


Protokoll

2. Messprojekt

„Aktiver Filter“

Institution:	Fachhochschule Vorarlberg
Studiengang:	Elektrotechnik Dual – WS 2020/21
Lehrveranstaltung	Labor Elektrotechnik
Betreuer:	Dipl.-Ing. Christian Anselmi
Raum/Arbeitsplatz:	U130/PC05
Verfasser:	Lucas Huber – U: 
Ausgeführt im Labor am:	02.02.2020
Version/Datum:	V1.0 vom 08.02.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Messungen	2
2.1	Widerstandsmessung	2
2.1.1	Messergebnisse	3
2.1.2	Interpretation Messergebnisse	3
2.2	Kapazitätsmessung	4
2.2.1	Messergebnisse	4
2.2.2	Interpretation Messergebnisse	4
2.3	Induktivitätsmessung	5
2.3.1	Messergebnisse	5
2.3.2	Interpretation der Messergebnisse	6
2.4	Ergebnisse aus den Messungen	6
3	Frequenzanalyse	7
3.1	Kalibrieren des Bode 100	7
3.2	Messaufbau	7
3.3	Messeinstellungen	8
3.4	Messergebnisse	9
3.4.1	Ergebnisse aus dem Frequenzverhalten	9
3.4.2	Frequenzverhalten Aktiver Filter	10
4	Zusammenfassung	11
5	Abschließender Kommentar	11
6	Verzeichnisse	12
6.1	Literaturverzeichnis	12
6.2	Tabellenverzeichnis	12
6.3	Abbildungsverzeichnis	12

1 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung in diesem zweiten Messprojekt für einen unbekannten aktiven Filter ist es, diesen über unterschiedliche Messmethoden genauer definieren zu können und über eine Frequenzanalyse das Verhalten des Filters aufzuzeigen.

In diesem Messprojekt werden überwiegend die Methoden aus dem ersten Messprojekt, welche für die Identifikation der Blackbox verwendet wurden benutzt.

Folgend sind die allgemeinen Infos zu sehen, welche zu dem aktiven Filter gegeben wurden:

Allgemeine Infos

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

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

Pinout:

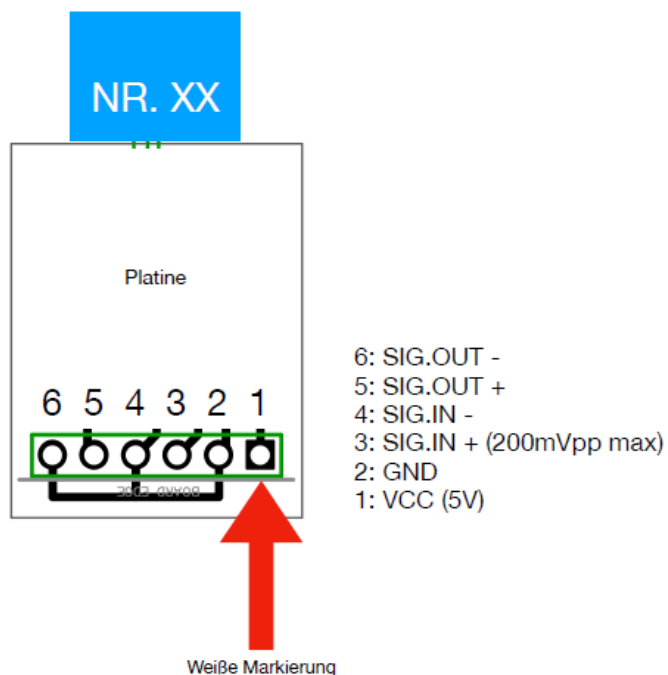


Abb. 1: Allgemeine Infos - Aktiver Filter

2 Messungen

Folgend werden nun die Pins des Aktiven Filters einzeln miteinander ausgemessen, um ein wenig Aufschluss über die weiteren Bauteile zu bekommen. Dadurch kann im Vorhinein eine Annahme gestellt werden, wie das Frequenzverhalten aussehen sollte.

2.1 Widerstandsmessung

In der ersten Messung wird der Widerstand zwischen den I/O-Pins gemessen. Zur Messung der Widerstände wird das *FLUKE 87 V Multimeter* verwendet. Messungen werden immer in beide Richtungen durchgeführt, damit Dioden ausgeschlossen werden können. Anhand der Messungen kann aber festgestellt werden, dass keine Dioden vorhanden sind, da in beide Richtungen immer die gleichen Messergebnisse erzielt werden können.



Abb. 2: FLUKE 87 V Multimeter

2.1.1 Messergebnisse

Widerstandsmessung (alle Werte in Ω)						
	U_{vers+}	GND	Sig.in+	Sig.in-	Sig.out+	Sig.out-
U_{vers+}		1k99	OL	1k99	79k2	2k
GND	1k99		OL	0,2	79k1	0,3
Sig.in+	OL	OL		OL	OL	OL
Sig.in-	1k99	0,2	OL		79k2	0,2
Sig.out+	79k2	79k1	OL	79k2		79k3
Sig.out-	2k	0,3	OL	0,2	79k3	

Tabelle 1: Widerstandsmessung

2.1.2 Interpretation Messergebnisse

Nach der Widerstandsmessung kann nun festgestellt werden, dass sich neben dem Operationsverstärker noch mindestens zwei Widerstände in der Schaltung befinden müssen. Es kann auch festgestellt werden, dass die Pins GND, Sig.in- und Sig.out- untereinander kurzgeschlossen sind. Zudem sieht man, dass sich vor dem Pin U_{vers+} ein 2k Ω Widerstand und vor dem Pin Sig.out+ ein 80k Ω Widerstand befinden muss.

Kapazitäten und Induktivitäten können hierdurch noch nicht bestätigt bzw. ausgeschlossen werden, da eine Kapazität wie ein Unterbruch in der Leitung also als OL wirken würde und eine Induktivität wie eine normale Leitung aufkommen würde.

2.2 Kapazitätsmessung

In der zweiten Messung wird nun nach Kapazitäten untersucht. Dafür wird, gleich wie bei der Widerstandsmessung, dass *FLUKE 87 V Multimeter* verwendet.

2.2.1 Messergebnisse

Kapazitätsmessung (alle Werte in nF)						
	U_{vers+}	GND	Sig.in+	Sig.in-	Sig.out+	Sig.out-
U_{vers+}		OL	1,29	OL	OL	OL
GND	OL		1,29	OL	OL	OL
Sig.in+	1,29	1,29		1,29	1,29	1,29
Sig.in-	OL	OL	1,29		OL	OL
Sig.out+	OL	OL	1,29	OL		OL
Sig.out-	OL	OL	1,29	OL	OL	

Tabelle 2: Kapazitätsmessung

2.2.2 Interpretation Messergebnisse

Durch die Kapazitätsmessung kann nun festgestellt werden, dass sich eine Kapazität in der Schaltung befinden muss, welche direkt am Pin Sig.in+ angeschlossen sein muss. Die erklärt auch warum bei der Widerstandsmessung hier ein Unterbruch in der Leitung festgestellt wurde.

2.3 Induktivitätsmessung

Als dritte Messung wird nun noch auf Induktivitäten überprüft. Diese Messung kann aber nicht mit dem bisherigen Messmittel durchgeführt werden, weshalb hier nun das *Tenma 72-960 RLC-Meter* benutzt wurde.

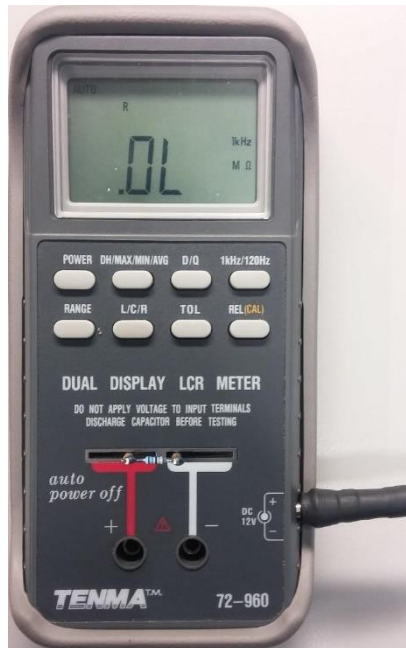


Abb. 3: Tenma 72-960 RLC-Meter

2.3.1 Messergebnisse

Induktivitätsmessung (alle Werte in H bei 1kHz) (Messungen <2μF als „-“)						
	U_{vers+}	GND	Sig.in+	Sig.in-	Sig.out+	Sig.out-
U_{vers+}		3,77m	24,1	3,78m	20,16m	3,74m
GND	3,77m		24,1	-	11,2m	-
Sig.in+	24,1	24,1		24,2	24,3	24,1
Sig.in-	3,78m	-	24,2		11,2m	-
Sig.out+	20,16	11,2m	24,3	11,2m		11,3m
Sig.out-	3,74m	-	24,1	-	11,3m	

Tabelle 3: Induktivitätsmessung

2.3.2 Interpretation der Messergebnisse

Wichtig vorweg: Messungen von Induktivitäten kleiner als $2\mu\text{F}$ wurden zur Übersicht als „-“ gekennzeichnet, da diese nur durch die Eigen-Induktivität der Leitung entstehen.

Aus der Messung gehen mehrere Induktivitäten heraus. Die hohe Induktivität kann wie bei der Blackbox als „Messfehler“ angenommen werden, da das RLC-Meter mit dem Blindwiderstand des verbauten Kondensators die Induktivität berechnet.

Weiters sind mehrere kleine Induktivitäten zwischen 3mF und 21mF vorhanden. In der Frequenzanalyse wird man später sehen, dass diese Induktivitäten sehr sicher nicht in der Schaltung verbaut sind, da ein klassisches „Widerstand-Kondensator“-Verhalten zu sehen sein wird. Es könnte davon ausgegangen werden, dass diese Induktivitäten durch den verbauten Operationsverstärker auftauchen.

2.4 Ergebnisse aus den Messungen

Aus den Messergebnissen kann nun darauf geschlossen werden, dass es sich grundsätzlich bei dem aktiven Filter um einen aktiven Hochpass handeln muss, in welchem ein Operationsverstärker zugeschaltet ist. Nachfolgend ist als Beispiel die allgemeine Schaltweise eines aktiven Hochpasses zu sehen [1]:

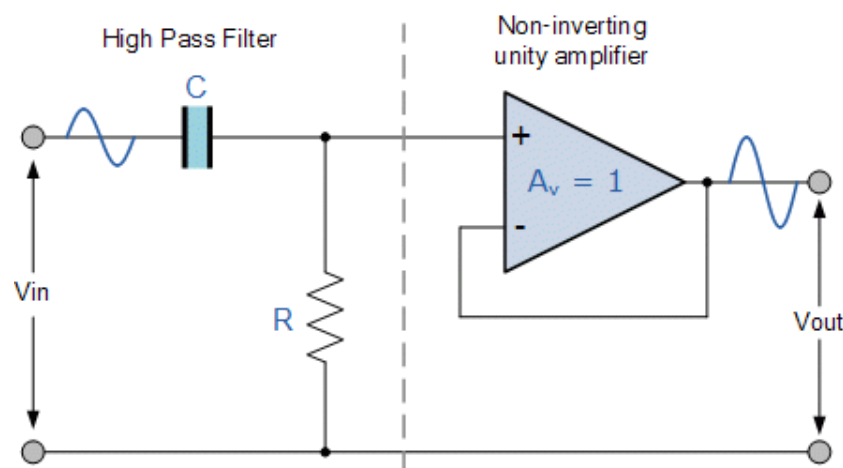


Abb. 4: Aktiver Hochpass [1]

3 Frequenzanalyse

Da wir keine genauen Angaben über den Operationsverstärker haben, kann das Frequenzverhalten dieses aktiven Filters durch eine normale Frequenzanalyse am besten bestimmt werden. Für die Frequenzanalyse wird das Bode 100 verwendet.

3.1 Kalibrieren des Bode 100

Für eine korrekte Analyse des Bode 100 muss zuerst das Gerät kalibriert werden. Dabei werden Ungenauigkeiten, welche durch die zur Messung verwendeten Kabel auftreten können, ausgeschlossen werden und das Ergebnis der Analyse ist genauer. Zur Kalibrierung werden die beiden Eingänge des Geräts mit dem Frequenzgenerator kurzgeschlossen. Eine genaue Anleitung kann aus der Betriebsanleitung des Bode 100 entnommen werden. [2, S. 83–106]

3.2 Messaufbau

Für den Messaufbau wird das Signal des Signalgenerator also die Eingangsspannung mit CH1 verbunden und das Ausgangssignal des Filters wird mit CH2 verbunden.

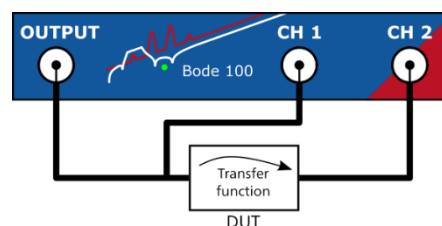


Abb. 5: Messaufbau Bode Allgemein

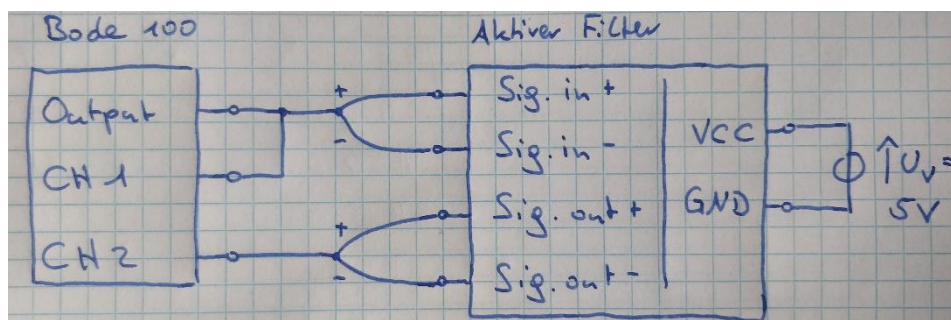


Abb. 6: Messaufbau

3.3 Messeinstellungen

Als Messeinstellungen im Bode 100 wurde ein Frequenzbereich von 10Hz bis 1MHz gewählt. Viel höhere Messbereiche können nicht mehr gut ausgewertet werden, da hier oftmals starke Störungen auftreten. Weiters wurden 201 Messpunkte pro Dekade berücksichtigt. Nachfolgend sind die genauen Messeinstellungen aus dem Programm nochmals aufgezeigt:

Frequency	Sweep	<input checked="" type="radio"/> Fixed
Start frequency	<input type="text" value="10 Hz"/>	
Stop frequency	<input type="text" value="1 MHz"/>	
Center	<input type="text" value="500,005 kHz"/>	
Span	<input type="text" value="999,99 kHz"/>	
<input type="button" value="Get from zoom"/>		
Sweep	Linear	<input checked="" type="radio"/> Logarithmic
Number of points	<input type="text" value="201"/>	
Level	Constant	<input checked="" type="radio"/> Variable
Source level	<input type="text" value="0 dBm"/>	
Attenuator	Receiver 1	Receiver 2
	<input type="text" value="20 dB"/>	<input type="text" value="20 dB"/>
Receiver bandwidth	<input type="text" value="1 kHz"/>	

Abb. 7: Bode 100 Messeinstellungen

3.4 Messergebnisse

Nach treffen dieser Einstellungen kann nun die Frequenzanalyse durchgeführt werden. Anschließend sind die Ergebnisse dieser Analyse mit unterschiedlichen Cursorpunkten zu sehen. Auf der nächsten Seite kann die Analyse in graphischer Form eingesehen werden, um eine bestmögliche Lesbarkeit zu gewährleisten.

3.4.1 Ergebnisse aus dem Frequenzverhalten

Aus der Frequenzanalyse können ein paar markante Messwerte entnommen werden:

- Im Stoppband ist eine Änderung der Dämpfung von 20dB pro Dekade vorhanden, wodurch man nun sagen kann, dass es sich um einen Hochpass 1. Ordnung handelt.
- Insgesamt kommt es zu einer Verstärkung von fast +15dB welche durch den Operationsverstärker entsteht.
- Bei einer Frequenz von 6kHz befindet sich der Übergang von der Dämpfung in die Verstärkung durch den Operationsverstärker.
- Der Phasengang bewegt sich von 90° bis 0°.

3.4.2 Frequenzverhalten Aktiver Filter

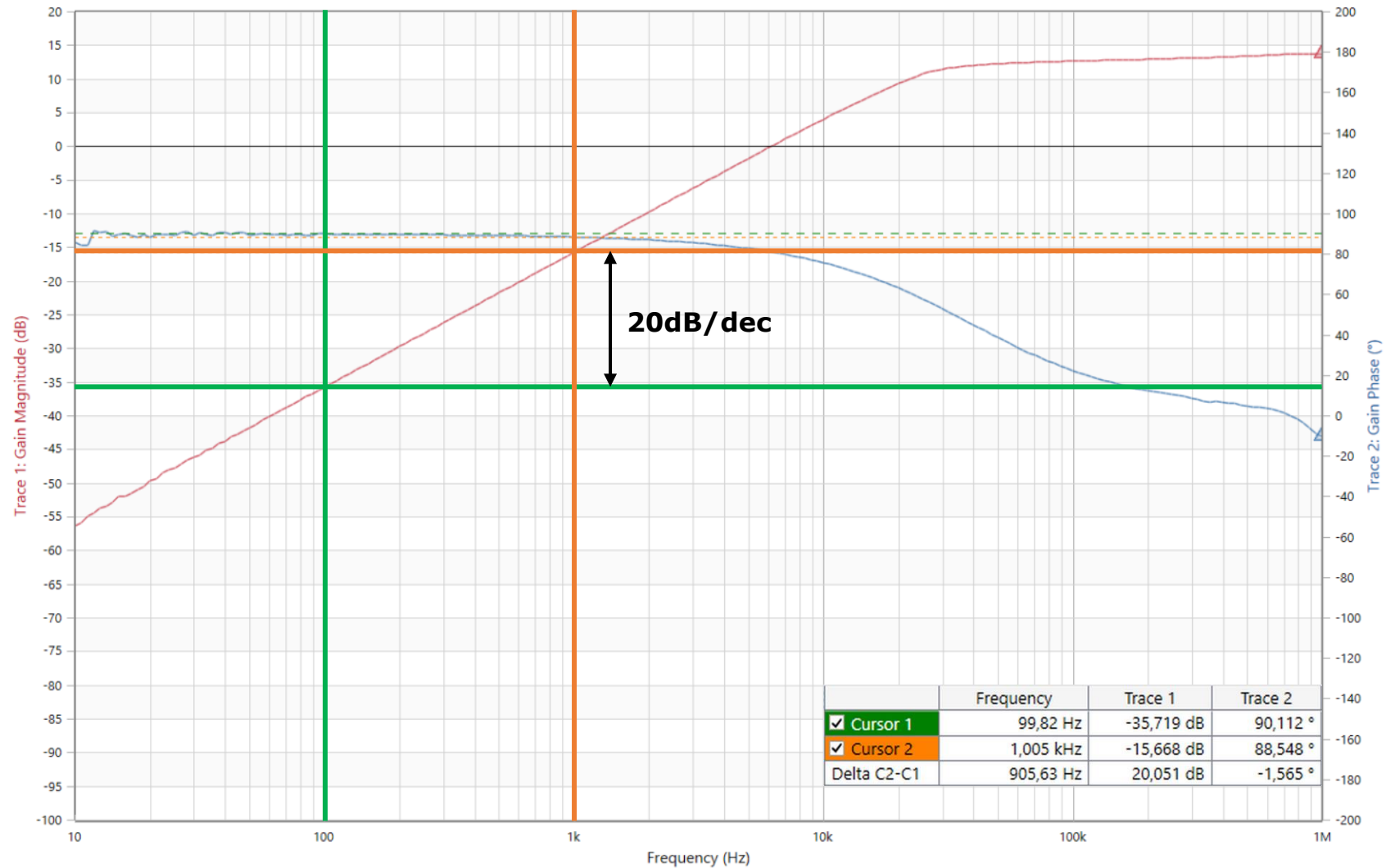


Abb. 8: Frequenzverhalten Aktiver Filter

4 Zusammenfassung

Zusammenfassen kann gesagt, dass es sich, wie schon in den vorherigen Kapitel erklärt, bei dem aktiven Filter um einen aktiven Hochpass 1. Ordnung handeln muss, welcher das Eingangssignal in den höheren Frequenzen um bis zu 15dB verstärkt.

Die genaue Verschaltung unter dem vorhandenen Schrumpfschlauch kann leider nicht gegeben werden, da nicht sicher gesagt werden, kann wie der Operationsverstärker mit den anderen Bauteilen verbunden ist. Es könnte sich um eine wie in Kapitel 2.4 gezeigte Schaltung handeln, dies muss aber nicht stimmen.

5 Abschließender Kommentar

Abschließen kann gesagt werden, dass die Analyse dieses Filters doch sehr interessant war und mehr Praxis in die Frequenzanalyse gebracht hat.

Da wir kein Wissen über den Operationsverstärker haben mussten eben alle diese frequenzabhängigen Werte aus der Analyse mit dem Bode 100 entnommen werden.

6 Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

- [1] „Aktiver Hochpassfilter - Op-Amp Hochpassfilter“, *Basic Elektronik Tutorials*, 15-Mai-2018. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.electronicstutorials.ws/de/filtern/aktiver-hochpassfilter.html>. [Zugegriffen: 08-Feb-2021]
- [2] „Bode-100-User-Manual-ENU10060506.pdf“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.omicron-lab.com/fileadmin/assets/Bode_100/Manuals/Bode-100-User-Manual-ENU10060506.pdf. [Zugegriffen: 08-Feb-2021]

6.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Widerstandsmessung	3
Tabelle 2: Kapazitätsmessung	4
Tabelle 3: Induktivitätsmessung	5

6.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Allgemeine Infos - Aktiver Filter	1
Abb. 2: FLUKE 87 V Multimeter.....	2
Abb. 3: Tenma 72-960 RLC-Meter.....	5
Abb. 4: Aktiver Hochpass [1]	6
Abb. 5: Messaufbau Bode Allgemein.....	7
Abb. 6: Messaufbau	7
Abb. 7: Bode 100 Messeinstellungen	8
Abb. 8: Frequenzverhalten Aktiver Filter	10