



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Allgemeine Projektbeschreibung und Blockschaltbild</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Schnittstellen</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Zwischenstand Projekt</b>	<b>6</b>
4.1	MIC und AVR . . . . .	6
4.2	Vorverstärker . . . . .	8
4.3	Filter und Gleichrichter . . . . .	10
4.4	Schmitt-Trigger und LED . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Aufbau der Platinen</b>	<b>17</b>
5.1	Platine MIC und LED . . . . .	18
5.2	Platine Filter und Gleichrichter . . . . .	21
5.3	Platine Schmitt-Trigger Bandpass und Hochpass . . . . .	24
5.4	Platine Vorverstärker und Schmitt-Trigger Tiefpass . . . . .	26
<b>6</b>	<b>Testen der fertigen Gesamtschaltung</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Quellen</b>	<b>30</b>

# 1 Einleitung

■  
Unsere Projektgruppe besteht aus vier Teilnehmern und einem Tutor. Die Teilnehmer sind ■■■■■■■■■■ und ■■■■■ unser Tutor ist ■■■■

Jeder der Teilnehmer übernimmt ein Organisationsamt.

Das Orgaamt 'Gehäuse und Bauteile' übernimmt ■■■■■■ Er erstellt eine Liste mit allen Bauteilen, die gebraucht und eingekauft werden müssen und achtet darauf, dass die Größe des Gehäuses für das Projekt passend ist.

Das Orgaamt 'Website und Schnittstellen' übernimmt ■■■■■ Sie erstellt einen Text über das Projekt, der am Ende des Semesters auf einer Website veröffentlicht wird. Außerdem achtet sie darauf, dass die einzelnen Teilnehmer kommunizieren und Wichtiges austauschen.

■■■■■ übernimmt das Orgaamt 'Abschlusspräsentation'. Er wird am Ende des Semesters eine Präsentation über das gesamte Projekt halten.

Das Orgaamt 'Abschlussbericht' übernimmt ■■■■■■ Sie achtet darauf, dass alle Teilnehmer rechtzeitig ihre Texte abgeben und die Berichte in einer einheitlichen Struktur abgegeben werden.

Nach einer Abstimmung hat sich unsere Gruppe für das Projekt 'LED-Orgel' entschieden. Das Blockschaltbild und die einzelnen Teilschaltungen werden im folgenden Abschnitt erklärt.

## 2 Allgemeine Projektbeschreibung und Blockschaltbild

Unsere Projektgruppe hat das Thema 'LED-Orgel' gewählt. Dabei soll eine Schaltung entworfen werden, sodass zu Musik LEDs aufleuchten. Je nach Lautstärke und Frequenz der abgespielten Musik, sollen unterschiedlich viele und verschieden farbige LED leuchten. Je Frequenzband (Hochpass, Bandpass und Tiefpass) gibt es 5 LEDs. Die Anzahl der leuchtenden LEDs gibt eine Aussage über das Frequenzspektrum und die Lautstärke der Musik.

Dazu wurde zunächst ein Blockschaltbild entworfen. In Abbildung 1 ist es zu sehen.

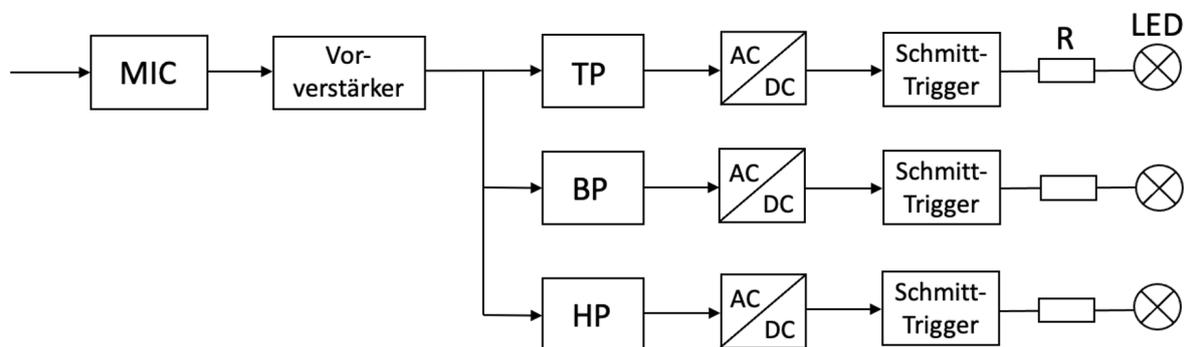


Abbildung 1: Blockschaltbild LED-Orgel

Die Musik wird durch ein Mikrofon aufgenommen und in ein elektrisches Spannungssignal gewandelt. Dieses Signal wird durch einen Vorverstärker verstärkt. Danach wird es durch drei parallele Filter mit eingebauten Gleichrichter gefiltert (Tiefpass, Bandpass und Hochpass). Es folgen je Filter fünf parallele nichtinvertierende Schmitt-Trigger. Diese Schmitt-Trigger versorgen den Ausgang, in Abhängigkeit der Spannung aus den Gleichrichtern, entweder mit einer gewissen Versorgungsspannung oder mit Ground. Am Ausgang ist ein Widerstand und eine LED geschaltet.

Das Vorgehen und der genaue Aufbau der einzelnen Schaltungen wird im folgenden Zwischenbericht erläutert.

### 3 Schnittstellen

Wie im Blockschaltbild zu erkennen ist, gibt es mehrere Schnittstellen innerhalb der Schaltung. Diese müssen beachtet und abgesprochen werden, damit die LED am Ende leuchten können.

Die erste Schnittstelle besteht nach dem MIC. Aus praktischen Aufnahmen ist bekannt, dass aus dem MIC eine Wechselfspannung mit einer Amplitude von höchstens 100mV hervorgeht.

Diese wird durch den Vorverstärker verstärkt. Im Vorverstärker ist ein Potentiometer eingebaut, um die Verstärkung einmalig zu Projektbeginn einzustellen. Eine Verstärkung ist zwischen dem Faktor 0,008 und 1666,7 möglich.

Diese verstärkte Wechselfspannung trifft auf die Filter und wird nach den Filtern, sofern das Signal noch vorhanden ist, gleichgerichtet.

Je nach ursprünglicher Amplitude und abhängig vom Filter hat die Gleichspannung am Ausgang des Gleichrichters einen Wert zwischen etwa 0,1V bei sehr leiser Musik und höchstens 4,38V bei sehr lauter Musik.

Diese Gleichspannung liegt am Schmitt-Trigger an. Leitet der Schmitt-Trigger die Versorgungsspannung, so liegt an dessen Ausgang eine Gleichspannung von 5V an.

Der Widerstand vor der LED muss so gewählt werden, dass der Spannungsabfall über die LED die LED zum Leuchten bringt.

## 4 Zwischenstand Projekt

### 4.1 MIC und AVR

Damit das Eingangssignal nicht zu groß oder zu klein wird, wird eine Automatische Verstärker Schaltung (AVR) gebraucht.

Die Schaltung wird wie folgt Realisiert.

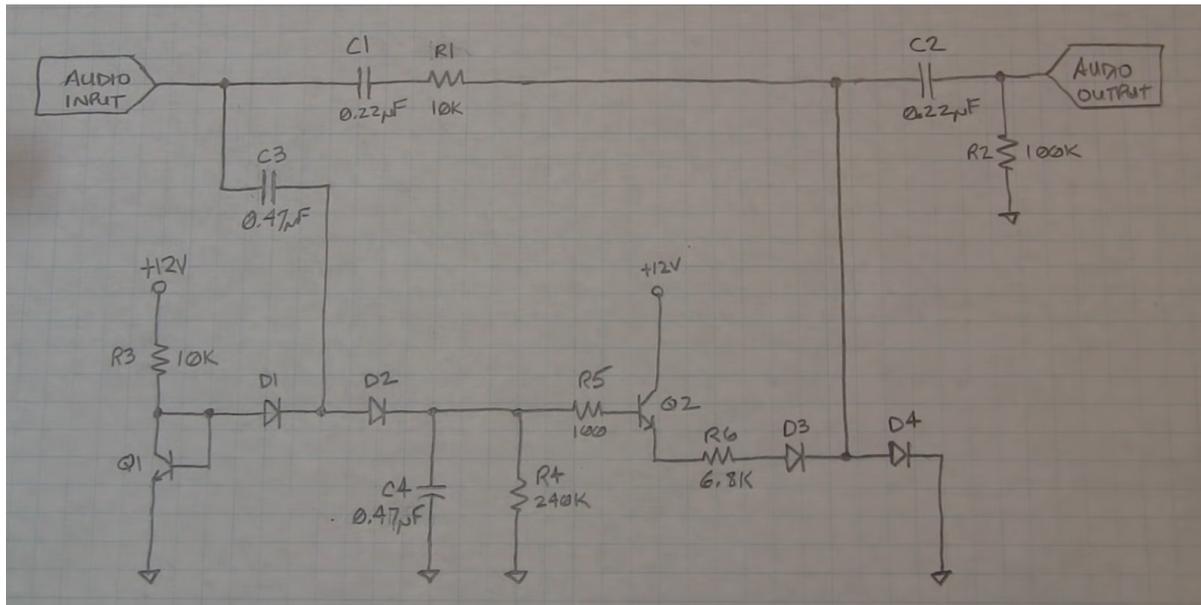


Abbildung 2: Schaltplan AVR

Die Schaltung funktioniert so, dass mithilfe vom Bipolartransistor Q1, Widerstand R3 und Diode D1 eine Spannung erzeugt wird, sodass der Bipolartransistor Q2 gerade noch so an ist und Strom leitet. Das Audio Signal beeinflusst die Spannung die den Bipolartransistor Q2 gerade so angeschaltet lässt, mit einem vorgeschalteten Peak Detector so, dass dieser anfängt mehr oder weniger Strom zu leiten. Dies verändert den Spannungsabfall über die Diode D4, sodass das Audio Signal am Ausgang immer wieder auf den gleichen Amplitudenwert angepasst wird.

Leider funktioniert die Simulation und der Aufbau nicht wie in Quelle [4], deswegen wird das Eingangssignal manuell mit einem Potentiometer angepasst.

Um die Töne in Elektrische Signale umzuwandeln wird ein Mikrofon wie folgt angeschlossen.

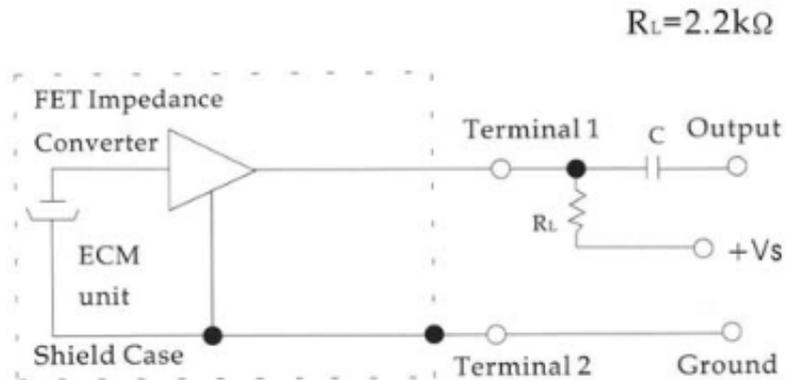


Abbildung 3: Schaltplan Mikrofon

Das Terminal 2 des Mikrofons wird an die Masse angeschlossen. Das Terminal 1 ist im Bezug zu  $+V_s$  mit dem Widerstand  $R_L$  Zwischen Output und Terminal 1 ist ein Kondensator in Reihe Verschaltet. Der Widerstand  $R_L$  hat  $2,2\text{k}\Omega$  und der Kondensator  $C$  hat  $1\mu\text{F}$ .

Das Ausgangssignal des Mikrofons beträgt im schnitt  $10\text{mV}$  mit gelegentlichen Spitzen von  $100\text{mV}$ . Diese Werte werden von der Person die den Vorverstärker entwirft zur kenntnis genommen.

## 4.2 Vorverstärker

Damit das Eingangssignal richtig gefiltert werden kann, wird das Ausgangssignal des Mikrofons mittels Vorverstärker verstärkt. Dieser Vorverstärker vergrößert die Amplitude des eingehenden Signals um einen Faktor, welcher noch im späteren Verlauf festgelegt wird.

Realisiert wurde dieser mit Hilfe eines Operationsverstärkers (OPV). Dabei wurde der OPV als invertierender Verstärker verschaltet, indem die Ausgangsspannung über einen Widerstand ( $R_2$ ) auf den negativen Eingang des OPV's zurückgeführt wird. Außerdem liegt am negativen Eingang über einen weiteren Widerstand ( $R_1$ ) das Ausgangssignal des Mikrofons an. Der positive Eingang des OPV's ist dabei auf Ground gelegt. Somit erhalten wir eine Verstärkung von  $V_u = -\frac{R_2}{R_1}$ . Da es sich um einen invertierenden Verstärker handelt, erhalten wir eine negative Verstärkung. Jedoch spielt das Vorzeichen für unser Projekt keine Rolle, da dadurch ausschließlich die Phase des Wechselsignals verändert wird, welches keine relevanten Auswirkungen auf den weiteren Verlauf hat.

Die folgende Abbildung (4) zeigt die in LTSpice simulierte Schaltung.

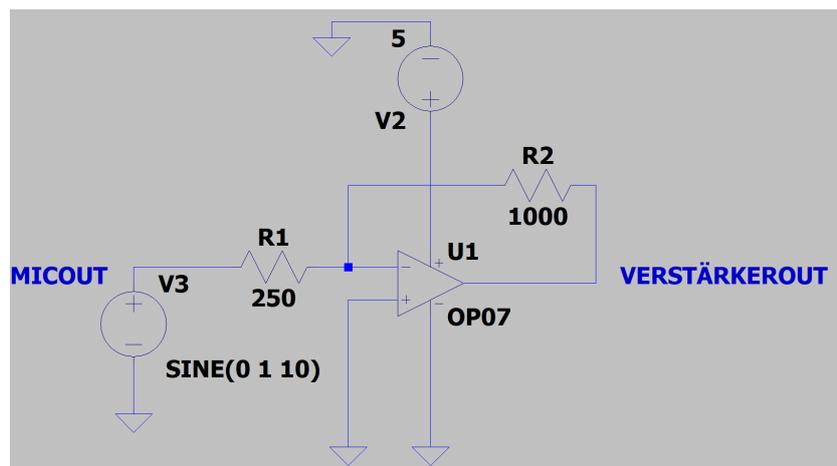


Abbildung 4: Simulations des Vorverstärkers

Die Versorgungsspannungen des OPV's wurden dabei auf 5V und Ground eingestellt. Bei der Simulation wurde eine Verstärkung von  $V_u = -4$  festgelegt. Anschließend wurde die Schaltung auf dem Steckbrett aufgebaut und getestet. Dabei stellte sich heraus, dass die Verstärkung nicht optimal gewählt wurde. Deshalb wurden die Widerstände neu dimensioniert, wobei für  $R_1$  ein Widerstand mit  $1200\Omega$  festgelegt wurde. Für  $R_2$  wurde ein Potentiometer mit einem Umfang von  $10\Omega$  bis  $2M\Omega$  gewählt. Dadurch ist es möglich,

eine Verstärkung von 0,008 bis 1666,7 einzustellen. Diese wird dann nachdem Aufbau der Lichtorgel auf einen festen Wert festgelegt.

### 4.3 Filter und Gleichrichter

Damit man das Eingangssignal, das vom Vorverstärker kommt, filtern kann, verwendete ich drei aktive Filtertypen. Einmal ein aktives Tiefpassfilter, das tiefe Frequenzen des Signals durchlässt und höhere Frequenzen dämpft. Ein aktives Hochpassfilter, das hohe Frequenzen durchlässt und die tieferen dämpft. Und ein aktives Bandpassfilter, das nur Frequenzen in einem bestimmten Durchlassbereich passieren lässt.

Das Signal geht durch die Filter und je nachdem, ob es tiefe oder hohe Frequenzen hat, wird bei seinem entsprechenden Filter durchgelassen und somit leuchteten die Dioden, die dafür aufgebaut sind.

Im Labor habe ich mehrmals diese Filter mit LTspice simuliert und auf einem Steckbrett aufgebaut und getestet, um die genauen Werte der Bauteile zu bestimmen. (Siehe untere Abbildungen für die jeweiligen Filter).

Da die Eingangsspannung Wechselspannung ist, verwendete ich drei Gleichrichter je einer für ein Filter, um eine Gleichspannung am Ausgang für die verschiedenen Leuchtdioden zu bekommen.

Der Gleichrichter wurde am Ende des Filters aufgebaut. Er besteht aus einer Diode in Durchlassrichtung und aus einem Kondensator mit einem Widerstand parallel geschaltet. (Siehe Abbildungen).

Nach ein paar Versuchen habe ich abgeschlossen, dass es für den Hochpassfilter und für den Bandpassfilter je ein Kondensator von  $1\mu\text{F}$  und ein Widerstand von  $100\text{k}\Omega$  muss. Aber für den Tiefpassfilter muss ein Kondensator von  $10\mu\text{F}$  und ein Widerstand von  $100\text{k}\Omega$ .

Im Labor habe ich auch die drei Gleichrichter mithilfe LTspice mit hohen, tiefen und mittleren Frequenzen simuliert und auf dem Steckbrett aufgebaut und getestet.

In der Simulation hat die hohe Frequenz  $20\text{kHz}$  betragen, die mittlere  $1\text{kHz}$  und die tiefe nur  $20\text{Hz}$ . Und für jede Frequenz habe ich 5 mal mit Eingangsspannungen von  $1\text{V}$  bis  $5\text{V}$  simuliert.

a

Es gab kaum Schwierigkeiten im Labor. Die wenigen waren nur am Anfang, welche Art vom Gleichrichter auszuwählen. Ich habe erstmal ein Brückengleichrichter mit 4 Dioden aufgebaut, aber später war ein M1 Diodengleichrichter mit Kondensator und Widerstand parallel geschaltet am besten für die Schaltung geeignet.

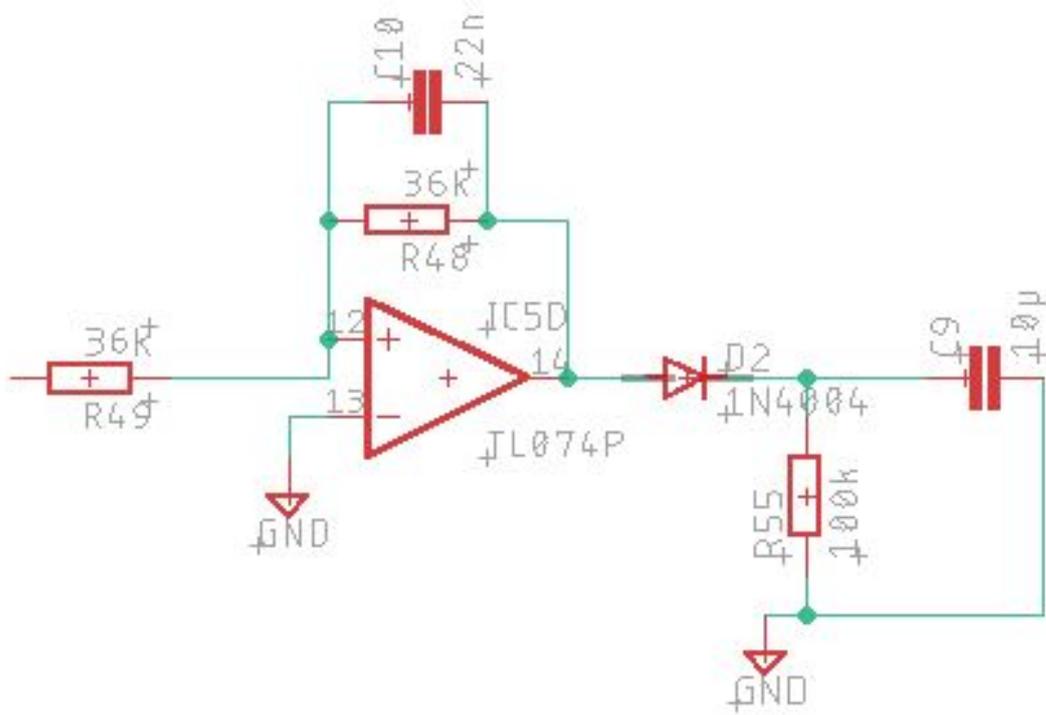


Abbildung 5: Schaltung Tiefpassfilter und Gleichrichter

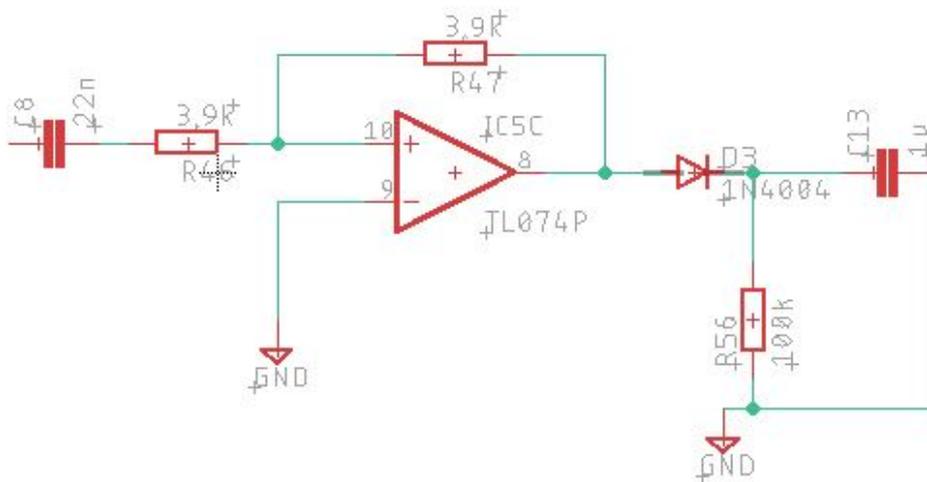


Abbildung 6: Schaltung Hochpassfilter und Gleichrichter

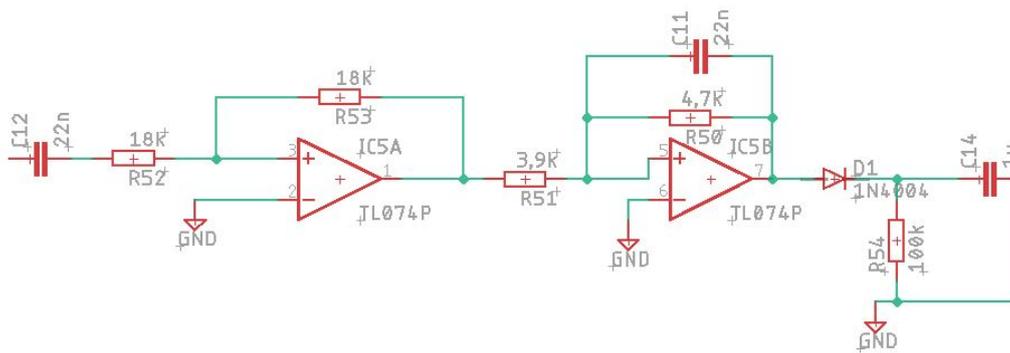


Abbildung 7: Schaltung Bandpassfilter und Gleichrichter

## 4.4 Schmitt-Trigger und LED

Um die LED, abhängig von der Frequenz, zum Leuchten zu bringen, wird an den LED eine gewisse Spannung benötigt. Wird das Eingangssignal nicht durch einen Filter komplett gefiltert, so soll an der LED also eine gewisse konstante Spannung anliegen. Sobald der Filter das Signal nicht durchlässt, soll an der LED keine Spannung bzw. Ground anliegen, damit die LED nicht leuchtet.

Umgesetzt wird diese Schaltung durch einen nichtinvertierenden Schmitt-Trigger. Es wurde sich darauf geeinigt, dass je Filter – Tiefpass, Bandpass und Hochpass – 5 LED verwendet werden. Diese LED leuchten, wenn das Signal nicht durch den jeweiligen Pass komplett gefiltert wurde. Je nachdem, wie laut die Musik ist, also je höher die Amplitude des Eingangssignals ist, desto mehr LEDs leuchten. Bei sehr leiser Musik leuchtet nur eine LED. Mit zunehmender Lautstärke leuchten auch mehrere LED.

Die Signale, die an den 3 Gleichrichtern herauskommen, werden jeweils an den positiven Eingang von 5 OPVs gelegt. An den negativen Eingängen liegt an den OPVs eine unterschiedliche Referenzspannung an. Diese Referenzspannungen werden durch einen Spannungsteiler erzeugt. Die kleinste Referenzspannung beträgt etwa 0,1V, die höchste 3,5V. So soll sichergestellt werden, dass je nachdem wie groß die Spannung ist, die aus dem Gleichrichter kommt, unterschiedlich viele LED leuchten. Die OPV sind als nichtinvertierender Schmitt-Trigger verschaltet. Dabei wurden die Widerstände so gewählt, dass die Hysteresebreite beim ersten OPV etwa 0,25V, bei den restlichen 4 OPV etwa 0,5V beträgt.

Je nachdem, welche Spannung aus dem jeweiligen Gleichrichter nun ausgegeben wird, geben unterschiedlich viele OPV nun die Versorgungsspannung 5V aus oder Ground. Da die im Projekt verwendeten OPV nur im double supply betrieben werden können, geben sie in diesem Fall nicht Ground aus, sondern die Spannung -5V.

In folgender Abbildung ist der Aufbau der je 5 Schmitt-Trigger je Filter dargestellt.

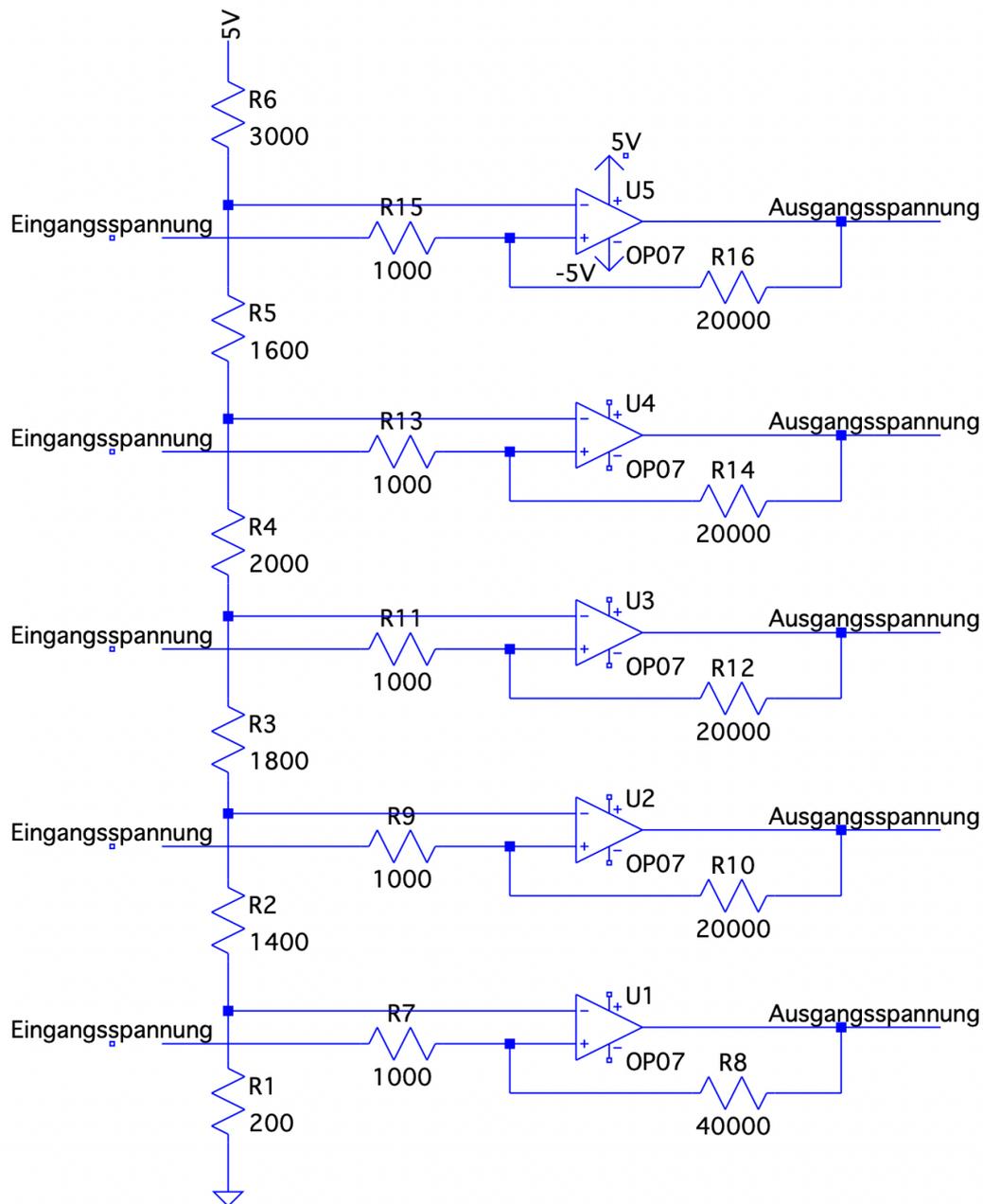


Abbildung 8: Schaltung Schmitt-Trigger

Zu erkennen ist, dass es 5 parallele nicht-invertierende Schmitt-Trigger sind. Am positiven Eingang liegt die gleichgerichtete Spannung an, die aus dem jeweiligen Filter bzw. Gleichrichter kommt.

Der Spannungsteiler erzeugt die Referenzspannungen für die OPV. Aus Übersichtlichkeitsgründen sind die Versorgungsspannungen der OPVs nur beim 5. Schmitt-Trigger dargestellt.

Am untersten Schmitt-Trigger liegt die geringste Referenzspannung an, dieser Schmitt-

Trigger gibt also auch 5V aus, wenn die eingehende Gleichspannung sehr gering ist. Der oberste Schmitt-Trigger hat die höchste Referenzspannung.

In der folgenden Tabelle ist dargestellt, wo die jeweiligen Schaltspannungen liegen.

	Schaltschwelle $U_{low \rightarrow high}$ [V]	Schaltschwelle $U_{high \rightarrow low}$	Hysteresebreite [V]
ST 1	0,5	0,25	0,25
ST 2	1,5	1	0,5
ST 3	2,5	2	0,5
ST 4	3,5	3,0	0,5
ST 5	4,5	4,0	0,5

Tabelle 1: Werte der Schmitt-Trigger

Durch Messungen am Steckbrett konnte festgestellt werden, dass in der Praxis die leicht von den eben angegebenen Werten abweichen. Das kann aber auch auf viele Verluste durch den Aufbau auf dem Steckbrett und die nicht idealen Messungen zurückgeführt werden.

Zum Testen wurde der Spannungsteiler, ein Schmitt-Trigger mit einer LED und ihrem Vorwiderstand aufgebaut. Am Spannungsteiler wurde dann der Reihe nach immer eine andere Spannung abgegriffen, um diese als Referenzspannung für den Schmitt-Trigger zu verwenden. So wurden die Schaltschwellen für alle 5 Schmitt-Trigger nacheinander am gleichen Aufbau durchgetestet.

Um den richtigen Strom durch die LED zu gewährleisten, wird ein Widerstand zur LED in Reihe geschaltet.

Je nach Filterart werden verschieden farbige LED verwendet. Die LED des Tiefpasses haben die Farbe blau, die des Bandpasses gelb und die des Hochpasses weiß. Es werden immer LED mit einem Durchmesser von 5mm verwendet.

Da die unterschiedlich farbigen LED auch eine unterschiedliche Spannung zum Leuchten benötigen, sind die in Reihe geschalteten Widerstände je nach Filter unterschiedlich.

Für die blauen LED, also die des Tiefpasses, wird ein Widerstand von  $170\Omega$  verwendet.

Für die LED des Bandpasses und Hochpasses ein Widerstand von  $250\Omega$ .

Liegt nun am Ausgang eines OPV 5V an, so fließt durch die LED ein Strom und sie leuchtet. Liegt am Ausgang des OPV -5V an, so würde Strom entgegen der Durchlassrichtung der LED fließen und sie sperrt, leuchtet also nicht.

## 5 Aufbau der Platinen

■ Jeder der Teilnehmer fertigt seine eigenen Platine an.

Aus Platzgründen passen die Teilschaltungen, wie sie für die Simulation aufgeteilt und eben beschrieben wurden, nicht immer auf die jeweilige Platine.

Deshalb ist die Aufteilung der Schaltungen auf die Platinen eine andere, als die eben beschriebene Aufteilung.

■ Platine wird die sein, die auf dem Gehäuse oben liegt, und die zu sehen ist. Auf seiner Platine sind die Schaltung des Mikrofons, die LED und die jeweiligen Vorwiderstände verbaut.

■ Platine enthält die von ihm entworfenen Filter und Gleichrichter.

Auf ■ Platine sind die Schmitt-Trigger des Bandpasses und des Hochpasses.

■ Platine enthält die Schmitt-Trigger des Tiefpasses und den Vorverstärker.

## 5.1 Platine MIC und LED

Auf dem Schaltbild 9 sind 15 Dioden mit Vorwiderstand, 2 Busstecker, ein Versorgungsstecker und die Mikrofonschaltung abgebildet.

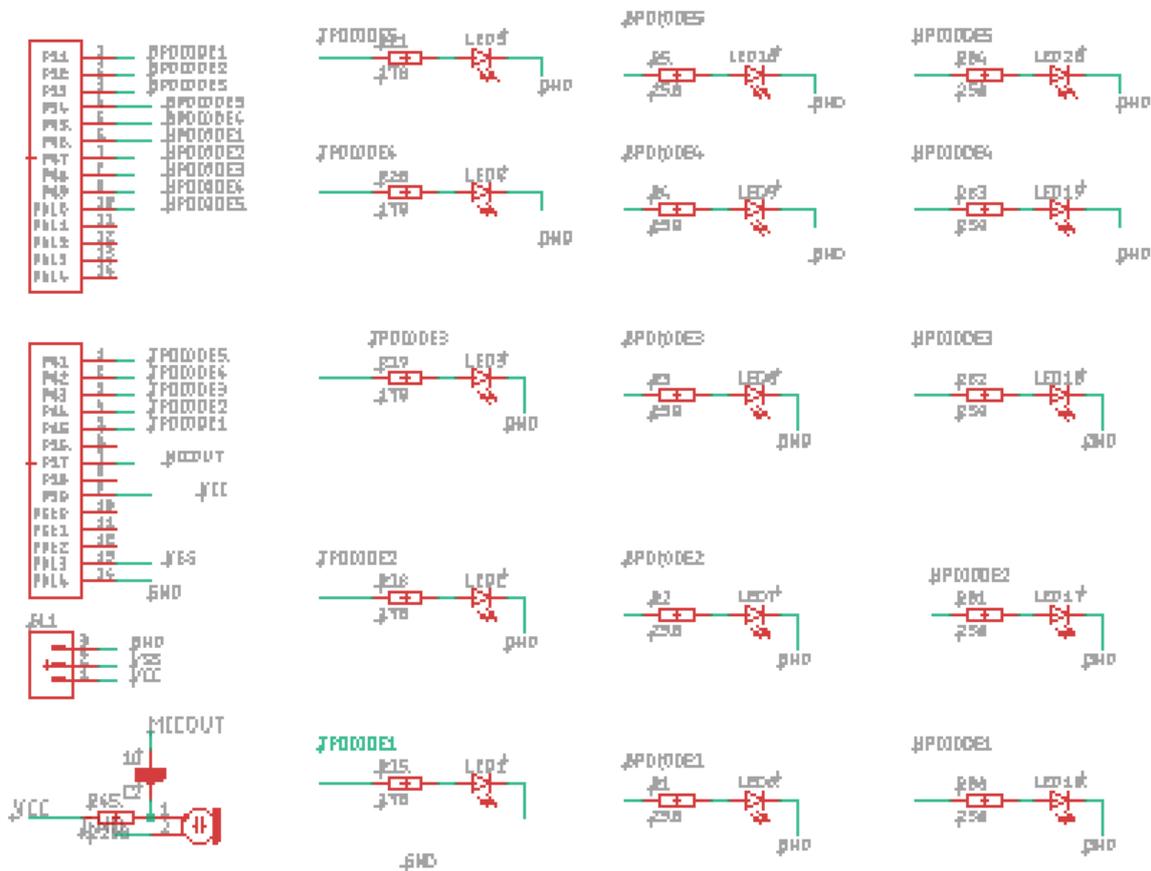


Abbildung 9: Schaltbild der Platine

Der Versorgungsstecker wird an eine Quelle angeschlossen um das Mikrofon mit 5V Spannung zu versorgen. Auserdem werden über diesen STEcker noch -5V eingespeist. Ground wird auch über diesen angeschlossen. Zusammen mit MICOUT werden diese Spannungen über den Busstecker auf die weiteren Platinen Übertragen.

Über die Busstecker Kriegen die Dioden ihre versorgungsspannung.

Das EAGLE Board ist in Folgender Abbildung zu sehen:

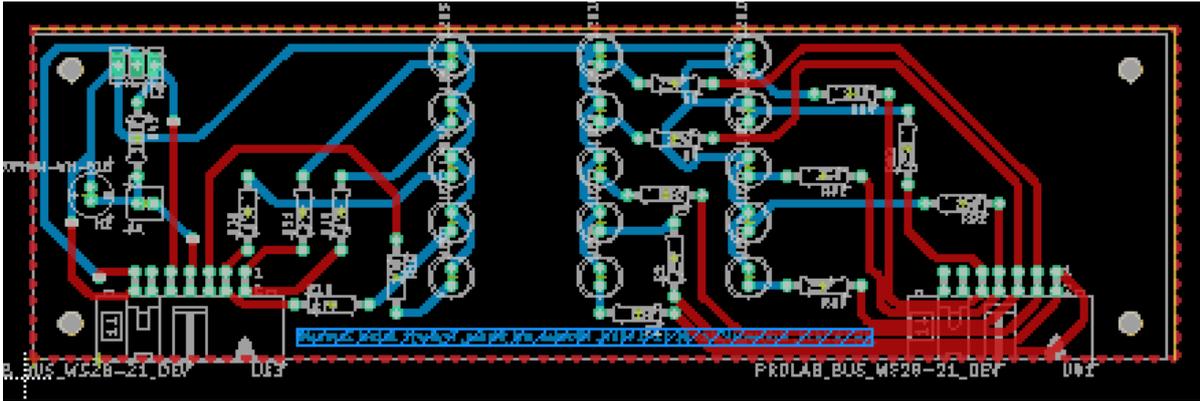


Abbildung 10: EAGLE Board

Die roten Leiterbahnen liegen auf Top, die blauen Leiterbahnen auf Bottom. Da die Platine oben drauf liegt und mit den unteren Platinen verbunden werden die Busstecker an Top angelötet, deswegen sind Top Leiterbahnen nur bei den Bussteckern vorhanden.

Im der Folgenden Abbildung ist die Fertige Platine zu sehen:

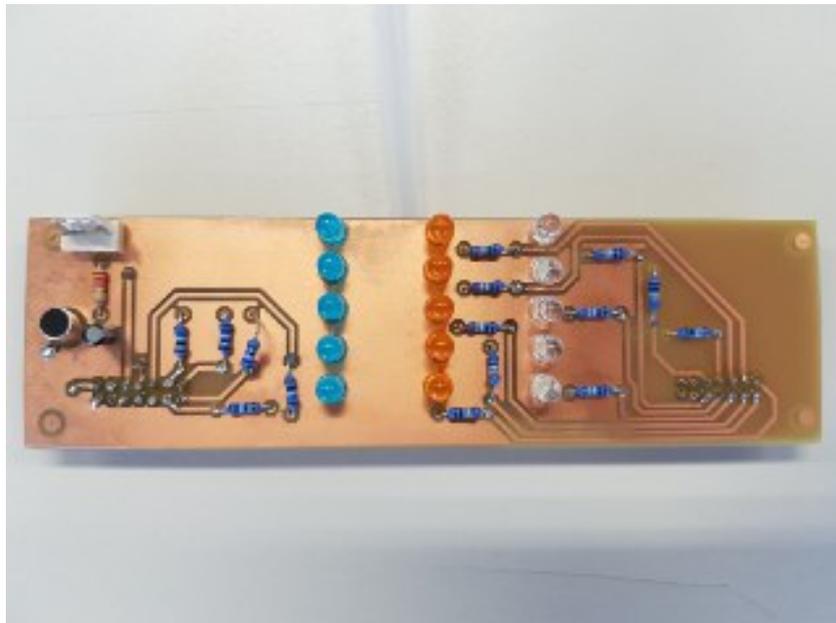


Abbildung 11: Fertige Platine

Wie zuvor erwähnt sind die Busstecker unten. Auf der Abbildung sieht man die Dioden.

Die Blauen Dioden zeigen Tiefe Töne an, die Gelb-Orangen Dioden zeigen mittlere Töne an und die Weißen Dioden zeigen Hohe Töne an.

## 5.2 Platine Filter und Gleichrichter

Auf der Platine sind drei Gleichrichter und drei Filter bzw. Tiefpassfilter, Hochpassfilter und Bandpassfilter. Sie sind mit einem Busstecker verbunden.

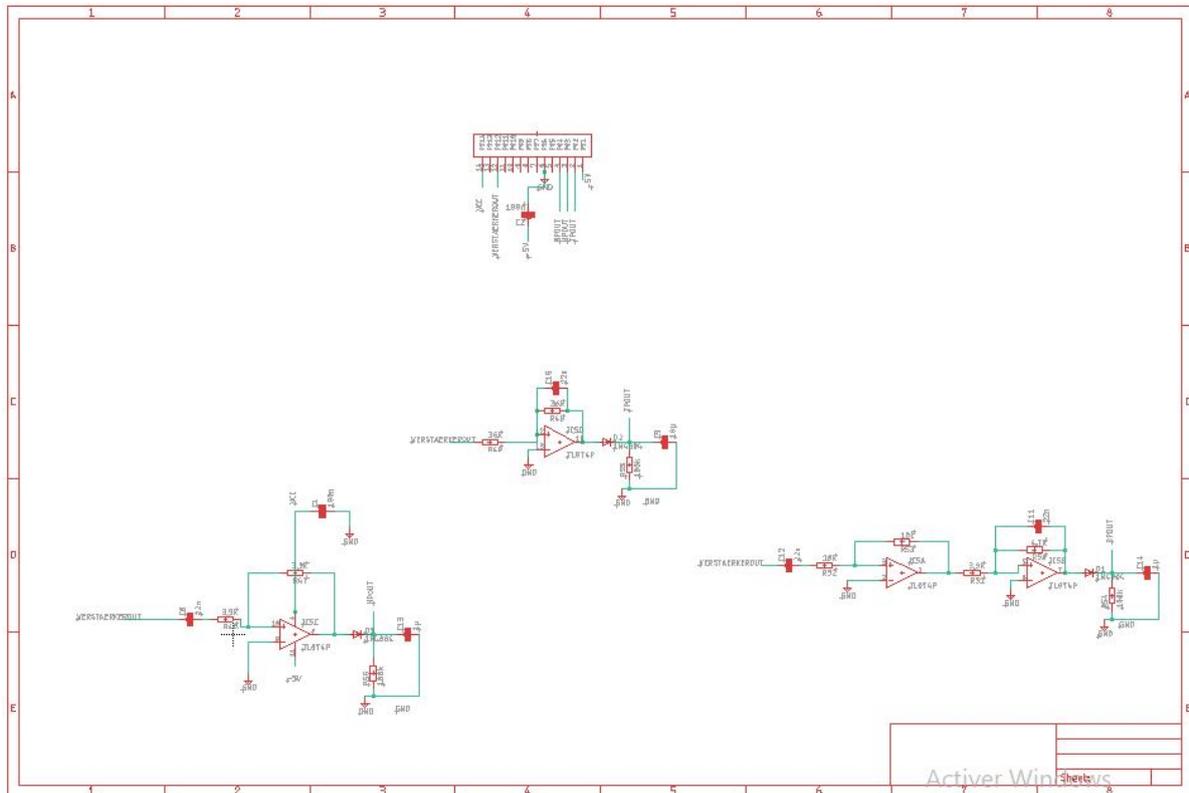


Abbildung 12: Schaltbild der Platine

Die Drei Filter haben als Eingangssignal die Spannung vom Vorverstärker. Und als Ausgangssignal liefern die Gleichrichter drei verschiedene Signalen "HPOUT", "TPOUT BPOUT", die mit dem Busstecker verbunden sind. Ausserdem ist der IC, der aus vier OPVs für die Filter besteht, mit "VCC" 5V und -5V eingespeist und mit dem Busstecker verbunden.

In der nächsten Abbildung findet man das Eagle-Board :



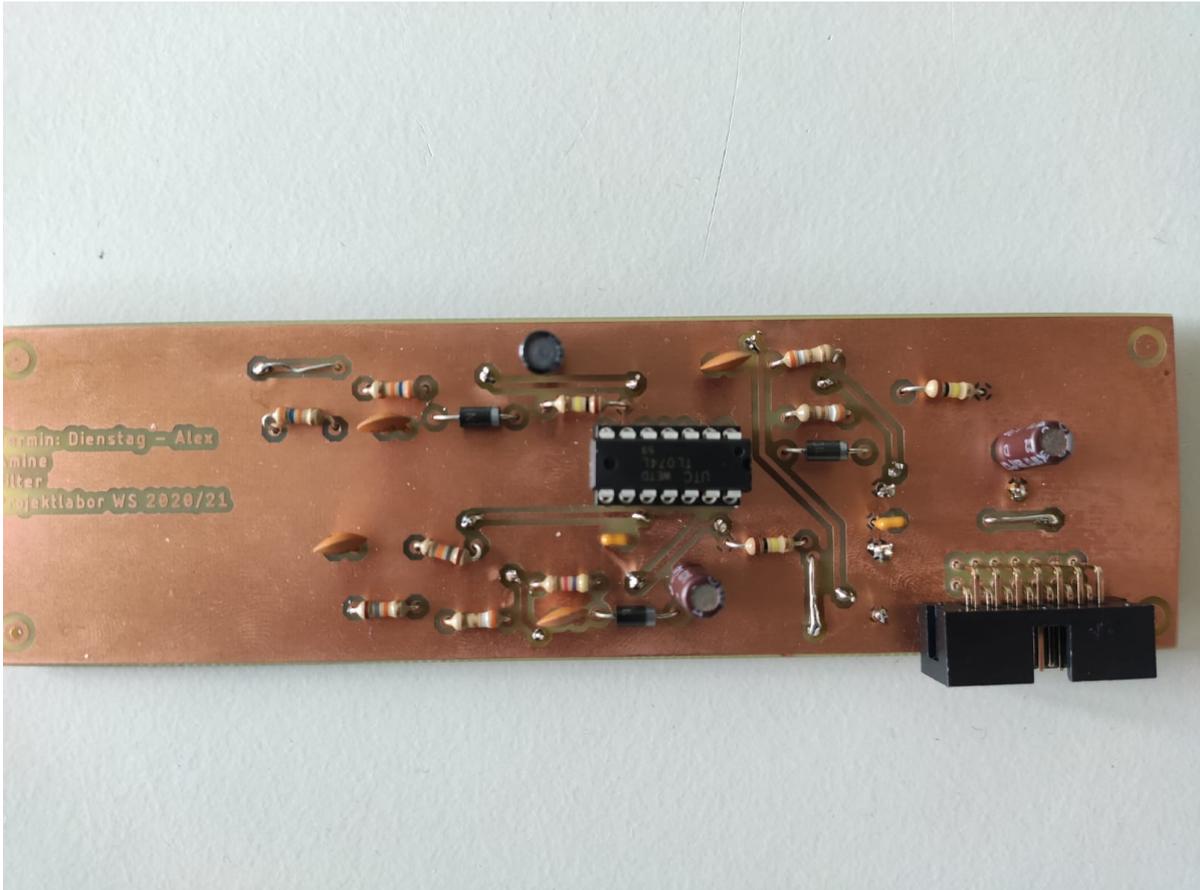


Abbildung 14: Top Ansicht von der Platine

### 5.3 Platine Schmitt-Trigger Bandpass und Hochpass

Auf der Platine befinden sich die fünf Schmitt-Trigger für den Bandpass und die fünf Schmitt-Trigger für den Hochpass. Zusätzlich werden auch drei Busstecker verwendet, denn diese Platine benötigt eine Verbindung zur oberen Platine mit dem Mikrophon und den LED's, sowie auch zu der Busstecker-Platine. Dadurch können die Signale 'MICOUT', '+5V', '-5V' und 'GND' an die beiden anderen Platine weitergegeben werden und die Ausgänge der Schmitt-Trigger zu den LED's gegeben werden. Die folgende Abbildung zeigt den Schaltplan Aufbau mit EAGLE.

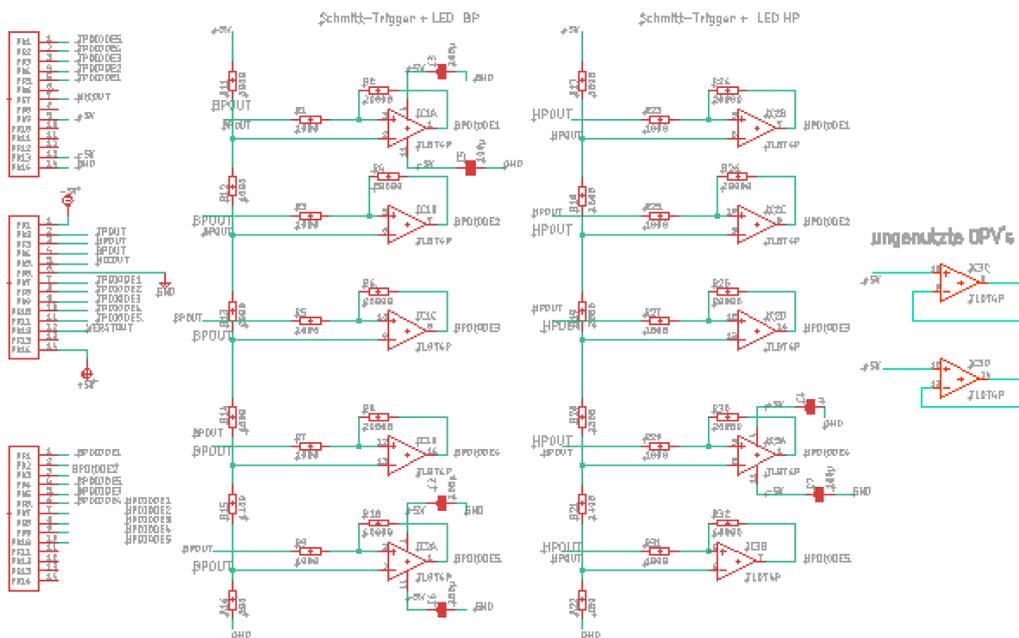


Abbildung 15: Schaltbild der Platine

Die IC's, welche für dieses Projekt verwendet werden (TL074P), enthalten jeweils vier OPV's. Somit werden für diese Platine insgesamt drei IC's benötigt. Jeder von diesen braucht zwei Abblockkondensatoren, damit ungewollte Spannungsspitzen der Versorgungsspannung abgefangen werden können. Außerdem sind zwei ungenutzte OPV's vorhanden, welche als Spannungsfollower verschaltet wurden.

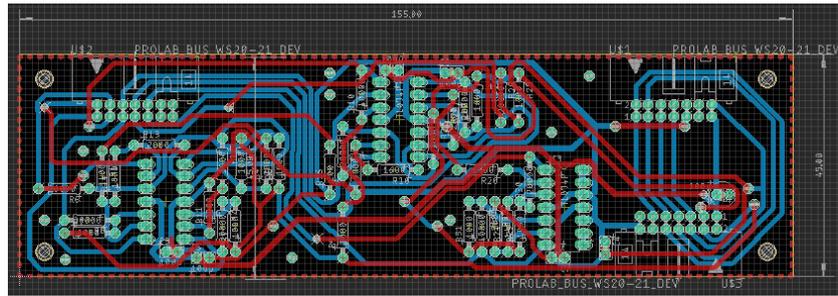


Abbildung 16: EAGLE Board

In der oberen Abbildung ist das Board aus EAGLE zu erkennen. Die blauen Leiterband befinden sich auf Bottom und die roten auf Top. Hierbei war zu beachten, dass die Busstecker und die IC's nur von der Bottom Seite verbunden werden können. Außerdem mussten mehrerer VIA's verwendet werden, um alle Leiterbahnen zu realisieren.

Anschließend wurde die Platine hergestellt. Nun mussten diese noch gebohrt und die Bauteile an die Platine gelötet werden. Die fertige Platine ist in der unteren Abbildung zu sehen. Zum Schluss wurde die Platine noch getestet, wobei die Schmitt-Trigger zunächst nicht wie gewollt funktionierten. Nach längerem Suchen konnte der Fehler für den Bandpass ermittelt und behoben werden, für den Hochpass jedoch leider nicht.

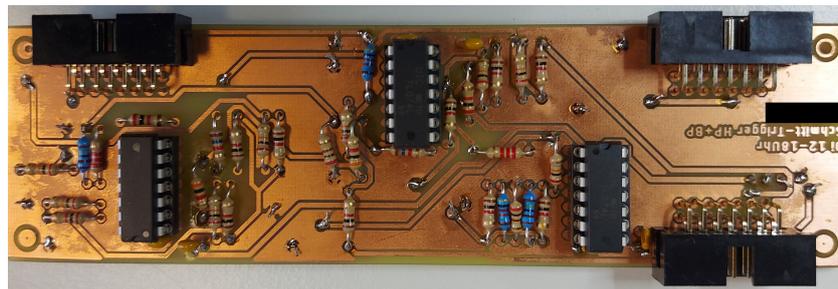


Abbildung 17: Fertige Platine

## 5.4 Platine Vorverstärker und Schmitt-Trigger Tiefpass

Auf dieser Platine ist der Vorverstärker und die 5 Schmitt-Trigger für den Tiefpass abgebildet.

Das Schaltbild ist in Abbildung 18 zu sehen.

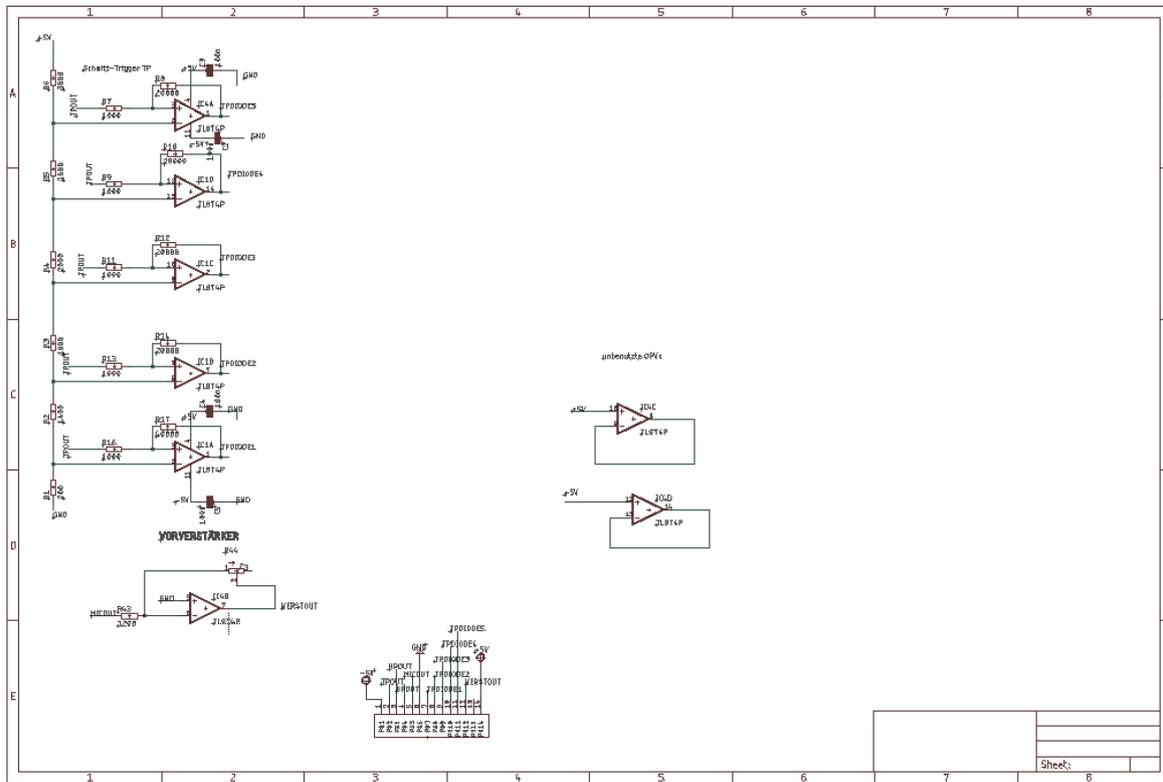


Abbildung 18: Schaltbild ST Tiefpass und Vorverstärker

Der Vorverstärker hat als Eingangssignal die Spannung aus dem Mikrofon 'MICOUT' und das Ausgangssignal ist die verstärkte Spannung 'VERSTOUT'.

Die 5 Schmitt-Trigger haben als Eingangssignal jeweils die Outputspannung des gleichgerichteten Tiefpasssignals 'TPOUT'. Für die Referenzspannung ist außerdem der Spannungsteiler mit auf der Platine verbaut. Die Ausgangsspannungen der 5 Schmitt-Trigger sind 'TPDIODE1' bis 'TPDIODE5'.

Zu beachten war, dass die OPVs jeweils mit 2 Abblockkondensatoren versehen wurden.

Das Board ist in folgender Abbildung zu sehen.

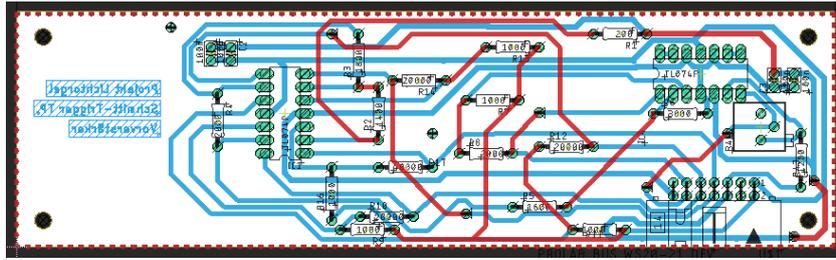


Abbildung 19: Board ST Tiefpass und Vorverstärker

Die roten Leiterbahnen liegen auf Top, die blauen Leiterbahnen auf Bottom. Die Widerstände und Abblockkondensatoren konnten auf Bottom- und Top-Seite angeschlossen werden. Der BUS-Stecker und die Anschlüsse des OPVs sind nur auf Bottom-Seite möglich.

Um die Platine zu testen, wurden an den BUS-Stecker die Versorgungsspannungen angelegt und benötigten Eingangsspannungen angelegt, und die Ausgangsspannungen gemessen. Es wurde festgestellt, dass auch hier die Schaltschwellen der einzelnen Schmitt-Trigger geringer sind als berechnet. Der Vorverstärker und die Schmitt-Trigger funktionierten, sodass die Platine als funktionsfähig gilt.

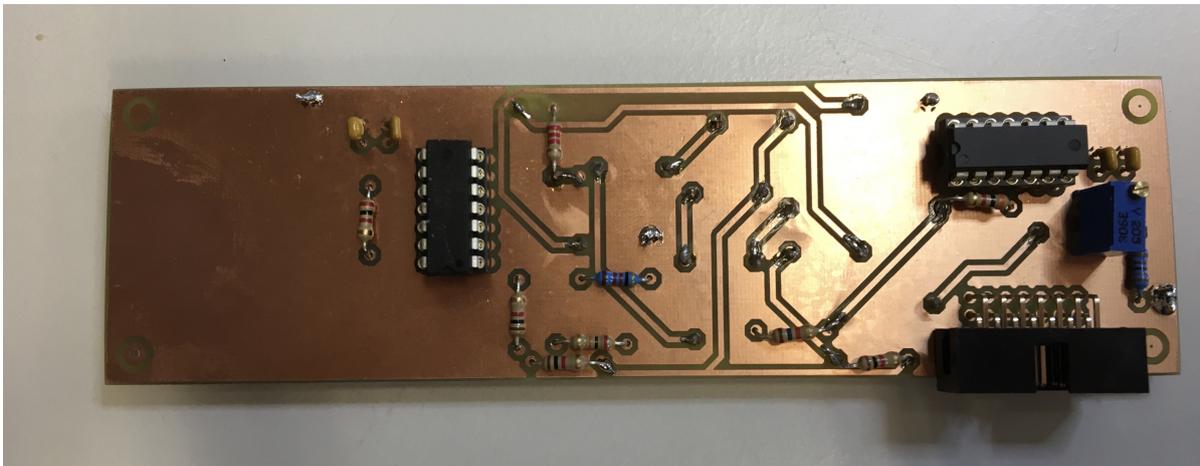


Abbildung 20: Platine Ansicht Top

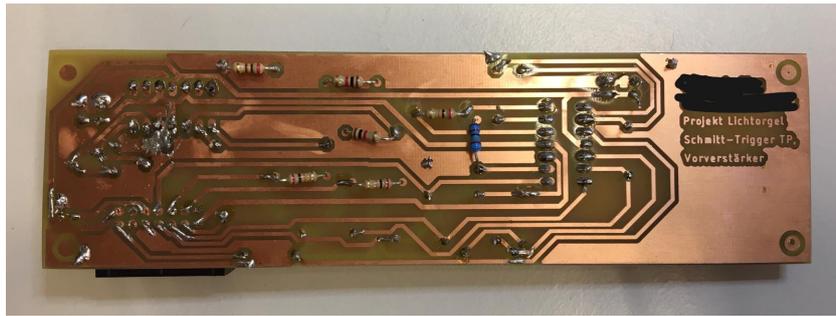


Abbildung 21: Platine Ansicht Bottom

## 6 Testen der fertigen Gesamtschaltung

■

Nachdem alle Platinen einzeln getestet wurden, wurden die Platinen miteinander verbunden durch die BUS-Stecker beziehungsweise eine eigene kleine BUS-Platine. Die Platinen wurden im Gehäuse so platziert, dass die Platine mit den LEDs oben liegt, die restlichen Platinen sind im Gehäuse platziert.

An der oberen Platine wurden die Versorgungsspannungen und Ground angeschlossen. Danach wurde Musik vor dem Mikrofon abgespielt.

Es wurde festgestellt, dass die Gesamtschaltung nicht wie gedacht funktionierte. Dies lag zueinem daran, dass sich die Busstecker von der oberen Platinen nicht genau an der selben Stelle wie die Busstecker der Platine mit der sie verbunden werden sollte befanden. Dadurch kam es zu dem Problem, die Platinen zu verbinden und es entstanden Wackelkontakte. Beim Hochpass leuchteten keine LED auf, was jedoch nach dem Einzeltest der Platine zu erwarten war. Beim Bandpass funktionierten nur die erste und die vierte LED. Auch bei dem Tiefpass leuchteten nur bestimmte LEDs auf und zwar die erste, zweite und die vierte.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass die ausgedachten Teilschaltungen beim Aufbau auf dem Steckbrett und in LTSpice alle im Einzelnen funktionierten und ihre Aufgabe erfüllten. Auf den eigentlichen Platinen kam es dann jedoch zum Teil zu Problemen, sodass die Gesamtschaltung als LED-Orgel nur bedingt funktionierte.

## 7 Quellen

[1] Prof. Dr.-Ing. Roland Thewes, Vorlesungsskript Schaltungstechnik, TU Berlin, SoSe 2020

[2] Prof. Dr.-Ing. Sven Tschirley, Vorlesungsskript Elektronik, TU Berlin, WiSe 2020/21

[3] Prof. Sibylle Dieckerhoff, Vorlesungsskript Leistungselektronik, TU Berlin, WiSe 2020/21

[4] Abbildung(2): [https://www.youtube.com/watch?v=1h0FZJYXQ\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=1h0FZJYXQ_w), 17.01.2021

[5] Abbildung(3):  
<https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/I210/EKULIT-200033.pdf>, 17.01.2021