

Protokoll Messprojekt 2

BALCK BOX AKTIV

PETROVIC MILOS

Lehrveranstaltung: Labor Elektrotechnik
Institution: Fachhochschule Vorarlberg, Bachelor Elektrotechnik
Dual, FRB-ELT-DU 2020
Betreuer: Dipl.-Ing. Anselmi Christian
Arbeitsplatz: Home-Office, Milos Petrovic, Bludenz

INHALTSVERZEICHNIS

1. Ziel des Messprojektes	2
2. Verwendete Messgeräte	3
Digitek Digitale Hand MultiMeter	3
Analog Discovrey Studio	3
Messgeräte:	3
Software:	3
3. Messprojekt Black Box	4
3.1. Aufgabenstellung	4
3.2. Widerstandsmessung	5
3.3. Dioden Messung	7
3.4. Kapazitätsmessung	8
3.5. Frequenzabhängige Messung	9
3.5.3.1. Messung 5hz	10
3.5.3.2. Messung Fg	11
3.5.3.3. Messung Höchere Frequenzen	13
3.6. Bodediagramm	15
3.7. Zusammenfassung der Messergebnisse	17
Abbildungsverzeichniss	18

1. ZIEL DES MESSPROJEKTES

Ziel ist es mit, in den einzelnen Laborübungen, erlernten Methoden ein Unbekannte Messobjekte auszumessen und zu dokumentieren.

Für das zweite Messprojekt ist ein Aktives Filter mit den bisher erlernten Methoden zu Messen. Durch die Angaben wird vermutet, dass es sich um ein RC Filter handelt, welches durch eine Operationsverstärker verstärkt wird.

2. VERWENDETE MESSGERÄTE

DIGITEK DIGITALE HAND MULTIMETER

Hierbei handelt es sich um ein Gewöhnliches Hand Multimeter der Firma Digitek.

ANALOG DISCOVERY STUDIO

Das Analog Discovery Studio der Firma Digilent ist ein kompaktes Messsystem welches alle für dieses Messprojekt benötigten Messgeräte beinhaltet. Das Gerät wird über USB an eine PC angeschlossen und über die Software WaveForms bedient.

Für diese Projekt wurden folgende Funktionen verwendet:

- Zwei Kanal Oszilloskop mit direktem differenziellem Eingang und angeschlossenem passiven Taskopf
- Zweikanal Funktionsgenerator
- Network Nalyzer Funktion (für Bodediagramm)

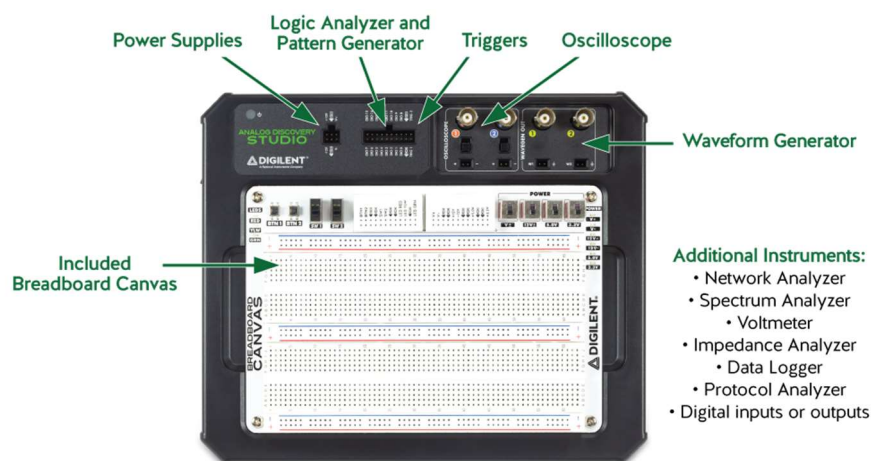


Abbildung 1: Anschlüsse Analog Discovery Studio

Die genauen Spezifikationen, eine Bedienungsanleitung und zahlreiche Tutorials zu den verschiedenen Messmöglichkeiten können der Hersteller Website unter folgendem Link entnommen werden.

<https://reference.digilentinc.com/reference/instrumentation/analog-discovery-studio/start>

Auf die genaue Verwendung des Messsystems wird im weiteren Verlauf dieses Protokolls nicht weiter eingegangen.

MESSGERÄTE:

Funktion	Hersteller	Geräte Bezeichnung	Seriennummer
Messsystem	Digilent	Analog Discovery Studio	210384B01236
Digitales Multi Meter	Digitek	DT9602R	2182171
Labornetzteil	QUAT Power	LN-3003	113888

SOFTWARE:

Funktion	Hersteller	Name	Versions Nummer
Betriebssystem	Microsoft	Windows 10	10.0.18363 Build 18363
Interface Messsystem	Digilent	WaveForms	3.12.3 64-bit Qt5.9.7

3. MESSPROJEKT BLACK BOX

3.1. AUFGABENSTELLUNG

Es sollte, falls möglich, der Aufbau der Schaltung sowie die Werte der Bauteile bestimmt werden. Des Weiteren sollten die Verstärkung und um welche Art von Filter es sich handelt ermittelt werden.

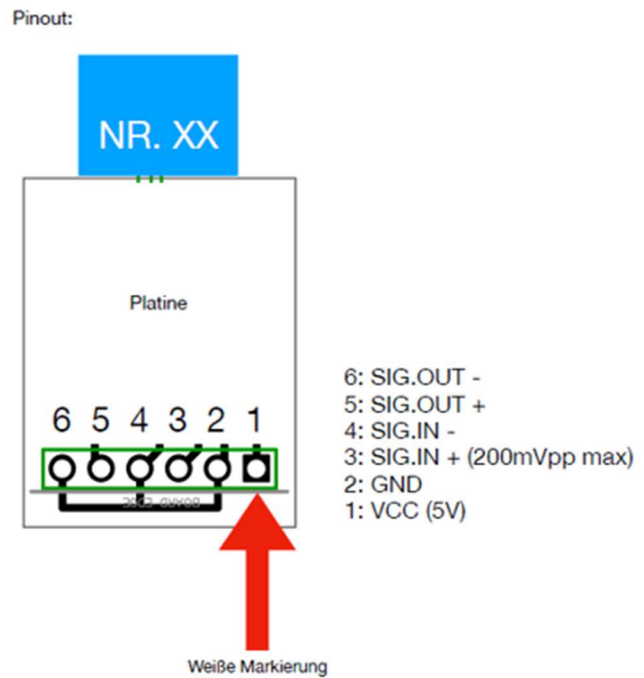
Gegeben ist eine Pinbelegung welche den Eingang und Ausgang der Schaltung kennzeichnen und Angaben für maximale eingangs Amplitude und Kenndaten für die Versorgung.

Allgemeine Infos

Versorgungsspannung: 5 V
Strombegrenzung: 50 mA
Eingangssignal: 200mVpp maximal

$$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

Abbildung 2: Allgemeine Infos



3.2. WIDERSTANDSMESSUNG

Durch die Widerstandsmessung wird festgestellt, wo sich in der Schaltung Widerstände, Durchverbindungen und gegebenenfalls Dioden befinden. Es werden alle Pins gegeneinander in beide Richtungen gemessen.

3.2.1. MESSAUFBAU

Für die Messung wird das Digitale Multi Meter (DMM) der Marke Digitek verwendet. Für ein einfacheres Handling der Black Box wurde das Steckbrett des Analog Discovery Studio verwendet, dazu war es nötig ein Adapter Kabel zu fertigen welches direkt von den Eingängen des Multimeters mit dem Steckbrett verbunden werden kann.

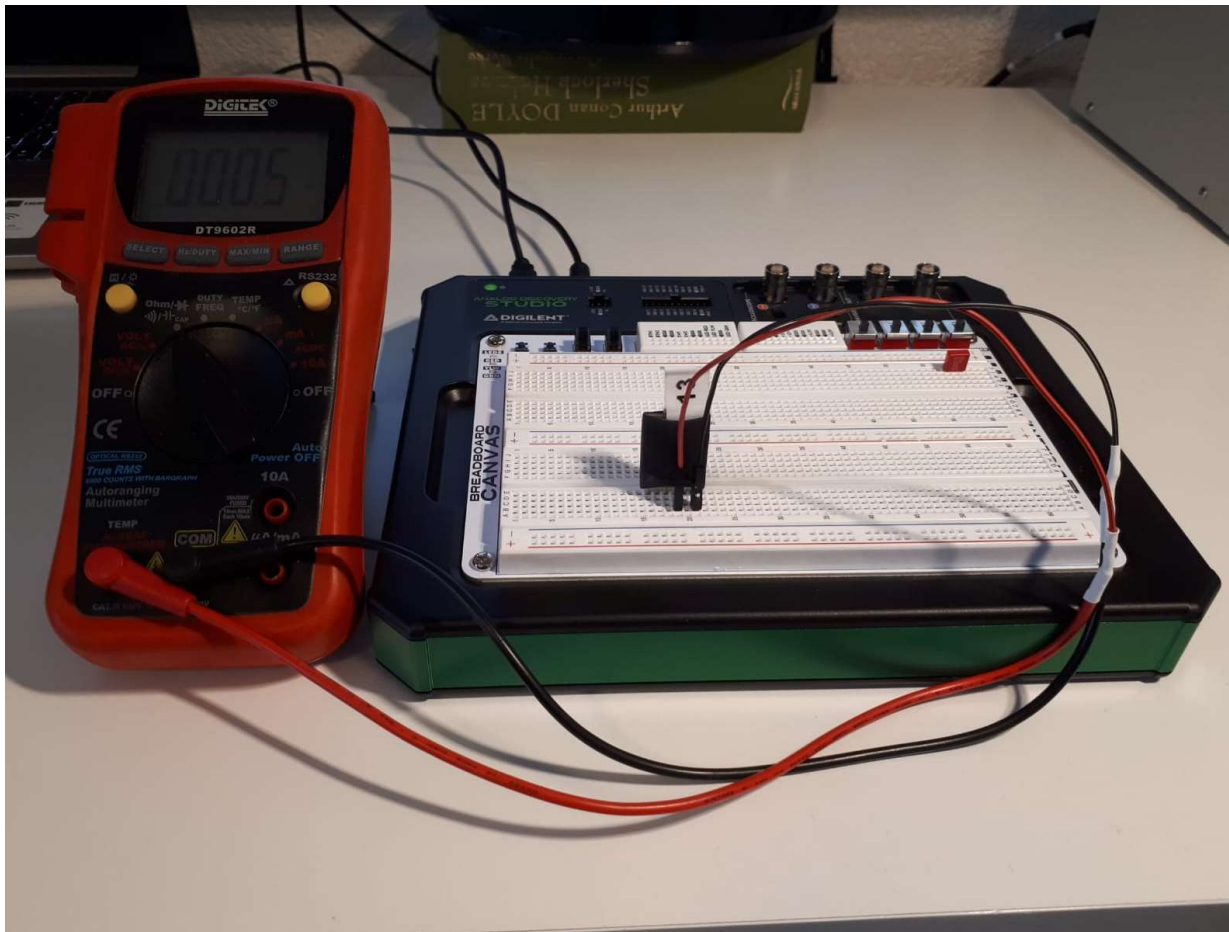


Abbildung 3: Messaufbau Widerstandsmessung

3.2.2. ERGEBNIS WIDERSTANDSMESSUNG

	VCC	GND	SIG.IN+	SIG.IN-	SIG.OUT+	SIG.OUT-
VCC		O.L.	O.L.	O.L.	O.L.	O.L.
GND	6,55M		12,61M	0,6	20,2k/75,4k	0,6
SIG.IN+	O.L.	O.L.		O.L.	O.L.	O.L.
SIG.IN-	6,52M	0,7	12,66M		75,9k	0,6
SIG.OUT+	6,13M	78,1k	12,8M	78,1k		78,1k
SIG.OUT-	6,52M	0,6	12,65M	0,6	20,2k/75,6k	

Tabelle 1: Widerstandsmessung

- Zwischen **VCC** und **GND** wird in einer Richtung ein Unterbruch gemessen und in die andere Richtung wird ein relativ Hoher, nicht konstanter, Widerstand gemessen. Das Deutet darauf hin, dass sich hier ein Diode Befinden kann, dies wird in der Nächsten Messung überprüft.
- Laut dem Pinout in Abbildung xxx sollten die Anschlüsse **SIG.IN-**, **SIG.OUT-** und **GND** intern miteinander verbunden sein. Dies wird durch das Ergebnis in Tabelle1 bestätigt. Der Widerstandswert von 0.6 Ohm lässt sich durch die Summe des Übergangs und Leitungswiderstände erklären. Im Weiteren Verlauf des Protokolls werden alle drei Anschlüsse als **COM** bezeichnet.
- Zwischen **SIG.IN+** und **SIG.OUT+** scheint erneut eine Diode im Spiel zu sein da die Messung in eine Richtung ein Ergebnis liefert und in die andere Richtung ein O.L.
- Zwischen **SIG.OUT+** und **COM** , wenn in eine Richtung gemessen wird zeigt das Messgerät 78,1k Ohm an. Wird in die andere Richtung gemessen pendelt der angezeigte Wert, bei wiederholtem ein und ausstecken der Messstrippe, zwischen 20,2kOhm und 75,9kOhm. Hierbei könnte es sich um einen Richtigen Widerstand mit einem Wert von 78,1kOhm handeln. das unstabile Messergebnis bei der Messung in entgegengesetzter Richtung kann dadurch erklärt werden, dass sich Halbleiter Bauelemente in der Schaltung befinden.

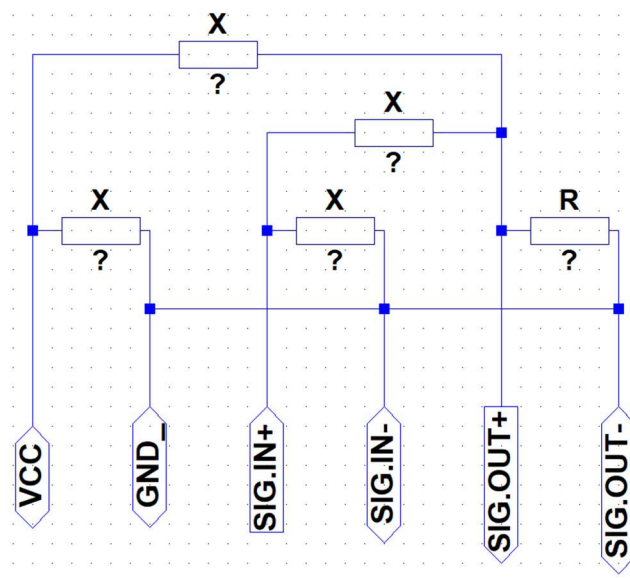


Abbildung 4: ERS nach Widerstandsmessung

3.3. DIODEN MESSUNG

3.3.1. MESSAUFBAU

Der Messaufbau ist gleich wie bei der Widerstandmessung in *Abbildung 3*, Das DMM wird allerdings auf Dioden Prüfung gestellt.

3.3.2. ERGEBNIS DIODEN MESSUNG

	VCC	GND	SIG.IN+	SIG.IN-	SIG.OUT+	SIG.OUT-
VCC		O.L.	O.L.	O.L.	O.L.	O.L.
GND	0,557V		O.L.	0,0V	0,579V	0,0V
SIG.IN+	O.L.	O.L.		O.L.	O.L.	O.L.
SIG.IN-	0,557V	0,0 V	O.L.		0,579V	0,0V
SIG.OUT+	0,686V	1,491V	O.L.	1,491V		1,491V
SIG.OUT-	O.L.	0,0V	O.L.	0,0V	O.L.	

Tabelle 2 :Ergebnis Dioden Messung

- Das Ergebnis In *Tabelle 2* zeigt das sich zwischen **COM** und **VCC** eine Diode befindet mit einer Durchlassspannung von 0,577V
- Zwischen **SIG.OUT+** und **VCC** befindet sich ebenso eine Diode allerdings mit einer Durchlassspannung von **0,686V**
- Zwischen **SIG.OUT+** und **COM** hingegen kann in eine Richtung eine Diode mit einer durchlas Spannung von 1,491 Volt gemessen werden in die andere Richtung wird eine Spannung von 0,579V gemessen, das deute darauf hin, dass sich zwischen SIG.OUT+ und OCM eine Bidirektionale Diode befindet
- Zwischen den Einzelnen COM Anschlüssen wird wie erwahrter 0V gemessen

Bei diesen Dioden wird es sich nicht um Diskrete Bauteile handeln, sondern um Schutz Dioden im inneren des vermuteten Operationsverstärkers.

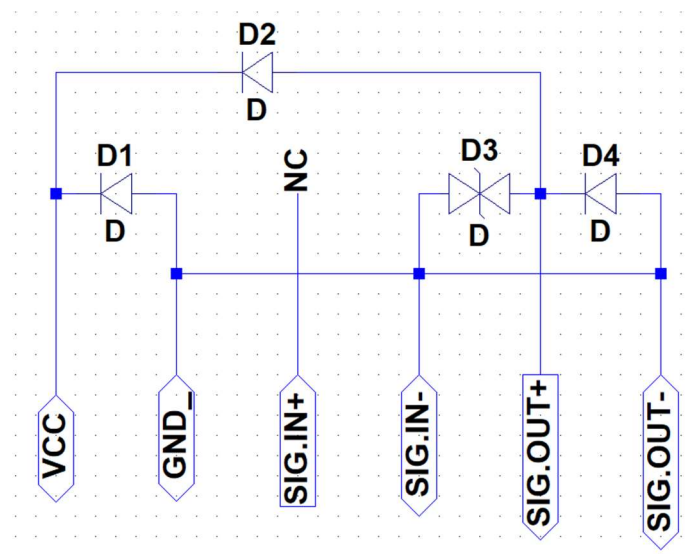


Abbildung 5: ERS nach Dioden Messung

3.4. KAPAZITÄTSMESSUNG

Um herauszufinden ob sich eventuell eine Kapazität in der Schaltung befindet wird noch eine Messung mit dem Kapazitätsmessgerät vorgenommen.

3.4.1. MESSAUFBAU

Messaufbau ist gleich wie bei der Widerstandsmessung in *Abbildung 3* . Das DMM wird allerdings auf Kapazitätsmessung gestellt.

3.4.2. ERGEBNIS KAPAZITÄTSMESSUNG

	VCC	GND	SIG.IN+	SIG.IN-	SIG.OUT+	SIG.OUT-
VCC		1,03nF	1,06nF	O.L.	O.L.	O.L.
GND	O.L.		1,14nF	O.L.	O.L.	O.L.
SIG.IN+	1,06nF	1,10nF		1,10nF	1,06nF	1,10nF
SIG.IN-	O.L.	O.L.	1,14nF		O.L.	O.L.
SIG.OUT+	O.L.	O.L.	1,09nF	O.L.		O.L.
SIG.OUT-	O.L.	O.L.	1,14nF	O.L.	O.L.	

Tabelle 3: Ergebnis Kapazitätsmessung

Mit der Kapazitätsmessung von außen kann nicht gesagt werden, ob sich in der Schaltung eine Kapazität befindet. Das Kapazitätsmessgerät zeigt bei einem sehr hohen Widerstand zwischen den Messstrippen eine Kapazität von in etwa 1,02nF an. Das erklärt die Messergebnisse für den **SIN.IN+** Eingang da dieser in der Widerstandsmessung in Hinsicht auf alle anderen Pins einen sehr hohen widerstand hatte.

3.5. FREQUENZABHÄNGIGE MESSUNG

Mit einer Frequenz Messung wird zuerst das Allgemeine Verhalten der Schaltung überprüft.

3.5.1. MESSAUFBAU

Die Black Box wird zunächst an den Pins VCC und GND über das QUAT POWER Labornetzteil versorgt. Es werden eine Spannung von 5V eingestellt und die Strombegrenzung wird auf 80mA gestellt. Das Einstellen auf die vorgegebenen 50mA war mit diesem Netzteil nicht möglich.

Funktionsgenerator **W1** (gelb) wird mit **SIG.IN+** verbunden. **CH1** des Oszilloskops (orange) wird mit demselben Pin-Verbunden der negative Anschluss des Oszilloskops (orange-weiß) wird mit **COM** verbunden. **CH2** (blau) wird an **SIG.OUT+** angeschlossen und der negative Anschluss erneut auf **COM**.

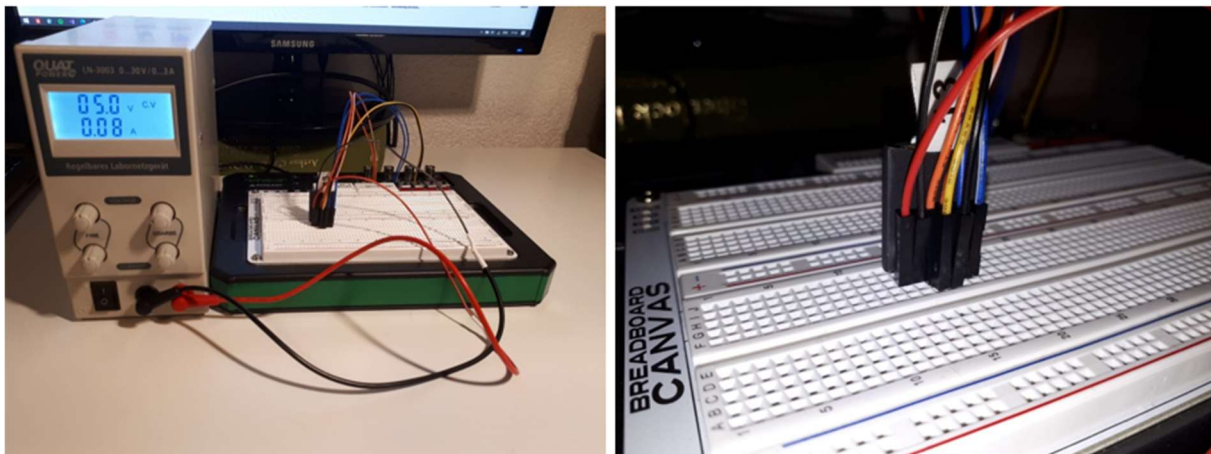


Abbildung 6: Messaufbau Frequenzmessung

Für die Messung wird über den Funktionsgenerator ein Sinuswechselfeld bei **SIG.IN+** eingespeist

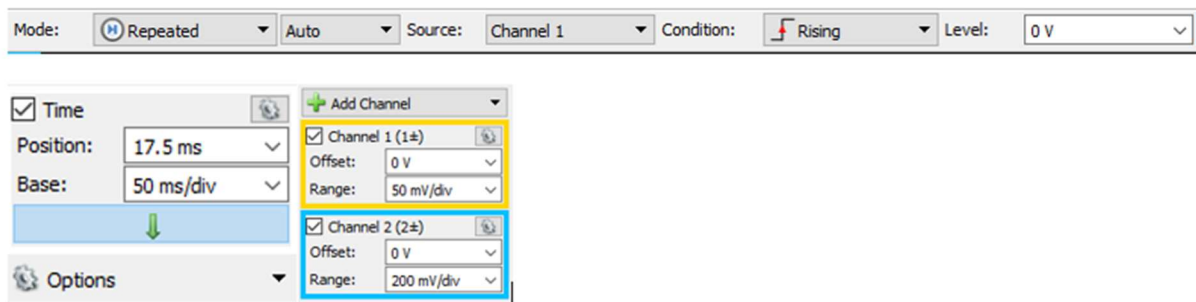


Abbildung 7: Einstellungen Oszilloskop Frequenzmessung

3.5.2. MESSUNG

Für die Erste Messung wird bei einer Amplitude von 200mVpp eine Frequenz von 5Hz eingestellt. Im Weiteren verlauf der Messung wird die Frequenz erhöht und das Verhalten des Ausgangssignales beobachtet. Markante Punkte werden dokumentiert.

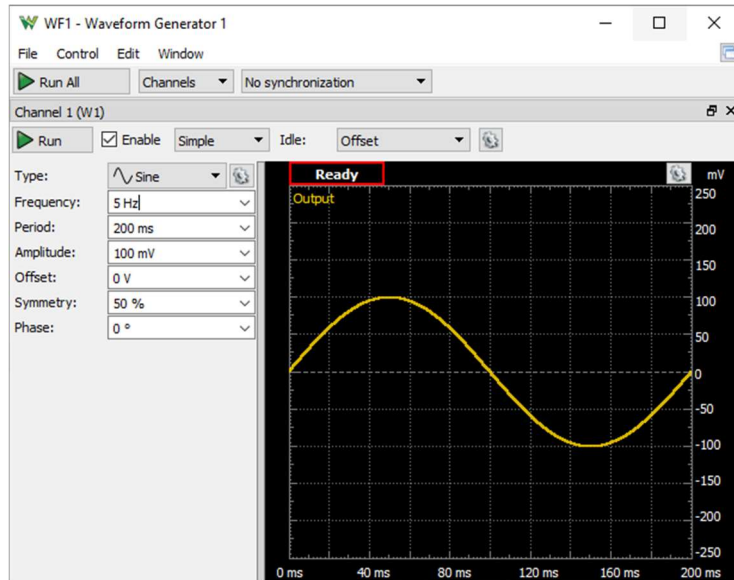


Abbildung 8: Frequenzmessung Einstellungen Funktionsgenerator

3.5.3. ERGEBNIS

3.5.3.1. MESSUNG 5HZ

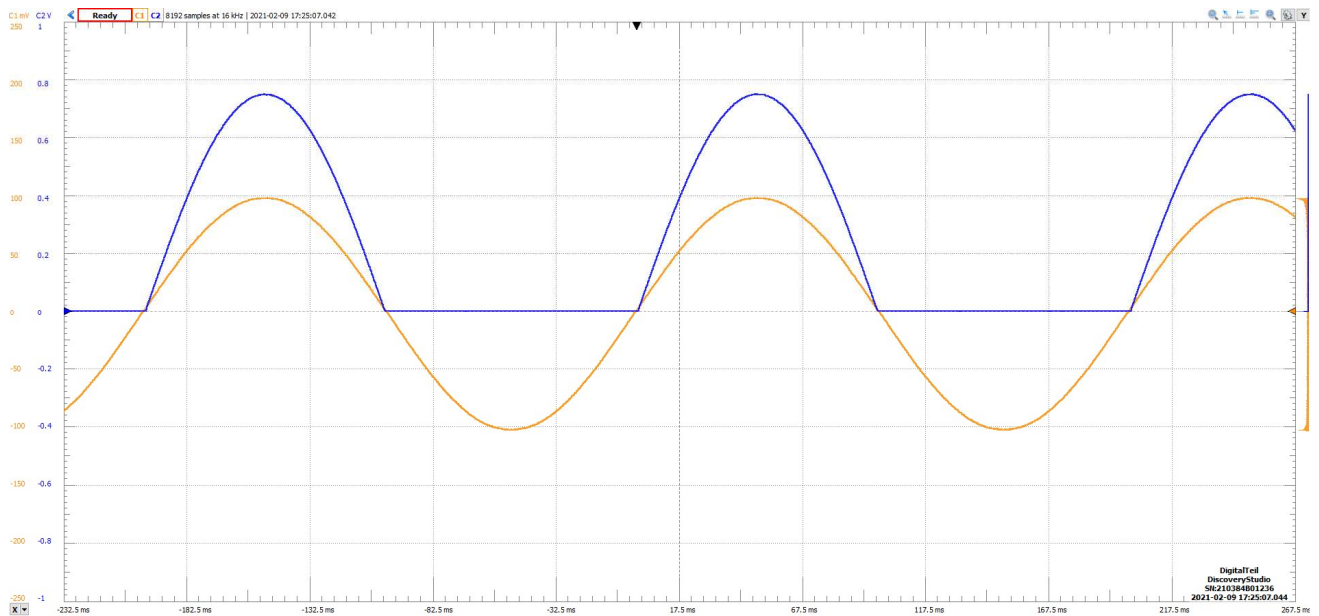


Abbildung 9: Ergebnis Frequenzmessung 5Hz

Measurements		
<div> <div>+</div> Add <div>✖</div> Edit <div>🔍</div> Show </div>		
	Name	Value
C1	Peak2Peak	200.95 mV
C2	Peak2Peak	0.74943 V

Abbildung 10: Ergebnis Frequenzmessung 5Hz Zoom

Das erste was auffällt ist, dass das Ausgangssignal größer ist und dem Eingang Signal folgt aber die Negative Halbwelle abgeschnitten ist. Das deutet darauf hin, dass Bestandteil der Schaltung ein nicht invertierender Operationsverstärker ist und die Negative Versorgung des Verstärkers auf GND angeschlossen ist, was das Kipping erklärt.

Über die Messfunktion wurde die Höhe der Spannungen ermittelt, dadurch lässt sich die Verstärkung für diese Frequenz berechnen.

$$A_{dB} = 20 * \log\left(\frac{U_a}{U_e}\right) = 20 * \log\left(\frac{0,74943 V}{200,95 mV}\right) = 11,4328 dB$$

Eine Phasenverschiebung konnte nicht festgestellt werden.

3.5.3.2. MESSUNG FG

Nach der ersten Messung wurde die Frequenz erhöht und das Verhalten des Ausgangs Signals beobachtet. Mit Höheren Frequenzen könnte festgestellt werden, dass die Amplitude des Ausgangssignales verringert wird und es zu einer Phasenverschiebung kommt.

Dieses Verhalten deutet auf einen Tiefpassfilter erster Ordnung hin, um dies zu überprüfen wurde die Frequenz soweit erhöht bis eine Phasenverschiebung von 45° gemessen wurde.

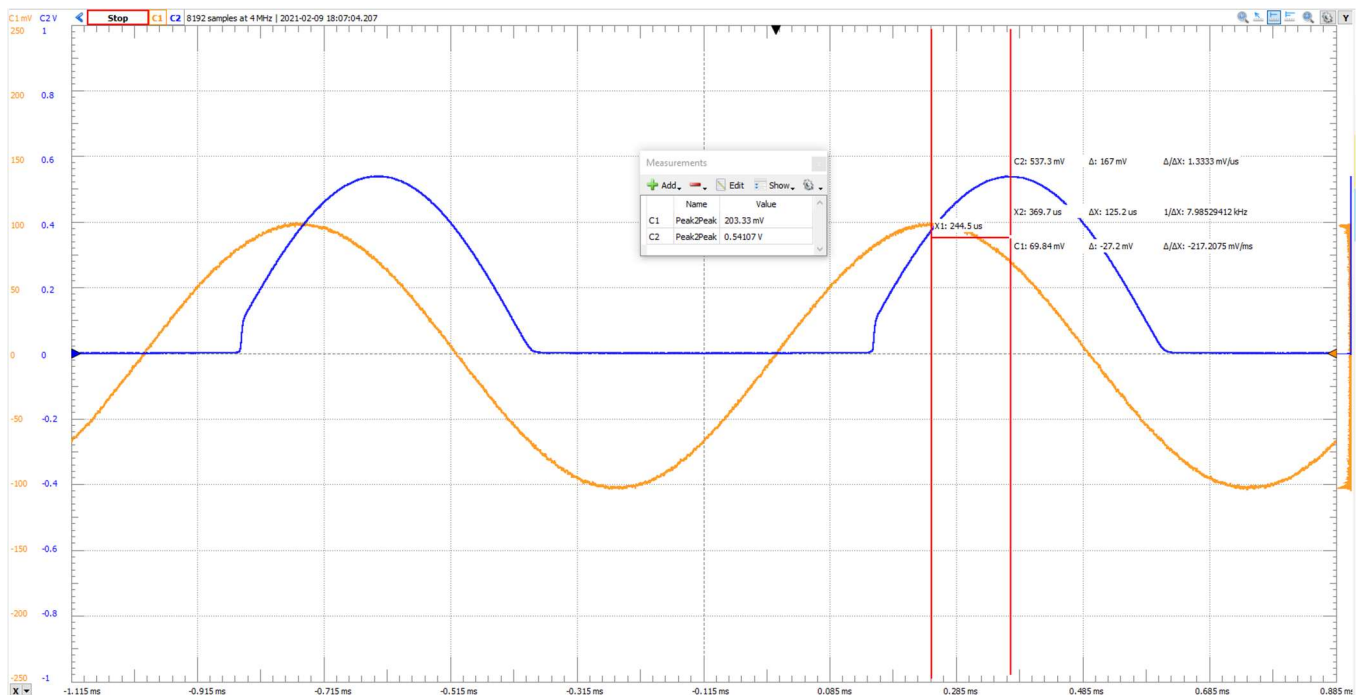


Abbildung 11: Ergebnis Frequenzmessung 1kHz

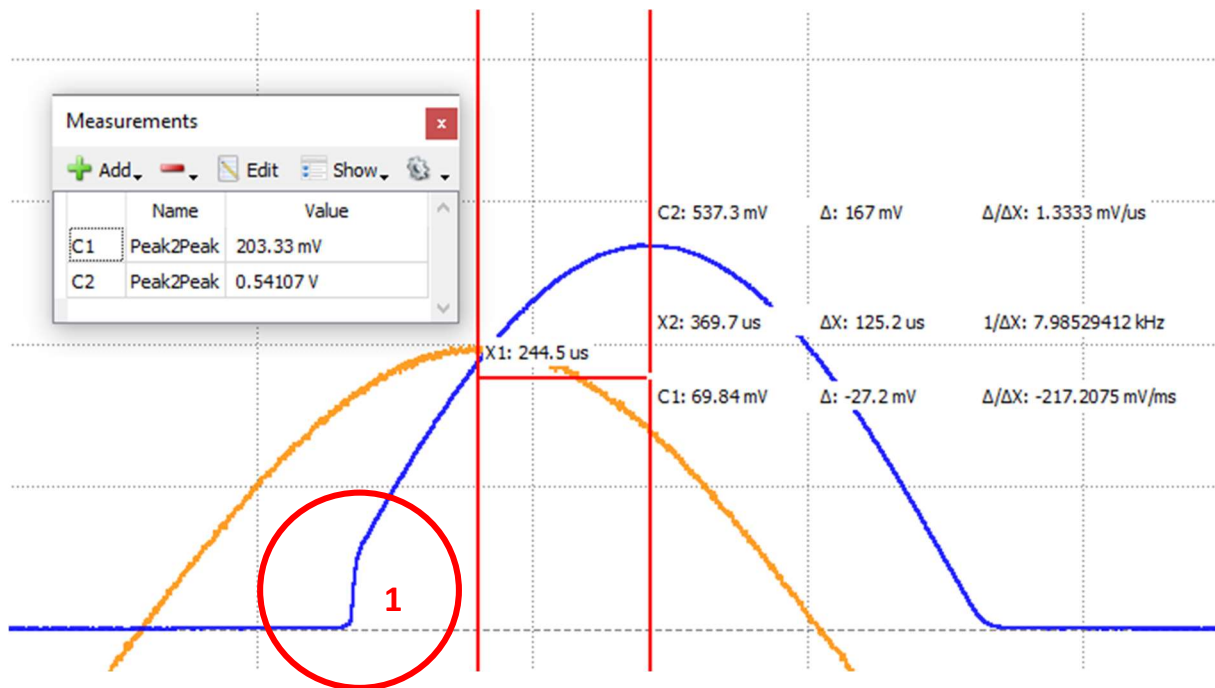


Abbildung 12: Ergebnis Frequenzmessung 1kHz

Die Frequenz wurde so lange erhöht, bis die Phasenverschiebung geschätzt 45 Grad entsprach. Dies war der Fall bei 1000Hz. Mit der Cursor Funktion wurde die Zeit Differenz zwischen den zwei Signalen gemessen und anschließend die Phasenverschiebung in Grad berechnet.

$$\phi = \frac{(2\pi f * \Delta t) * 180}{\pi} = \frac{(2 * \pi * 1000\text{Hz} * 125,2\mu\text{s}) * 180}{\pi} = 45,072^\circ$$

Das Ergebnis der oberen Berechnung zeigt, dass bei einer Frequenz von 1000Hz die Phasenverschiebung von 45 Grad erreicht wird.

Bei dieser Frequenz sollte, wenn es sich um einen Tiefpass erster Ordnung handelt, auch ein Abfall von 3dB bezogen die Höchste Amplitude gemessen werden können.

Durch die Measure Funktion wurde die Höhe der Amplitude ermittelt und mit der folgenden Formel die Verstärkung in dB berechnet.

$$A_{dB} = 20 * \log\left(\frac{U_a}{U_e}\right) = 20 * \log\left(\frac{0,54107\text{ V}}{203,33\text{ mV}}\right) = 8,501\text{ dB}$$

$$\Delta A = A_{dB\ 5\text{Hz}} - A_{dB\ 1\text{kHz}} = 11,4328\text{ dB} - 8,501\text{ dB} = 2,9317\text{ dB}$$

Wird nun die Differenz zwischen dem Signal bei 5Hz und dem bei der vermuteten Grenzfrequenz berechnet ergibt sich ein Wert von etwa 3dB was die Vermutung bestätigt, dass das Verhalten einem RC Tiefpass erster Ordnung gleich ist.

Der abgeschnittene Teil in *Abbildung 12* (1) der bei einer Messung mit niedriger Frequenz nicht aufgefallen ist, kann durch die Slew-Rate des Operationsverstärkers erklärt werden. Ein Operationsverstärker kann nur endlich schnell auf eine Änderung des Eingangssignales reagieren und zeichnet sich durch eine verspätete Änderung des Ausgangssignales aus. Bei der ersten Messung war das Ausgangssignal deutlich höher, weshalb es dort nicht aufgefallen ist.

3.5.3.3. MESSUNG HÖCHERE FREQUENZEN

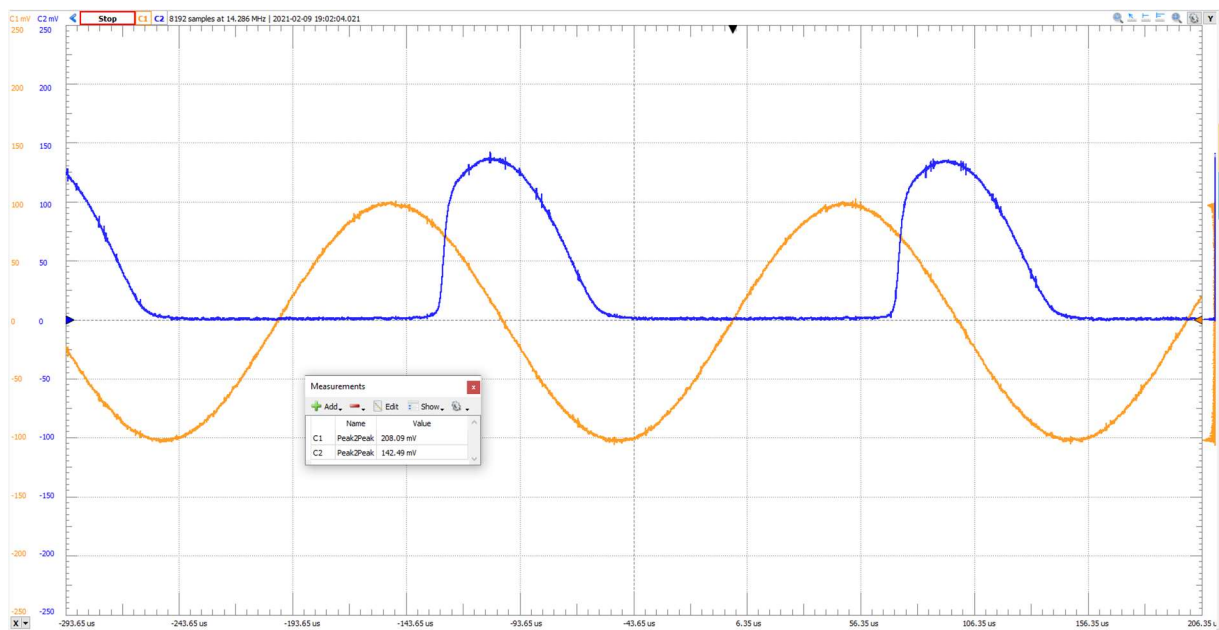


Abbildung 13: Ergebnis Frequenzmessung 5kHz

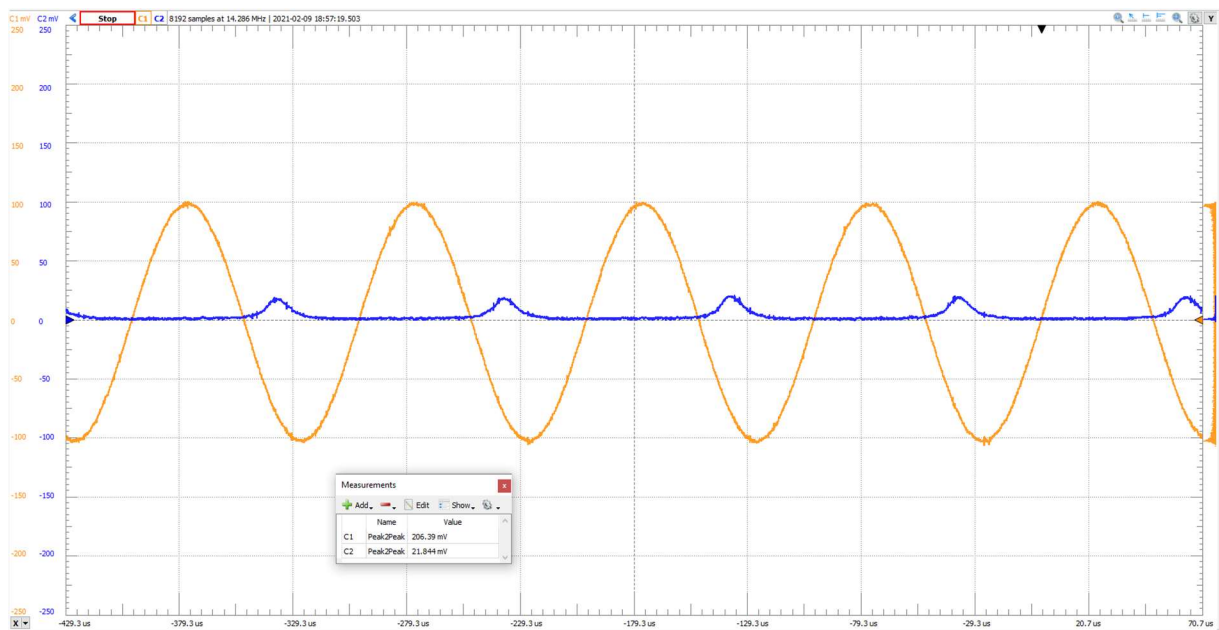


Abbildung 14: Ergebnis Frequenzmessung 5kHz

In *Abbildung 13* wurde die Eingangsfrequenz auf 5kHz gestellt. Es ist deutlich zu sehen, dass die Amplitude des Ausgangs Signales abnimmt und der Fehler mit der Slew-Rate immer mehr die Oberhand gewinnt und das Signal zunehmend verfälscht.

In *Abbildung 14* wurde eine Frequenz von 10Khz eingestellt, hier ist das Signal nicht mehr ein Sinus und schon sehr klein. Während die Frequenz schrittweise erhöht wurde konnte festgestellt werden, dass die Amplitude nicht linear abfällt, sondern einen Sprung aufweist.

Aus den ermittelten daten sollte das Ergebnis des Filters ein Verstärkter Tiefpass sein mit einer Grenz Frequenz von 1kHz. Nach Erreichen der Frequenz fällt die Spannung allerdings nicht linear mit 20dB pro Dekade ab was vermutlich mit dem Frequenzverhalten des Operationsverstärkers erklär werden kann.

3.6. BODEDIAGRAMM

Mit dem Bodediagramm wird nun das Frequenzverhalten der Schaltung aufgezeichnet. Dadurch können die Behauptungen aus der vorhergehenden Messung überprüft werden.

3.6.1. MESSAUFBAU

Der Messaufbau ist derselbe wie bei der Oszilloskop Messung auf Seite xxx. Gemessen wird aber mit der Network Analyzer Funktion.

Link zum User Guide für den Network Analyzer:

<https://reference.digilentinc.com/reference/instrumentation/guides/waveforms-network-analyzer>

Folgende Einstellungen wurden in der Software vorgenommen:

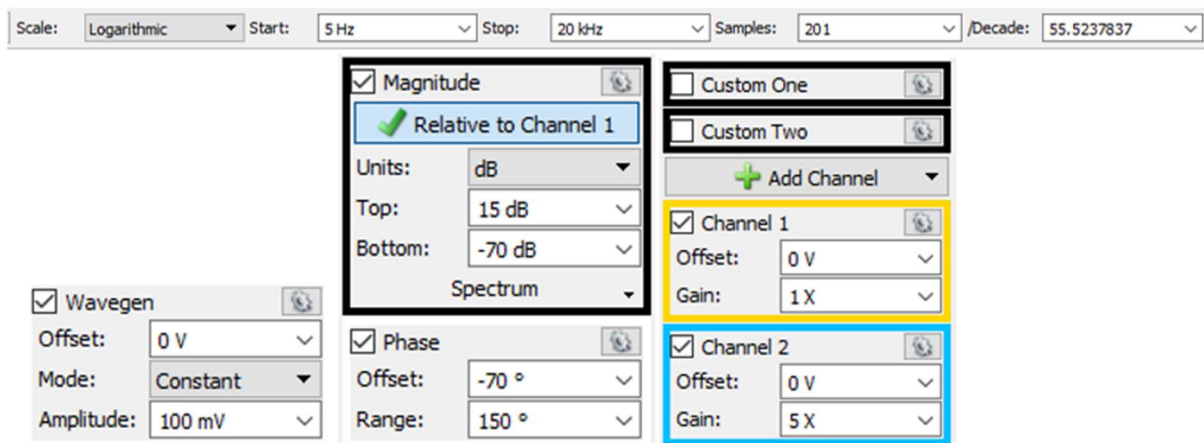


Abbildung 15: Einstellungen Network Analyzer

3.6.2. ERGEBNIS

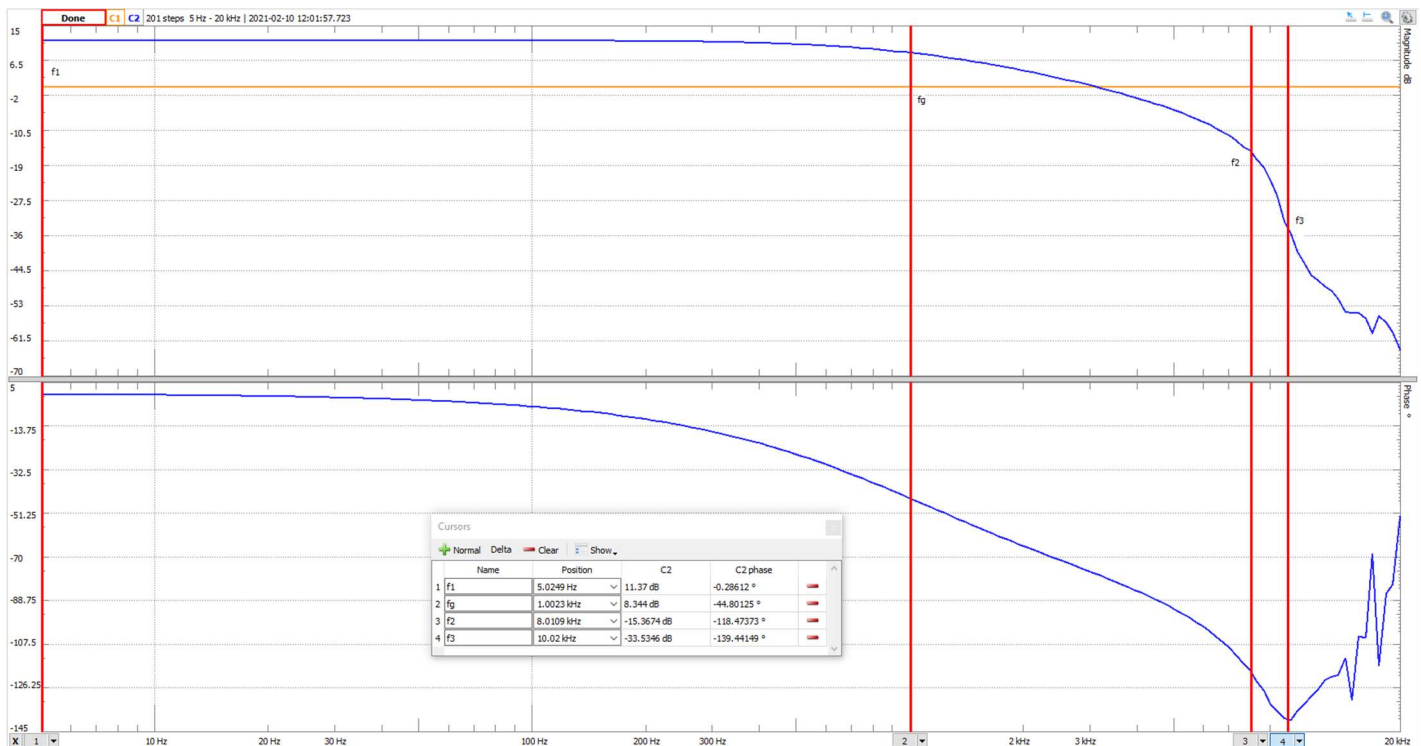


Abbildung 16: Ergebnis Bodediagramm

Cursors				
<div> <div>+</div> <div>Normal</div> <div>Delta</div> <div>Clear</div> <div>Show</div> </div>				
	Name	Position	C2	C2 phase
1	f1	5.0249 Hz	11.37 dB	-0.28612 °
2	fg	1.0023 kHz	8.344 dB	-44.80125 °
3	f2	8.0109 kHz	-15.3674 dB	-118.47373 °
4	f3	10.02 kHz	-33.5346 dB	-139.44149 °

Abbildung 17: Bodediagramm Cursor Zoom

Das Aufgezeichnete Bodediagramm in *Abbildung 16* bestätigt die Annahme das es sich um Ein Tiefpassfilter handelt. Die Berechnete Verstärkung und die gemessene Verstärkung bei 5Hz stimmt mit dem Bodediagramm überein. Die ermittelte Grenzfrequenz bei 1 kHz stimmt mit der Oszilloskop Messung auch überein.

Nach Erreichen der Grenzfrequenz nimmt der Amplitudengang, wie vermutet, nicht linear ab, bis die Amplitude schließlich bei einer Frequenz von in etwa 8kHz einen starken Einbruch erleidet. Ab 10kHz kommt es dann schließlich zu einem scheinbar willkürlichen Verhalten.

Dieses Verhalten ist auf die Frequenzabhängigkeit eines Operationsverstärkers überlagert mit dem Verhalten eines Tiefpasses erster Ordnung zurück zu führen. Die gemessenen Grenzfrequenz weicht von der berechneten Grenzfrequenz ab, dass lässt sich durch Toleranzen der Bauteile, Messgeräte, und den unterschiedlichen Messmethoden erklären.

3.7. ZUSAMMENFASSUNG DER MESSERGEBNISSE

Bauteilwerte und der exakte Aufbau der Schaltung konnten mit den herkömmlichen Methoden nicht bestimmt werden. Vermutet wird das eine Operationsverstärker in der Schaltung verbaut ist, welcher einen zusätzlichen Schwierigkeitsgrad bei der Bestimmung der Bauteile mit einem Multimeter mit sich führt.

Das Verhalten der Schaltung konnte durch die Messmethoden allerdings bestimmt werden. Es handelt sich hierbei um einen Aktive Tiefpassfilter Erster Ordnung, welches bei einer Eigenspannung von 200mVpp eine Verstärkung im Durchlassbereich von 11.43dB hat. Die Grenzfrequenz wird bei 1kHz erreicht die Verstärkung beträgt dabei 8.34 dB. Nach Erreichen der Grenzfrequenz nimmt die Amplitude nichtlinear ab und hat bei 8Khz einen deutlichen Abfall des Amplitudenganges. Das Filter kann je nach Anwendungsfall problemlos bis 10Khz betrieben werden ab 10Khz ist das Verhalten willkürlich.

ABBILDUNGSVERZEICHNISS

Abbildung 1: Anschlüsse Analog Discovery Studio.....	3
Abbildung 2: Allgemeine Infos	4
Abbildung 3: Messaufbau Widerstandsmessung.....	5
Abbildung 4: ERS nach Widerstandsmessung	6
Abbildung 5: ERS nach Dioden Messung.....	7
Abbildung 6: Messaufbau Frequenzmessung	9
Abbildung 7: Einstellungen Oszilloskop Frequenzmessung	9
Abbildung 8: Frequenzmessung Einstellungen Funktionsgenerator.....	10
Abbildung 9: Ergebnis Frequenzmessung 5Hz	10
Abbildung 10: Ergebnis Frequenzmessung 5Hz Zoom	11
Abbildung 11: Ergebnis Frequenzmessung 1kHz	11
Abbildung 12: Ergebnis Frequenzmessung 1kHz	12
Abbildung 13: Ergebnis Frequenzmessung 5kHz.....	13
Abbildung 14: Ergebnis Frequenzmessung 5kHz.....	13
Abbildung 15: Einstellungen Network Analyzer.....	15
Abbildung 16: Ergebnis Bodediagramm.....	16
Abbildung 17: Bodediagramm Cursor Zoom.....	16