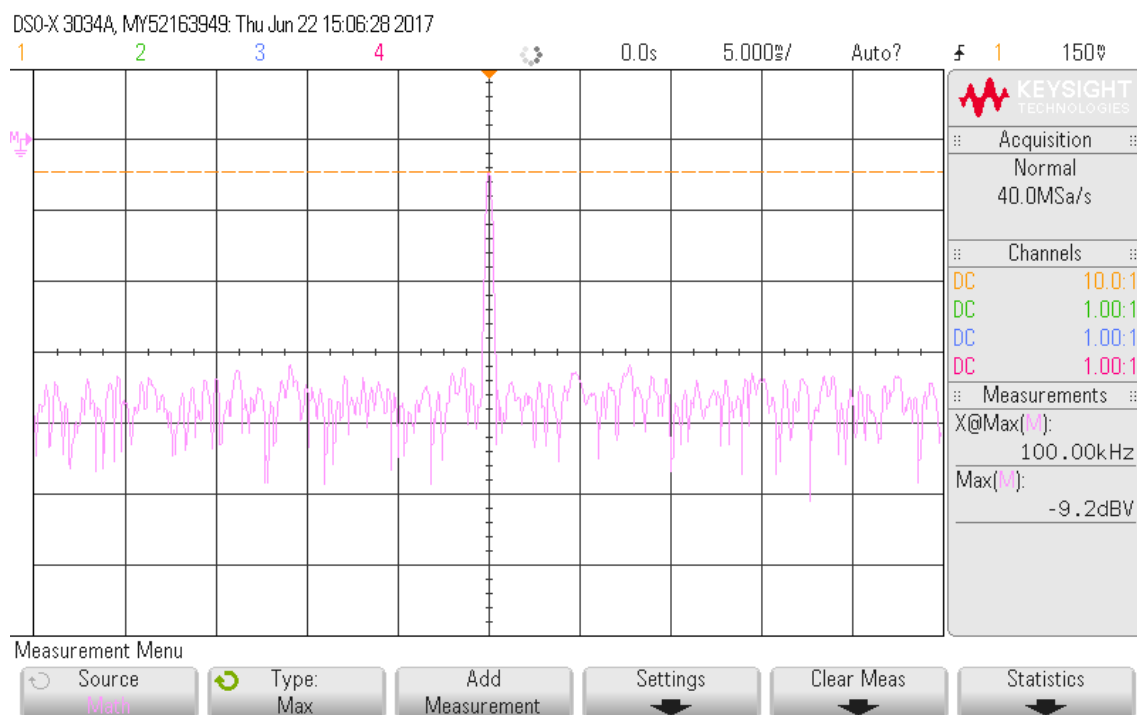


Figure 1: Sinussignal mit  $1V_{pp}$  und  $100kHz$  im Frequenzbereich (logarithmische Darstellung)

Bei der Darstellung im Frequenzbereich kann man sehr gut die charakteristische (und einzige) Spektrallinie des Sinussignals bei der Frequenz  $100\text{kHz}$  (Signalfrequenz) erkennen. Unter Anderem durch die Abtastung und die diskrete Signalanalyse kommt es zu Rauschen, welches durch die logarithmische Darstellung verstärkt sichtbar wird. Die Spektrallinie des Sinus hat hier eine Amplitude von  $-9,2\text{dB}$ , was ungefähr der logarithmischen Darstellung des Effektivwerts des Signals entspricht ( $20 \cdot \log_{10}(\frac{V_{rms}}{1V}) = 20 \cdot \log_{10}(\frac{0,5V}{1V}) \approx -9\text{dB}$ ). Der Fehler von ca. 2% stammt auch hier aus der Abtastung und der digitalen Signalanalyse.

Bei der Frequenzdarstellung mittels FFT ist es wichtig, eine geeignete Fensterfunktion zu wählen. Diese bestimmt, welche Eigenschaft des Signals sehr genau gemessen wird und wo es unter Umständen zu Ungenauigkeiten kommen kann. Hier muss man zwischen minimalem Leck-Effekt, genauer Amplitudenmessung und scharfer Frequenzmessung wählen. Hier wurde das Blackman-Harris-Fenster gewählt. Um ein Aussagekräftiges Spektrum zu erhalten, ist es auch notwendig, eine geeignete Frequenzbandbreite darzustellen (hier  $10\text{kHz}$ ) und wichtige Frequenzanteile zu zentrieren.

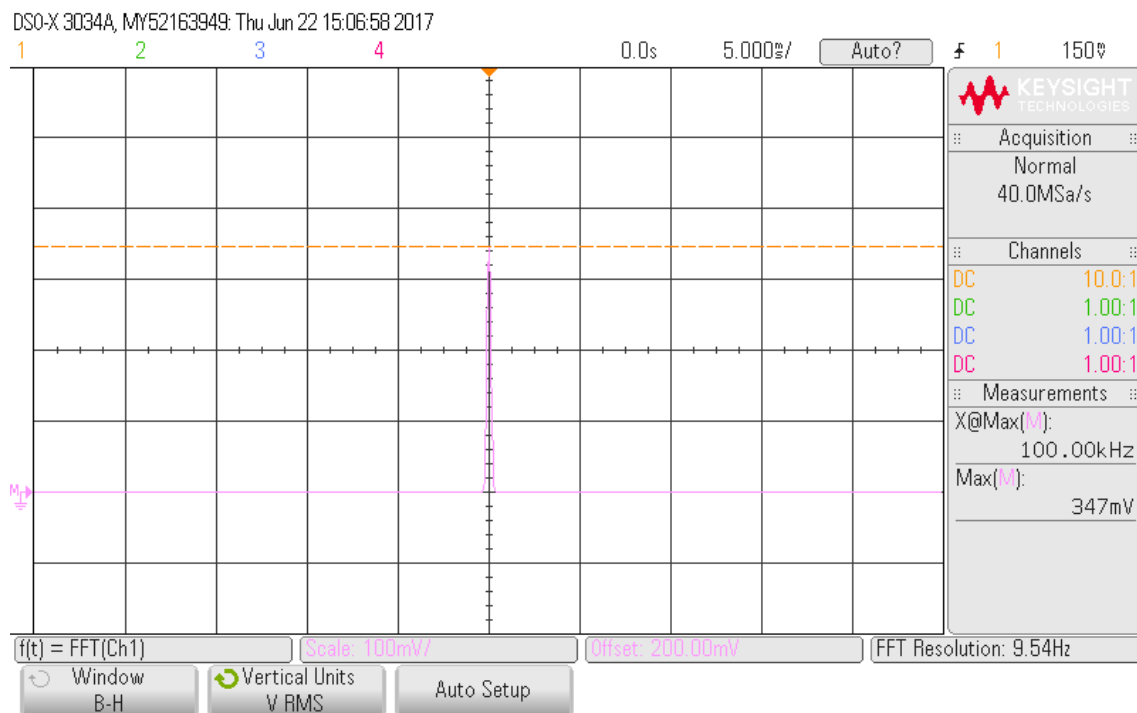


Figure 2: Sinussignal mit  $1V_{pp}$  und  $100\text{kHz}$  im Frequenzbereich (lineare Darstellung)

Auch bei der linearen Darstellung der Amplitude ist die Spektrallinie bei  $100\text{kHz}$  mit  $347\text{mV}_{rms}$  gut zu sehen. Hierbei fällt auf, dass das Rauschen nicht mehr sichtbar ist. Jedoch kann es hierbei sein, dass kleine Frequenzanteile ebenfalls nicht mehr sichtbar sind. Daher wird in der Praxis meist die logarithmische Darstellung benutzt.

## 2 Messung eines Rechtecksignals

Notizen

Schaltplan

Durchführung

Ergebnisse & Diskussion

## 3 Amplitudenmodulation

Notizen

Aufgabenstellung

Schaltplan

Durchführung

Ergebnisse & Diskussion

## 4 Brückengleichrichter

Notizen

Aufgabenstellung

Das Ausgangssignal eines Brückengleichrichters soll sowohl im Zeit-, als auch im Frequenzbereich gemessen und mit der dazugehörigen Fourierreihe verglichen werden.

Schaltplan

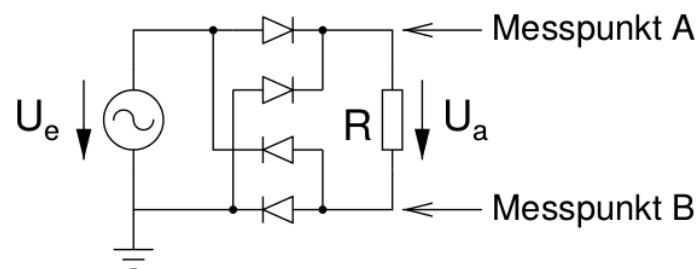


Figure 3: Brückengleichrichter

## Durchführung

Die Schaltung wurde gemäß Schaltplan mit 4 1N4148 Dioden und einem  $1M\Omega$  Widerstand aufgebaut. Da der Ausgang des Brückengleichrichters nicht auf Masse liegt, musste die Spannung an diesem mit zwei Oszilloskopkanälen (A und B) gemessen werden. Die Differenz  $A - B$  entspricht hier dem Ausgangssignal. Im Zeitbereich wurde ein gleichgerichteter Sinus mit  $1kHz$  Frequenz und 2 bzw.  $10V_{pp}$  gemessen. Das Signal mit  $10V_{pp}$  wurde mittels FFT (Hannuing-Fenster) auch im Spektralbereich dargestellt. Um Vergleiche zu ermöglichen wurde die Fourierreihe zu  $|\sin(\omega t)|$  berechnet.

## Ergebnisse & Diskussion

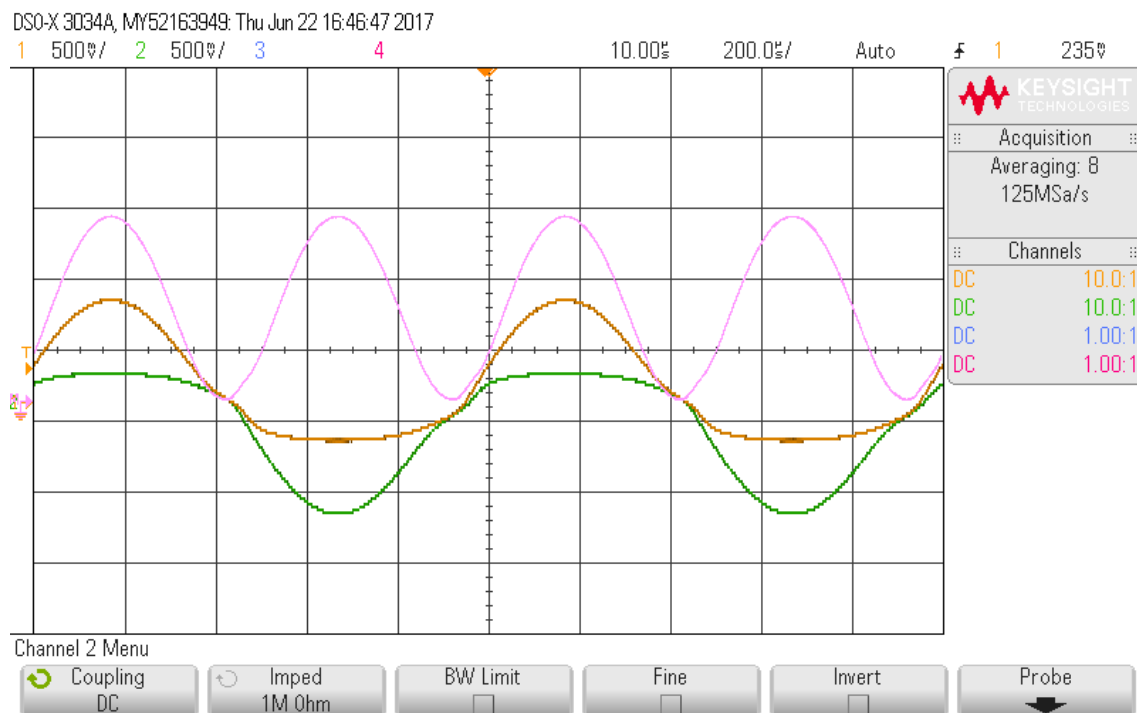


Figure 4: Gleichgerichteter Sinus (violett) (Eingangssignal  $10kHz$ ,  $2V_{pp}$ , gelb ... Messpunkt A, grün ... Messpunkt B)

Hier lässt sich gut erkennen, dass durch die Brückengleichrichterschaltung die negativen Halbwellen des Sinussignals in den positiven Bereich "geklappt" werden. Dadurch wird die Frequenz doppelt so hoch ( $2kHz$ ) als die der Eingangsspannung. Die Spitzenspannung beträgt hier  $520mV$  und der Effektivwert  $338mV$ . Der Unterschied zur Spitzenspannung des theoretischen Ausgangssignals ( $1V$ ) lässt sich dadurch erklären, dass das Signal bei der Gleichrichtung immer 2 Dioden durchfließen und somit deren Schwellspannung überwinden muss.

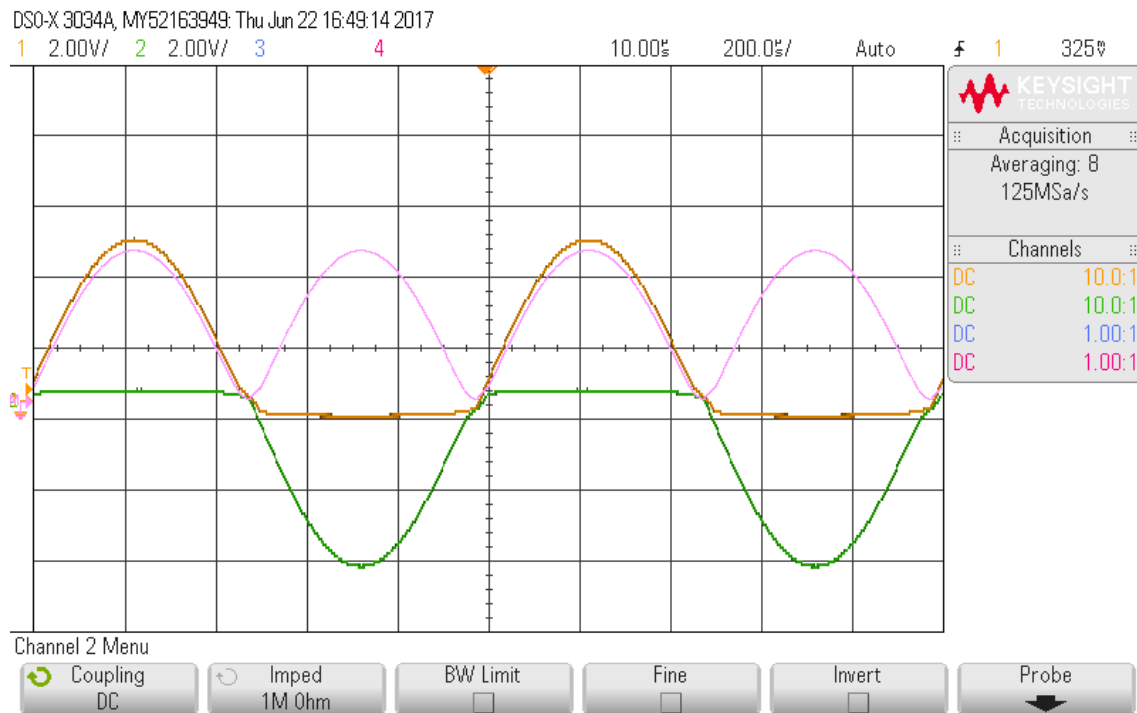


Figure 5: Gleichgerichteter Sinus (violett) (Eingangssignal  $10kHz$ ,  $10V_{pp}$ , gelb ... Messpunkt A, grün ... Messpunkt B)

Bei einem Sinussignal mit  $10V_{pp}$  wurden  $4,22V$  Spitzenspannung und  $2,91V_{RMS}$  gemessen.

Berechnung der Fourierreihe des gleichgerichteten Sinus:

$$\begin{aligned}
 a_n &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(t) \cdot \cos(nt) dt \\
 &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [\sin(t - nt) + \sin(t + nt)] dt \\
 &= \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{n-1} \cos(t(1-n)) - \frac{1}{1+n} \cos(t(1+n)) \right] \Big|_0^{\pi} \\
 &= \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{n-1} \cos(\pi - n\pi) - \frac{1}{1+n} \cos(n\pi + \pi) - \frac{1}{n-1} + \frac{1}{1+n} \right] \\
 &= \frac{2\cos(n\pi + \pi) - 2}{\pi(n+1)(n-1)} = \begin{cases} 0 & n \text{ ungerade} \\ \frac{-4}{\pi(n+1)(n-1)} & n \text{ gerade} \end{cases} \\
 a_0 &= \frac{-4}{\pi(0+1)(0-1)} = \frac{4}{\pi} \\
 |\sin(\omega t)| &= \frac{2}{\pi} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4 \cdot \cos(2nt)}{\pi(2n+1)(2n-1)}
 \end{aligned}$$

Sinus mit  $1kHz$ ,  $10V_{pp}$ :  $\omega = 2\pi \cdot 1kHz \approx 6,3 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$

$$\Rightarrow 5 \cdot |\sin(6,3 \cdot 10^3)| = \frac{10}{\pi} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{20 \cdot \cos(12,6 \cdot 10^3 n t)}{\pi(2n+1)(2n-1)}$$

$f[kHz]$	Amplitude [V]	Amplitude [ $V_{rms}$ ]
Gleichanteil	3,18	2,25
2	2,12	1,5
4	0,42	0,3
6	0,18	0,13
8	0,1	0,07
10	0,06	0,04

Table 1: Berechnung der 5 größten Spektralkomponenten aus der Fourierreihe

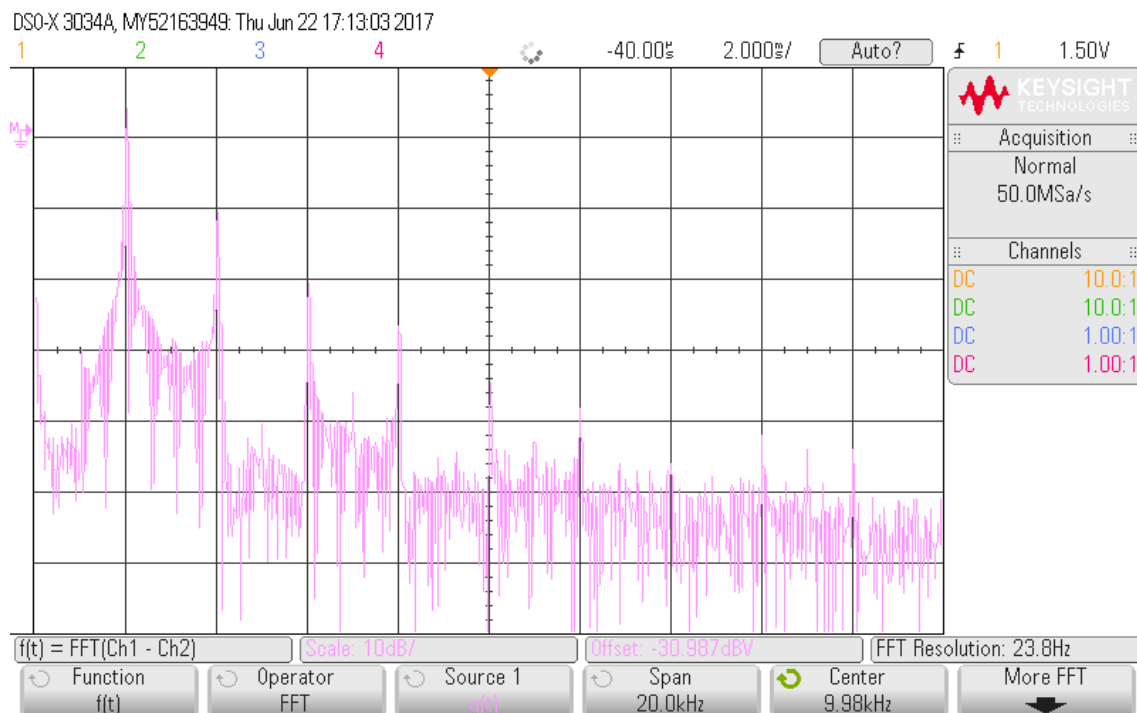


Figure 6: Spektrum des gleichgerichteten Sinus (logarithmische Darstellung)

Die Spektrallinien liegen hier bei ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz des gleichgerichteten Sinus ( $2kHz$ ).



$f[kHz]$	Amplitude [dB]	Amplitude [ $V_{rms}$ ]	Abweichung
Gleichanteil	6,53	2,12	-5,7%
2	3,13	1,43	-4,6%
4	-11,27	0,27	-10%
6	-21,9	0,08	-38,4%
8	-27,86	0,04	-42,8%
10	-37,25	0,01	-75%

Table 2: Messung der 5 größten Spektralkomponenten mit Abweichung zur Berechnung

Die Abweichungen zur berechneten Fourierreihe ergeben sich aus den Schaltschwellen der Dioden und aus der Abtastung bzw. der diskreten Signalanalyse.

