

Technische Universität Berlin

Fakultät IV

Institut für Energie- und Automatisierungstechnik

Projektorientiertes Praktikum

Wintersemester 20/21

Lichtorgel

Projektgruppe: Dienstag 14⁰⁰–18⁰⁰

Betreuung:

Frowin Buballa, Sebastian Linnhoff, Michael Klum

Florian Pages

21. Februar 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Projekt: Lichtorgel	1
1.0.1 Termin und Teilnehmer	1
1.1 Schnittstellen	1
1.1.1 Busbelegungsplan	1
1.2 Bus Platine	2
1.3 Gehäuse	3
1.3.1 Technische Daten	3
1.3.2 Gehäuseentwurf	4
1.4 Projektentwurf / Dokumentation	8
1.4.1 Blockschaltbild	8
2 Mikrofonvorverstärker	9
2.1 Einleitung	9
2.2 Konzept	9
2.3 Schaltungsentwurf	9
2.4 Dokumentation der Arbeitsentwicklung	11
2.5 Platine	13
3 VCA	17
3.1 Einleitung	17
3.2 Konzept	17
3.3 Schaltungsentwurf	17
3.4 Testung und Aufbau der Schaltung	19
3.4.1 Simulation	19
3.4.2 Steckbrettaufbau	20
3.4.3 Platine	23
4 Frequenzaufteilung	25
4.1 Einleitung	25
4.2 Konzept	25
4.3 Schaltungsentwurf	26
4.4 Schaltaufbau und Analyse	30
4.4.1 Simulation	30
4.4.2 Steckbrettaufbau	32
4.4.3 Platine	41

5	LED Treiber	45
5.1	Einleitung	45
5.2	Konzept	45
5.3	Schaltungsentwurf	45
5.4	Testung und Aufbau der Schaltung	51
5.4.1	Simulation	51
5.4.2	Steckbrettaufbau	53
5.4.3	Platine	57
6	LED Platinen	61
6.1	Einleitung	61
6.2	Konzept und Schaltungsentwurf	61
6.3	Platine	61

Abbildungsverzeichnis

1	Busplatine	3
2	Gehäuse Skizze	4
3	Platinen im Gehäuse Draufsicht	5
4	Frontplattenentwurf	6
5	Entwurf Holzplatte	6
6	fertige Lichtorgel	7
7	Blockschaltbild des Projekts	8
8	Mikrofonverstärker	10
9	Verstärker Simulation	11
10	Signalverstärkung	12
11	Mikrofonverstärker Steckbrett	12
12	Mikrofonverstärkung am Oszilloskop	13
13	Vorverstärker-Layout Top-Seite	14
14	Vorverstärker-Layout Bottom-Seite	15
15	Platine Top-Seite	15
16	Verstärkerplatine teilweise bestückt	16
17	Operationsverstärker in invertierende Verstärkerschaltung	18
18	VCA	18
19	Aufbau Simulation	20
20	Simulation	20
21	Aufbau VCA am Steckbrett	21
22	Screenshot vom Oszilloskop bei 5V Gatespannung am J-FET	22
23	Screenshot vom Oszilloskop bei geringerer Gatespannung am J-FET	22
24	Entwurf Platine	23
25	Platine Top Seite	24
26	Platine Bottom Seite	24
27	Aktive nicht-invertierende Tiefpassfilter mit Operationsverstärker	26
28	Aktive nicht-invertierende Hochpassfilter mit Operationsverstärker	27
29	4. Ordnung aktive Butterworth Bandpassfilter mit Mehrfachgegenkopplung	29
30	Amplitudengang des Tiefpassfilters in LTSpice	30
31	Amplitudengang des Bandpassfilters in LTSpice	31
32	Amplitudengang des Hochpassfilters in LTSpice	31
33	Schaltaufbau von Tief- und Hochpassfilter	32
34	Tiefpassfilter mit 420 Hz Eingangssignal	33
35	Tiefpassfilter mit 2 kHz Eingangssignal	34

36	Hochpassfilter mit 1 kHz Eingangssignal	35
37	Hochpassfilter mit 6 kHz Eingangssignal	36
38	Schaltaufbau von Bandpassfilter	37
39	Bandpassfilter mit 200 Hz Eingangssignal	38
40	Bandpassfilter mit 1 kHz Eingangssignal	39
41	Bandpassfilter mit 7,5 kHz Eingangssignal	40
42	Eagle-Layout der Tief- und Hochpassfilter	41
43	Eagle-Layout des Bandpassfilters	42
44	Platine Top Seite der Tief- und Hochpassfilter	43
45	Platine Top Seite des Bandpassfilters	43
46	Platine Bottom Seite der Tief- und Hochpassfilter	44
47	Platine Bottom Seite des Bandpassfilters	44
48	Schaltplan Dreieck-Rechteck Generator	46
49	Schaltplan Gleichrichter	47
50	LT Spice Schaltplan	51
51	LT Spice Simulation Gleichrichter	51
52	Simulation PWM	52
53	Steckbrett IC mit Dreieck Generator, Komparator und LED	53
54	Steckbrett Aufbau Gleichrichter	54
55	Oszilloskop Gleichrichter	55
56	Oszilloskop PWM Signal	56
57	Eagle Board Top	57
58	Eagle Board Bottom	57
59	vollständiges Board von Bottom	58
60	Angepasste Gleichrichter Schaltung	59
61	LED Treiber Platine Top	60
62	LED Treiber Platine Bottom	60
63	LED Schaltung	61
64	LED Platine Entwurf	62
65	LED Platine	63

Tabellenverzeichnis

1	Dimensionierung Widerstände und Kondensatoren LED Treiber	50
---	---	----

1 Projekt: Lichtorgel

1.0.1 Termin und Teilnehmer

Der Termin hat am Dienstag von 14 bis 18 Uhr im Raum EN 469 stattgefunden. Betreut wurde es von Florian Pages. Teilgenommen haben Eva Thieße, Oguzhan Hancer, Servet Öz und Jeanne Steiner.

Verteilung Orgaämter:

- Schnittstellen: Servet Öz
- Gehäuse: Oguzhan Hancer
- Präsentation: Eva Thieße
- Abschlussbericht: Jeanne Steiner

1.1 Schnittstellen

Versorgungsspannung

Die Versorgungsspannung beträgt 10 V und ist über eine eingebaute Buchse mit der Busplatine verbunden.

LED-Ausgang

Die LEDs bekommen die Versorgungsspannung und die Signale von LED-Treiber über eine Flachbandkabel, deshalb werden zwei Wannenstecker mit 6 PINs auf Bus-Platine und auf eine LED-Platine gelötet. Die LED-Platinen werden mit zwei Flachbandkabeln miteinander verbunden.

Busplatine

Sechs Wannenstecker mit 14 PINs werden auf die Bus-Platine gelötet, um jede Platine miteinander zu verbinden. Es gibt fünf Platine bzw. fünf Wannenstecker und einer freien Wannenstecker die Schaltungen auf Bus-Platine zu testen.

1.1.1 Busbelegungsplan

Um die Platinen von jeder Gruppe zu verbinden und die Signale richtig vom Mikrofon bis zu den LEDs zu übertragen, wird ein Bus verwendet.

In der folgenden Tabelle sind die Belegungen und die Eigenschaften der PINs beschrieben.

PIN-Nummer	Name	PIN-Name	Sender	Empfänger	Spezifikation
1.	VDD	VDD			12 V
2.	GND	GND			
3.	GND	GND			
4.					
5.	Verstärker Aus	AMP_OUT	Verstärker	VCA & AVR	5-6 V
6.	VCA & AVR Aus	VCA_OUT	VCA & AVR	Filtern	5-6 V
7.	LED-Spannung (R)	OUT_RED	LED-Treiber	LED	5 V
8.	LED-Signal(R) Aus	LED_RED	Tiefpassfilter	LED-Treiber	5 V
9.	LED-Spannung (G)	OUT_GREEN	LED-Treiber	LED	5 V
10.	LED-Signal(G) Aus	LED_GREEN	Hochpassfilter	LED-Treiber	5 V
11.	LED-Spannung (B)	OUT_BLUE	LED-Treiber	LED	5 V
12.	LED-Signal(B) Aus	LED_BLUE	Bandpassfilter	LED-Treiber	5 V
13.					
14.	GND	GND			

Servet Oez

1.2 Bus Platine

Nach der Feststellung der Pin Belegung wurde die Bus Platine nach Vorlage hergestellt. Dennoch wurde beim testen festgestellt, dass die Platine nur so angesteckt werden können, dass die Pin-Belegung gespiegelt war und somit kein Pin zusammen gepasst hat. Dies hat bei internen Signalen kein Problem dargestellt, dennoch bei Signal, die nach außen gehen (GND, VDD, OUT_BLUE, OUT_GREEN und OUT_RED) wurden deshalb unerwünschte Kurzschlüsse erzeugt.

Um dieses Problem zu erheben, wurden folgende Pins anhand von Kabelverbindungen umgeändert:

- Pin 3: alt = GND, neu = nicht belegt
- Pin 11: alt = OUT_BLUE, neu= GND
- Pin 13: alt = nicht belegt, neu = OUT_BLUE

Somit sah am Ende die Bus Platine wie folgt aus:

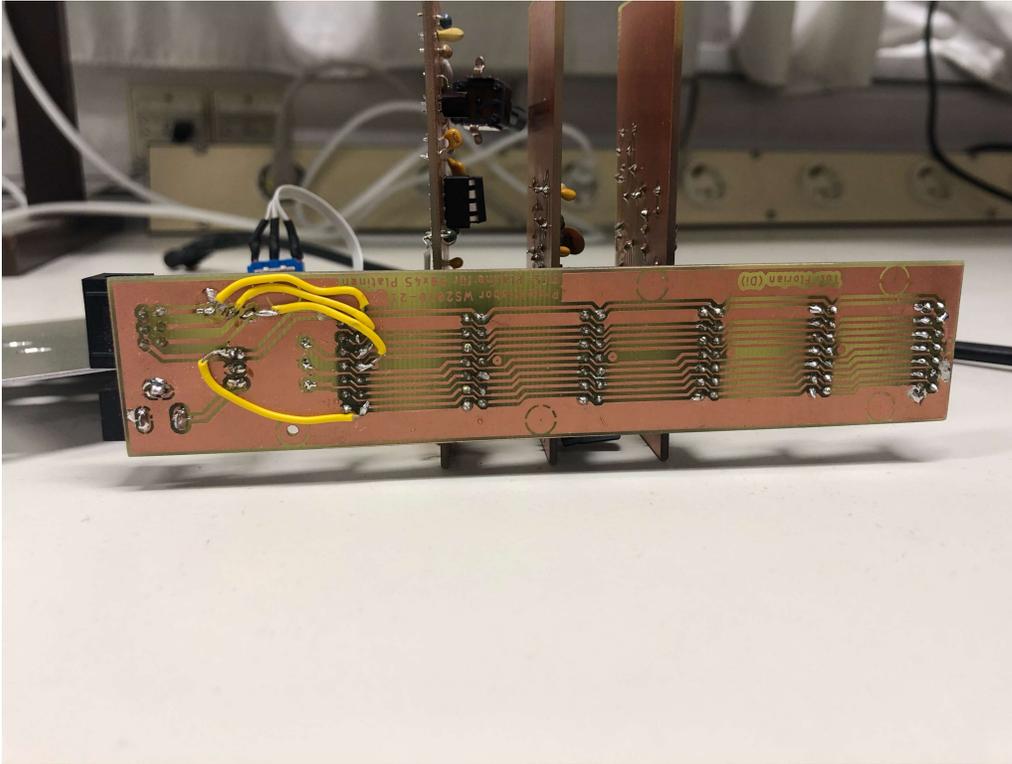


Abbildung 1: Busplatine

Jeanne Steiner

1.3 Gehäuse

Das Gehäuse muss zwei Bedingungen erfüllen:

- 1 Es muss die Elektronik vor schädlichen Einflüssen schützen
- 2 Es muss gleichzeitig zulassen, dass bestimmte Bauteile und Signale noch nach Außen geführt werden können

Daher muss von vorherein klar sein, welche Bedienelemente nach Außen geführt werden müssen und was für Signale hineingehen und herauskommen sollen.

1.3.1 Technische Daten

Es wird ein scharfkantiges ABS-Kunststoffgehäuse aus der TEKO P3 Serie mit den Maßen 160x96x61mm verwendet. Die Frontplatte besteht aus 1mm dickem Aluminium und bildet den Deckel des Gehäuses.

Insgesamt kommt man so auf das Gesamtgewicht von rund 0.16kg.

1.3.2 Gehäuseentwurf

- Gehäuse
 - Rechteckiges Loch für die Spannungsversorgung und die LED-Signale
- Frontplatte
 - 4 Löcher(jeweils $\varnothing=7\text{mm}$) für die zwei Verstärker Potentiometer, das Mikrofon und den AN/AUS-Schalter

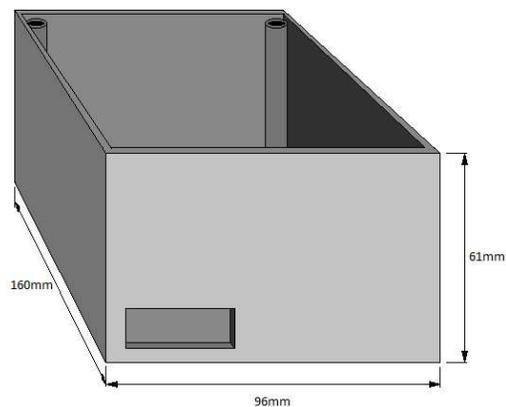


Abbildung 2: Gehäuse Skizze

Die Platinen sollten dann folgenderweise in das Gehäuse gesetzt werden:

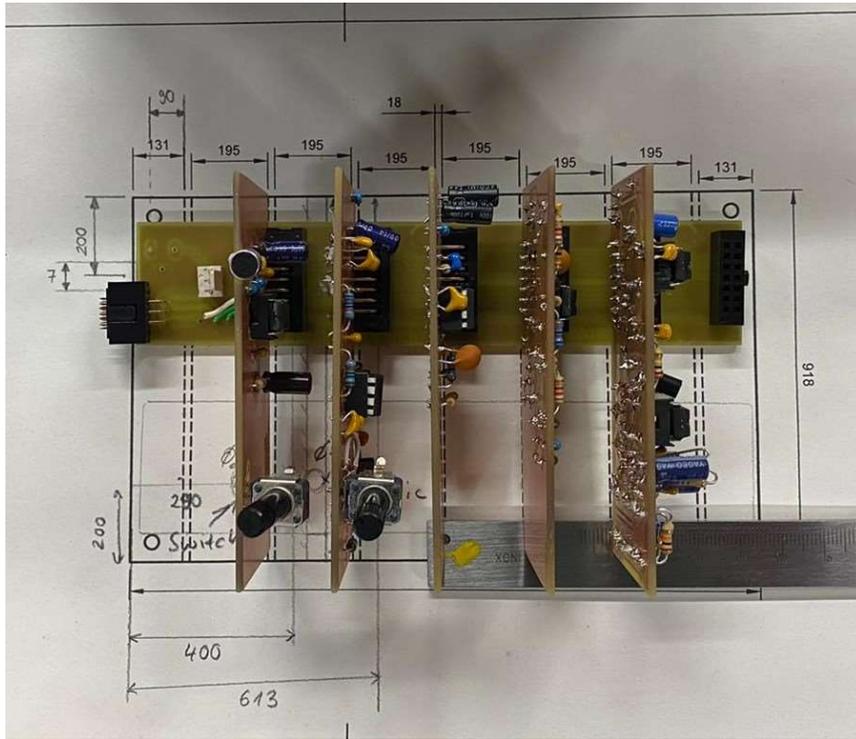


Abbildung 3: Platinen im Gehäuse Draufsicht

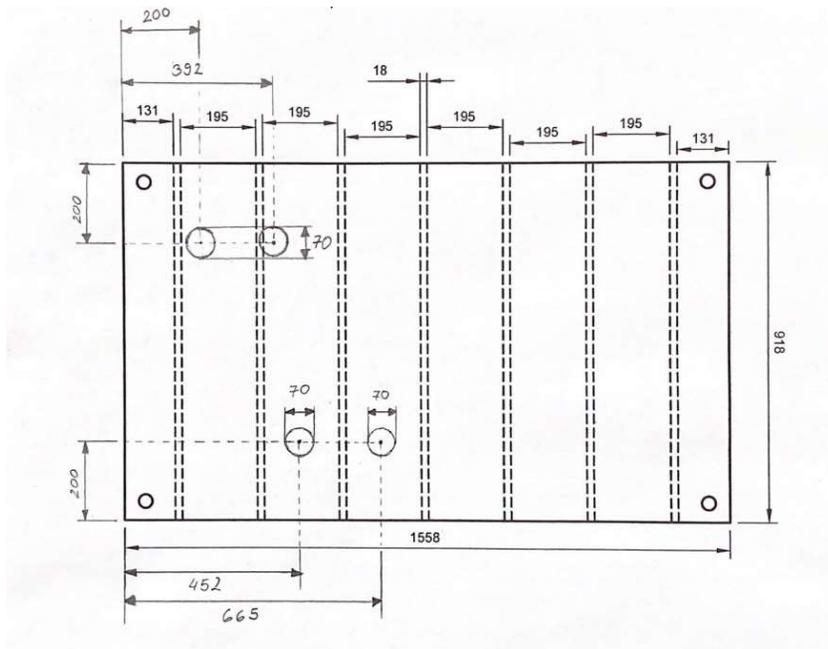


Abbildung 4: Frontplattenentwurf

Außerdem wird eine einfache Holzplatte mit 3 Löchern prepariert, sodass die drei LED-Platinen an ihr von unten festgeschraubt werden können. So erhält man eine gerade Oberfläche, auf der man Gegenstände (z.B. Glasflaschen) zur Lichtbrechung und -verteilung platzieren kann für eine ästhetischere Gesamtoptik.

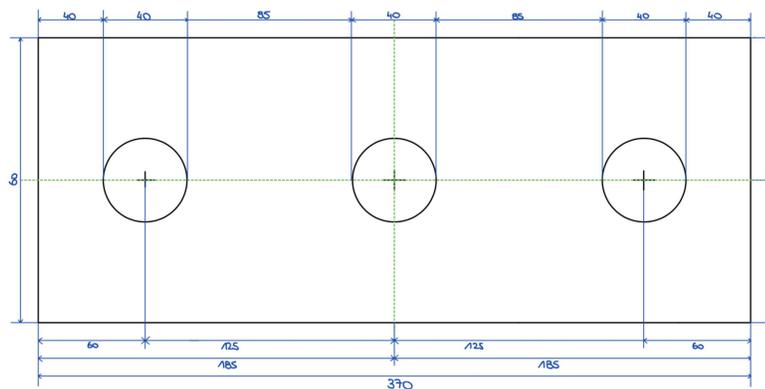


Abbildung 5: Entwurf Holzplatte



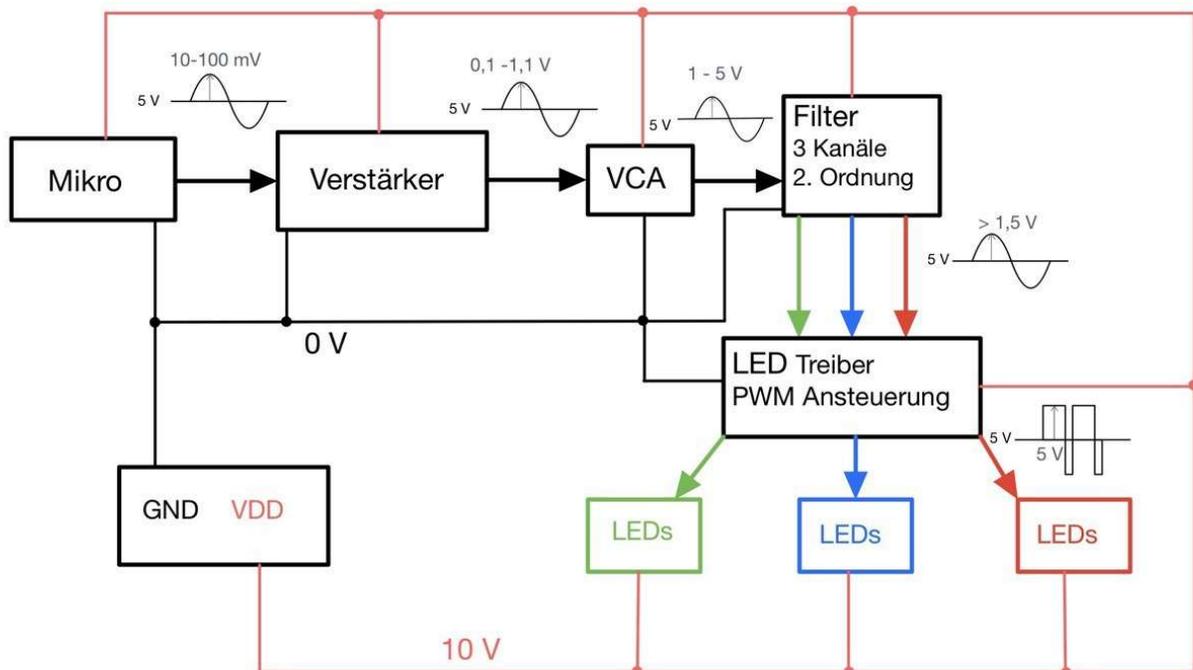
Abbildung 6: fertige Lichtorgel

Oguzhan Hancer

1.4 Projektentwurf / Dokumentation

1.4.1 Blockschaltbild

Blockschaltbild Lichtorgel



VCA: voltage controlled amplifier

Abbildung 7: Blockschaltbild des Projekts

Eva Thieße

2 Mikrofonvorverstärker

2.1 Einleitung

In diesem Teil geht es um die Audiosignalaufnahme und die Verstärkung dieses Signals, sodass es stark genug ist, um durch die verschiedenen Filter in die gebrauchten Frequenzspektren aufgeteilt zu werden und danach die LEDs für die jeweiligen vorher genannten Spektren steuern zu können.

2.2 Konzept

Für die Audiosignalaufnahme wird ein Elektretmikrofon verwendet, das je nach Abstand bzw. Stärke der Tonquelle relativ kleine Spannungssignale im mV-Bereich liefern kann. Daher wird hier eine Verstärkerstufe benötigt. Dazu verwenden wir einen OPV als nichtinvertierende Verstärkerschaltung. Damit die Verstärkung im nachhinein verändert werden kann, verläuft die Rückkopplung zum invertierenden Eingang des OPVs durch ein Potentiometer.

Der OPV wird mit 10V im single-supply betrieben. Um Übersteuerungen zu verhindern, werden verschiedenen Spannungsgleichanteile des Mikrofonsignals mithilfe eines Koppelkondensators rausgefiltert und anschließend wird das Signal in die Mitte des Arbeitsbereichs des OPVs verschoben. Das wird mit einem Spannungsteiler realisiert.

2.3 Schaltungsentwurf

Mikrofonvorverstärker

Der verwendete Mikrofonverstärker sieht folgendermaßen aus:

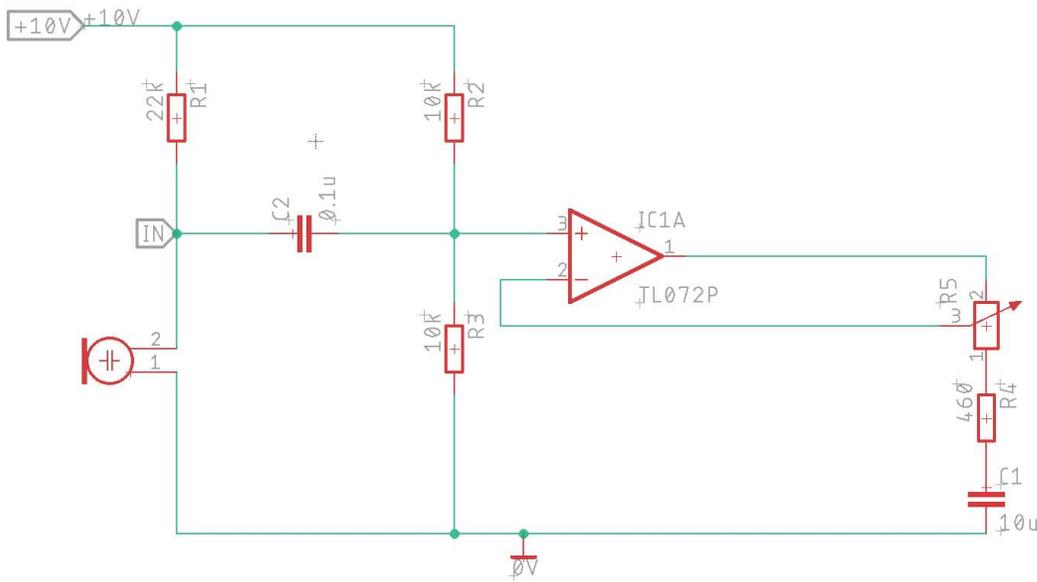


Abbildung 8: Mikrofonverstärker

Folgende Bauteile wurden verwendet:

- $R_1=22k\Omega$
- $R_2=10k\Omega$
- $R_3=10k\Omega$
- $R_4=460\Omega$
- $R_5=$ bis zu $5k\Omega$
- $C_1=10\mu F$
- $C_2=0.1\mu F$
- TL072 Operationsverstärker
- MC100 Elektret-Kondensator-Mikrofonkapsel

Die Verstärkung wird so berechnet:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_5}{R_4} \quad (1)$$

2.4 Dokumentation der Arbeitsentwicklung

Bevor die Schaltung auf ein Steckbrett umgesetzt wird, wird zumindest ein Teil der Schaltung mithilfe von LTSpice simuliert, um zu sehen ob die gewünschte Verstärkung erreicht wird. Dazu wird ein beliebiges Sinussignal erzeugt.

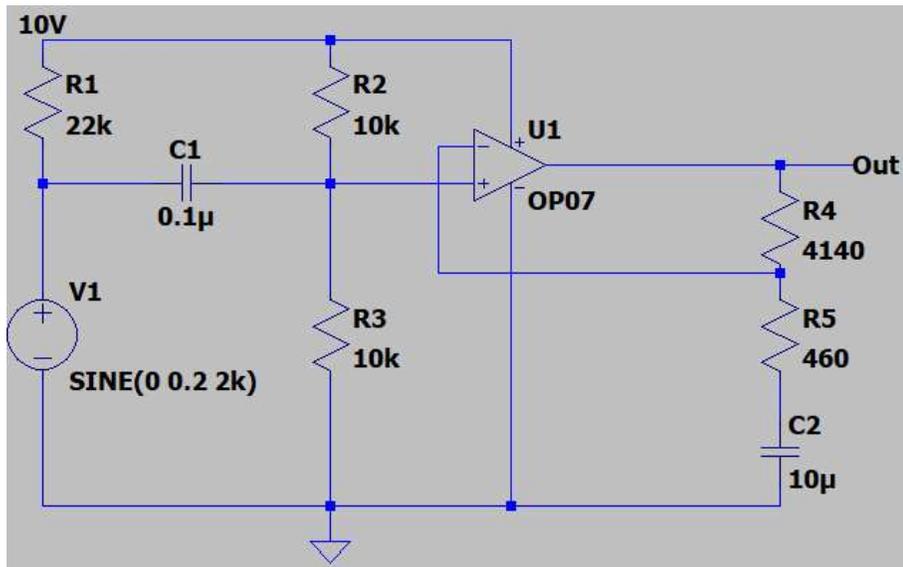


Abbildung 9: Verstärker Simulation

Der Widerstand R_4 , an dessen Stelle später das Potentiometer kommt, wird zu Testzwecken so eingestellt, dass eine 10-fache Verstärkung erreicht wird. Anschließend erhalten wir für das Eingangs- und Ausgangssignal folgende Ergebnisse:

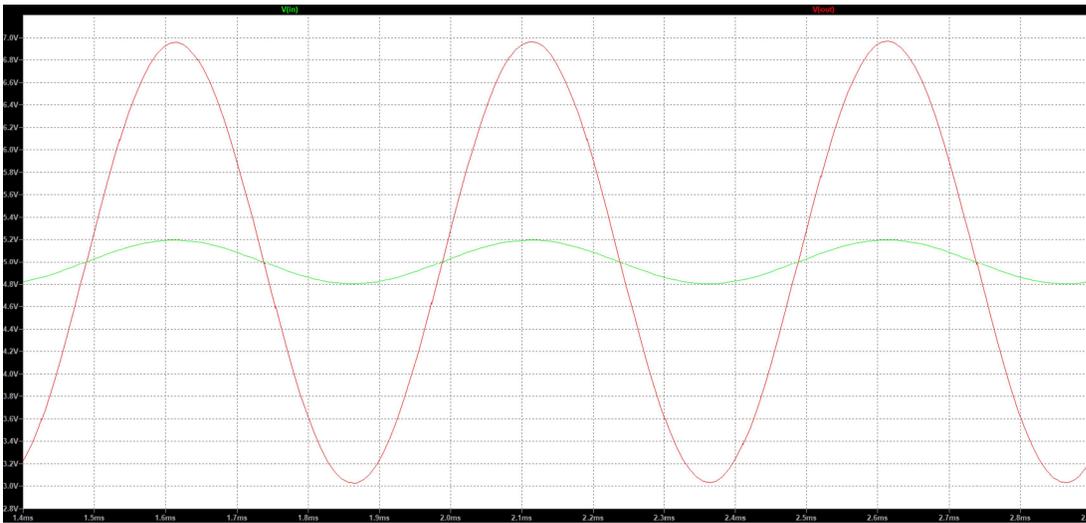


Abbildung 10: Signalverstärkung

Anschließend wird die Theorie auf das Steckbrett übertragen und sieht dann folgendermaßen aus:

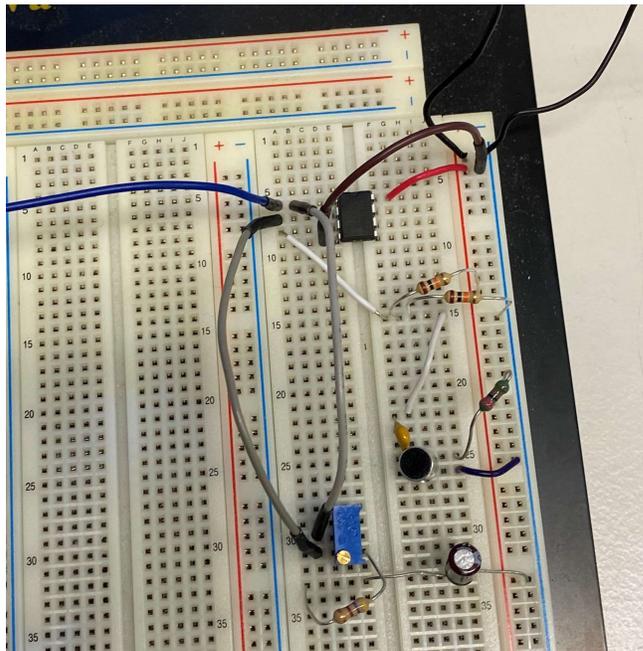


Abbildung 11: Mikrofonverstärker Steckbrett

Mit dieser Schaltung wird ein Signal im mV-Bereich verstärkt:

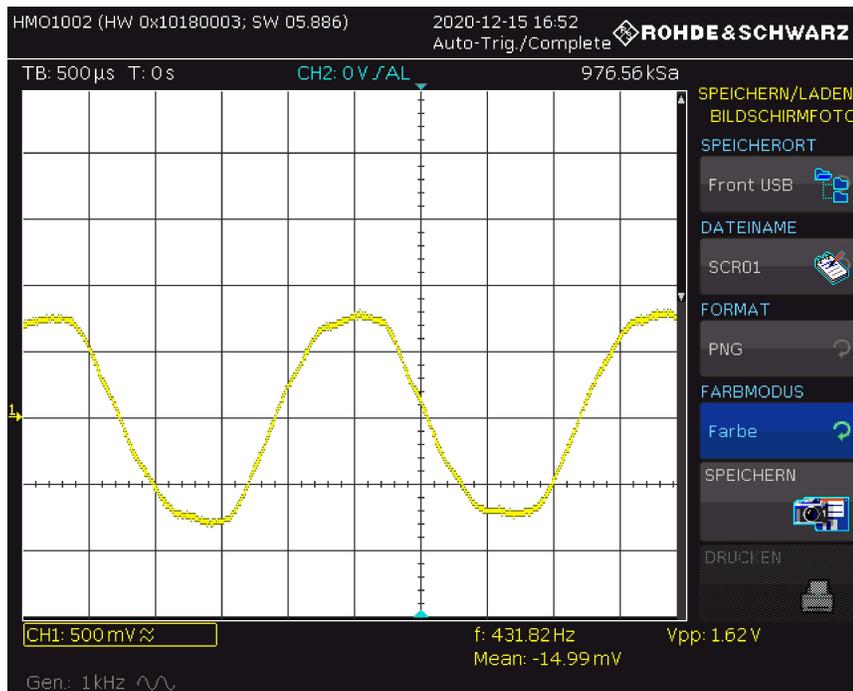


Abbildung 12: Mikrofonverstärkung am Oszilloskop

2.5 Platine

Der Platinaufbau wird mithilfe des Programms EAGLE geplant. Sie sollen die Maße 45x90mm haben, damit sie in das Gehäuse eingesetzt werden können. Das Layout für den Vorverstärker sieht folgendermaßen aus:

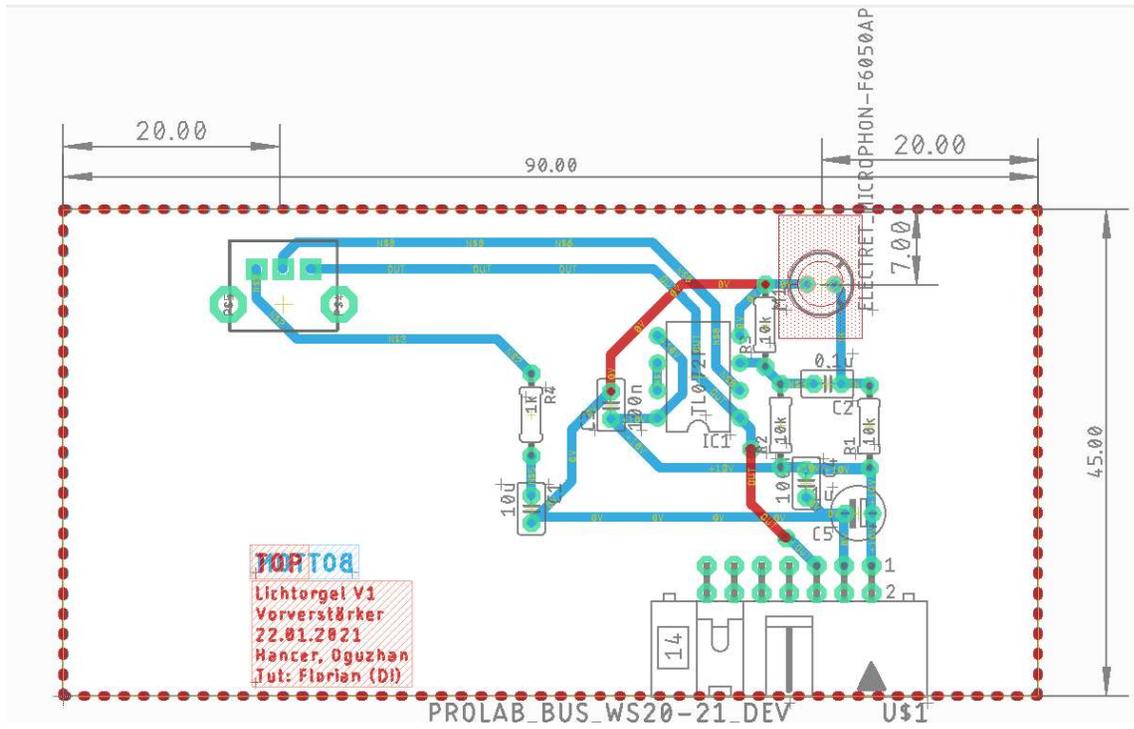


Abbildung 13: Vorverstärker-Layout Top-Seite

und danach bestückt und die Bauteile festgelötet (leider kein besseres Bild vorhanden. Mikrofon und Verstärker-Potentiometer noch nicht in der Platine und der OPV auch noch nicht in den Sockel eingesetzt) :



Abbildung 16: Verstärkerplatine teilweise bestückt

Oguzhan Hancer

3 VCA

3.1 Einleitung

Das Audiosignal von Mikrofonvorverstärker muss nochmal verstärkt werden, da die Verstärkung des Mikrofonvorverstärker nicht ausreicht um den Filtern eine Spannung von mindestens 5V weiterzugeben. Dafür verwenden wir ein VCA (voltage controlled amplifier), mit steuerbarer Verstärkung. Ursprünglich wurde gedacht, dass eine AVR (automatic voltage regulation) verwendet werden konnte, dennoch war der VCA im Rahmen des Projektlabors deutlich realisierbarer somit hat sich die Gruppe entschieden, einen VCA zu entwerfen.

3.2 Konzept

Für die Verstärkung des Eingangssignal wird ein Operationsverstärker (OPV) als invertierender Verstärker geschaltet. Die Widerstände werden so ausgewählt, dass das Eingangssignal 10-fach verstärkt wird.

Der invertierende Eingang des OPVs ist an einem p-Kanal J-FET angeschlossen. Dieser wird im Triodenbereich betrieben, damit es wie ein einstellbarer Widerstand funktioniert. Somit wird die Spannung am Gate des J-FETs anhand eines Potentiometers gesteuert. Die Spannung kann zwischen 0V und 5V geändert werden:

- Bei 5V Gatespannung ist der J-FET aus, daher fließt im Zweig vom J-FET keinen Strom und die Verstärkung am OPV ist maximal.
- Je kleiner die Spannung eingestellt wird, desto mehr Strom fließt zum nicht invertierenden Eingang des OPVs, wodurch die Verstärkung geringer wird.

Da es sich bei der Verstärkung von Wechselspannungssignalen eignet, Single-Supply Operationsverstärker zu verwenden, wird eine virtuelle Masse aufgebaut. So wird anhand eines Spannungsteiler ein 5V Potential erstellt.

Am Ausgang der Schaltung wurde ein Kondensator geschaltet, der dazu dient, den Gleichstromanteil zu blockieren.

3.3 Schaltungsentwurf

Nun kann der Operationsverstärker berechnet werden:

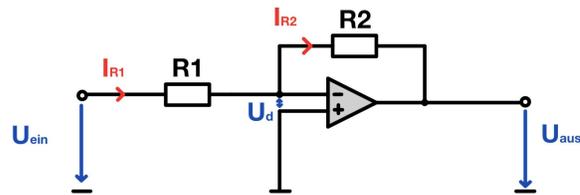


Abbildung 17: Operationsverstärker in invertierende Verstärkerschaltung

Da nur passive Bauteile vom Ausgang rückgekoppelt werden, gilt $U_d = 0V$. Ebenso gilt, dass in den Eingängen des OPVs kein Strom fließt, daraus folgt, dass $I_{R1} = I_{R2}$ ist.

$$\Leftrightarrow \frac{U_{R1}}{R1} = \frac{U_{R2}}{R2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{U_{cin}}{R1} = -\frac{U_{aus}}{R2}$$

$$\Leftrightarrow U_{aus} = -\frac{R2}{R1} \cdot U_{cin}$$

Aus dieser Gleichung folgt, dass die Verstärkung mit $\frac{R2}{R1}$ definiert wird.

Somit sieht die Schaltung des VCAs wie folgt aus:

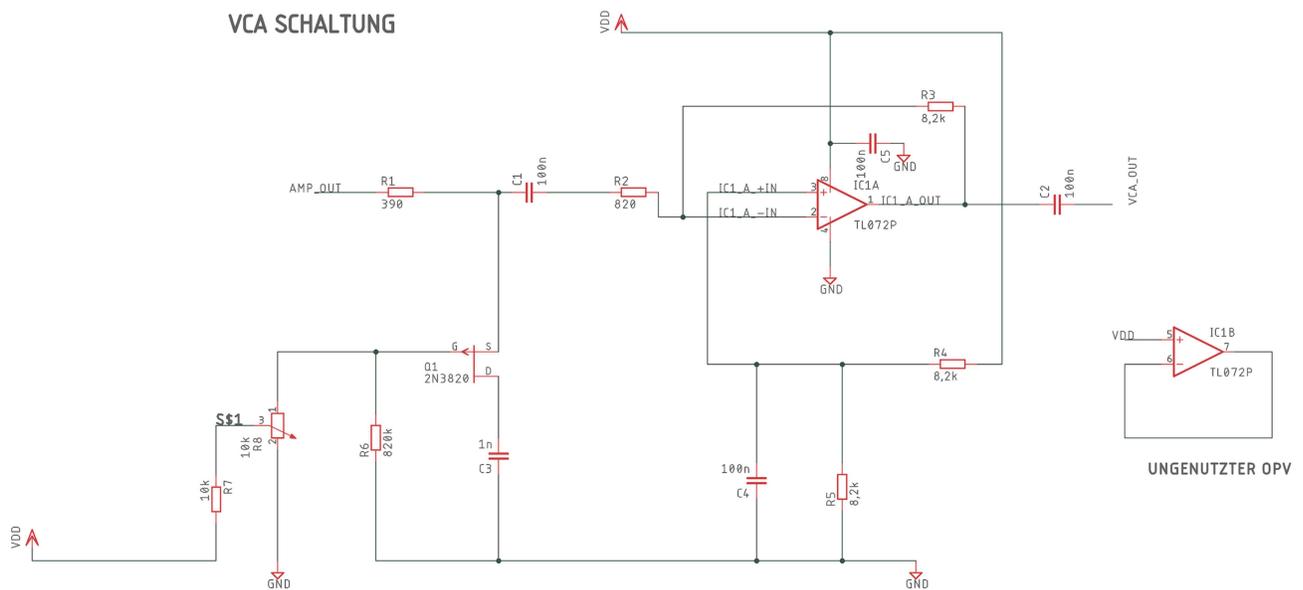


Abbildung 18: VCA

Folgende Bauteile wurden verwendet:

- $R1 = 390\Omega$
- $R2 = 820\Omega$

- $R3 = 8,2k\Omega$
- $R4 = 8,2k\Omega$
- $R5 = 8,2k\Omega$
- $R6 = 820k\Omega$
- $R7 = 10k\Omega$
- $C1 = 100nF$
- $C2 = 100nF$
- $C3 = 1nF$
- $C4 = 100nF$
- $C5 = 100nF$
- p-Kanal J-FET J175
- TL072 Operationsverstärker
- $10k\Omega$ Potentiometer

Der verwendete OPV wird innen mit zwei OPVs aufgebaut, somit muss der zweite OPV als Spannungsfolger geschaltet werden, damit der andere genauso funktioniert, wie er funktionieren sollte. Zu beachten ist noch, dass ein Abblockkondensator beim OPV verwendet wird um jegliche Störungen zu vermeiden.

Es wurde diese Schaltung verwendet, da eine verschiedene Varianten dieser Schaltung simuliert wurden, nur haben die andere Varianten nicht die erwünschte Verstärkung erreicht.

3.4 Testung und Aufbau der Schaltung

3.4.1 Simulation

Zunächst wurde die Schaltung in LT-Spice simuliert. Um das Signal, welches vom Mikrofon kommt, zu simulieren wurde ein Sinus Signal verwendet.

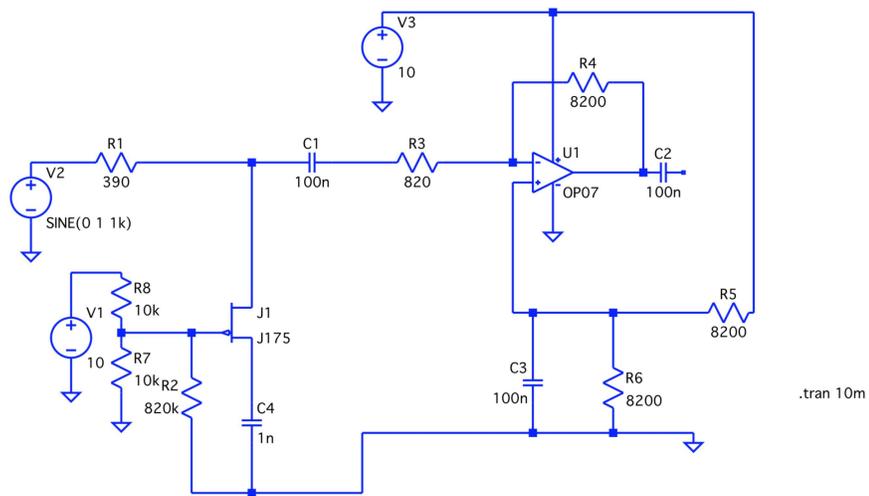


Abbildung 19: Aufbau Simulation

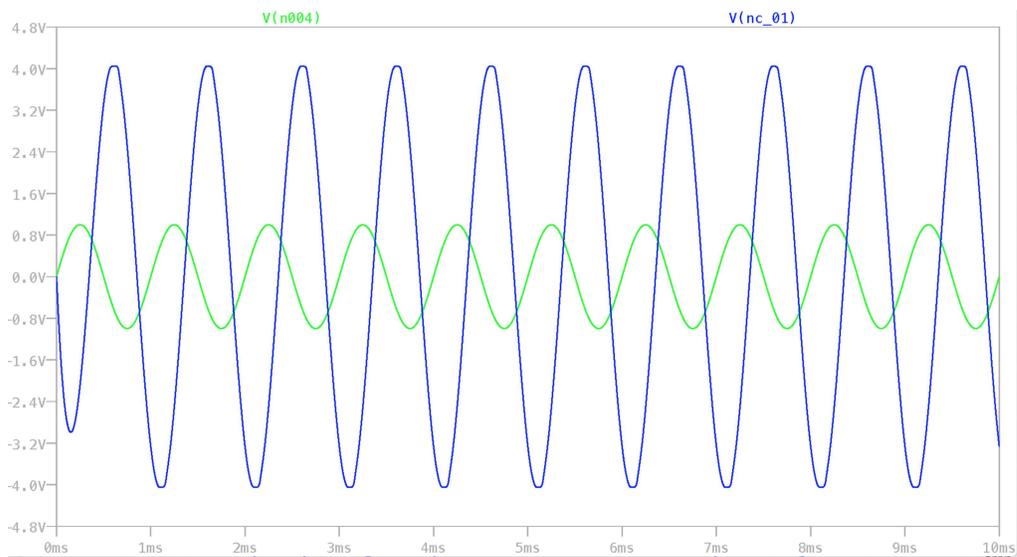


Abbildung 20: Simulation

3.4.2 Steckbrettaufbau

Da die Simulation ganz gut funktioniert hat, wurde die Schaltung am Steckbrett aufgebaut:

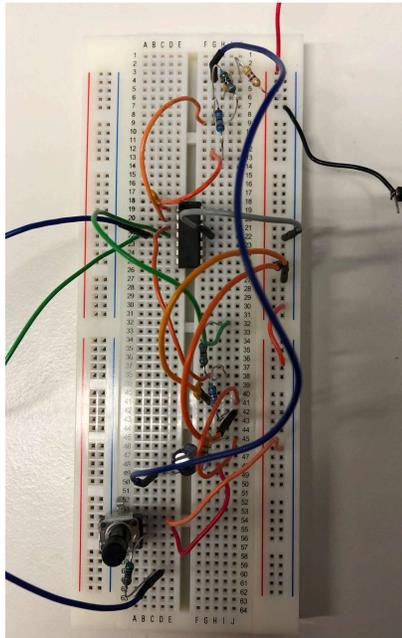


Abbildung 21: Aufbau VCA am Steckbrett

Beim ersten Aufbau am Steckbrett wurde nach einer langen Suche nach potentiellen Kurzschlüsse oder falsch verbundene Bauteile festgestellt, dass das benutzte Steckbrett teilweise nicht funktioniert hat, da die Verstärkung bei Bewegung des Steckbrettes geschwankt hat. Nach erneuten Aufbau der Schaltung auf einen neuen Steckbrett wurde festgestellt, dass der vorrige Fehler nur am Steckbrett lag, da die Schaltung auf dem neuen Steckbrett problemlos zu testen war.

Mit einem Funktionsgenerator und eine Gleichspannungsquelle wurden die Ein- und Ausgangssignale erzeugt und am Oszilloskop gemessen.

Wir sehen, dass das Eingangssignal maximal verstärkt wird, wenn der J-FET ausgeschalten ist:

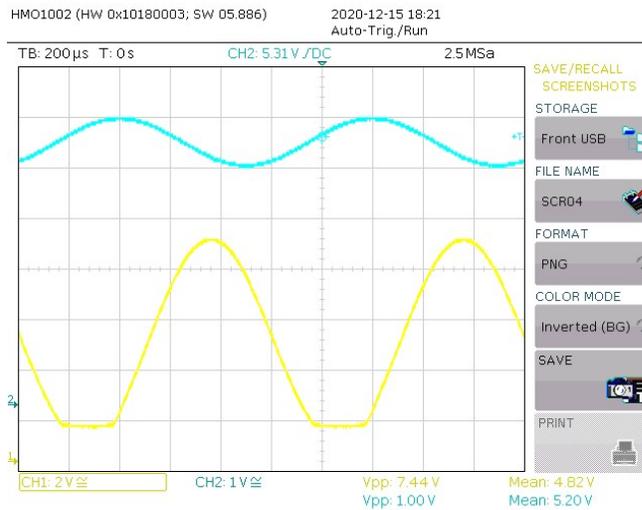


Abbildung 22: Screenshot vom Oszilloskop bei 5V Gatespannung am J-FET

Bei einer geringeren Spannung am J-FET wird das Eingangssignal weniger verstärkt:

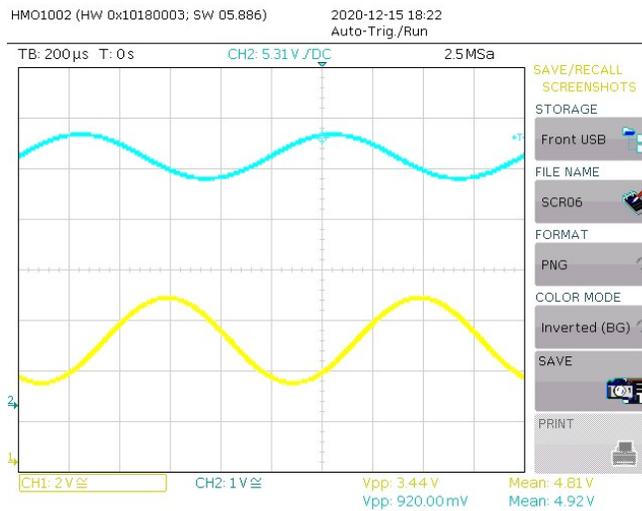


Abbildung 23: Screenshot vom Oszilloskop bei geringerer Gatespannung am J-FET

Es wurde auch getestet, ob eine größere Verstärkung möglich wäre, doch nach Umtauschen der Widerstände wurde Clipping in der Schaltung beobachtet. Deshalb musste die jetzige Verstärkung behalten werden, da durch Clipping ein Teil des Audiosignals verloren gegangen wäre und dadurch die Lichtorgel nicht wie erwünscht funktioniert hätte.

3.4.3 Platine

Die Platine wurde dann wie folgt entworfen:

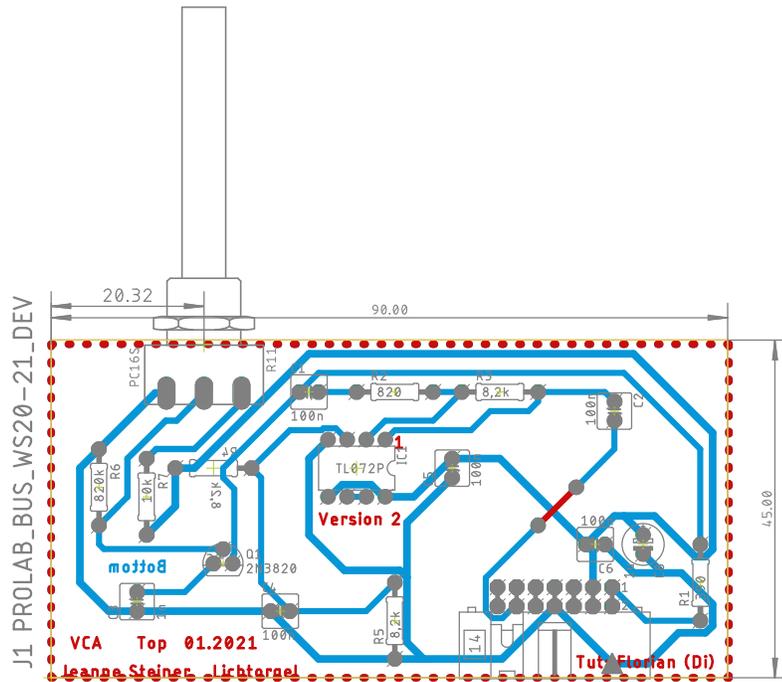


Abbildung 24: Entwurf Platine

Nach dem Bohren und Bestücken der Platine sah sie folgendermaßen aus:

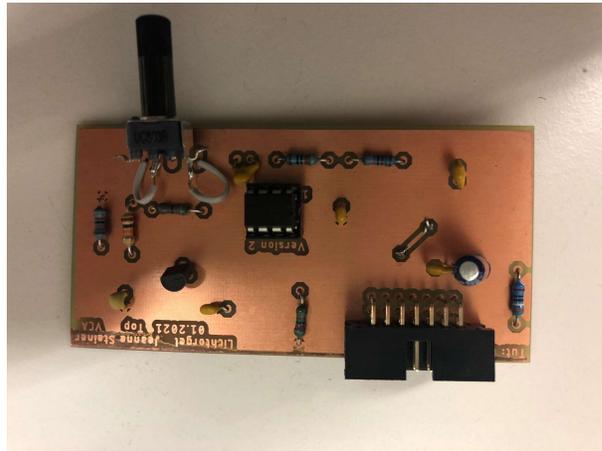


Abbildung 25: Platine Top Seite

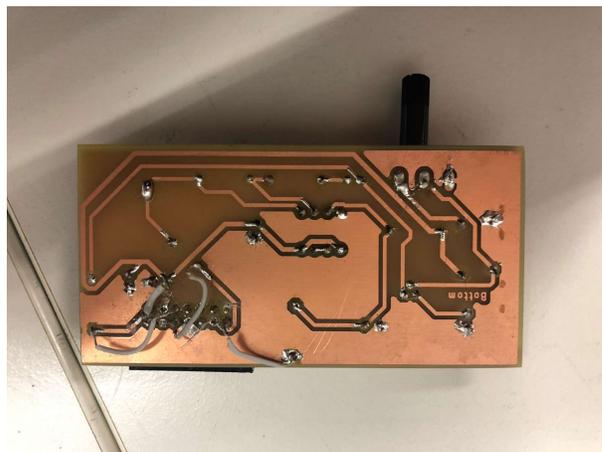


Abbildung 26: Platine Bottom Seite

Beim testen der Platine wurde bemerkt, dass die PIN-Belegungen nicht ganz wie nach Absprache platziert worden waren, deshalb mussten noch Kabel gelötet werden um diesen Fehler zu korrigieren. Als alle Platinen miteinander getestet wurden, wurde beschlossen, den Kondensator am Ausgang abzutrennen, damit der Offset des Ausgangssignal beibehalten wird.

Jeanne Steiner

4 Frequenzaufteilung

4.1 Einleitung

Diese Gruppe beschäftigt sich mit der Aufteilung der Frequenzen auf drei LED-Farben. Dafür müssen drei Filterschaltungen realisiert werden.

4.2 Konzept

Tiefpassfilter werden für die rote LEDs, Bandpassfilter für die blaue LEDs und Hochpassfilter für die grüne LEDs verwendet. Um die Frequenzbereiche in dem Amplitudengang möglichst gut zu trennen und die Überlappung der Bereiche zu verringern, wird die Ordnung des Filters erhöht. Ab 2. Ordnung Filtern sind für das Ziel geeignet. Die Filterschaltungen werden mit einem Filter Design Tool [1] entworfen, um richtige Operationsverstärker und Bauteile zu bestimmen. Das menschliche Ohr hört zwischen den Frequenzen 20 Hz – 20 kHz und die Grenzfrequenzen der Filter müssen in diesem Bereich liegen. In der Audiotechnik werden die Frequenzen in drei Hauptgruppe unterteilt. Nämlich sind sie Tieftöne, Mitteltöne und Hochtöne.

Tiefpassfilter

Rote LEDs repräsentieren die Tieftöne. Diese Töne entsprechen von 20 Hz bis 450 Hz. Das heißt, dass der Tiefpassfilter eine Grenzfrequenz f_g von 450 Hz haben soll. In das Filter Design Tool werden 450 Hz als Grenzfrequenz, 10 V als V_{DD+} und 0 V als V_{DD-} eingegeben. Die Topologie des Filters ist Sallen-Key. Da der Q-Faktor des Filters nicht so groß sein muss, ist sie sehr passende und beliebte Topologie.

Bandpassfilter

Der Bandpassfilter lässt die Frequenzen zwischen 450 Hz bis 3,8 kHz und in diesem Frequenzbereich werden die blaue LEDs beleuchtet. Der Mittenfrequenz f_0 des Bandpassfilters beträgt 1360 Hz. Für den Bandpassfilter werden 1360 Hz als die Mittenfrequenz und Versorgungsspannung zwischen 10 V und 0 V bei dem Filter Design Tool eingestellt. Aufgrund der kleinen Bandbreite, ist es logisch und praktisch die Mehrfachgegenkopplung als Topologie anzuwenden. Diese Topologie ermöglicht das Bandpassfilter mit hohem Q-Faktor.

Hochpassfilter

Die Hochtöne werden durch den Hochpassfilter gefiltert und diese entsprechen von 3,8 kHz bis 20 kHz. Grüne LEDs bekommen die Hochtöne Signale durch den Hochpassfilter. Der Hochpassfilter soll eine Grenzfrequenz f_g von 3,8 kHz haben. Die Grenzfrequenz und die Werte 14 V und 0 V für

die Versorgungsspannung des Operationsverstärkers werden in das Filter Design Tool eingegeben. Als Topologie wird Sallen-Key ausgewählt, da der Q-Faktor des Hochpassfilters wie bei dem Tiefpassfilter nicht so selektiv und hoch sein muss. Je höher der Q-Faktor ist, desto selektiver ist der Filter.

4.3 Schaltungsentwurf

Tiefpassfilter

Der aktive nicht-invertierende Tiefpassfilter mit einem Operationsverstärker werden so realisiert.

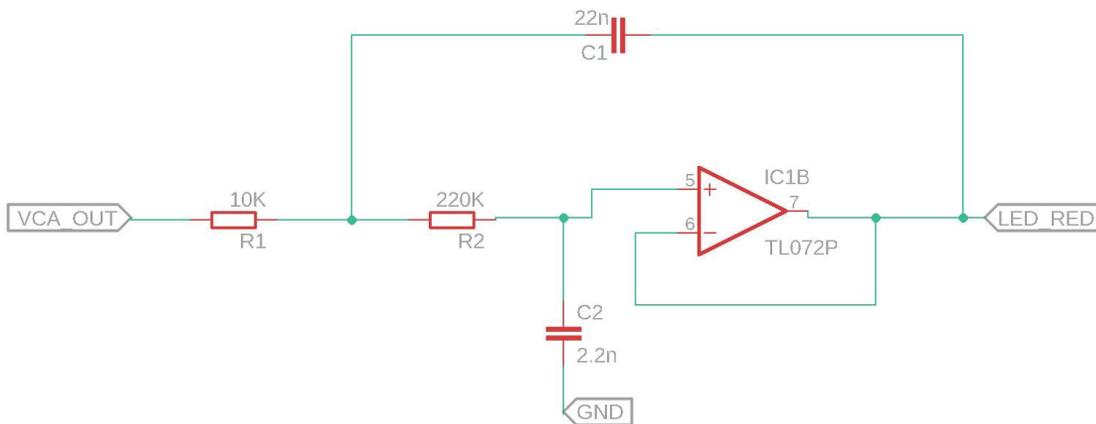


Abbildung 27: Aktive nicht-invertierende Tiefpassfilter mit Operationsverstärker

Die Kondensatoren verhalten sich wie kurzschluss bei höherem Frequenzen und das Signal geht direkt zur Erde über C_2 .

Der Grenzfrequenz eines Tiefpassfilters wird als folgende bestimmt:

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (2)$$

Die Bauteile werden aus dem E-12 Reihe ausgewählt und die Werten der Bauteile betragen als folgende:

- $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 220 \text{ k}\Omega$

- $C_1 = 22 \text{ nF}$
- $C_2 = 2,2 \text{ nF}$
- TL072 Operationsverstärker

Die Grenzfrequenz f_g wird so ausgerechnet.

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{10 \text{ k}\Omega \cdot 220 \text{ k}\Omega \cdot 22 \text{ nF} \cdot 2,2 \text{ nF}}} = 487 \text{ Hz} \quad (3)$$

Hochpassfilter

Der Schaltplan von dem aktiven nicht-invertierenden Hochpassfilter mit einem Operationsverstärker ist in der folgende Abbildung dargestellt.

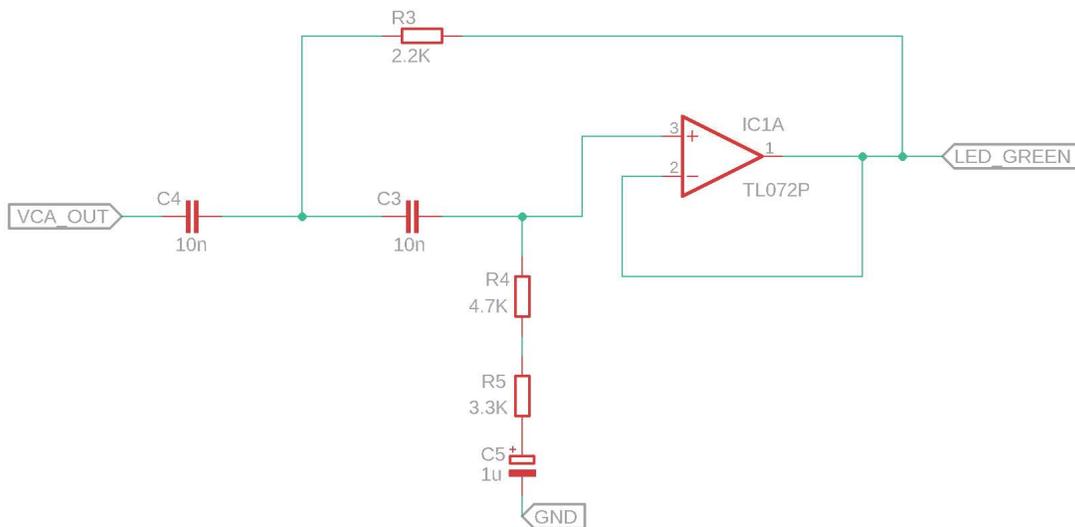


Abbildung 28: Aktive nicht-invertierende Hochpassfilter mit Operationsverstärker

Ein Kondensator ($C_5 - 1 \text{ uF}$) wird in Schaltung geschaltet, damit der Operationsverstärker Single-Supply funktionieren kann.

Die Kondensatoren spielen eine große Rolle. Nämlich lassen sie die Signalen nur mit hohem Fre-

quenzen. Der Grenzfrequenz des Hochpassfilters wird als folgende bestimmt:

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{R_3 (R_4 + R_5) C_3 C_4}} \quad (4)$$

Alle Bauteile werden aus dem E-12 Reihe genommen und diese lauten:

- $R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega$
- $R_4 = 4,7 \text{ k}\Omega$
- $R_5 = 3,3 \text{ k}\Omega$
- $C_3 = 10 \text{ nF}$
- $C_4 = 10 \text{ nF}$
- TL072 Operationsverstärker

Die Grenzfrequenz des Hochpassfilters f_g wird so ermittelt.

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{2,2 \text{ k}\Omega \cdot 8 \text{ k}\Omega \cdot 10 \text{ nF} \cdot 10 \text{ nF}}} = 3794 \text{ Hz} \quad (5)$$

Bandpassfilter

Ein 4. Ordnung aktive Butterworth Bandpassfilter mit Mehrfachgegenkopplung wird ausgewählt, damit die Grenzfrequenzen von Tief- und Hochpassfilter mit der Grenzfrequenzen des Bandpassfilters übereinstimmen. Die Schaltung des Bandpassfilters wird in der folgenden Abbildung dargestellt.

Die Bauteile und ihre Werte lauten, wie folgt:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| • $R_1 = 1,3 \text{ k}\Omega$ | • $R_{15} = 6,1 \text{ k}\Omega$ |
| • $R_{16} = 2,2 \text{ k}\Omega$ | • $R_2 = 3,3 \text{ k}\Omega$ |
| • $R_{19} = 33 \text{ k}\Omega$ | • $R_{20} = 22 \text{ k}\Omega$ |
| • $R_8 = 6,8 \text{ k}\Omega$ | • $R_5 = 10 \text{ k}\Omega$ |
| • $R_6 = 560 \text{ }\Omega$ | • $R_{21} = 15 \text{ k}\Omega$ |
| • $R_7 = 1,5 \text{ k}\Omega$ | • $R_3 = 560 \text{ }\Omega$ |
| • $R_{18} = 10 \text{ k}\Omega$ | • $R_{17} = 15 \text{ k}\Omega$ |
| • $R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega$ | • $R_{23} = 1 \text{ k}\Omega$ |
| • $R_{24} = 1 \text{ k}\Omega$ | • $C_{10} = 10 \text{ nF}$ |
| • $C_{11} = 10 \text{ nF}$ | • $C_{12} = 10 \text{ nF}$ |
| • $C_{13} = 10 \text{ nF}$ | • TL072 Operationsverstärker |

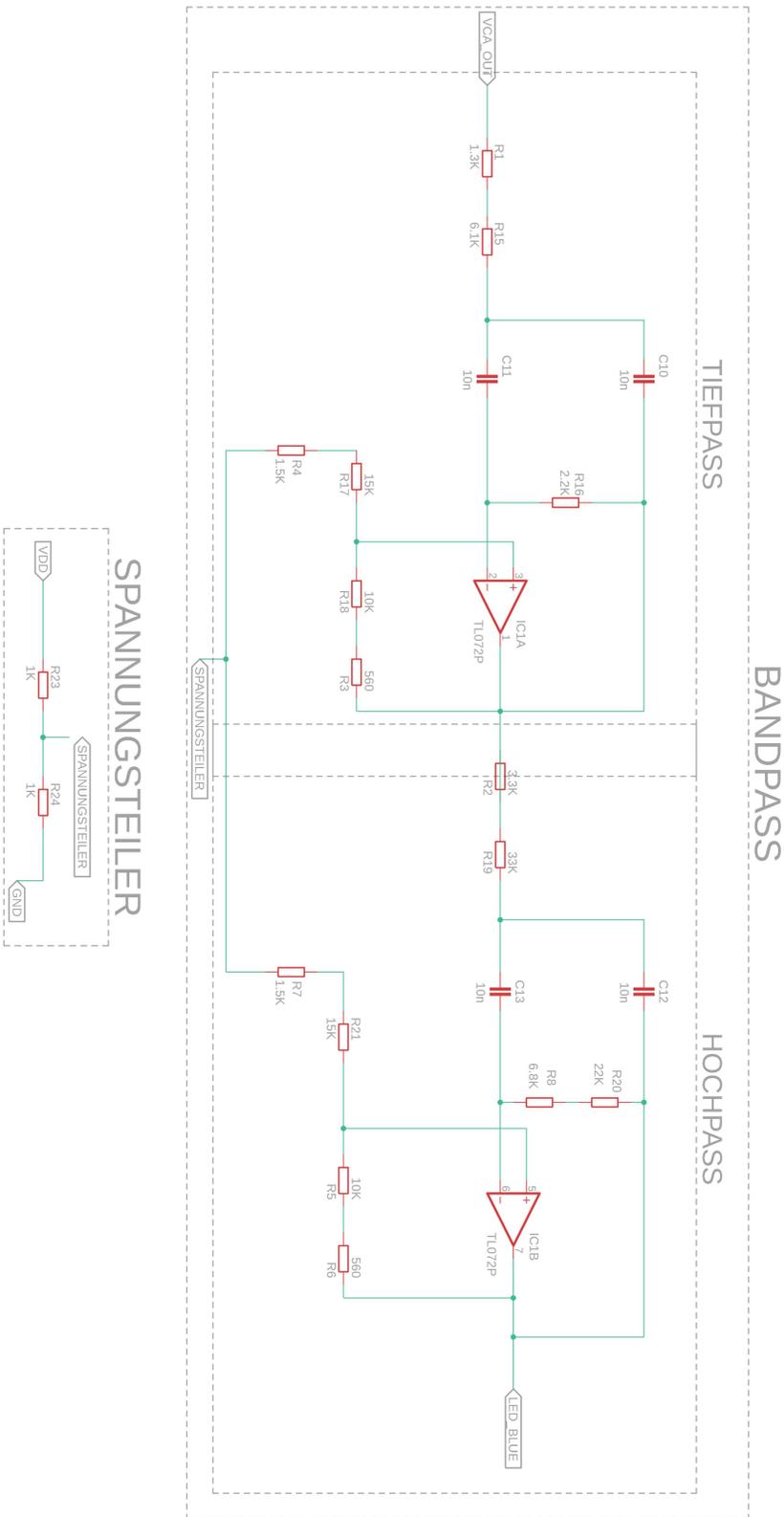


Abbildung 29: 4. Ordnung aktive Butterworth Bandpassfilter mit Mehrfachgegenkopplung

Der Bandpassfilter besteht aus einem Tief- und einem Hochpassfilter. Beide Filter sind 2. Ordnung und in Reihe geschaltet. Die Ordnung der gesamten Schaltung wird bestimmt, indem man die Ordnungen der Teilfilter multipliziert. Der Bandpassfilter ist 4. Ordnung Butterworth Filter mit Mehrfachgegenkopplung. Außerdem wird eine Spannung von 5 V an die Knoten zwischen Plus- und Out-PINs der Operationsverstärker angelegt, um die Operationsverstärker Single-Supply zu betreiben.

Die Grenzfrequenzen der Teilfilter in Bandpassfiltern werden als folgende ermittelt.

$$\text{Tiefpassfilter} \\ f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{R_{16} (R_1 + R_{15}) C_{10} C_{11}}}$$

$$\text{Hochpassfilter} \\ f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{(R_8 + R_{20}) (R_2 + R_{19}) C_{12} C_{13}}}$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{7,4 \text{ k}\Omega \cdot 2,2 \text{ k}\Omega \cdot 10 \text{ nF} \cdot 10 \text{ nF}}} \\ = 3945 \text{ Hz}$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{36,3 \text{ k}\Omega \cdot 28,8 \text{ k}\Omega \cdot 10 \text{ nF} \cdot 10 \text{ nF}}} \\ = 492 \text{ Hz}$$

4.4 Schaltaufbau und Analyse

4.4.1 Simulation

Die drei Filtern werden in LTSpice simuliert und die Amplitudengänge der Filtern sind wie folgend.

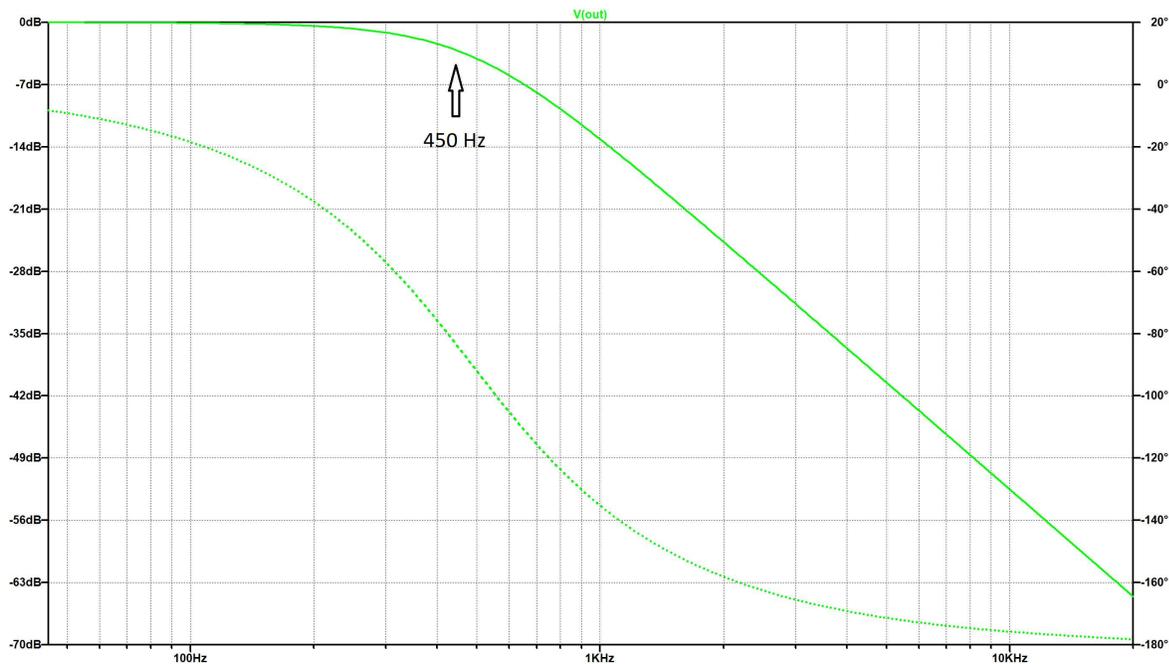


Abbildung 30: Amplitudengang des Tiefpassfilters in LTSpice

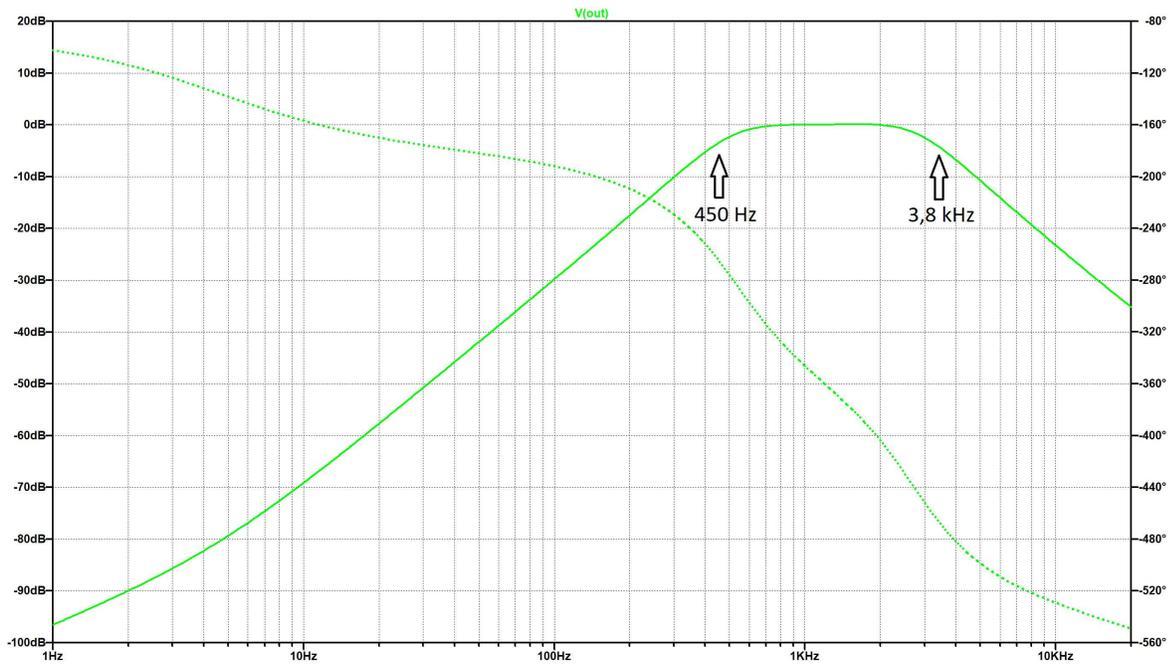


Abbildung 31: Amplitudengang des Bandpassfilters in LTSpice

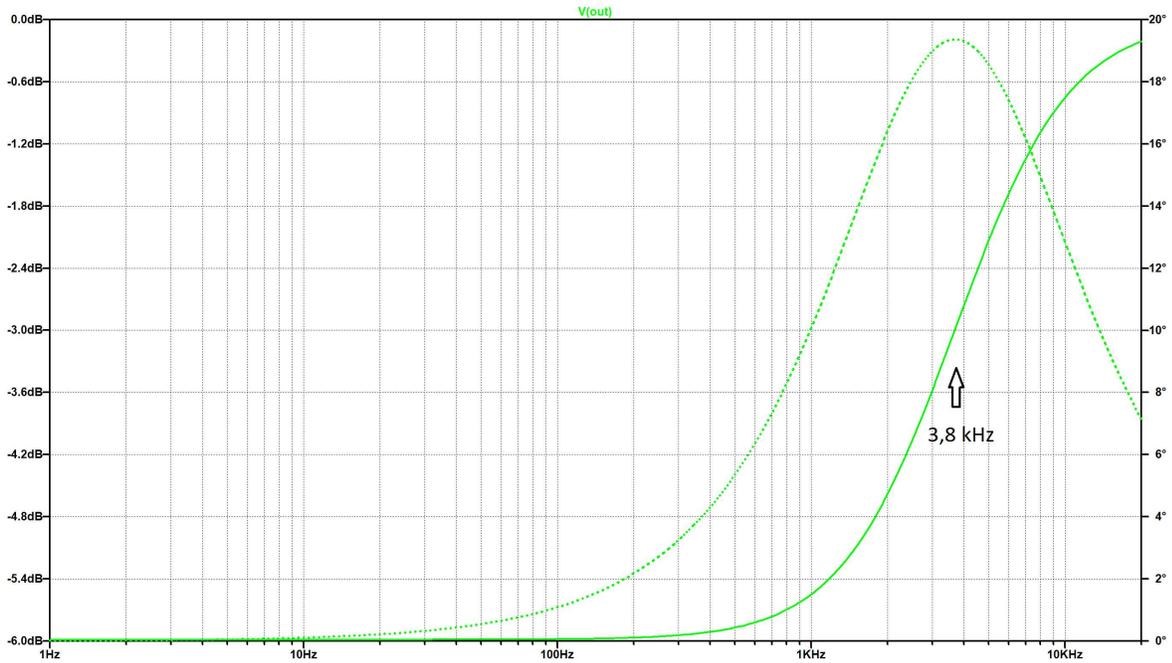


Abbildung 32: Amplitudengang des Hochpassfilters in LTSpice

4.4.2 Steckbrettaufbau

Der Tiefpassfilter und der Hochpassfilter werden auf einem Steckbrett aufgebaut. Folgendes Bild zeigt sie.

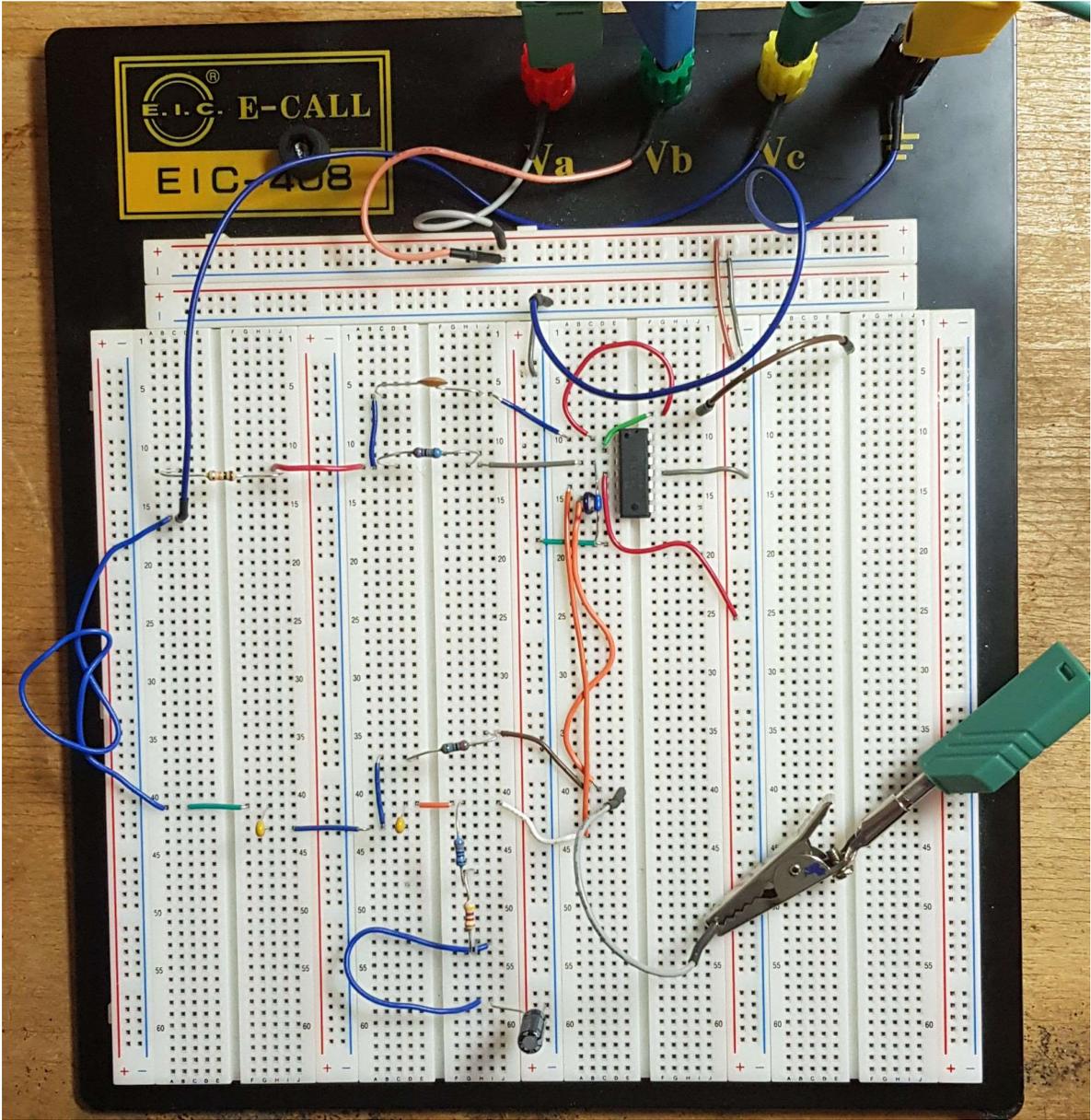


Abbildung 33: Schaltaufbau von Tief- und Hochpassfilter

Der Schaltaufbau wird dann zu dem Oszilloskop verbunden und mit verschiedenen Frequenzen analysiert. In die folgenden Bilder ist das Verhalten der Schaltung gezeigt. Die Eingangs- und Ausgangssignale werden gelb bzw. blau angezeigt.

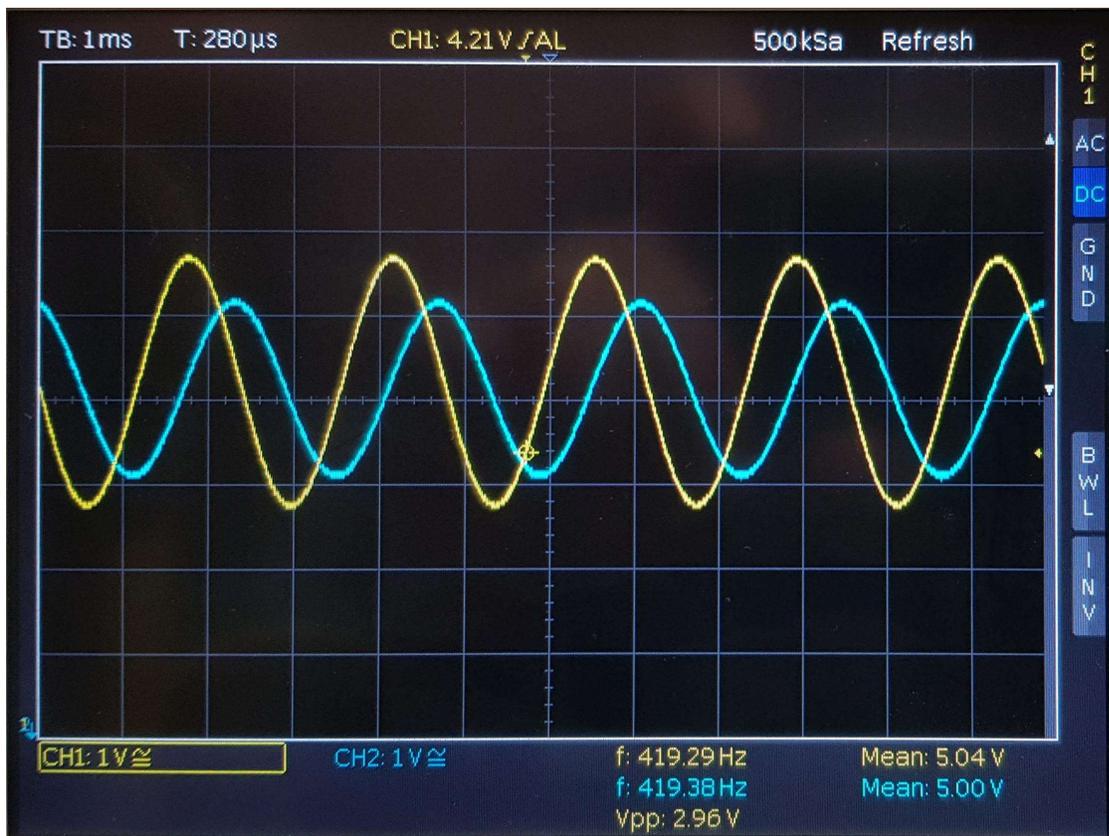


Abbildung 34: Tiefpassfilter mit 420 Hz Eingangssignal

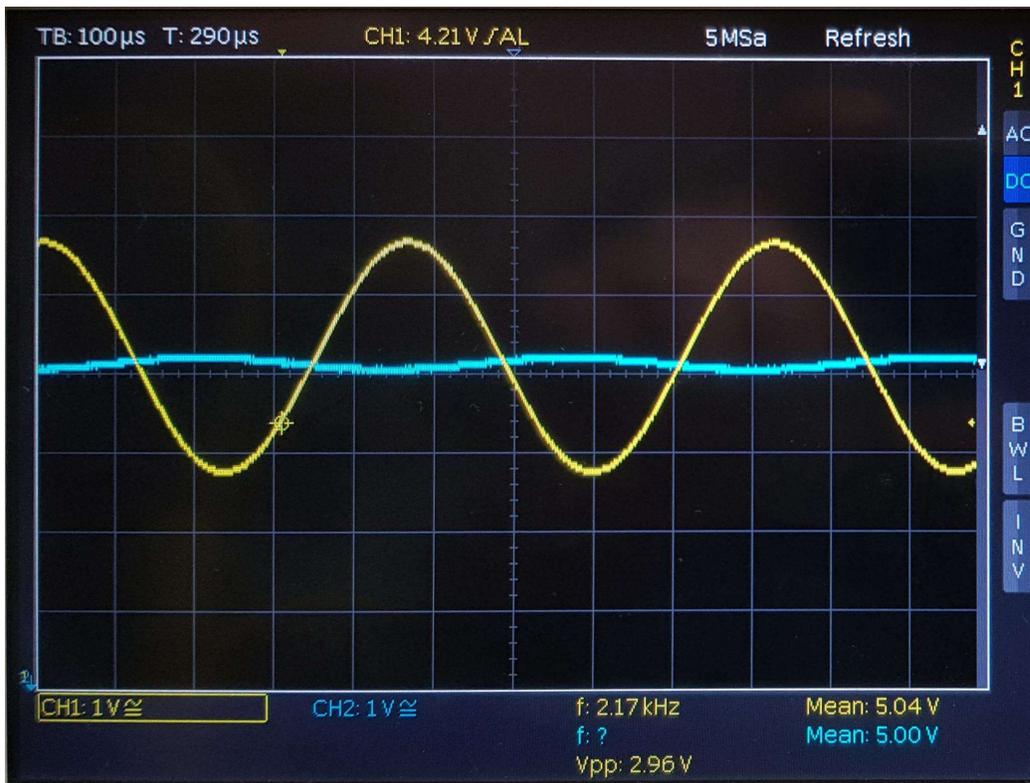


Abbildung 35: Tiefpassfilter mit 2 kHz Eingangssignal

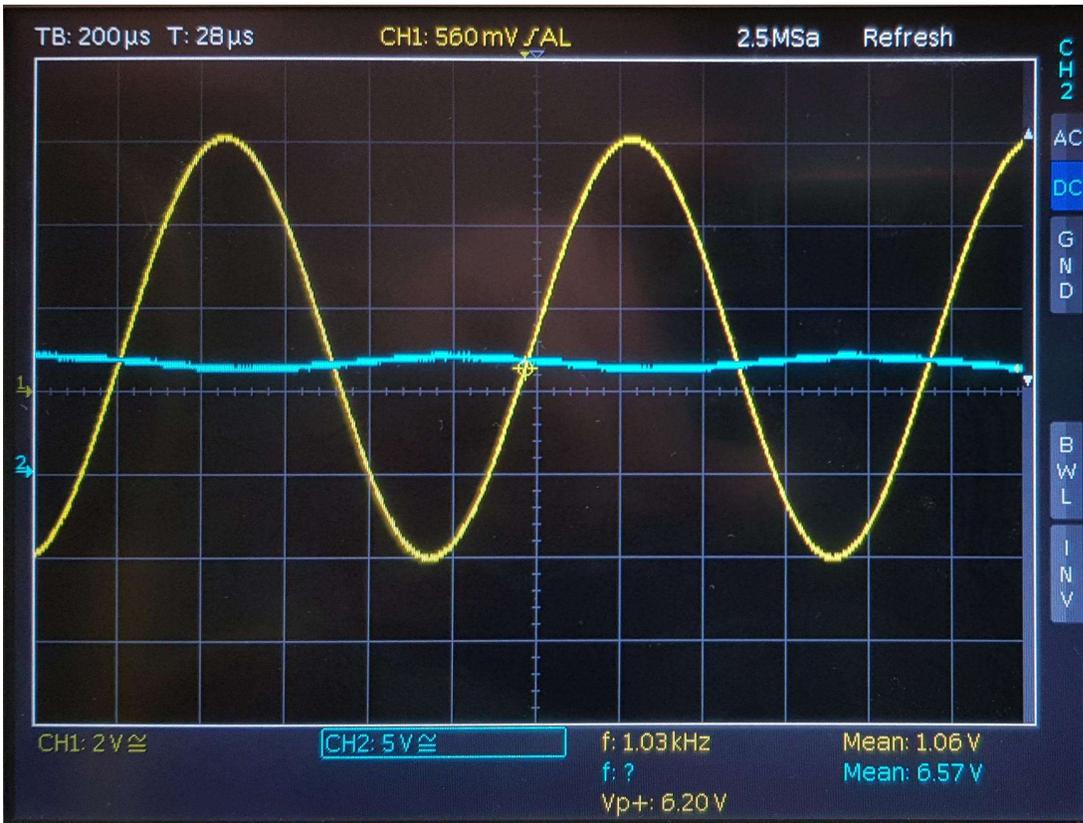


Abbildung 36: Hochpassfilter mit 1 kHz Eingangssignal

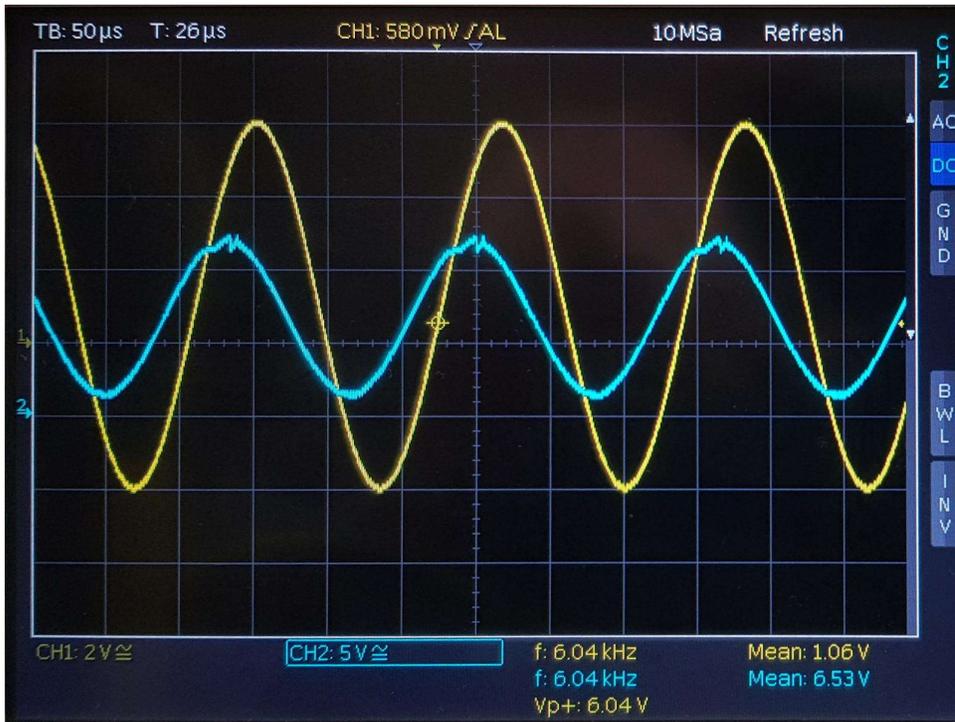


Abbildung 37: Hochpassfilter mit 6 kHz Eingangssignal

Der Bandpassfilter wird auf einem anderen Steckbrett aufgebaut und fotografiert.

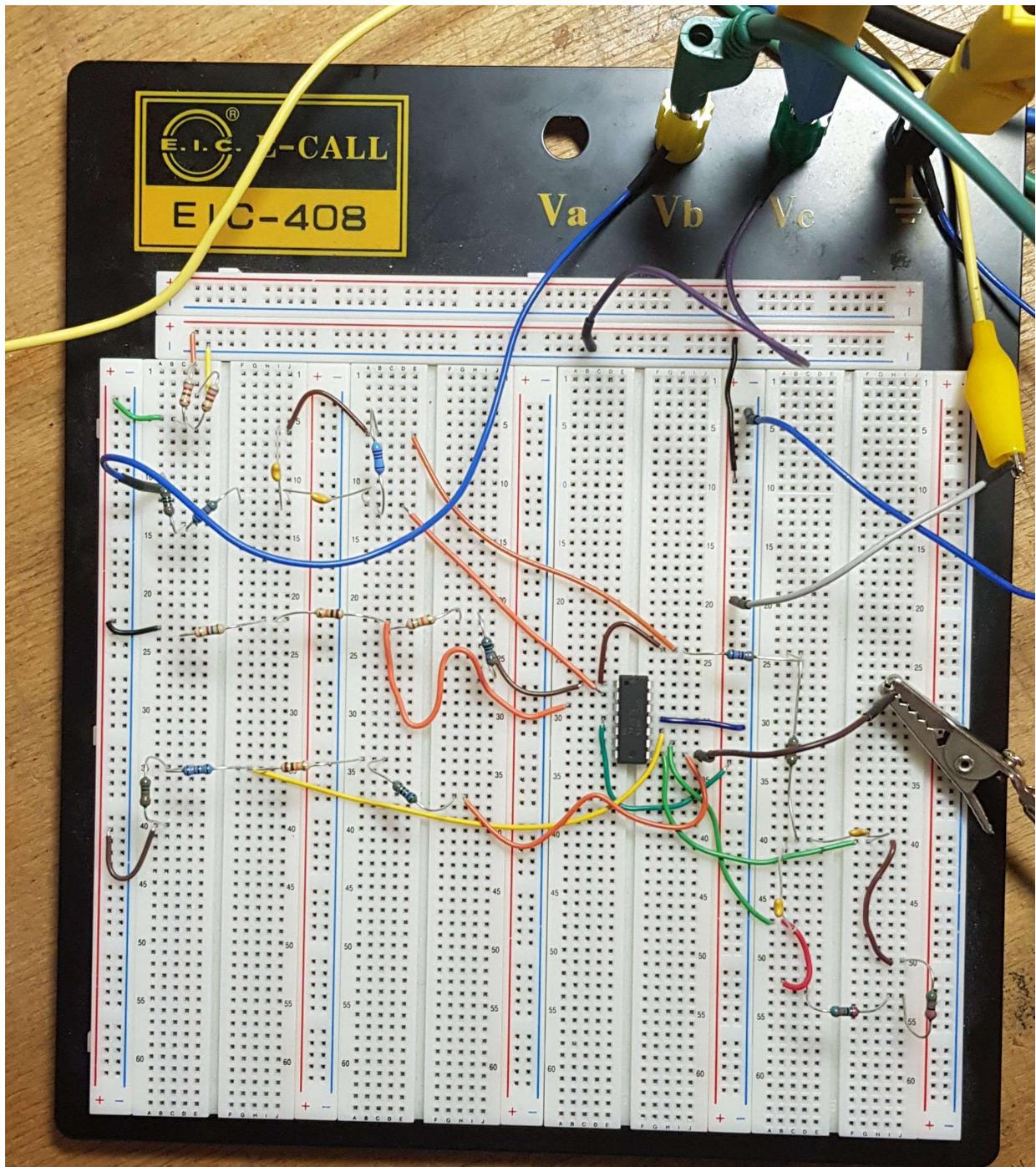


Abbildung 38: Schaltaufbau von Bandpassfilter

Folgende Bilder zeigen, wie der Bandpassfilter verschiedene Eingangssignale beeinflusst. Die Eingangs- und Ausgangssignale sind mit der gleichen Farbe wie bei der vorherigen Messung dargestellt.

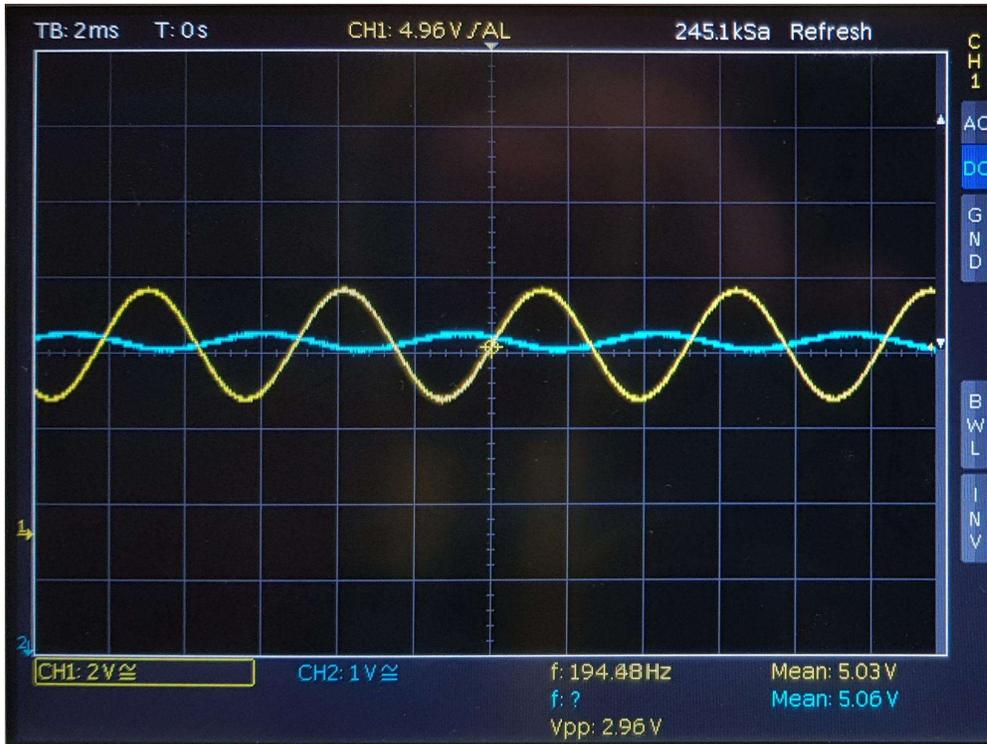


Abbildung 39: Bandpassfilter mit 200 Hz Eingangssignal

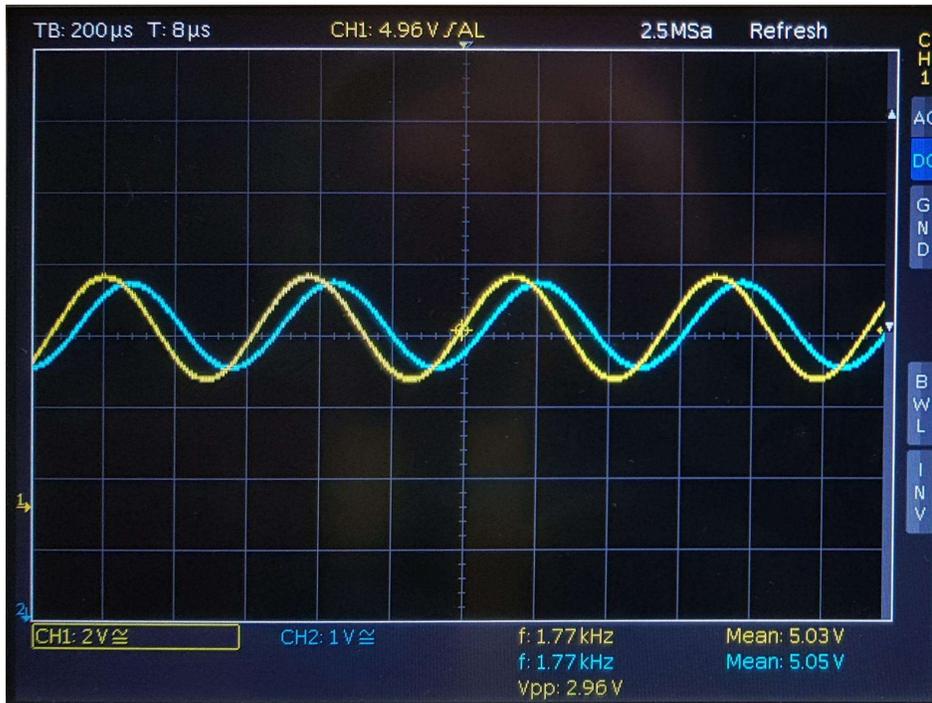


Abbildung 40: Bandpassfilter mit 1 kHz Eingangssignal

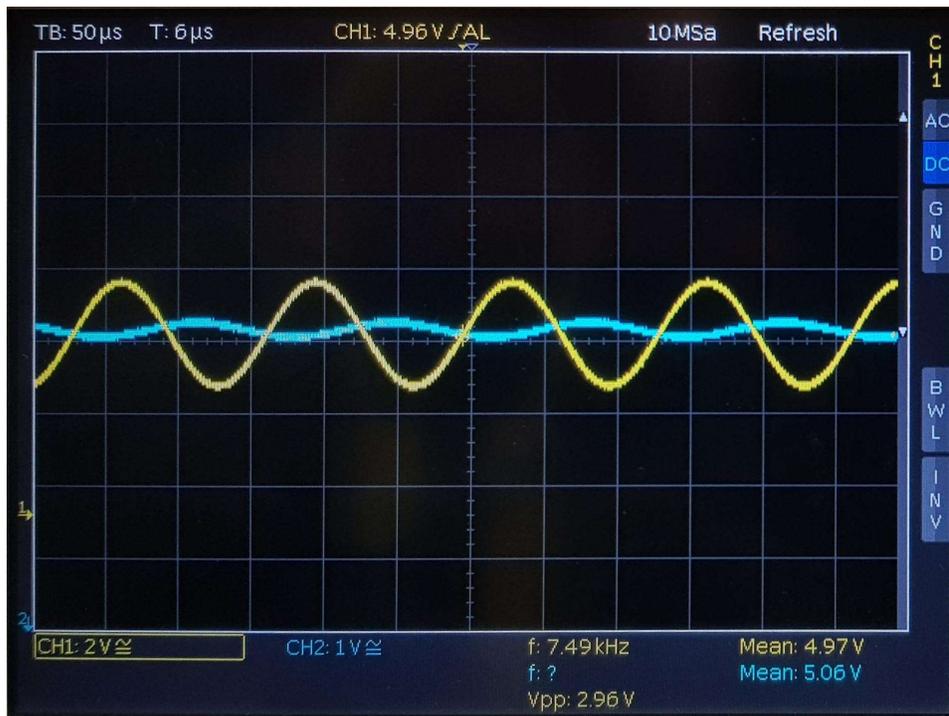


Abbildung 41: Bandpassfilter mit 7,5 kHz Eingangssignal

4.4.3 Platine

Die Filter-Schaltungen werden in EAGLE Software aufgebaut. Die Maße jeder Platine sind 45mm x 90mm. Die Tief- und Hochpassfilter werden auf einer Platine und der Bandpassfilter auf einer anderen Platine entworfen, da die drei Schaltungen nicht auf einer Platine passen.

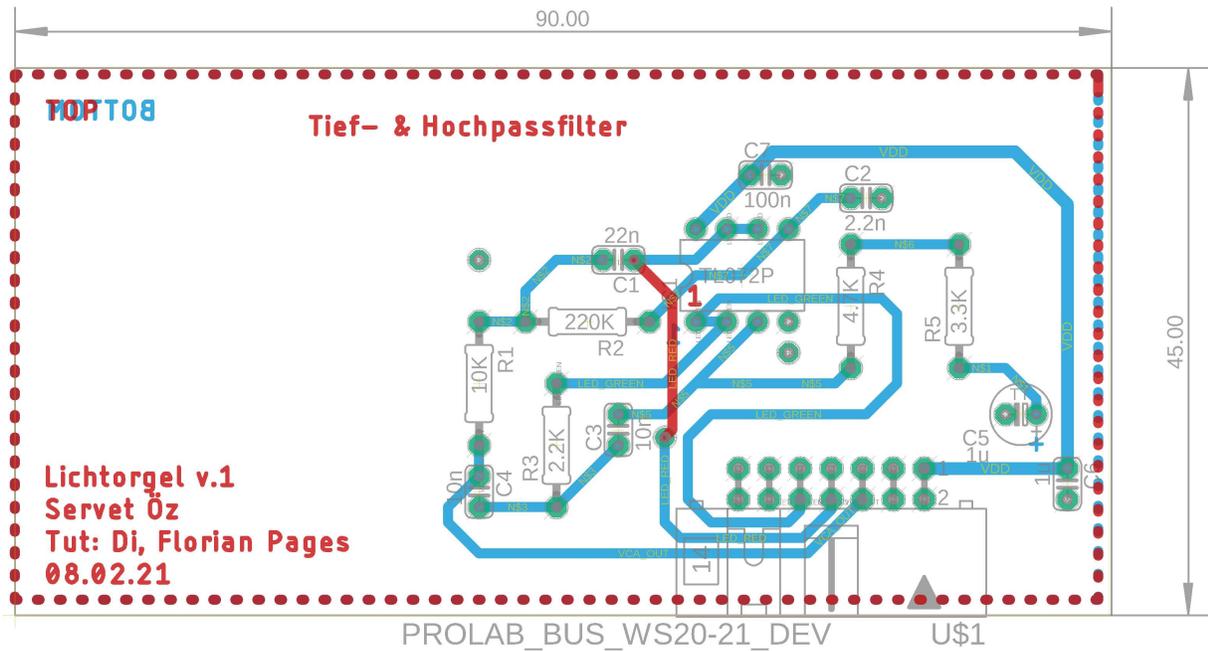


Abbildung 42: Eagle-Layout der Tief- und Hochpassfilter

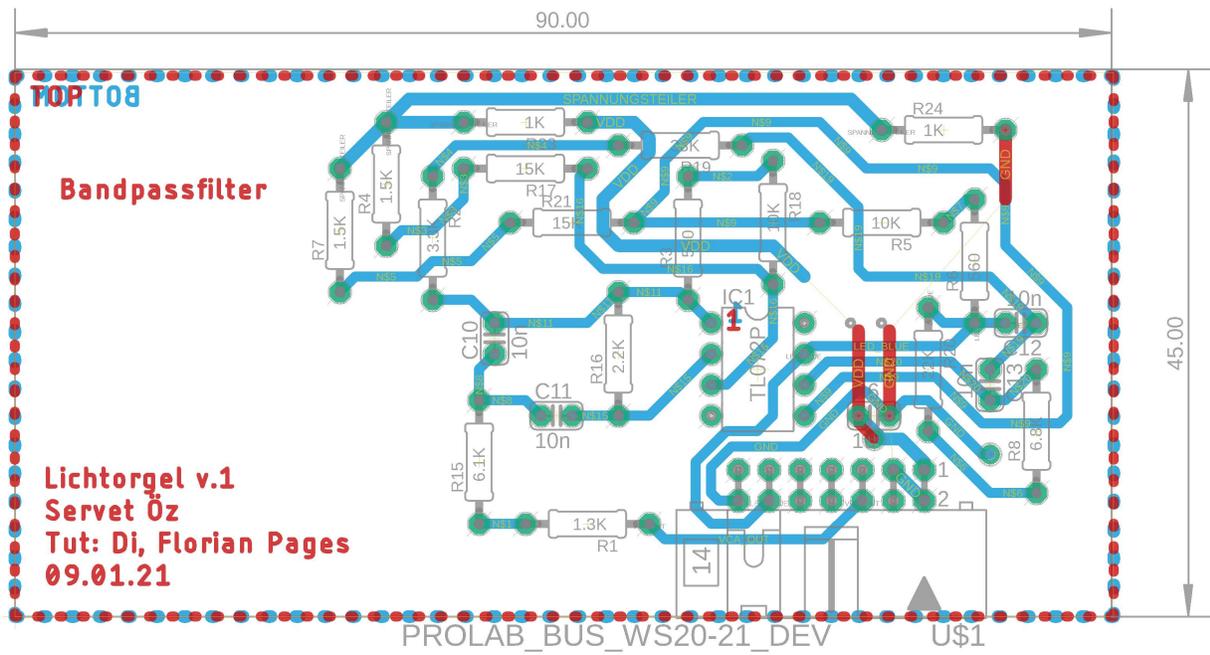


Abbildung 43: Eagle-Layer des Bandpassfilters

Die Platinen wurden hergestellt und gebohrt. Die oben genannte Bauteile wurden darauf gelötet. Die folgende Bilder zeigen die fertige Platinen.

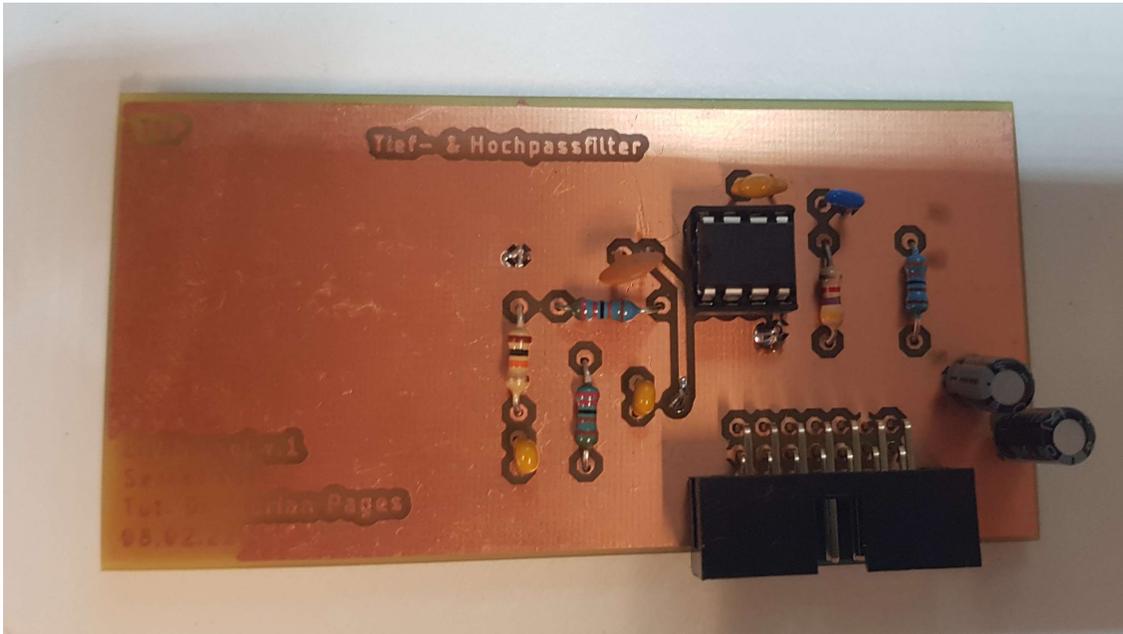


Abbildung 44: Platine Top Seite der Tief- und Hochpassfilter

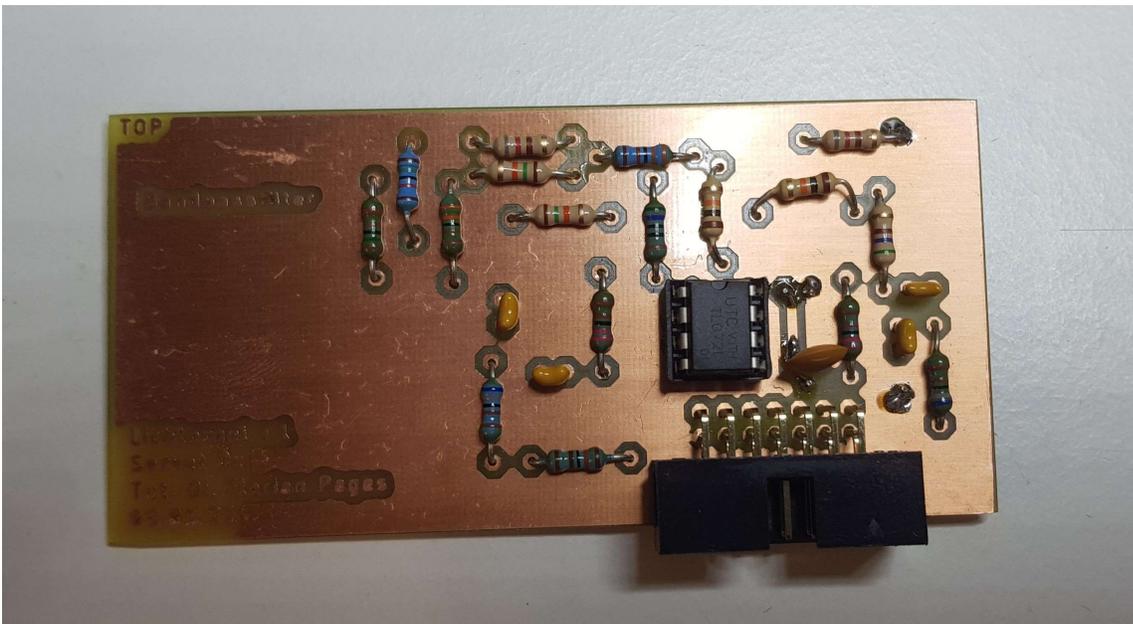


Abbildung 45: Platine Top Seite des Bandpassfilters

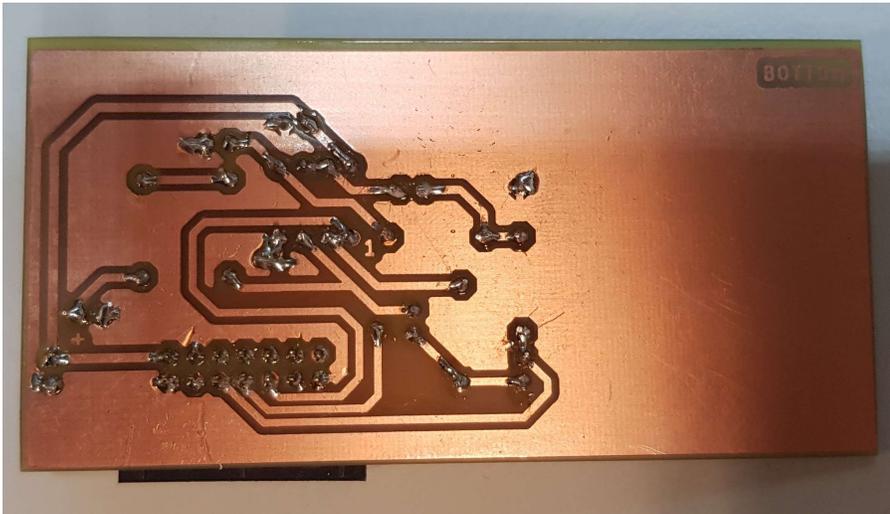


Abbildung 46: Platine Bottom Seite der Tief- und Hochpassfilter

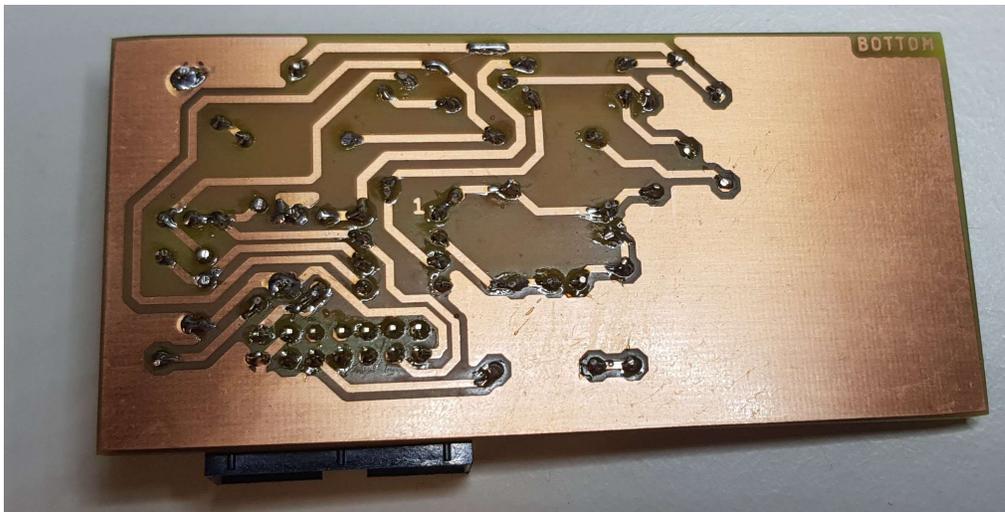


Abbildung 47: Platine Bottom Seite des Bandpassfilters

Servet Oez

5 LED Treiber

5.1 Einleitung

Es werden ein LED Treiber, sowie eine Ansteuerung für diesen benötigt.

Die LEDs in dieser Schaltung werden mit einem PWM (Pulse-width-modulation) Signal angesteuert. Dadurch entsteht die Möglichkeit, die LEDs zu dimmen. Bei einem größeren Tastgrad leuchten die LEDs heller, bei einem geringeren Tastgrad leuchten sie dunkler.

5.2 Konzept

Das PWM Signal wird erzeugt, indem eine Gleichspannung und eine Dreieck Spannung verglichen werden.

Je nach Intensität des Eingangssignal hat das PWM Signal einen geringeren oder größeren Tastgrad. Das Dreieck Signal wird einmal generiert und anschließend für alle 3 LED Farben verwendet. Für jede Farbe (rot, grün, blau) kommt ein Eingangssignal über den Busstecker, das jeweils an einen eigenen Gleichrichter geführt wird. Für jedes Farbsignal gibt es einen Komparator, der als Ausgangssignal das entsprechende PWM Signal zur Ansteuerung hat.

Die PWM Signale werden an das Gate eines n-Mosfet geschaltet, die damit den Mosfet steuern. Der nMos liefert den Strom für die die LEDs.

Die LEDs werden, mit entsprechenden Vorwiderständen, auf separate Platinen gelötet und außen am Gehäuse befestigt. Das Ausgangssignal des nMos wird für jede LED über den Busstecker an die Busplatine geleitet. Von dort wird das Signal über einen Stecker zu den LED Platinen weitergelitet.

5.3 Schaltungsentwurf

Die geläufigste Methode ein PWM Signal zu erzeugen, ist durch das verschalten von Dreieck Spannung und Gleichspannung an einen Komparator. Ein Dreieck Signal kann mit einem Dreieck-Rechteck Generator erzeugt werden. Dieser besteht aus einem Schmitt-Trigger, sowie einem Integrator siehe Abb. 48.

Da die gesamte Schaltung im Single Supply mit 10V Eingangsspannung betrieben wird, muss ein 5V Offset für die Schaltung erzeugt werden. Dies ist über einen Spannungsteiler möglich.

Durch Veränderung des Spannungsteilers kann der Offset des Dreiecks sowie seine Amplitude geändert werden, sodass es im Zweifelsfalls auch an das Eingangssignal angepasst werden kann. Das Dreieck muss so verschoben werden, dass bei einer Spannung von 5V (kein Eingangssignal), auch kein PWM Signal erzeugt wird.

Um diese Funktion beim testen zu gewährleisten, wird ein Potentiometer statt des Spannungsteilers eingebaut. Beim Integrator wird wieder ein Spannungsteiler genutzt um einen 5V Offset zu erzeugen und Symmetrie zu gewährleisten.

Dreieck-Rechteck Generator

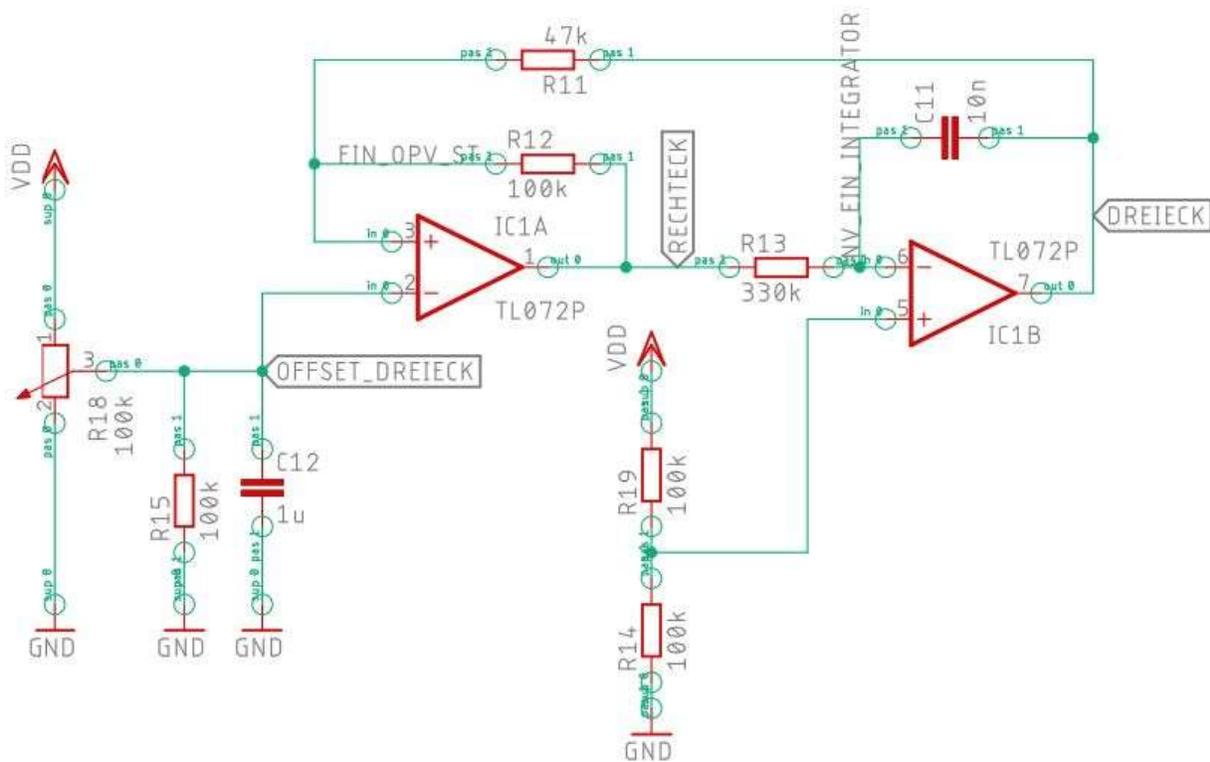


Abbildung 48: Schaltplan Dreieck-Rechteck Generator

Als Gleichrichter wird eine Diode genutzt, die die negative Halbwellen des Sinuseingangssignals sperrt, sowie ein RC-Tiefpass, der das Signal glättet. Da die Eingangssignale um 5V zentriert sind, muss auch hier wieder ein virtueller Ground von 5V erzeugt werden. Das geschieht mit einem Spannungsteiler sowie einem Glättungskondensator.

Diese Schaltung wird dreimal benötigt, für die verschiedenen Eingangssignale, die aus der Filterschaltung kommen. Ein Gleichrichter für jede Farbe (rot, grün, blau).

Gleichrichter

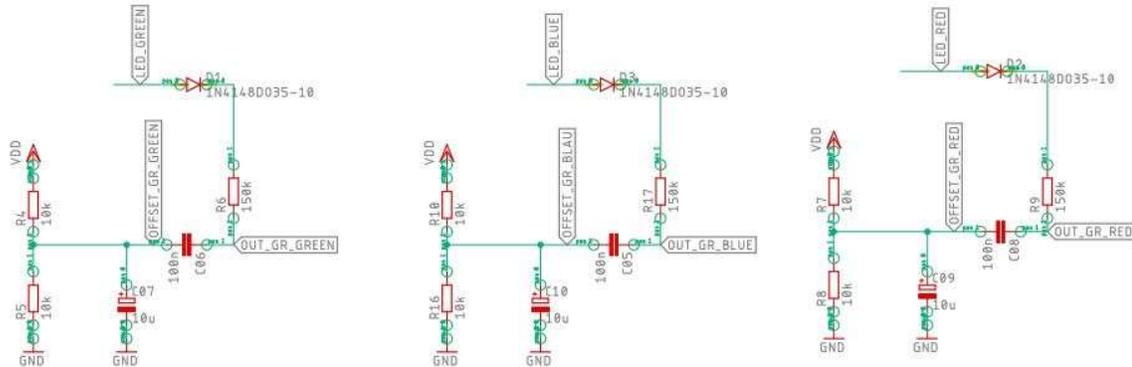


Abbildung 49: Schaltplan Gleichrichter

Dimensionierung

Liegt eine negative Spannung am Integrator an, steigt die Ausgangsspannung. Liegt eine positive Spannung am invertierenden Eingang an, sinkt sie. Für den Integrator gilt die allgemeine Formel:

$$U_a = -\frac{1}{RC} \cdot U_e \int dt \quad (6)$$

Dabei stellt R die Zeitkonstante τ des Integrator dar.

Erreicht das Dreieck (Ausgang des Integrators) die positive Schaltschwelle des Schmitt Triggers, wird der Ausgang des Schmitt Triggers auf die positive Spannung umgeschaltet. Dabei sinkt die Dreiecksspannung wieder, da jetzt ein positives Signal am invertierenden Eingang anliegt. Unterschreitet die Dreiecksspannung den negativen Schwellenwert des ST, wird der Ausgang auf die minimale Spannung geschaltet.

Die Schaltschwellen bestimmen also den positive sowie den negativen Spitzenwert des Dreiecks.

$$U_{a+} = U_{ref} + (U_{ref} - U_{aus,min}) \cdot \frac{R_{11}}{R_{12}} \quad (7)$$

$$U_{a-} = U_{ref} + (U_{ref} - U_{aus,max}) \cdot \frac{R_{11}}{R_{12}} \quad (8)$$

U_{a+} darf so groß sein, wie möglich. Je größer die Amplitude, desto feiner ändert sich der Tastgrad des PWM- Signals. Damit kann $U_{a+} = 10V$ gewählt werden.

U_{a-} muss größer als 5 V sein. Je näher dieser Wert an 5 V dran ist, desto schneller leuchten die LEDs auch bei leiseren Signalen. Es muss aber ein gewisser Abstand gewahrt werden, um nicht durch kleine Störungen schon ein PWM Signal zu erzeugen.

$$U_{a-} = 6,85V + (6,85V - 10V) \cdot \frac{47k}{100} = 5,37V \quad (9)$$

$$U_{a+} = 6,85 + (6,85 - 0) \cdot \frac{47k}{100k} = 10V \quad (10)$$

Mit einer Referenzspannung von $U_{ref} = 6,85V$ und den Widerständen $R_{11} = 47k\Omega$ und $R_{12} = 100k\Omega$ erhält man also die Spannungen $U_{a-} = 5,37V$ und $U_{a+} = 10V$ für das Dreieck. Diese liegen im gewünschten Bereich. Mit einer Pik-to-Pik Spannung von fast 4,6 V hat man nahezu die maximale Größe für das Dreieck im Single Supply.

Das Potentiometer bietet die Möglichkeit die Referenzspannung anzupassen und damit im Zweifelsfall die Amplitude des Dreiecks, sowie den Offset zu beeinflussen.

Das menschliche Auge kann flackern des Lichtes bei bis zu 50-100Hz wahrnehmen. Die Frequenz für das Dreieck und dementsprechend auch für das PWM-Signal, dass die LEDs ansteuert, muss also über diesem Bereich sein. Um sicherzugehen, wird eine Frequenz von über 300Hz gewählt.

Nach der Formel (6) kann sich die Frequenz über die Zeitkonstante $\tau = RC$, bestehend aus dem Widerstand R_{13} sowie dem Kondensator C_{11} errechnen.

$$f = \frac{1}{R \cdot C} = \frac{1}{330k\frac{V}{A} \cdot 10n\frac{As}{V}} = 303\frac{1}{s} = 303Hz \quad (11)$$

$R_{13} = 330k\Omega$ und $C_{11} = 10nF$ ergeben die gewünschte Frequenz von ungefähr 300 Hz. Durch die Wahl eines größeren Widerstandes und eines kleineren Kondensators hat man an dieser Stelle einen eher kleinen Entladestrom.

Der Spannungsteiler, bestehend aus R_{14} und R_{19} am nicht invertierenden Eingang des Integrator, sorgt bei gleichen Werten (hier $100\text{k}\Omega$), für ein symmetrisches Dreieck.

Der Kondensator wird mit konstantem Strom geladen und entladen, unabhängig von der Last die hinter dem OPV anliegt.

Der Widerstand R_{15} wird parallel zum Potentiometer an Ground geschaltet. Dadurch gibt es die Möglichkeit, einen normalen Spannungsteiler zu nutzen, falls es zu Schwierigkeiten mit dem Potentiometer auf der Platine kommt. Falls der Spannungsteiler nicht benötigt wird, kann er weggelassen werden.

Für das Dreieck wird ein Operationsverstärker mit Jfet Eingang benötigt. Dafür eignet sich der TL07*. Ansonsten ist die Schaltung relativ anspruchslos in Bezug auf Spannung und benötigte Frequenzen.

Da der Ausgangsstrom der OPVs womöglich nicht ausreichend für die LEDs ist,

Bauteile

Bauteil	Wert	Bauteil	Wert
R_1	100k Ω	C_1	100nF
R_2	100k Ω	C_2	100nF
R_3	100k Ω	C_3	100nF
R_4	10k Ω	C_4	1 μ F
R_5	10k Ω	C_5	100nF
R_6	150k Ω	C_6	100nF
R_7	10k Ω	C_7	10 μ F
R_8	10k Ω	C_8	100nF
R_9	150k Ω	C_9	10 μ F
R_{10}	10k Ω	C_{10}	10 μ F
R_{11}	47k Ω	C_{11}	10nF
R_{12}	100k Ω	C_{12}	1 μ F
R_{13}	330k Ω	D_1	1N4148
R_{14}	100k Ω	D_2	1N4148
R_{15}	1k Ω	D_3	1N4148
R_{16}	10k Ω	Q_{21}	BS170
R_{17}	150k Ω	Q_{31}	BS170
R_{18}	100k Ω	Q_{41}	BS170
R_{19}	100k Ω		
IC_1	TL072	IC_2	TL074

Tabelle 1: Dimensionierung Widerstände und Kondensatoren LED Treiber

Der IC_2 musste während des Testens ausgetauscht werden. Im Bauteillager war nur noch der baugleiche OPV TL084 vorhanden. Da lediglich der Ausgangsstrom kleiner ist und das an der Stelle der Schaltung nicht von Bedeutung ist, kann er problemlos ausgetauscht werden.

5.4 Testung und Aufbau der Schaltung

5.4.1 Simulation

Bevor die Schaltung mit realen Bauteilen aufgebaut wird, wird die in LT Spice simuliert. Abbildung 50 zeigt den in LT Spice aufgebauten Schaltplan.

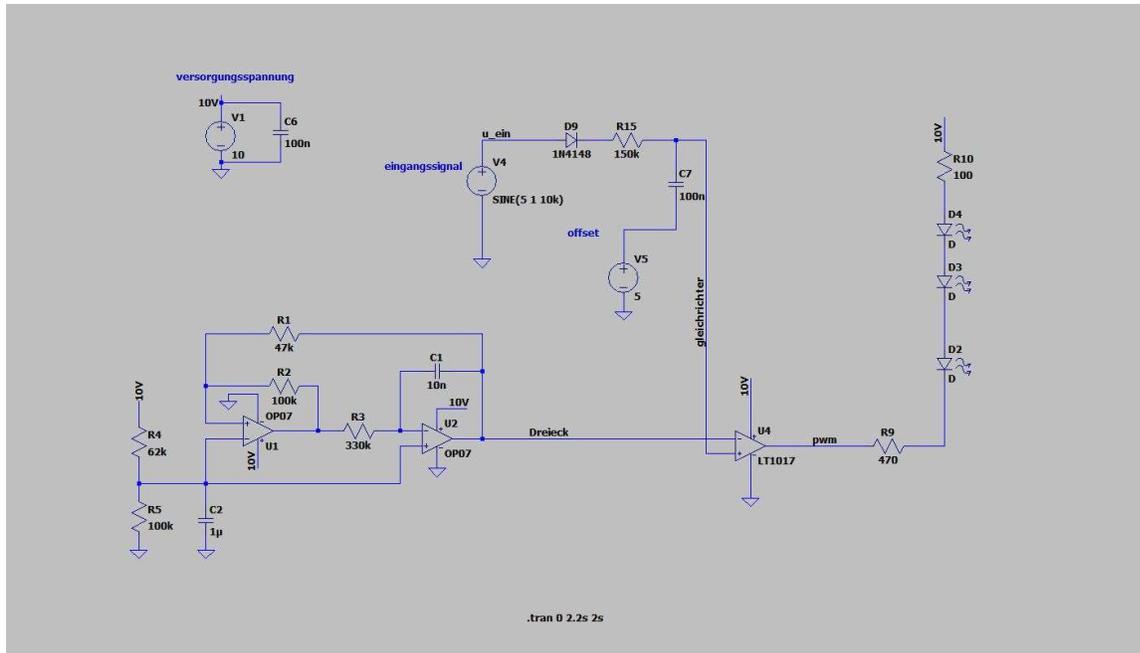


Abbildung 50: LT Spice Schaltplan

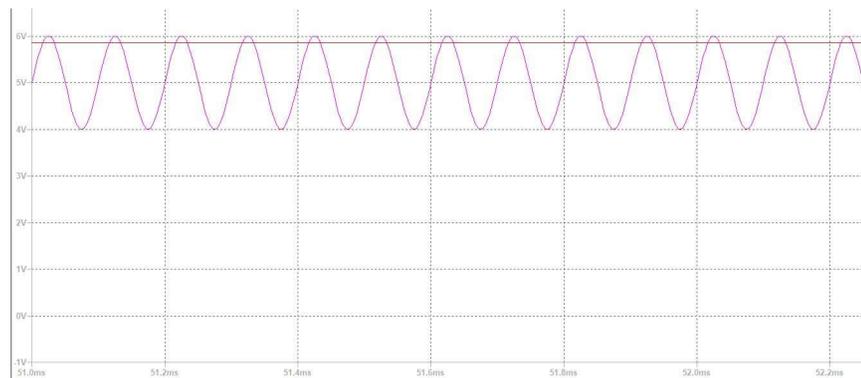


Abbildung 51: LT Spice Simulation Gleichrichter

In Abbildung 51 sieht man eine Simulation der Gleichrichter Schaltung. Das Eingangssignal ist ein

Sinus mit $f=10\text{Hz}$, $V_{pp} = 1\text{V}$ und 5V DC-Offset. Man sieht, dass der Sinus ziemlich glatt gleichgerichtet wird. Das gleichgerichtete Signal ist nur etwas kleiner, als das Eingangssignal.

Die Grafik 52 zeigt das Dreieck Signal, das gleichgerichtete Signal sowie das resultierende PWM Signal. Auch diese funktionieren in der Simulation wie gewünscht.

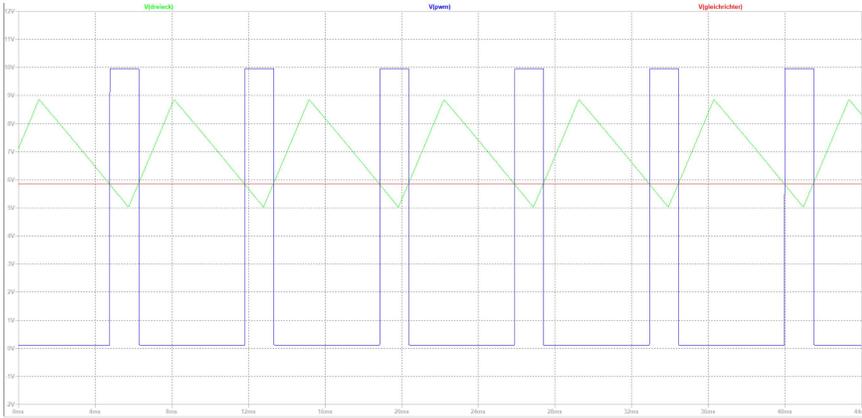


Abbildung 52: Simulation PWM

5.4.2 Steckbrettaufbau

Nach erfolgreicher Simulation kann die Schaltung zum Testen auf ein Steckbrett gebaut werden.

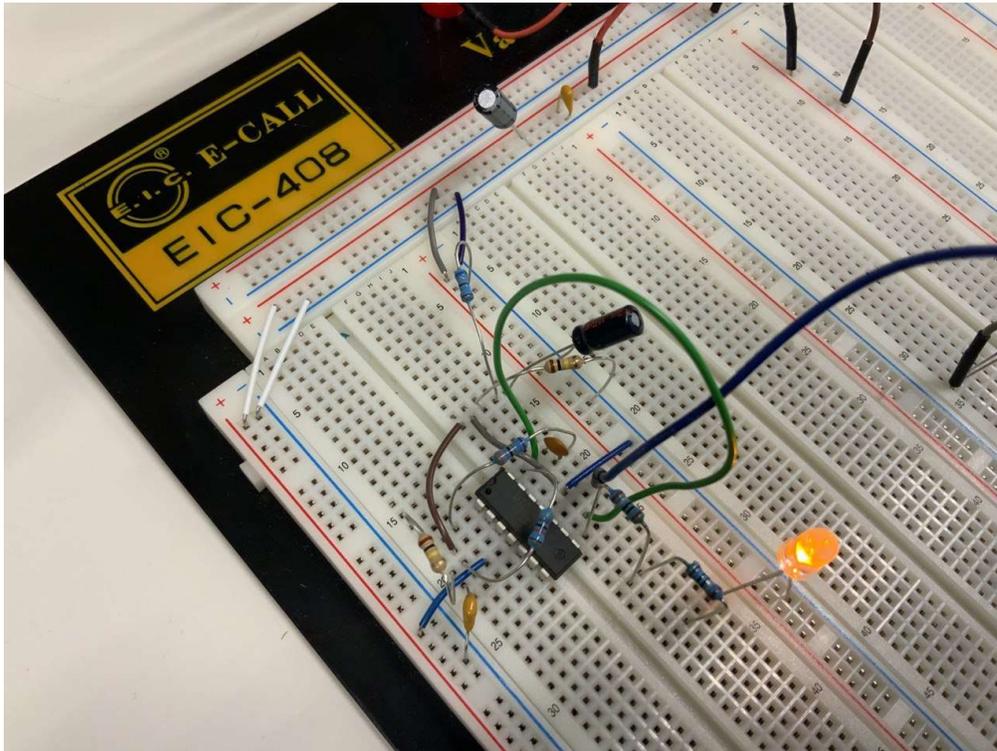


Abbildung 53: Steckbrett IC mit Dreieck Generator, Komparator und LED

Abbildung 53 zeigt einen Teil des Steckbrett Aufbaus. 2 der Operationsverstärker am IC wurden für den Dreieck Rechteck Generator genutzt (links oben und rechts oben). Der OPV rechts unten wurde als Komparator verschaltet. An den Komparator wird das Ausgangssignal der Gleichrichter Schaltung geführt.

In diesem Bild ist nur der einfache Spannungsteiler, kein Potentiometer für den Offset des Dreiecksignals verschaltet. In dem Bild ist auch noch kein Mosfet verschaltet, lediglich der Vorwiderstand der Diode. Bei einer LED reicht der Strom es OPV aus. Beides wurde aber auch auf dem Steckbrett getestet und funktioniert.

In Abbildung 54 ist der Steckbrettaufbau der Gleichrichterschaltung zu sehen.

Die Testschaltung wurde mit 10V DC in Betrieb genommen und hat ein Sinus Eingangssignal mit

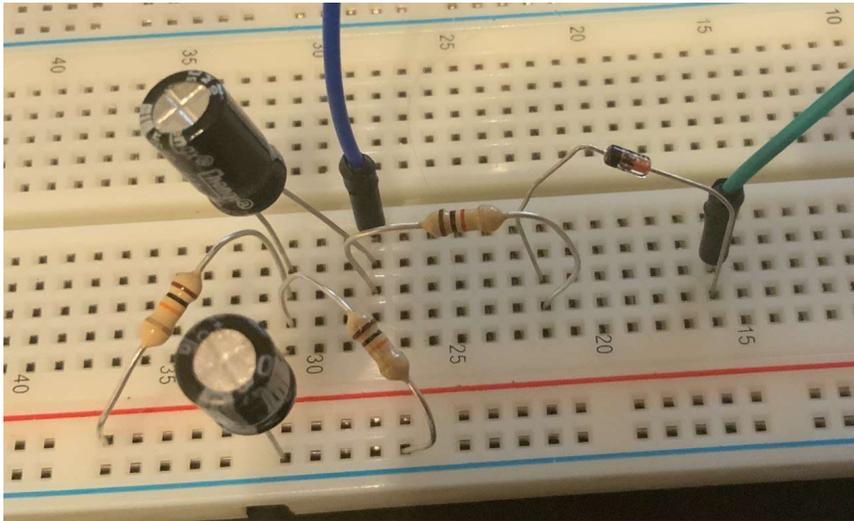


Abbildung 54: Steckbrett Aufbau Gleichrichter

einem 5C DC Offset erhalten. Abbildung 55 zeigt das Sinussignal (blau) sowie das gleichgerichtete Signal. Es ist nicht exakt gleichgerichtet, aber für die Schaltung glatt genug.

In Abbildung 56 wird die Oszilloskop Messung des PWM Signal dargestellt. Channel 2 zeigt das 3-Eck Signal, Channel 1 weiter das gleichgerichtete Signal und auf Channel 3 wird das Ausgangssignal des Komparators gemessen.

Die Schaltung funktioniert wie gewünscht, die LED leuchtet, wenn es ein Eingangssignal gibt und ist aus, wenn es keins gibt.

Vergrößert man die Eingangsspannung, wird das gleichgerichtete Signal größer. Das hat zur Folge, dass das PWM Signal einen größeren Tastgrad hat. Die LED leuchtet sichtbar heller.

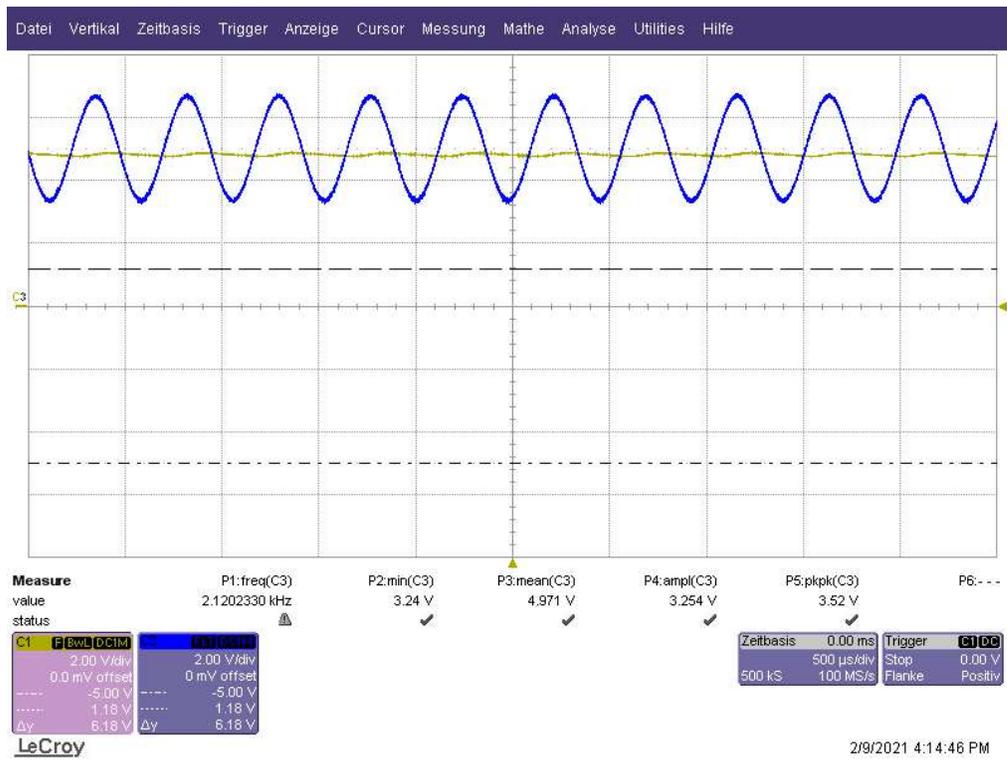


Abbildung 55: Oszilloskop Gleichrichter

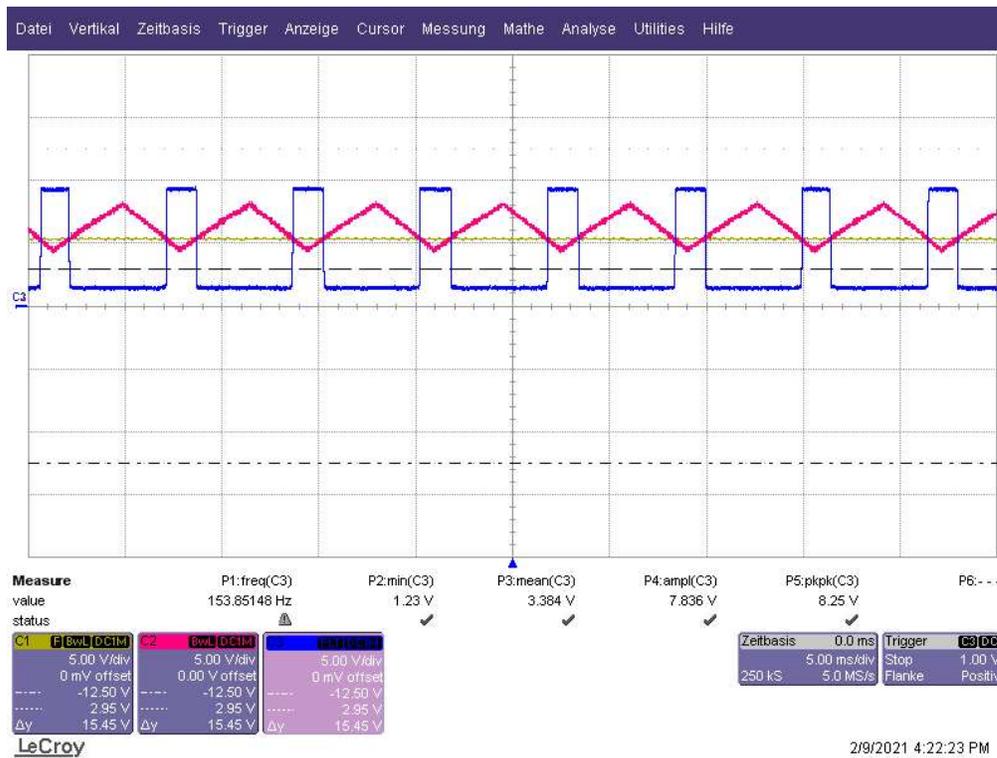


Abbildung 56: Oszilloskop PWM Signal

5.4.3 Platine

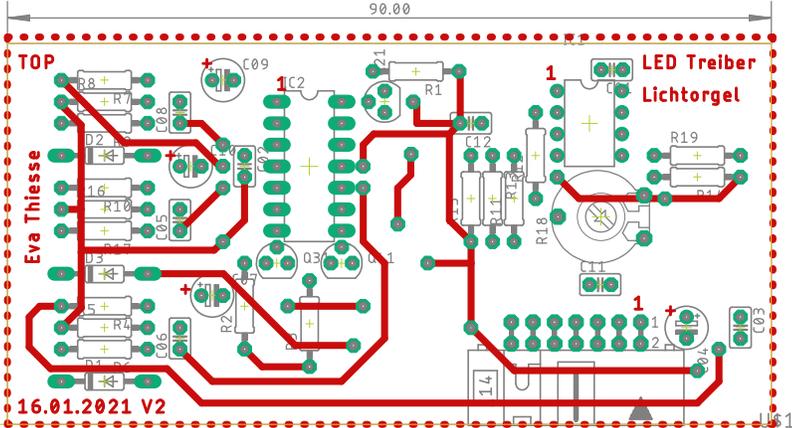


Abbildung 57: Eagle Board Top

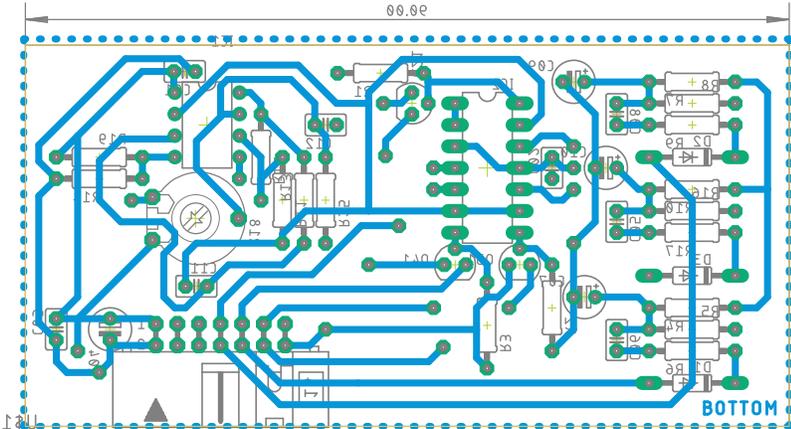


Abbildung 58: Eagle Board Bottom

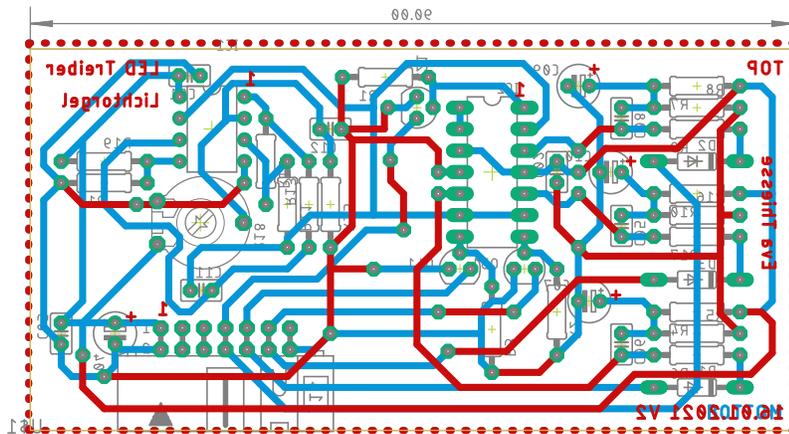


Abbildung 59: vollständiges Board von Bottom

Die Abbildung 57 zeigt das in Eagle erstellte Board der Schaltung für die Top Seite. In Abbildung 58 ist es von der Bottom Seite zu sehen.

Alle Leiterbahnen sind in Abbildung 59 zu sehen, die Platine wird von Bottom betrachtet.

Beim Bestücken der Platine wurden noch kleine Änderungen durchgeführt. Der Widerstand R_{15} wurde nicht angelötet. Er war als Notlösung für einen Spannungsteiler gedacht, falls es zu Komplikationen mit dem Potentiometer kommt. Das Potentiometer funktioniert wie geplant, dementsprechend wird er nicht genutzt.

An den Gleichrichter Schaltungen wurde jeweils noch ein hochohmiger Widerstand mit $R=100k\Omega$ zu GND festgelötet. Diese Widerstände sind notwendig, um den Kondensator schnell genug zu entladen, wenn kein Spannungssignal anliegt (abgesehen vom virtuellen gnd, 5 V).

Gleichrichter

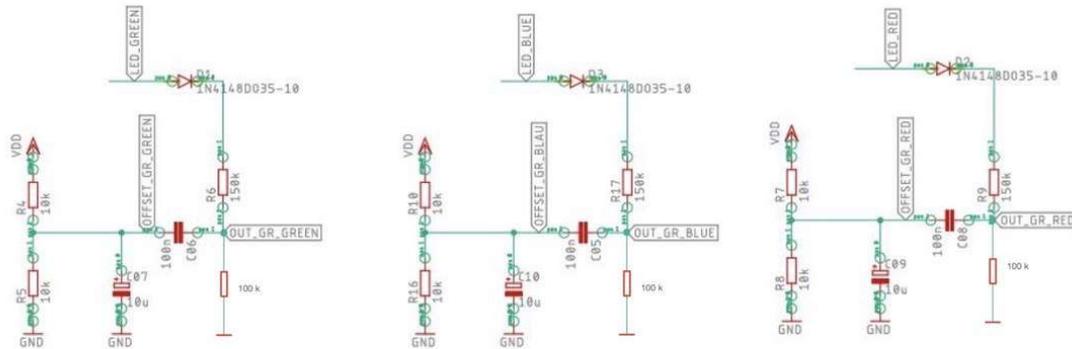


Abbildung 60: Angepasste Gleichrichter Schaltung

Das Ansteuerungssignal für die blauen LEDs, OUT_BLUE war ursprünglich mit Pin 11 verbunden. Da es aber zu Schwierigkeiten bei der Busplatine kam (und Pin 11 mit GND verbunden war) musste das Signal mit einem anderen Pin verbunden werden. Dafür wurde die Leiterbahn zu Pin 11 durchgekratzt, bis keine Verbindung mehr bestand. Als neuer Pin für das Signal OUT_BLUE wurde der freie Pin 13 gewählt. Dazu wurde mit einem kleinen Stück draht eine Verbindung von der daneben liegenden Leiterbahn zu Pin 13 geschaffen.

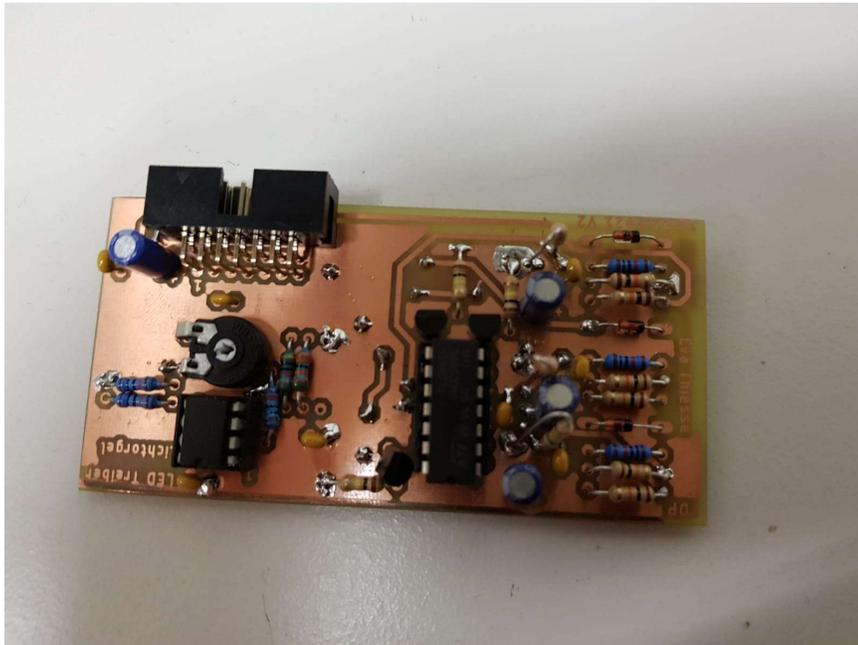


Abbildung 61: LED Treiber Platine Top

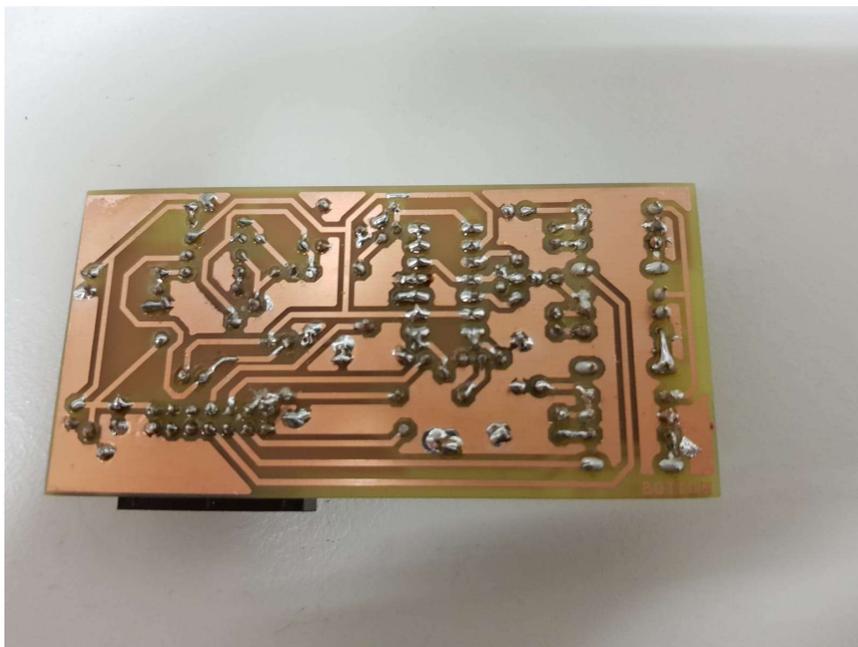


Abbildung 62: LED Treiber Platine Bottom

Eva Thieße

6 LED Platinen

6.1 Einleitung

Die LED Platinen wurden einzeln für jede Farbe hergestellt, damit jede Farbe einzeln auf der Holzplatte geschraubt werden können.

6.2 Konzept und Schaltungsentwurf

Da die LED relativ empfindlich sind und schnell kaputt gehen, wenn zu viel Strom durchfließt, was es vor allem wichtig, die Vorwiderstände richtig zu dimensionieren. Diese wurde folgendermaßen berechnet:

- Rote LED: maximaler Strom von 20 mA, Gesamtspannung von 10V $\Rightarrow R = 500\Omega$
- Blaue und Grüne LED: maximaler Strom von 25mA, Gesamtspannung von 10 V $\Rightarrow R = 400\Omega$

Die Schaltungen wurden folgendermaßen entworfen:

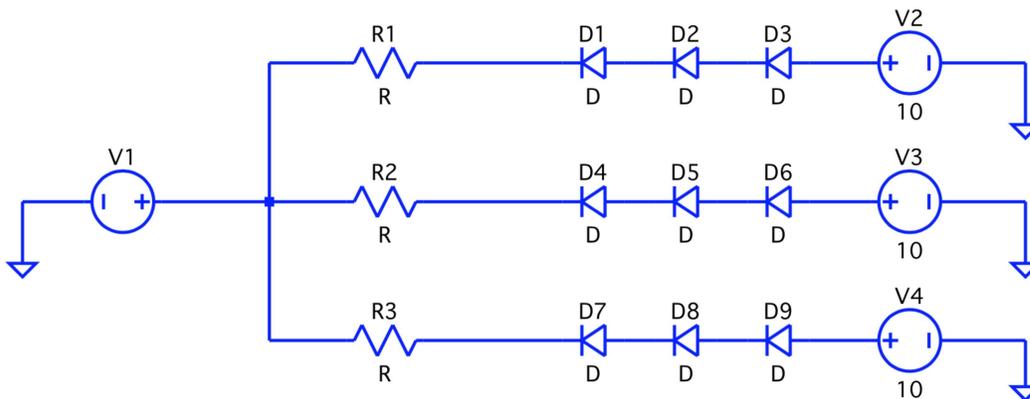


Abbildung 63: LED Schaltung

6.3 Platine

Somit wurde die Platine folgenderweise entworfen:

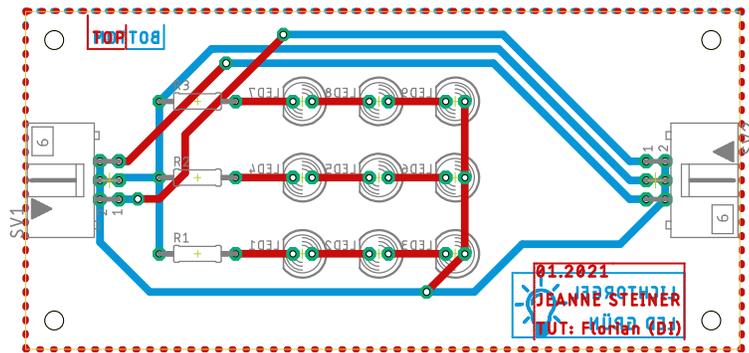


Abbildung 64: LED Platine Entwurf

Und schlussendlich so angefertigt:

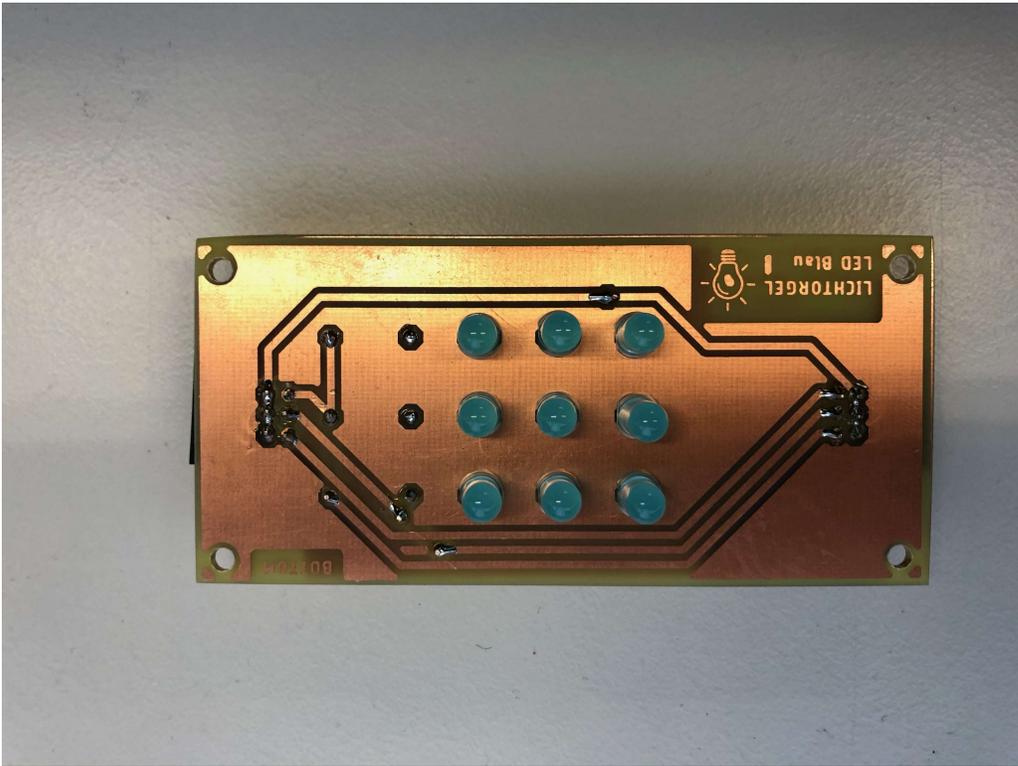


Abbildung 65: LED Platine

Jeanne Steiner

Literatur

- [1] A. Devices, "Filter design tool." <https://tools.analog.com/en/filterwizard/>. 25
- [2] "(Sample)Multiple Feedback Band-pass Filter Design." <http://sim.okawa-denshi.jp/en/OPtazyuBakeisan.htm>.
- [3] "Op Amps For Everyone." http://web.mit.edu/6.101/www/reference/op_amps_everyone.pdf.
- [4] "Der Tiefpass 2. Ordnung." <https://www.eit.hs-karlsruhe.de/hertz/teil-c-wechselstromtechnik/resonanz-und-schwingkreise/der-tiefpass-2-ordnung.html>.
- [5] "Bandpass berechnen – Funktionsweise, Formel, Bandpass Rechner." <https://electronicbase.net/de/bandpass-berechnen/>.
- [6] "Der Hochpass 2.Ordnung ." <https://www.eit.hs-karlsruhe.de/hertz/teil-c-wechselstromtechnik/resonanz-und-schwingkreise/der-hochpass-2ordnung.html>.
- [7] "Filter zweiter Ordnung." <https://www.electronics-tutorials.ws/de/filtern/filter-zweiter-ordnung.html>.
- [8] "OpAmp Filter Design. Do's and Don'ts." <http://www.iowahills.com/A6OpAmpFilterHelpFile.html>.
- [9] "Lichtorgel." <http://www.urlaub-und-hobby.de/lichtorgel/10-filter.html>.
- [10] "Dreieckgenerator mit Operationsverstärker." <https://www.elektronik-kompodium.de/public/schaerer/dreieckg.htm>.
- [11] "Lineare Dreieck-/Sägezahngeneratoren mit Operationsverstärker ." <http://homepages.internet.lu/absolute3/tronic/sz.htm>.
- [12] "Glättungskondensator berechnen – Funktion, Berechnung und Formeln." <https://electronicbase.net/de/glaettungskondensator-berechnen/>.
- [13] "Glättung und Siebung." <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0210251.htm>.
- [14] "LED Strip Lichtorgel." <http://permire-fabrica.ch/index.php?cid=2&sid=15&kanal=werken>.
- [15] "Die Taschenlichtorgel." <https://www.b-kainka.de/bastel85.htm>.
- [16] A. Devices, "Filtering 101: Sallen-key vs. multiple feedback." <https://www.analog.com/>

en/education/education-library/videos/3637489704001.html.

- [17] M. I. Products, "A beginner's guide to filter topologies." <https://www.maximintegrated.com/en/design/technical-documents/app-notes/1/1762.html>.
- [18] "Aktiver bandpassfilter." <https://www.electronics-tutorials.ws/de/filtern/aktiver-bandpassfilter.html>.
- [19] "Rechner für schmitt trigger." <https://www.random-science-tools.com/electronics/schmitt-trigger-calculator.htm>.
- [20] "Rechteck dreieck generator." <https://docplayer.org/32761380-20-rechteck-dreieck-generator.html>.
- [21] "Opv tl08." https://www.mouser.de/Semiconductors/Amplifier-ICs/Operational-Amplifiers-Op-Amps/Datasheets/_/N-4h00g?Keyword=TL08&FS=True.
- [22] "Opv tl07." https://www.mouser.de/Semiconductors/Amplifier-ICs/Operational-Amplifiers-Op-Amps/Datasheets/_/N-4frvm?keyword=TL07.
- [23] .
- [24] <https://electronics.stackexchange.com/questions/135473/vca-using-jfet-and-op-amp>.
- [25] <http://hackmeopen.com/2011/04/voltage-controlled-amplifier/>.
- [26] <https://leachlegacy.ece.gatech.edu/ece4435/sp09/dp02a.pdf>.