

Technische Universität Berlin
Fakultät IV Elektrotechnik und Informatik
Institut für Energie- und Automatisierungstechnik
Fachgebiet Elektronik und Medizinische Signalverarbeitung
Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien
Fachgebiet Nano Interconnect Technologies



Projektorientiertes Praktikum Projekt Klangenerierende Baugruppe (K.G.B.)

11. Juni 2015

Betreuer:

Leo Blankenfeld, Marc Dreilich, Simon Schneider,
Zenit Music, Paul Hollmann

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 2 | Netzteil | 4 |
| 2.1 | Einleitung | 4 |
| 2.1.1 | Trafo, Gleichrichter, Glättung | 4 |
| 2.1.2 | Spannungsregelung | 4 |
| 2.1.3 | Temperaturmessung | 5 |
| 2.2 | Konzeptfindung | 5 |
| 2.2.1 | Trafo, Gleichrichter, Glättung | 5 |
| 2.2.2 | Spannungsregelung | 5 |
| 2.2.3 | Temperaturmessung | 6 |
| 2.2.4 | Logik | 6 |
| 2.2.5 | Schalter | 7 |
| 2.3 | Schaltungsentwurf | 7 |
| 2.3.1 | Trafo, Gleichrichter, Glättung | 7 |
| 2.3.2 | Spannungsregelung | 9 |
| 2.3.3 | Temperaturmessung | 9 |
| 2.3.4 | Logik | 11 |
| 2.3.5 | Schalter | 12 |
| 3 | Input/Output | 13 |
| 3.1 | Einleitung | 13 |
| 3.1.1 | Eingangsstufe | 13 |
| 3.1.2 | Equalizer | 13 |
| 3.1.3 | Ausgangsstufe | 13 |
| 3.2 | Konzeptfindung | 13 |
| 3.2.1 | Eingangsstufe | 13 |
| 3.2.2 | Equalizer | 14 |
| 3.2.3 | Ausgangsstufe | 14 |
| 3.3 | Schaltungsentwurf | 14 |
| 3.3.1 | Eingangsstufe | 14 |
| 3.3.2 | Equalizer | 15 |
| 3.3.3 | Ausgangsstufe | 18 |
| 4 | Interface | 18 |
| 4.1 | Einleitung | 18 |
| 4.2 | Konzeptfindung | 20 |
| 4.2.1 | Bedienung | 20 |
| 4.2.2 | Steuerung | 20 |
| 4.2.3 | Hauptplatine | 21 |
| 4.2.4 | Display | 22 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.3 | Schaltungsentwurf | 24 |
| 4.3.1 | Bedienung | 24 |
| 4.3.2 | Steuerung | 24 |
| 4.3.3 | Hauptplatine | 29 |
| 4.4 | Programmierung | 31 |
| 4.4.1 | Bedienung | 31 |
| 4.5 | Simulation & Layout | 33 |
| 4.5.1 | Bedienung | 33 |
| 4.5.2 | Hauptplatine | 36 |
| 5 | Distortion/Kompressor | 37 |
| 5.1 | Einleitung | 37 |
| 5.2 | Konzeptfindung | 38 |
| 5.3 | Schaltungsentwurf | 39 |
| 5.4 | Einleitung | 41 |
| 5.5 | Konzeptfindung | 42 |
| 5.6 | Schaltungsentwurf | 43 |
| 6 | Vibrato/WahWah | 43 |
| 6.1 | Einleitung | 43 |
| 6.2 | Konzeptfindung | 45 |
| 6.2.1 | Tremolo | 45 |
| 6.2.2 | Wah-Wah | 45 |
| 6.3 | Schaltungsentwurf | 47 |
| 6.3.1 | Tremolo | 47 |
| 6.3.2 | Wah Wah | 48 |
| 6.3.3 | LFO | 48 |
| 6.3.4 | VCF | 48 |
| 6.3.5 | Simulation & Layout | 50 |
| 6.3.6 | Simulation | 50 |
| 6.3.7 | Tremolo | 50 |
| 6.4 | Fehlersuche und Inbetriebnahme | 52 |
| 7 | Schlusswort | 52 |

1 Einleitung

2 Netzteil

2.1 Einleitung

2.1.1 Trafo, Gleichrichter, Glättung

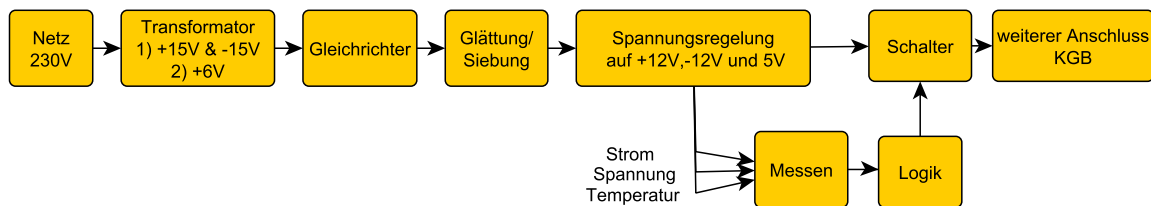


Abbildung 2.1: Blockschaltbild Gruppe 1 - Netzteil

Das Blockschaltbild der “Gruppe 1 - Netzteil” enthält zu Beginn die Teile Transformator, Gleichrichter und Glättung. Ziel dieser drei Komponenten ist es, die Wechselspannung des Netzanschlusses 230V (Effektivwert), bzw. $\pm 320V$ Scheitelwert der sinusförmigen Wechselspannung auf eine geringere Spannung zu transformieren, die Wechselspannung gleichzurichten sowie eine Glättung der pulsierenden Gleichspannung. Beim Schnittstellentermin wurde beschlossen, mit den Gleichspannungen $\pm 12V$ und $5V$ zu arbeiten.

Martin

2.1.2 Spannungsregelung

Die Spannungsregler Gruppe ist verantwortlich für die Bereitstellung einer nahezu konstanten Gleichspannung der geforderten Werte von $+12V$, $-12V$ und $+5V$. Die Eingangsspannung nach dem Transformieren und Glätten ist eine Sinusspannung mit dem Mittelwert von ca. $17V$ und einer Amplitude von $\pm 3,5V$. Da die anderen Gruppen einen Strom von bis zu $3A$ benötigen muss darauf geachtet werden, dass die Spannung am Ausgang, trotz variabler Last, nicht zusammenbricht.

Momme

2.1.3 Temperaturmessung

In jeder elektrischen Schaltung sind Bauteile vorhanden, die während des Betriebs Wärme erzeugen. Wird durch einen Fehler (z.B. in einer Schaltung) zu viel Hitze erzeugt, können Bauteile oder ganze Teile der Schaltung zerstört werden. Im schlimmsten Fall könnte das ganze Gerät anfangen zu brennen. Um das zu verhindern nehmen wir eine Spannungs-, Strom- und Temperaturmessung vor. Liegt eine dieser Messungen nicht mehr in dem zulässigen Bereich soll ein Signal an einen Schalter gegeben werden, welcher das Gerät von der Stromversorgung trennt.

Malte

2.2 Konzeptfindung

2.2.1 Trafo, Gleichrichter, Glättung

- Der Ringkern-Transformator (230V 2x15V 80VA) wurde mit 15V Effektivwert bzw. 21V Scheitelwert gewählt, damit noch Spielraum für die weitere Glättung zu den angestrebten 12V besteht. Der Mittelabgriff des Transformators soll als Masse (0V) für die Schaltung dienen. Da der erwartete Laststrom bzw. die Leistung höher ist als zunächst erwartet, wurde sich dagegen entschieden, den Spannungsregler für die 5V mit diesem Transformator zu speisen. Ein zweiter Transformator (230V 2x6V 16VA) wird hierfür verwendet.
- Für die $\pm 12V$ wird ein Brückengleichrichter (BA 37933) verwendet, sodass $\pm 15V$ (Effektivwert) pulsierende Gleichspannung anliegen. Für die 5V eignet sich besser ein Mittelpunktgleichrichter.
- Für die Kapazität der Glättungskondensatoren gibt es eine Faustformel. $C = I \cdot \frac{\Delta t}{\Delta U}$

$$C = I \cdot \frac{\Delta t}{\Delta U} = I \cdot \frac{10ms}{20V} \Rightarrow 500\mu F \text{ pro Ampere}$$

Martin

2.2.2 Spannungsregelung

Was haben wir uns dabei gedacht, bestimmte Bauteile etc. zu verwenden? Die erste Idee war es einen Festspannungsregler der Serie 78XX und 79XX zu benutzen, wobei das XX für die jeweilige Spannung steht. Diese Idee wurde denn aber wieder verworfen, weil wir dies Grundlegend selbst aufbauen wollten. Nach dem Studieren des Datenblattes eines 78XX wurde die Schaltung wie folgt entworfen. !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!SchaltungsLayout Da die Spannung am Eingang nicht konstant ist befindet sich dort direkt ein Elko zur Spannungsstabilisierung. Die Größe dieses Kondensators wurde so ausgelegt, dass der Ladestrom nicht zu hoch ist

aber trotzdem genug Kapazität hat um die Spannung etwas zu Stabilisieren. !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! Spannung mit großem elko !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! Spannung mit kleinem elko (Vergleich) In der Schaltung werden zwei verschiedene Transistoren pro Ausgang verbaut, denn nur über einen Transistor fließt der gesammte Ausgangsstrom. Vor dem Ausgang befindet sich eine Z-Diode und ein Spannungsteiler (Poti) mit dem die Ausgangsspannung eingestellt werden kann.

Momme

2.2.3 Temperaturmessung

Es wurde entschieden, dass die Temperaturmessung ein Spannungssignal im Bereich 0-4V erzeugen soll. Wird also die maximal zulässige Temperatur erreicht soll ein 4V Signal ausgegeben werden, welches zum Abschalten der Stromzufuhr führt. Als erste Recherchen zum Thema der elektrischen Temperaturmessung informierte ich mich zu physikalischen Effekten, mit deren Hilfe man die Temperatur ermitteln kann. Thermoelemente funktionieren beispielsweise durch den Seebeck-Effekt. Dabei wird eine Spannung erzeugt, die die Temperaturdifferenz von 2 Bereichen wiedergibt. Für unsere Anwendung ist jedoch ein absolute Messung vorteilhafter. Um diese mit Thermoelementen zu realisieren müsste noch eine Kaltstellenkompensation vorgenommen werden, welche eine zusätzliche Temperaturmessung beinhaltet. Diese Messung wird dort durchgeführt, wo die Spannung abgenommen wird, um diesen Wert auf die Temperaturdifferenz zu addieren. Aus diesem Grund wurde ein temperaturabhängiger Widerstand (Widerstandsthermometer) gewählt. Betreibt man den Widerstand mit einer konstanten Stromstärke, fällt darüber eine temperaturabhängige Spannung ab. Als Widerstandsthermometer wurde der Pt1000 gewählt, ein Platin-Dünnschichtwiderstand mit einer linearen Kennlinie und einem Widerstand von 1000 Ohm bei 0C. Außerdem ist der Pt1000 ein genormtes Bauteil(DIN EN 60751) , was die Messung erleichtert, da sein Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur bei jedem bauteil gleich ist. Die über dem Thermometer abfallende Spannung muss noch so verändert werden, dass als Ausgang ein Signal von 0-4V entsteht.

Malte

2.2.4 Logik

Während des Schnittstellentermins wurden drei Ausgangsspannungen festgelegt, die das Netzteil für das Soundeffektgerät bereitstellen soll; +12 V, -12 V und 5 V. Tritt während des Betriebes ein Fehler auf, sollen die einzelnen Versorgungsleitungen unabhängig von einander abzuschalten werden können. Dazu ist es nötig, die Messergebnisse der Strom-, Spannungs- und Temperaturmessung geeignet auswerten zu können. Dafür gelten folgende interne Vorgaben:

- Die Messwerte liegen in einem Bereich von 0 V bis 5 V.

- Überschreiten die gemessenen Werte eine Grenze von 4 V soll der zugehöriger Versorgungskreis abgeschaltet werden.
- Während des störungsfreien Betriebes soll die Logik an den zugehörigen Schalter ein High-Signal herausgeben und die zugehörige Status-LED soll angeschaltet sein.
- Überschreitet einer der Messwerte die kritische Grenze, wird ein Low-Signal an den Schalter weitergegeben und die Status-LED wird abgeschaltet.
- Der ausgeschaltete Zustand soll so lange beibehalten werden, bis der Fehler gefunden wurde. Erst dann sollte der ausgefallene Kreis manuell wieder in Betrieb genommen werden können.

Sophie

2.2.5 Schalter

In diesem Bericht geht es lediglich um den Schaltungsentwurf des Schalters im Netzteil. Dieser dient dazu, bei einem möglichen Fehler die Spannungsversorgung bzw. Stromversorgung möglichst sicher abzuschalten, um mögliche dauerhafte Schäden an den empfindlichen Bauteilen vorzubeugen. Ein geeignetes Bauteil wären Transistoren, welche bereits im 3. Semester angeschnitten wurden. Um den Schalter dimensionieren zu können, musste zunächst wurde die Frage geklärt werden, welche Spannungen am sinnvollsten erscheinen. Fest steht, es sollen möglichst positive und negative Spannungen geliefert werden. Letztenendes wurden die Spannungen 12V, -12V, 5V gewählt. Weiterhin musste die Ansteuerung des Schalters besprochen werden. Es wurde vereinbart, dass der Schalter leitet, solange ein HIGH-Signal anliegt und sperren soll, sobald ein LOW-Signal anliegt, mit jeweils ein Signal je Spannung. In diesem Fall liegt das HIGH-Signal bei 4.5 Volt und das LOW-Signal bei ca. 0 V. Da 3 Spannungen zur Verfügung gestellt werden, werden 3 Schalter benötigt. Die entsprechenden Signale werden von einer Logik gesteuert, die Signale von Messungen auswertet und dementsprechend das Schaltsignal weiterleitet.

Zunächst wurden nach möglichen Schaltungen gesucht. Eine Schaltungsvorlage¹ sah vielversprechend aus und wurde dementsprechend weiter untersucht.

Vuong

2.3 Schaltungsentwurf

2.3.1 Trafo, Gleichrichter, Glättung

Die Abbildung 2.3 zeigt die symmetrisch angelegte Schaltung für die $\pm 12V$. Die Kondensatoren besitzen einen ohmschen Anteil (hier ca. $30m\Omega$). Die Kapazität wurde mit $4500\mu F$ höher gewählt als die Faustformel mit $1500\mu F$ für erwartete 3 Amper vorgibt, da so eine

¹Quelle:<http://dl6gl.de/grundlagen/schalten-mit-transistoren>

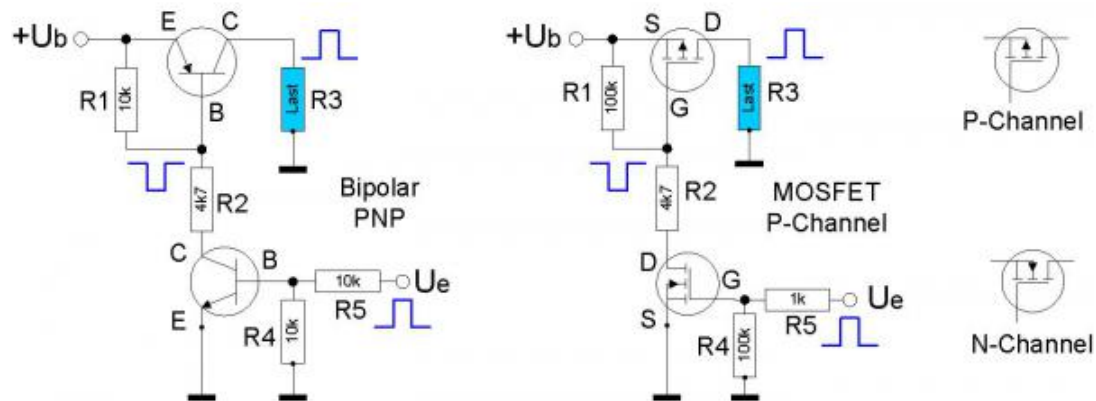


Abbildung 2.2: Vorlage

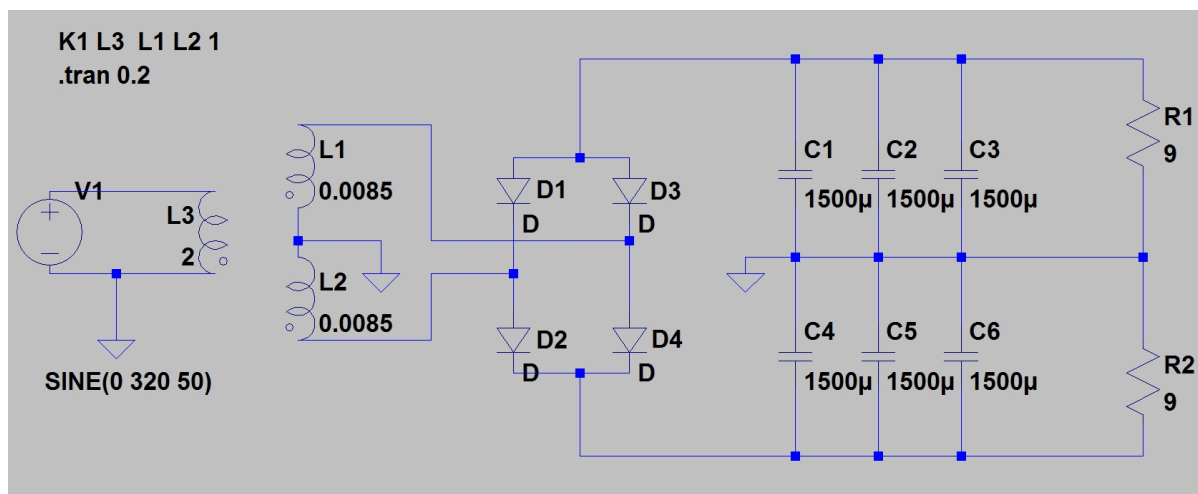


Abbildung 2.3: Schaltung: Trafo, Gleichrichter, Glättung (aus LTspice)

bessere Glättung erreicht wird. Da die Kondensatoren nur mit einem begrenzten Wellenstrom beschaltet werden dürfen, hat es sich gezeigt, dass es von Vorteil ist, mehrere Kondensatoren parallel zu verwenden. Der maximale Wellenstrom beträgt bei den verwendeten Kondensatoren (RAD FC 1.500/35) 2490mA. In der Simulation konnte der Wellenstrom bei einer Last von 9Ω d.h. ca. 2A am Ausgang auf 1726mA (RMS) begrenzt werden. Die Abbildung 2.4 zeigt in Blau die transformierten 15V Effektivwert und 21V Scheitelwert. In Grün ist die weitgehend geglättete Ausgangsspannung zusehen. Diese liegt in dem Bereich von 16,5V-20V. Die restliche Wellenspannung beträgt somit 3,5V. Eine weitere Glättung erfolgt durch die Spannungsregelung. Diese Simulation wurde ebenfalls mit einer Last von 9Ω (2A) erstellt. Je geringer die Last, desto geringer fällt auch die Wellenspannung aus und die Ausgangsspannung nähert sich dem Wert 21V (konstant) an, der Ausgangsstrom wäre so nahe Null.

Martin

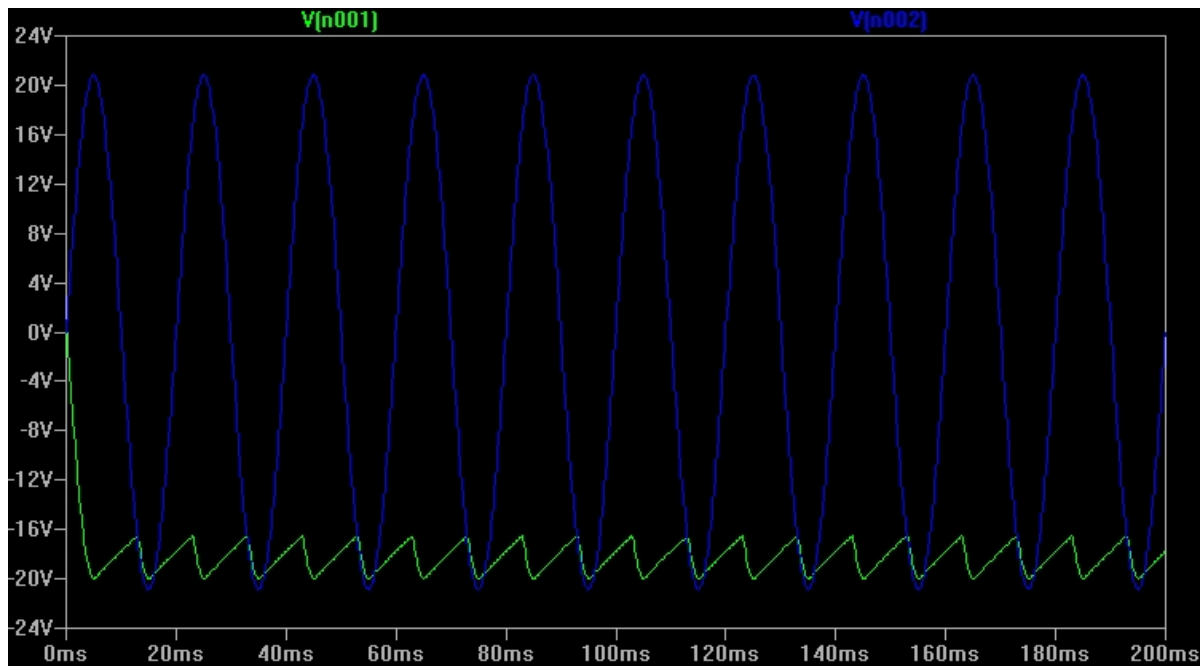


Abbildung 2.4: Simulation (-12V mit Wellenspannung)

2.3.2 Spannungsregelung

- Dimensionierung

Der Elko am Eingang hat 2200nF damit die Spannung schon etwas geglättet wird. Der Nachteil bei einem großen Elko ist die lange Aufladezeit welche aber für uns eine nicht so große Gewichtung hat. Bei den Transistoren war nur die Dimensionierung des einen Transistors wichtig, damit dieser die volle Last überlebt. Dieser Lasttransistor kann einen maximalen Strom von 5A leiten ohne zu heiß zu werden. Die anderen beiden Transistoren wurden etwas größer Dimensioniert als benötigt da diese nur einen geringen Strom leiten müssen! Die Z-Diode (8V2) mit dem Spannungsteiler (Poti) 5kOhm sind so gewählt, dass man die Ausgangsspannung sehr genau Einstellen kann.

- Was war bei der Schaltung problematisch? Ein großes Problem war die Dimensionierung des Lasttransistors, weil ein Strom von 3A sehr viel Hitze freisetzt und sich die Kennlinien bei bestimmten Temperaturen ändern. Bei den ersten Versuchen stellten wir fest, dass wir um einen Kühlkörper nicht herumkommen werden.

Momme

2.3.3 Temperaturmessung

Durch den Sensor muss ein konstanter Strom von 1mA fließen. Ein größerer Strom würde zu Eigenerwärmung und damit zu einem falschen Messergebnis führen. Die Stromquelle wird

durch einen Operationsverstärker(OPV) als invertierender Verstärker umgesetzt. Dafür wird der Ausgang des OPV an den invertierenden Eingang zurückgegeben. In dieser Schaltung ist die Stromstärke annähernd konstant und kann durch den Zusammenhang $I = \frac{U_e}{R_g}$ eingestellt werden. Da zwischen den beiden Eingängen am OPV kein Potentialunterschied sein sollte und der OPV bei einer Betriebsspannung von 12V am Ausgang maximal 12V ausgeben kann, muss die Eingangsspannung am positiven Eingang verkleinert werden. Dazu wurde ein Spannungsteiler eingebaut, der für eine Eingangsspannung von 6V sorgt. Bei dieser Spannung und einem gewünschten Strom von 1mA ergibt sich mit der Formel $I = \frac{U_e}{R_g}$ ein Widerstand von 6kOhm für R_g . Als maximal zulässigen Widerstand für den Pt1000 habe ich 1300 Ohm gewählt, was ca. 80C entspricht. Liegt der Widerstand zwischen 1 und 1,3kOhm bei einer Stromstärke von 1mA, dann fällt über dem Thermometer eine Spannung von 1 und 1,3 Volt ab. Die Potentialdifferenz vor dem Thermometer zur Masse liegt im Bereich zwischen 7 und 7,3V, weil durch die 6V Eingangsspannung auch ein 6V Offset dazukommt. Um daraus ein Signal von 0-4V zu machen, muss ein Offset von 7V abgezogen und dann das Signal um den Faktor $4/0,3 = 13,3$ verstärkt werden. Dies geschieht mit einem Differenzverstärker. Dazu wird das Signal vor dem Thermometer an den positiver Eingang eines 2. OPVs gegeben und ein Spannungsteiler erzeugt 7V aus der Betriebsspannung und gibt diese an den invertierenden Eingang. Die Verstärkung erfolgt durch das Verhältnis der Widerstände R_7/R_8 und R_{16}/R_{15} .

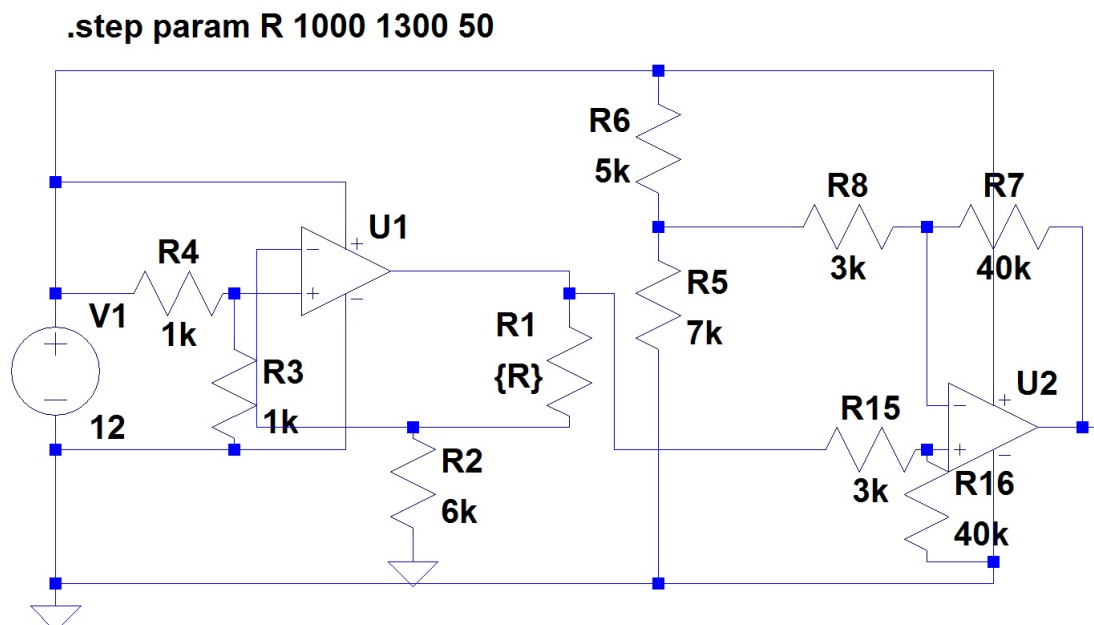


Abbildung 2.5: Konstantstromquelle mit Differenzverstärker in LTspice

Momme

2.3.4 Logik

In Abbildung ?? ist exemplarisch ein erstes Blockschaltbild des Logikaufbaus zu sehen. Diese Darstellung umfasst nur für einen der drei Versorgungskreise, da der Aufbau der anderen beiden identisch ist. Aus dem Blockschaltbild und den internen Vorgaben resultieren folgende

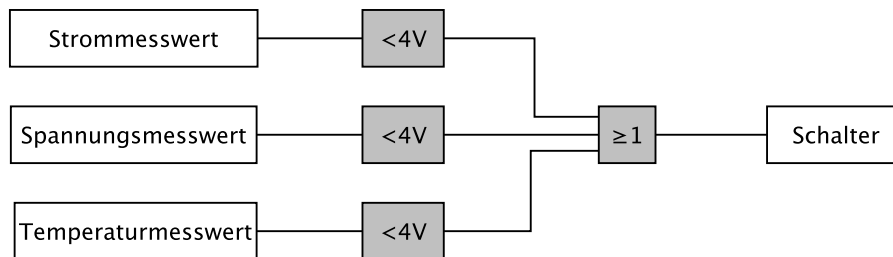


Abbildung 2.6: Blockschaltbild der Logikschaltung

Anforderungen an die Schaltung:

Zwei Spannungen werden miteinander verglichen Laut den internen Vorgaben soll der entsprechende Kreis abgeschaltet werden, wenn einer der Messwerte einen Pegel von 4 V überschreitet. Das passende Bauteil für diese Anwendung ist ein Komparator. Dabei wird der Messwert an einen der beiden Eingänge gelegt und eine konstante 4 V Vergleichsspannung an den anderen.

Die Vergleichswerte müssen logisch miteinander verknüpft werden Schon wenn nur bei einer der Messungen der Grenzwert überschritten wird, soll das Signal zum Abschalten weitergegeben werden. CMOS-Logik-Gatter sind hierfür geeignete Bauteile, in diesem Fall erfüllt ein NAND-Gatter die Anforderungen.

Der ausgeschalteter Zustand soll gehalten werden Tritt keine Störung auf, soll ein konstantes High-Signal an den Schalter weitergeleitet werden. Im Fehlerfall bekommt der Schalter die Information abzuschalten. War z.B. ein zu hoher Strom der Grund für den Schaltvorgang, so fällt dieser direkt nach dem Abschalten möglicherweise wieder unter den Grenzwert ab. Um nun ein ständiges An- und wieder Abschalten der Versorgungsspannung zu vermeiden, kommt ein SR-Flipflop zum Einsatz. Der Reset-Eingang wird mit einem Taster verbunden, mit dem der Versorgungskreis nach dem Abstellen der Fehlerquelle manuell wieder zugeschaltet werden kann.

Status-LED Um direkt eingrenzen zu können, wo der Fehler, der das Abschalten der Versorgungsspannung ausgelöst hat, zu suchen ist, soll jeder der drei Ausgänge eine eigene Status-LED bekommen. Diese werden durch die zum Schalter weitergegebenen High-Signale während des fehlerlosen Betriebes gespeist. Wird eine (oder mehrere) der Versorgungsspannungen abgeschaltet, erlischt auch die zugehörige Status-LED.

Sophie

2.3.5 Schalter

Es schien sinnvoll, mit MOSFETS zu schalten. Dafür gibt es mehrere Gründe, erwähnenswert sind jedoch die Ansteuerung mit Spannung statt mit Strom und die geringere Verlustleistung. Die Schalter für positive Spannungen schien problemlos zu verlaufen. Der Schaltplan aus *Abbildung 1* wurde übernommen und in LTSpice simuliert. Es traten keine Probleme auf und das gewünschte Verhalten trat ein: Bei ein HIGH-Signal leiten und bei LOW-Signal sperren, mit kurzer Verzögerung und kleine Verluste. Jedoch wurde es problematisch mit der negativer Spannung. Deshalb wurde kurzerhand getestet, wie der Schalter sich bei Bipolartransistoren verhält. Erneut wurde dabei die Vorlage verwendet, jedoch die Transistoren miteinander ausgetauscht. Da der negativer Schalter mit Bipolartransistoren getestet wurde, wurde dies ebenfalls mit der positiven Schalter getestet, um ein Vergleich zu haben. Das Prinzip ist im Groben ähnlich: das Steuersignal wird in einem Transistor welches das Signal bei invertierte ausgibt (bzw. nicht invertiert bei negativer Schalter) und an dem Gate des zu schaltenden FETS weiterleitet. Am Source des eigentliche Schalter liegt die konstanter Versorgungsspannung von 12, -12 oder 5 Volt an und der Drain Anschluss leitet die Spannung an den Verbraucher weiter. Die Source und Gate Anschlüsse der FETS sind jeweils über die Versorgungsspannung miteinander verbunden (bekannt auch als Gate-Source-Spannung). Beim Betrachten von *Abbildung 1* ist erkennbar, dass am Gate die Spannung $+U_b$ anliegt. Dadurch sperrt ein P-MOSFET. Durch den 2. Transistor, welches das Steuersignal U_e invertiert und verstärkt, wird die Spannung am Gate herunter reguliert, sodass der 1. Transistor leitet. Dies ist in der Simulation mit LTSpice ebenfalls nachvollziehbar (siehe folgende Abbildung in Abschnitt 4). Bei N-Fets funktioniert das Prinzip ähnlich. Wichtig zu wissen ist, dass N-FETS sperren, wenn eine negative Spannung anliegt und leiten, wenn eine positive Spannung anliegt (funktioniert also im Prinzip Spiegelverkehrt). Weiterhin erkennbar sind das R_1, R_2 einen Spannungsteiler bilden. Dieses bewirkt das der Transistor bei bestimmten Spannungen schaltet, welches wichtig für die Steuerspannung ist, unter anderem wenn das Steuersignal kein eindeutig definiertes Potential hat. Weiterhin verhindert der Widerstand R_1 hochfrequente Schwingungen.

Vuong

3 Input/Output

Die Gruppe In-/Output besteht aus drei Untergruppe, die eine Eingangsstufe, eine Endstufe und einen Equalizer mit einem Graphischen Equalizer realisiert haben.

3.1 Einleitung

3.1.1 Eingangsstufe

Im folgendem wird ein Bericht zu den bisher erreichten Zielen für den KGB erstattet. Hierfür wird vor allem der Input des KGBs in Anschein genommen.

3.1.2 Equalizer

Ein Equalizer wird grundsätzlich benutzt, um einzelne Frequenzbänder eines Signals verstärken oder dämpfen zu können. Ein Graphischer Equalizer filtert dann die einzelnen Frequenzbänder auf dem Signal und mithilfe einer Komparatorschaltung werden dann die Anteile der Frequenzen bestimmt und mit einer LED-Matrix dargestellt.

3.1.3 Ausgangsstufe

Der Output ist die letzte Stufe, welche vom Signal durchlaufen wird. In diesem Teil des Gerätes soll das schwache Signal verstärkt werden um an die Soundboxen angeschlossen werden zu können.

3.2 Konzeptfindung

3.2.1 Eingangsstufe

Um einen Input für das Projekt zu bauen, wurde zunächst geklärt, welche Aufgabe dieser erfüllen müsse.

Hierfür war es auch notwendig zu klären, ob das Signal schon am Eingang oder erst am Ausgang verstärkt werden sollte.

Letzteres wurde als sinnvoller beschlossen, sodass der Eingang die Aufgabe erhielt, das Eingangssignal auf den üblichen line Pegel ($U_{eff} = 0,3162V$) zu regeln und diesen an die Effekte weiter zu reichen.

Man entschloss sich zusätzliche Funktionen einzubauen, um das Eingangssignal verbessert weiterzuführen. Hierfür wird ein Bandpass im Eingang eingebaut, welcher die Aufgabe hat

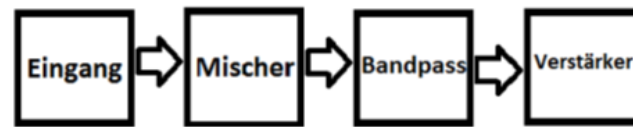


Abbildung 3.1: Schaltplanentwurf

überflüssige bzw. für den Menschen nicht hörbare Frequenzen herauszufiltern. Eine weitere Funktion des Eingangs sollte außerdem sein mehrere Signale zu verarbeiten und diesen angepasst weiterzuleiten.

3.2.2 Equalizer

Für den Equalizer und den Graphischen Equalizer haben wir uns dazu entschieden das Signal in 5 Frequenzbänder zu unterteilen, da eine höhere Anzahl von Bändern einen zu hohen Arbeitsaufwand dargestellt hätte. Für die LED-Matrix werden pro Frequenzband 8 LEDs verwendet, was zu einer 5x8- Matrix führt.

3.2.3 Ausgangsstufe

Der Output bzw. die Endstufe besteht zum größten Teil aus einem Verstärker, welcher bereits im ersten Labortermin behandelt worden ist. Zusätzlich besteht er aus einem Strombegrenzer und einer Rückkopplung des Signales in welcher sich auch ein Potentiometer befindet, welches die Lautstärkeregelung ermöglichen soll. Am Eingang der Endstufe kommt ein Signal mit einem Spitze-Tal-Wert vom 0,19V an. Dieses soll dann auf eine Leistung von 5W verstärkt werden um an die Lautsprecher angeschlossen werden zu können.

3.3 Schaltungsentwurf

3.3.1 Eingangsstufe

Um all die o.g. Funktionen zu erfüllen wurde folgender Schaltplanentwurf entwickelt:

Vier Eingänge, von denen zwei einen Stereo-Eingang darstellen, schienen plausibel zu sein, während der Pegel an den jeweiligen Eingängen mit Potentiometern geregelt werden soll. Mit

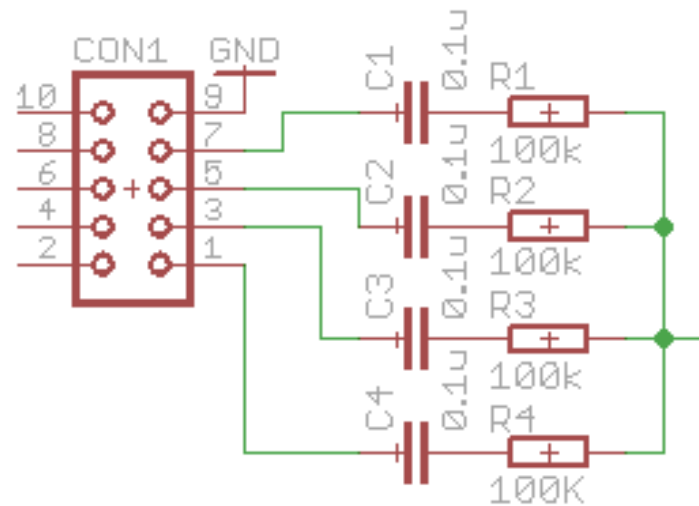


Abbildung 3.2: Schaltung Eingangsstufe

der Interface-Gruppe wurde beschlossen digitale Potentiometer zu nehmen, welche über den Kontroll-Pult gesteuert werden.

Die Rolle des Mischers erfüllt ein einfacher invertierender Addierer.

Ein Bandpass eines benötigten Spektrums war problematisch umzusetzen, weshalb wir uns für einen Sellen-and-Key Hoch- und Tiefpass in Reihe entschieden. Diese sollen die Frequenzen unter 20Hz und über 25kHz dämpfen.

Ein Verstärker am Ende der Schaltung soll es ermöglichen das Signal wieder auf den line Pegel zu regeln, hierzu muss nur ein Widerstand (R11)verstellt werden.

Jiaxi Huang
Olexan Chernyakhovsky

3.3.2 Equalizer

Bei der Filterschaltung haben wir uns für Bandpassfilter 4.Ordnung mit Mehrfachgegenkopplung entschieden, die dann so dimensioniert wurden, dass die Frequenzbänder eine Mittelfrequenz von ca 100Hz,330Hz,1000Hz,3300Hz und 10kHz. besitzen.

Die Filter sind in 5 Frequenzbänder unterteilt, die jeweils am Ende noch einen Verstärker besitzen, da die verschiedenen Bandfilter eine verschiedene Frequenz besitzen und auf diese

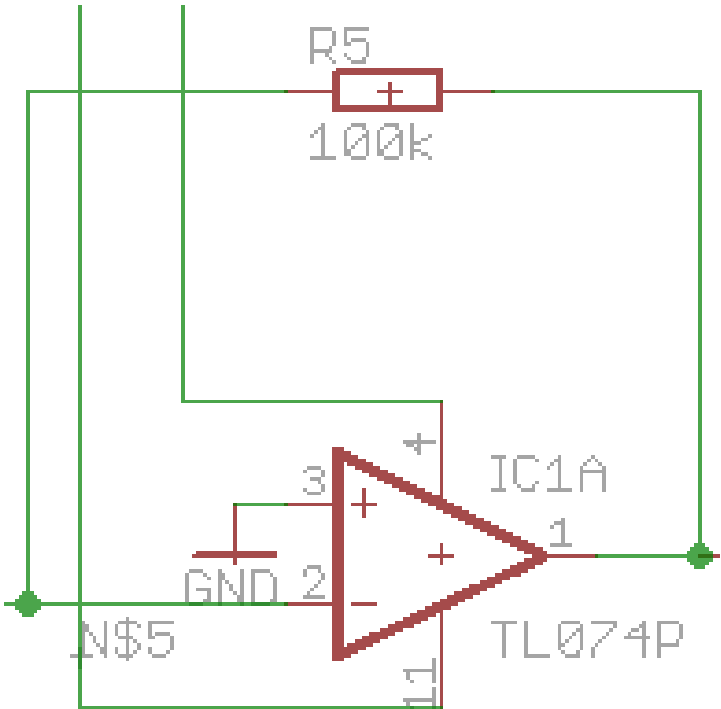


Abbildung 3.3: Addierer der Eingangsstufe

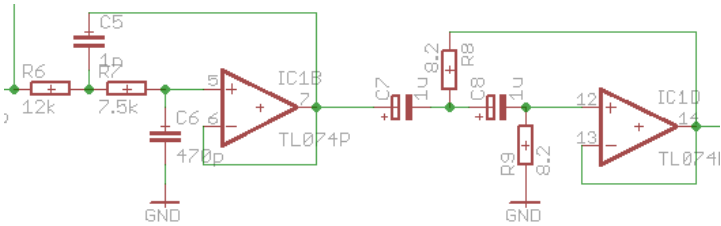


Abbildung 3.4: Bandpass der Eingangsstufe

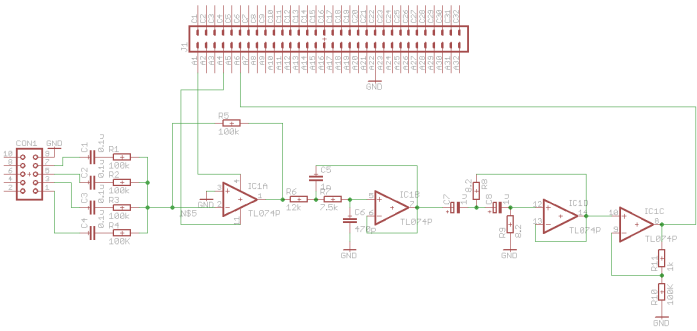


Abbildung 3.5: Gesamte Eingangsschaltung

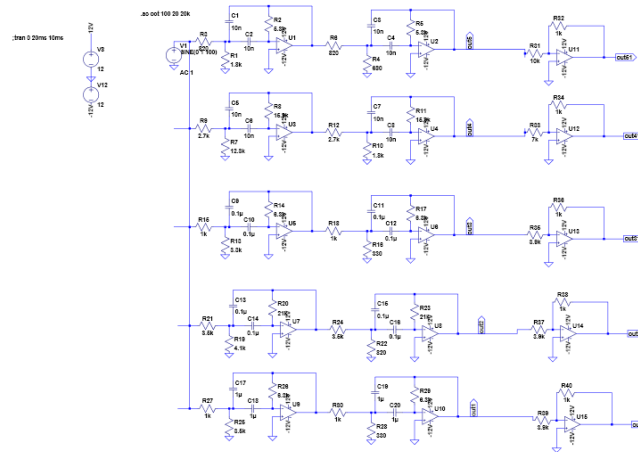


Abbildung 3.6: Bandfilterschaltung

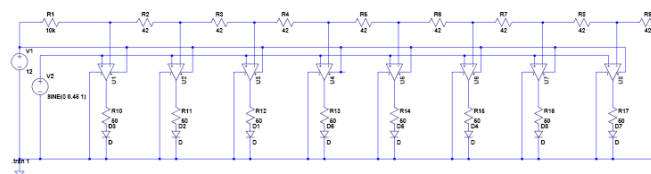


Abbildung 3.7: Komparatorschaltung

Weise mithilfe eines Potentiometers alle gleich eingestellt werden können, was für die nachfolgende Komparatorschaltung wichtig ist. Die Simulation hat gute Ergebnisse gezeigt und auch die Steckbrettaufbau eines Filters hat problemlos funktioniert.

Das Signal wird von den Frequenzfiltern zu einer Komparatorschaltung weitergeleitet, welche das Audiosignal mit acht verschiedenen Referenzspannungen vergleicht. Die Dimensionierung der Widerstände wurde so gewählt, dass die acht LEDs in 0,05V-Schritten durchschalten. Beim Stecken der Komparatorschaltung ergab sich zunächst das Problem, dass die verwendeten OPVs nicht genug Strom treiben konnten. Unter Verwendung eines anderen OPVs hat die Schaltung dann aber funktioniert.

Die Schaltung für den Equalizer ist noch nicht funktionstüchtig und muss noch simuliert werden.

Yvonne Ebensberger
Moritz Mertens

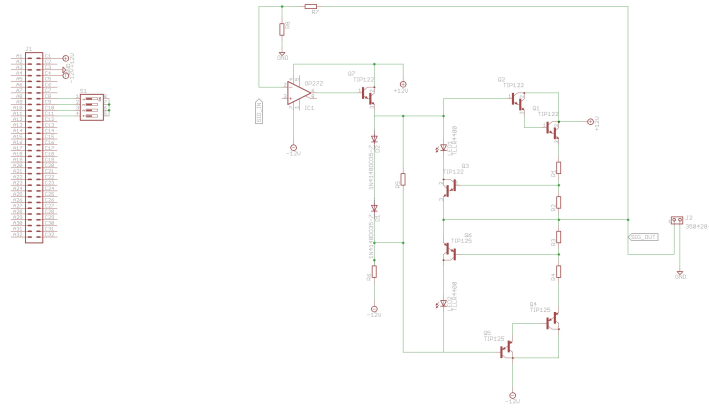


Abbildung 3.8: Ausgangsstufe

3.3.3 Ausgangsstufe

Als Grundlage für den Schaltungsentwurf der Endstufe wurde der Verstärker aus dem ersten Labortermin verwendet. hinzugefügt wurde dann eine Strombegrenzung, ein rückgekoppelter Operationsverstärker. Die Schaltung ist dann dimensioniert worden bis gute Simulationswerte erhalten worden sind.

Anschließend zu der Simulation wurde die Schaltung auf das Steckbrett übertragen und nach mehrmaligem Neustecken funktionierte die Schaltung.

Ben Yavor

Anton Brant

4 Interface

4.1 Einleitung

Aufgabe der Interfacegruppe ist es, dem Benutzer Bedienelemente zur Verfügung zu stellen, die es ihm ermöglichen sollen das Soundeffektgerät zu bedienen. Dabei unterteilt sich die Gruppe in drei Untergruppen. "Display", "Digital-Potentiometer" und die eigentlichen Bedienelemente zur Menüführung und Lautstärkenanpassung. Hierfür war es von vornherein unabdingbar mit den anderen Gruppen des Projekts klare Schnittstellen zu definieren und zur Verfügung zu stellen. Die Display-Gruppe realisiert dabei die Anzeige der einzustellenden Parameter der einzelnen Effekte und entwickelt ein Menükonzept, das eine Navigation durch die verfügbaren Funktionen ermöglicht. Die Ansteuerung erfolgt durch die Bedienelemente-Gruppe, die Drehencoder, Taster und zusätzlich eine Lautstärkeregelung mit LED-Anzeige auf gesonderten Platinen entwickelt. Die Digital-Potentiometer-Gruppe stellt dann die eigentliche Technologie zur Veränderung einzelner Parameter in den jeweiligen Effekten zur Verfügung. Diese werden dann über das Menü konfiguriert.

Somit mussten auch innerhalb der Gruppe klare Schnittstellen definiert werden. Insbesondere

Autor: Kamil Garbacz

4.2 Konzeptfindung

4.2.1 Bedienung

Bei dem ersten Treffen innerhalb der Gruppe Interface wurde die Bedienung schon fast vollständig festgelegt. Wir einigten uns auf einen Drehgeber und zwei Taster für die Menüführung. Nach kurzem Suchen fanden wir einen Drehgeber mit eingebautem Taster (STEC11B13). Weiterhin sollte ein LED Ring um den Drehgeber erstellt werden, die die Einstellung des Effektes visualisieren. Wir einigten uns nach Absprache verschiedener Methoden auf 16 LEDs mit jeweils 4 LEDs in grün, gelb, orange und rot. Wir wählten genau 16 weil wir sie somit mit 2 Shift-Register ansteuern konnten. Gewählt wurden 5mm LEDs von Kingbright weil sie orangene LEDs mit 5mm Durchmesser angeboten haben. Als Shift-Register wurden zwei TPIC6B595 von Texas Instruments gewählt. Diese funktionieren nach dem Prinzip Serial-In-Parallel-Out. Es wurden diese gewählt da sie eine hohen Ausgangsstrom aushalten können. Andere Shift-Register konnten nur bis zu 80mA über alle Ausgänge verteilt herausgeben, die gewählten können jedoch bis zu 500mA gesamt, 150mA an einzelnen Pins herausgeben. Der !G Eingang wurde in der Schaltung auf Masse gelegt, da er nur die Ausgänge ausschaltet und !SRCLR wurde auf VDD gelegt, da es die Funktion hat die Shift-Register zu löschen. Beide Funktionen wurden nicht benötigt und somit wurde das Layout vereinfacht.

Nach dem Schnittstellentermin haben wir das Konzept leicht verändert. Der Drehgeber mit LEDs sollte genutzt werden um die Lautstärke zu steuern und anzuzeigen. Das hatte den Zweck die Lautstärkeregelung zu vereinfachen. Auch wäre sonst bei der Menüführung der LED Ring oft An- und Ausgeschaltet werden und die Funktion des LED Rings wäre überflüssig, da das Menü die Einstellung anzeigt. Ein zweiter Drehgeber mit eingebauten und externen Taster ermöglicht die Bedienung des Menüs.

Autor: Hans Eberhardt

4.2.2 Steuerung

Um ein einheitliches Steuerverfahren für alle Effekte zu erreichen, wurde mit den anderen Gruppen vereinbart alle Effekte über digitale Potentiometer zu steuern. Für diese werden jeweils kleine Steuerplatinen mit der jeweils benötigten Anzahl an Potentiometern auf den Effektplatinen über Steckleisten integriert. Da eine SDI-Schnittstelle an dem verwendeten Mikrocontroller vorhanden ist und sie von der Handhabung sowohl in der Schaltungstechnik als auch in der Programmierung sehr gut beherrschbar ist, werden alle Steuerungselemente des Geräts hierüber angesteuert. Da insgesamt 21 Eigenschaften der verschiedenen Effekte gesteuert und damit auch 21 Potentiometer angesteuert werden müssen kommt eine klassische Kaskadierung der zu steuernden IC's nicht infrage, da diese für jeden angeschlossenen Chip eine eigene Chip Select Leitung erfordern würde und hierfür ist auf dem verwendeten 32 Leitungsbus bei weitem nicht genügend Leitung frei sind. Demzufolge ist das von uns verwendete Verfahren das so genannte Daisy Chaining, bei dem die IC's alle in Reihe hintereinander geschaltet und die Befehle über die Schieberegister der Potentiometer weiter

gereicht und somit der Bedarf an Busleitungen auf 9 reduziert werden kann. Die eigentlich Programmierung der Schnittstelle findet dann am Mikrocontroller statt.

Autor: Mike Tepper

4.2.3 Hauptplatine

Die Display-Gruppe, die hauptsächlich für die Realisierung und Umsetzung einer Menüführung mit einem LCD Display verantwortlich war, entwickelte zudem die Hauptplatine mit dem Mikroprozessor, der die einzelnen Technologien steuert. Entschieden wurde sich für die ATmega328, einem 8-bit Mikroprozessor von Atmel, der genügend Input/Output-Pins bereitstellt, um alle gewünschten Funktionen zu realisieren. Bereits hier mussten also alle Anforderungen der anderen Gruppen und der Display-Gruppe selbst definiert werden. Das Datenblatt des ATmega328 lieferte hier die notwendigen Informationen über die Funktionsweisen der einzelnen Pins. Die folgende Grafik zeigt die finale Vergabe der I/O-Pins. Zu sehen ist, dass fast das ganze Potential des Mikroprozessors ausgeschöpft worden ist. Zwar wäre es möglich gewesen durch den Einsatz bestimmter Technologien und Einsatz weiterer externer ICs Pins einzusparen, doch die Hauptplatine sollte flexibel bleiben.

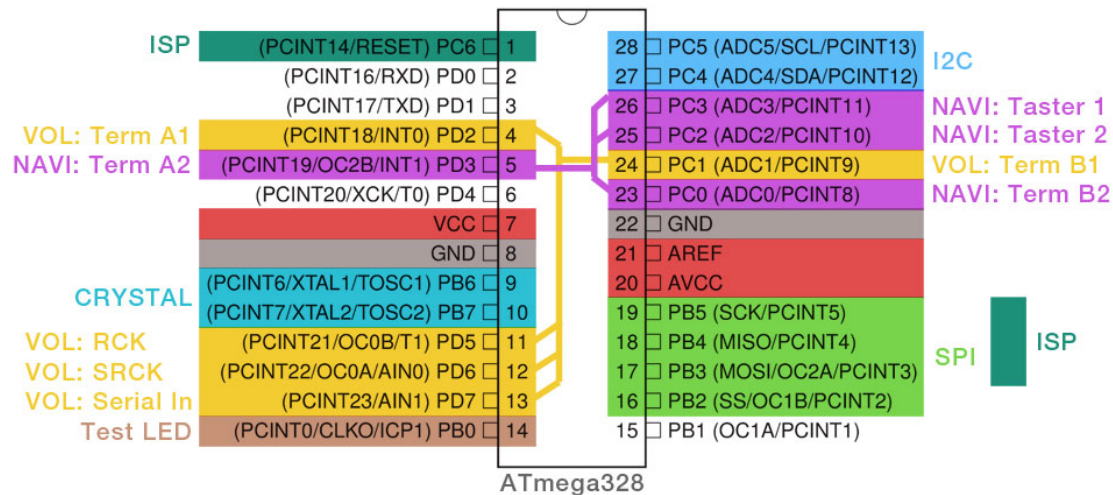


Abbildung 4.1: Schaltung: Hauptplatine)

Bei der Hauptplatine handelt es sich demnach um einen Mikroprozessor mit Standardkonfiguration, dessen I/O entsprechend den Schnittstellen auf Wannenstecker geführt sind um die externen Platinen (Lautstärke, Bedienung, Display) zu verbinden.

Autor: Kamil Garbacz

4.2.4 Display

Das Menü des KGB ist grundsätzlich in drei Ebenen aufgeteilt. In der ersten Ebene werden die ansteuerbaren Effekte aufgelistet. Mit Hilfe des Drehencoders kann einer der Effekte ausgewählt werden. Durch Bestätigung mit Hilfe des Taster wird nun das Untermenü des entsprechenden Effekts angezeigt, welche die zweite Ebene des Menüs darstellt. In dieser werden alle Parameter des Effektes aufgelistet, sowie der aktuell eingestellte Wert des Parameters. Durch Betätigen des Drehencoders kann nun auch hier zwischen den unterschiedlichen Parameter gewechselt werden und diese durch Bedienen des Taster ausgewählt werden. Ist ein Parameter ausgewählt befindet sich der Benutzer in der dritten Menüebene und es der Wert des Parameters durch Drehen des Drehencoders verändert werden. Des Weiteren steht dem Nutzer ein RETURN-Taster zur Verfügung, welche es ermöglicht in die jeweils nächst höhere Ebene zurückzukehren. Als Display wurde der LCM2004 CII V2 ausgewählt. Hierbei handelt es sich um einen 4x20 Char Display, welcher über einen I2C Bus angesteuert. Durch die Wahl eines vier zeiligen Display kann ermöglicht werden, dass in der ersten Menüebene alle Effekte angezeigt werden, sowie in der zweiten Menüebene ein Großteil der der veränderbaren Parameter. Hierbei liegt auch die Zahl der veränderbaren Parameter im Durchschnitt bei 4. Gleichzeitig bieten die 20 Zeilen ausreichend Platz um Effekte und Parameter eindeutig zu benennen, sowie die eingestellten Werte der Parameter direkt anzuzeigen. Durch die Wahl

eines I2C Busses konnte die Anzahl der benötigten Pins auf 2 reduziert werden, wobei noch 2 weitere Leitungen für die Versorgungsspannung und Erdung benötigt werden.

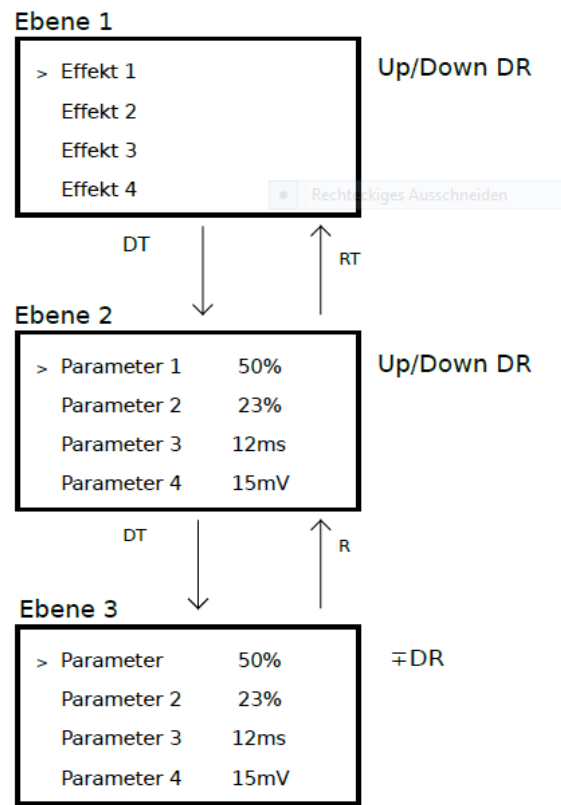


Abbildung 4.2: Graphische Darstellung der Menüführung. Benutzte Abkürzungen: Drehencoder (DR), Drehencoder-Taster (DT), Return-Taster (RT)

Autor: Simon Hermann

4.3 Schaltungsentwurf

4.3.1 Bedienung

Nachdem das Bedienkonzept ausgearbeitet und endgültig festgelegt war, konnte die entsprechende Schaltung entworfen werden. Es mussten die Pins des Shift-Registers und Drehreglers an einen Stecker gebracht werden, der über eine Leitung mit dem Mikrocontroller verbunden wird. Vom Shift-Register mussten drei und vom Drehregler zwei Verbindungen zum Stecker gebracht werden. Die drei Leitungen des Shift-Registers dienen zum Steuern des Selbigen und die zwei Leitungen des Drehgebers sind Interrupt-Leitungen, welche vom Mikrocontroller ausgelesen und entsprechend verarbeitet werden. Die LEDs des LED-Rings werden jeweils über einen Vorwiderstand an das Shift-Register angeschlossen und von diesem gesteuert.

Autor: Hendrik Zech

4.3.2 Steuerung

Im Schaltungsentwurf aller Steuerplatinen war darauf zu achten, dass die SDO-Pins der Potentiometer sowohl mit dem SDI-Pin des nachfolgenden als auch über einen 11 kOhm Pull-Up Widerstand mit der 5V Leitung verbunden werden und natürlich möglichst wenig Pins für die Steckverbindung verwendet werden. Der Pull-up ist nötig da der SDO-Anschluss nicht die nötigen Pegel liefern kann, damit der nächste IC das ankommende Signal noch auswerten kann. Außerdem ist entscheidend ob die Potentiometer negative Spannung durchleiten können müssen, denn dann muss der VSS-Pin auf -5V gezogen werden, ansonsten kann der Pin mit GND verbunden werden. Zur Erzeugung der -5V wird bei Bedarf ein Spannungskonverter auf der Platine verbaut, der bei der richtigen Beschaltung (siehe Schaltpläne) für 5V am Eingang -5V am Ausgang liefert. Da beim Testen festgestellt wurde, dass doppelte und vierfache Digitalpotentiometer kein Daisy Chain unterstützen mussten alle Schaltpläne und Layouts auf die Anschlüsse von einfachen Digitalpotentiometern umgestellt werden. Autor: Mike Tepper

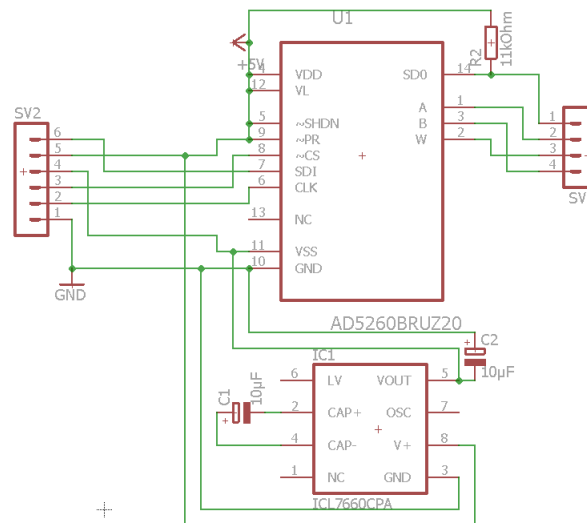


Abbildung 4.3: Schaltung der Steuerplatine des Outputs

Output Für die Lautstärkeeinstellung am Output brauchen wir lediglich ein Potentiometer, den Konverter, der uns die negative Spannung liefert um die negativen Signalpegel durch leiten zu können und ein paar Kondensatoren bzw. Widerstände für die Peripherieschaltungen. Die dadurch resultierende Schaltung ist in Abb. 4.3 zu sehen.

Autor: Florian Grünberg

Tremolo Für die Steuerung des Tremolos werden zwei Potentiometern benötigt, welche die Frequenz und für die Amplitude bzw. die Intensität des Effekt einstellen und einem Konverter der die nötige negative Spannung liefert, um negative Signalpegel verarbeiten zu können. Mit der bereits bekannten externen Beschaltung der Potentiometer bzw. des Konverters resultiert dann die in Abb. 4.4 zu sehende Schaltung.

Autor: Florian Grünberg

Kompressor und WahWah Beim Kompressor und beim WahWah sollen drei Attribute gesteuert werden, der Threshold, die Ratio und der Make-up-Gain beim Kompressor sowie der Frequenz-, Amount- und OFF-Set-Einstellung beim WahWah. Da jeweils nur ein Potentiometer mit negativen Spannungen beschaltet wird, können die VSS Anschlüsse der beiden anderen Potentiometer mit GND verbunden werden und für beide Steuerplatinen das selbe Layout verwendet werden. Die entsprechende Schaltung mit den Pull-up Widerständen, dem Konverter inklusive der nötigen externen Beschaltung mit ELKOs und natürlich den Potentiometern ist in Abb. 4.5 zu sehen.

Autor: Mike Tepper

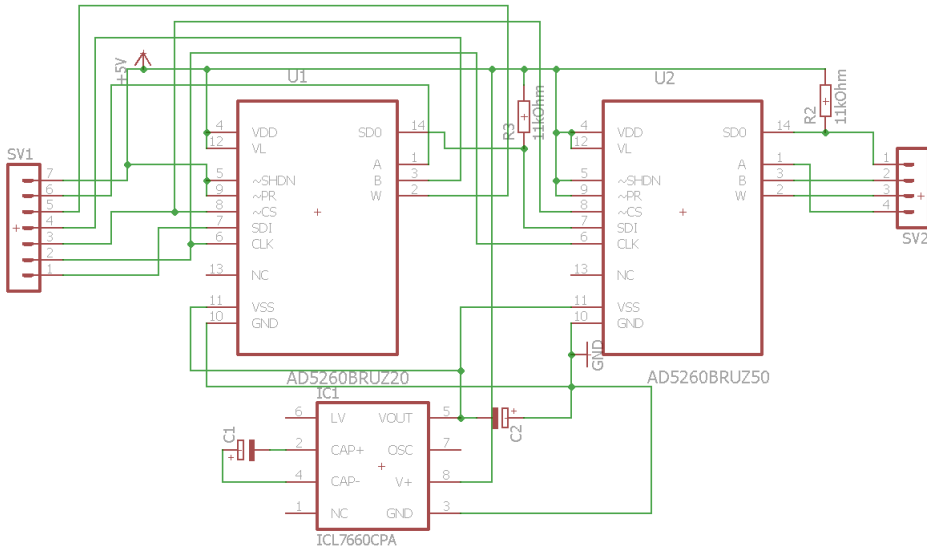


Abbildung 4.4: Schaltung der Steuerplatine des Tremolos

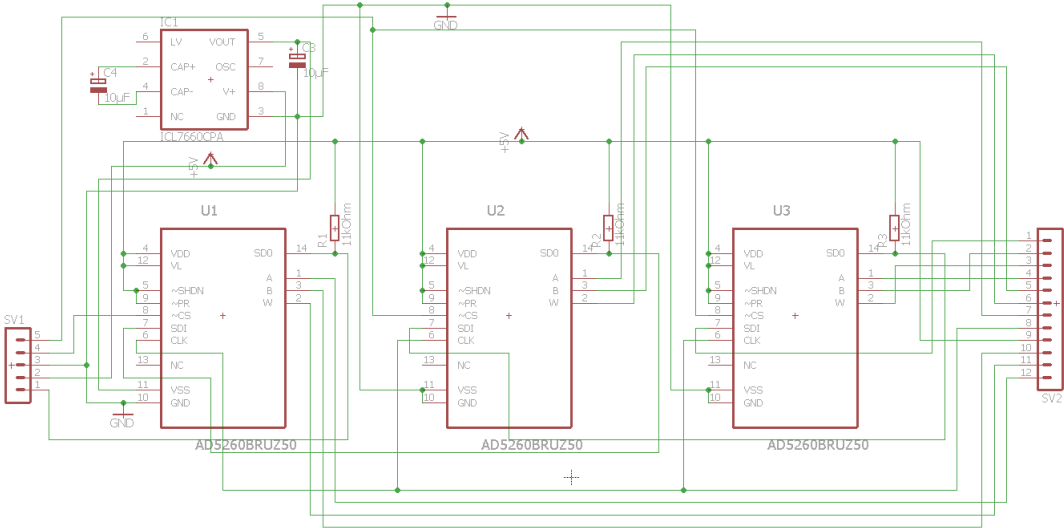


Abbildung 4.5: Schaltung der Kompressor-Steuerplatine

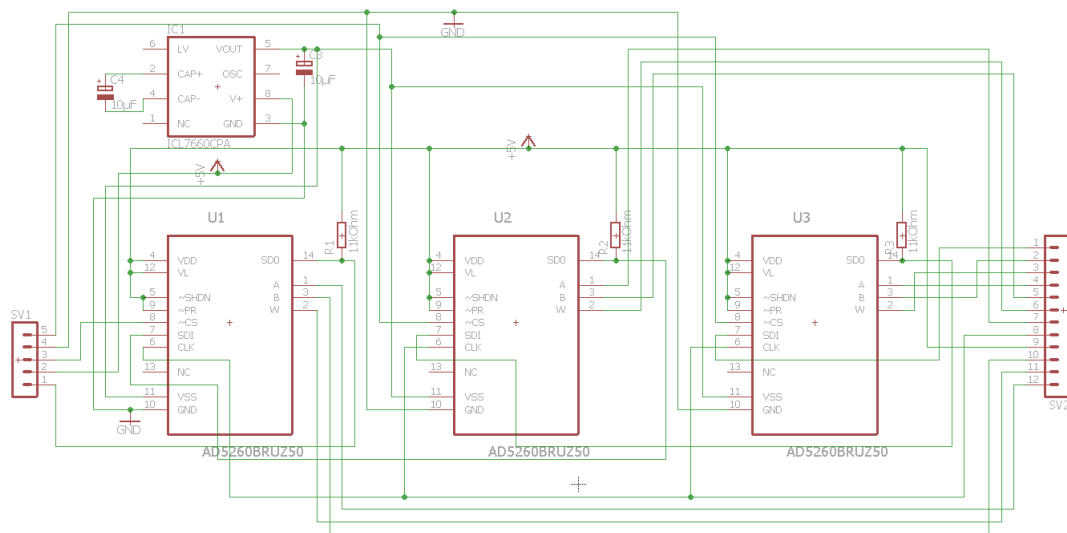


Abbildung 4.6: Schaltung der Verzerrer-Steuerplatine

Verzerrer Auch der Verzerrer benötigt drei Potentiometer zur Steuerung der Volume, Tone und Sustain Option, jedoch benötigen hier alle drei die Eigenschaft, negative Spannung durch leiten zu können, demzufolge wird ein leicht anderer Schaltplan und ein anderes Layout als beim Kompressor/WahWah benötigt. Der so resultierende Schaltplan ist in Abb. 4.6 zu sehen.

Autor: Mike Tepper

Input Beim Input sollen jeweils die Pegel der angeschlossenen Signale geregelt werden, für die zwei Analog und den einen Stereoanschluss werden demzufolge vier Digitalpotentiometer benötigt. Da alle vier dabei direkt im Signalpfad liegen, ist es nötig, dass alle Potentiometer negative Pegel leiten können, demzufolge müssen alle VSS-Anschlüsse mit dem Konverter verbunden werden. Die so resultierende Schaltung ist in Abb. 4.7 zu sehen.

Autor: Mike Tepper

Equalizer Der Equalizer nutzt 5 Potentiometer für die Einstellung von 5 verschieden große Frequenzen(110Hz, 340Hz, 1.1kHz, 3.4kHz, 11kHz). Auch hier wird eine negative Spannung benötigt an allen Potentiometern, weshalb wieder einen Konverter integriert. Die unter den vorgaben erstellte Schaltung resultiert dann in Abb. 4.8.

Autor: Florian Grünberg

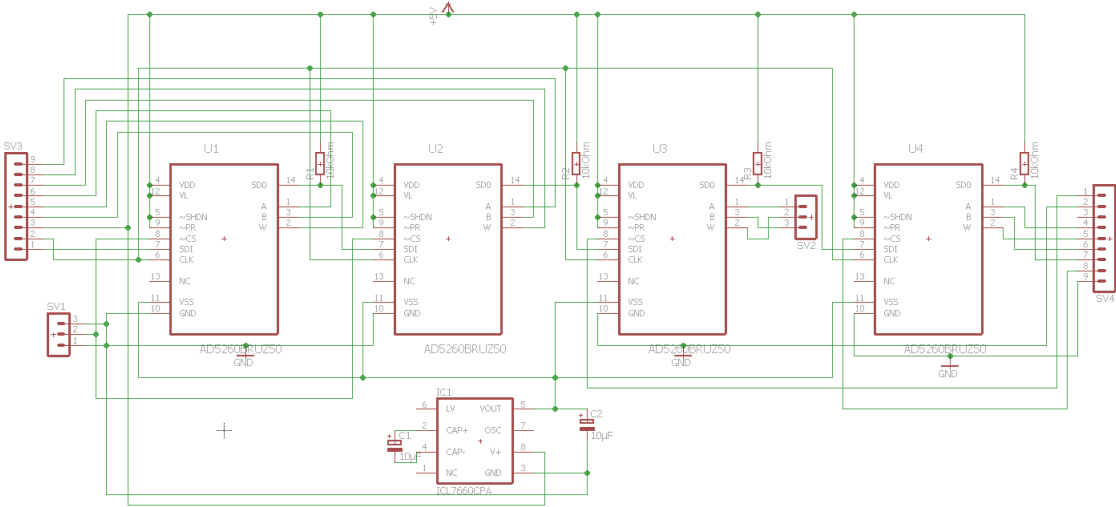


Abbildung 4.7: Schaltung der Input-Steuerplatine

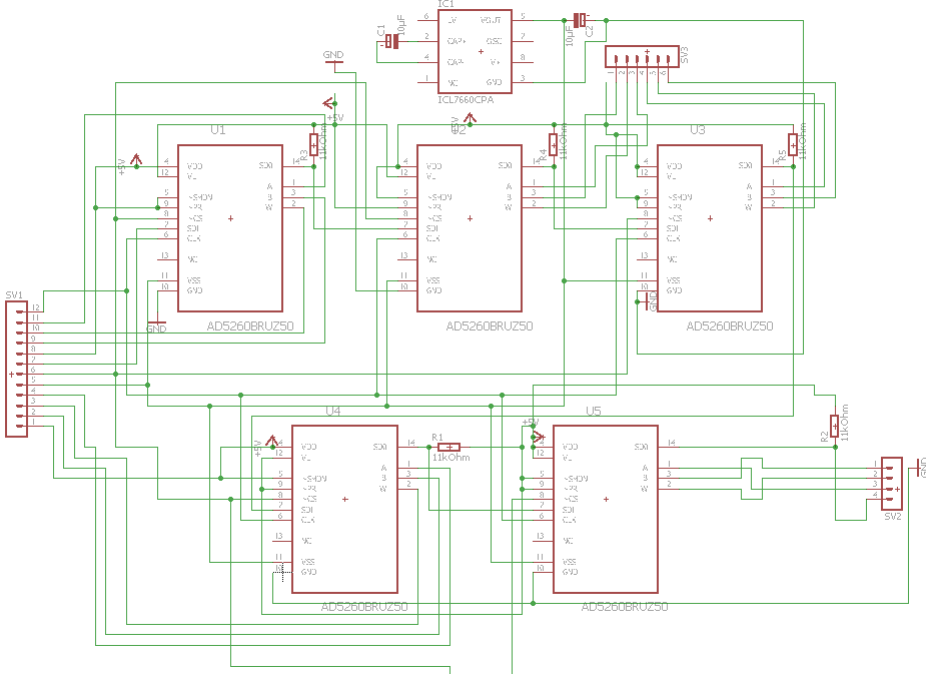


Abbildung 4.8: Schaltung Equalizer

4.3.3 Hauptplatine

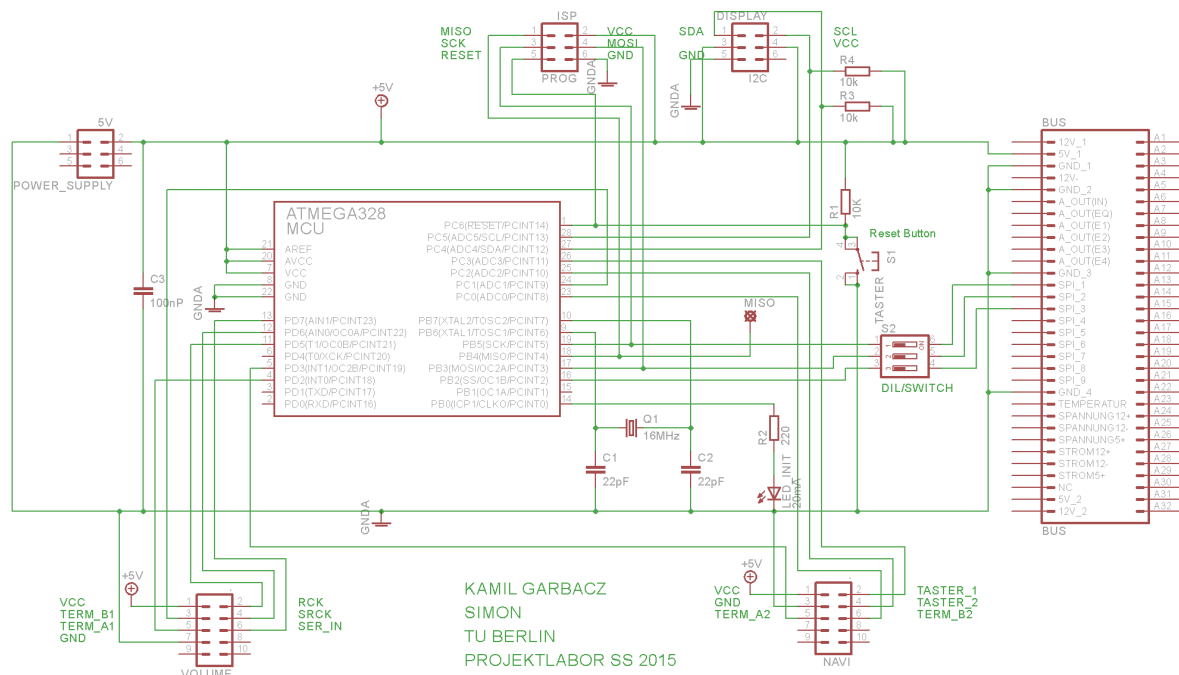


Abbildung 4.9: Schaltung: Hauptplatine)

Die Schaltung auf der halben Europlatine mit BUS-Anschluss ist simpel aufgebaut, da sich die Hauptfunktionen der zu steuernden ICs auf externen Platinen befinden, die mit der Hauptplatine über Steckverbinder verbunden werden. Es handelt sich um eine Minimalkonfiguration des ATmega328 mit externem Oszillator. Dieser taktet mit 16MHz. Am Kondensator finden sich zwei Keramikkondensatoren als Lastkapazitäten, die entsprechend den Angaben im Datenblatt mit jeweils 22pF dimensioniert sind. An der Versorgungsspannung des Atmega328 liegt ein Abblockkondensator mit 100nF relativ dicht am ATmega328 selbst, um eventuell auftretende höherfrequente Störungen, die durch Schaltvorgänge entstehen können nach GND (Masse) abzuleiten.

Eine zusätzliche LED direkt auf der Platine dient einer späteren Testfunktion im Programmcode. So kann das Board auch ohne Anschluss an den BUS getestet werden. Zu diesem Zweck befindet sich auch ein separate Versorgungsspannungs-Anschluss (Power Supply) auf der Platine. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass keine weitere Glättung oder Transnormierung stattfindet. Es muss also eine saubere 5 Volt Versorgung angelegt werden. (Labornetzteil)

Die anderen drei Anschlüsse (Wannenstecker) stellen die von den Untergruppen geforderten Pins bereit. Der I2C-Stecker enthält dabei bereits die für den I2C notwendigen Pull-ups auf SCL und SDA.

Die Digital-Potentiometer-Gruppe benötigt für die Ansteuerung der Potentiometer das SPI-Interface des ATmega328. Hierfür wurden die benötigten Pins direkt auf den BUS gelegt, an denen die Signale dann auf externen Boards abgegriffen werden können.

Da ein Teil der SPI Pins auch für die Programmierung des ATmega über eine ISP-Schnittstelle benötigt wird, ist dem BUS-Anschluss hier ein DIP-Schalter vorgeschaltete, um die entsprechenden Pins während der Programmierung des ATmega abzukapseln, da es sonst zu unerwünschten Effekten kommen könnte.

Die eben erwähnte ISP-Schnittstelle (In-System-Programmer) dient der Programmierung des Mikroprozessors und ist damit auch mit dem Reset-Pin des ATmega verbunden. Bei diesem handelt es sich um ein Active-Low-Pin. Über den sich ebenfalls auf dem Board befindlichen Taster kann der Mikroprozessor somit bei Tastendruck resetet werden, da er auf Ground gezogen wird.

Autoren: Kamil Garbacz und Simon Hermann

4.4 Programmierung

4.4.1 Bedienung

Zur Ansteuerung der 16 LEDs würden auch 16 Ausgangspins des Microcontrollers benötigt werden. Da sich dies nur schwer hätte realisieren lassen, haben wir uns für den Einsatz zweier Schieberegister entschieden, über die die LEDs angesteuert werden. Pro Schieberegister erhalten wir acht Ausgangspins, sodass wir durch die Kaskadierung der beiden auf insgesamt 16 Pins kommen.

Der Vorteil an der Hintereinanderschaltung ist, dass sich die Anzahl der benötigten Pins am Microcontroller nicht von der bei Verwendung nur eines Schieberegisters unterscheidet. Es werden insgesamt nur 4 Prozessorpins benötigt.

Am seriellen Eingang SER IN des ersten Schieberegisters werden die Daten bei jeder positiven Taktflanke des Clock-Signals SRCK bitweise hintereinander eingetaktet.

Durch das Ausgangsregister ist es möglich, die Bits in das Schieberegister zu schieben, ohne dass die Ausgangspins ihren Wert verändern. Erst bei einer steigenden Flanke des Taktsignals RCK, werden die Werte aus dem Shiftregister in das Ausgangsregister übernommen. Wird SCLR auf HIGH gesetzt, werden die Daten hieraus an die Ausgänge (DRAIN0 ... DRAIN7) übernommen. Da für unsere Anwendung nicht nötig ist, die Informationen zuerst noch in dem Ausgangsregister zwischenspeichern, haben wir den Pin SRCLR an die Versorgungsspannung gelegt. So werden die Daten aus dem Ausgangsregister immer sofort an die Ausgänge übernommen.

Sobald die Anzahl von 8 Bit, die in das erste Schieberegister geschoben wurden, überschritten wird, gelangt das erste dieser acht Bits über den Ausgang SER OUT zum seriellen Eingang SER IN des zweiten Schieberegisters. Dies setzt sich für nachfolgende Bits fort, bis sich auch im zweiten Shiftregister 8 Bit befinden. Sobald nun noch ein weiteres Bit eingeschoben wird, fällt das zu Beginn eingetaktete an SER OUT raus und diese Information geht somit verloren.

Die Pinbelegung am Microcontroller ist die folgende: SER IN liegt an PORTD7, SRCK an PORTD6 und RCK an PORTD5.

Nachfolgend ist der Programmcode für die Ansteuerung der LEDs über die Schieberegister zu sehen.

1.

```
1 #include <avr/io.h>
2 int a;
3
4 void ledAusgabe(int anzahl){
5
6     PORTD&=~(1<<PA7)); //SER auf 0
```

```
7   for(int x=1;x<16-anzahl;x++){
8       PORTD|=(1<<PA6); //SRCK auf 1
9       PORTD&=~(1<<PA6)); //SRCK auf 0
10  }
11  PORTD|=(1<<PA7); //SER auf 1
12  for(int k=16-anzahl;k<17;k++){
13      PORTD|=(1<<PA6); //SRCK auf 1
14      PORTD&=~(1<<PA6)); //SRCK auf 0
15  }
16
17  PORTD|=(1<<PA5); //RCK auf 1
18  PORTD&=~(1<<PA5)); //RCK auf 0
19  }
20
21  void serial_out(void){
22      DDRD|=0b11100000;
23      PORTD&=0b00011111;
24
25      PORTD|=(1<<PA7); //SER auf 1
26      for(int i=1;i<17;i++){
27          PORTD|=(1<<PA6); //SRCK auf 1
28          PORTD&=~(1<<PA6)); //SRCK auf 0
29      }
30      PORTD|=(1<<PA5); //RCK auf 1
31      PORTD&=~(1<<PA5)); //RCK auf 0
32
33      for(int blink=1;blink<4;blink++){
34          for(int j=0;j<8;j++){
35              PORTD|=(1<<PA7); //SER auf 1
36              PORTD|=(1<<PA6); //SRCK auf 1
37              PORTD&=~(1<<PA6)); //SRCK auf 0
38
39              PORTD&=~(1<<PA7)); //SER auf 0
40              PORTD|=(1<<PA6); //SRCK auf 1
41              PORTD&=~(1<<PA6)); //SRCK auf 0
42          }
43          PORTD|=(1<<PA5); //RCK auf 1
44          PORTD&=~(1<<PA5)); //RCK auf 0
45
46          PORTD&=~(1<<PA7)); //SER auf 0
47          for(int l=0;l<16;l++){
48              PORTD|=(1<<PA6); //SRCK auf 1
49              PORTD&=~(1<<PA6)); //SRCK auf 0
50          }
51          PORTD|=(1<<PA5); //RCK auf 1
52          PORTD&=~(1<<PA5)); //RCK auf 0
53
54  }
```

Listing 1: Code für Shiftregister

In Zeile 3 beginnt die Funktion "ledAusgabe", die den LED-Kranz bei Verstellen der Lautstärke ansteuert. Die Variable "anzahl" stellt dabei die Anzahl der LEDs dar, die bei entsprechender Position des Drehencoders aufleuchten sollen.

Hier wird in Zeile 5 zuerst der serielle Eingang auf 0 gesetzt. In der darauffolgenden for-Schleife wird nun ein Takt (SRCK) erzeugt, der dafür sorgt, dass für die Anzahl der LEDs, die nicht leuchten sollen, die entsprechende Menge an Nullen in das Schieberegister geschoben wird. Anschließend wird SER IN auf 1 gelegt und die nachfolgende takterzeugende for-Schleife so oft durchlaufen, wie es durch die Variable „anzahl“ vorgegeben ist. So werden nun eine entsprechende Menge an Einsen in das Register gebracht. Wird nun RCK auf HIGH gesetzt, werden die Werte aus dem Shiftregister an die Ausgänge übergeben und die LEDs leuchten entsprechend.

Die Funktion "serial_out" in Zeile 19 beschreibt, wie die LEDs angesteuert werden sollen, sobald der K.G.B. eingeschaltet wird. Hier ist es wichtig, zuerst einmal festzulegen, welche Pins als Eingang und welche als Ausgang fungieren sollen. Dazu dient das Data-Direction-Register (DDR_x). Das x steht hierbei für den PORT, der eingestellt werden soll. Da dies in diesem Fall das PORTD ist, heißt das Register DDRD, wie in Zeile 20 im Programmcode zu erkennen ist. Eine logische Null im DDRD sagt aus, dass der entsprechende Pin als Eingang genutzt wird und eine logische Eins stellt demzufolge einen Ausgang dar. Wir möchten die Pins PD5, PD6 und PD7 als Ausgänge nutzen und setzen daher die entsprechenden Stellen im DDRD auf Eins (Zeile 20). Anschließend löschen wir in Zeile 21 noch die bisher an diesen drei Pins vorhandenen Daten, lassen dabei die anderen Pins des PORTD aber unangetastet.

Nun werden in Zeile 23ff. die LEDs nach dem gleichen Prinzip angesteuert, wie es auch in der Funktion "ledAusgabe" der Fall war.

Autor: Lara Tek

4.5 Simulation & Layout

4.5.1 Bedienung

Nachdem der Schaltplan entworfen wurde, konnte mit dem Platinenlayout begonnen werden. Das Layout musste mehrmals neu begonnen werden, da sich während der Zeichnung Probleme heraus stellten, die nicht ohne einen Neustart zu beseitigen waren. Zum einen war ein großes Problem, dass der Drehencoder und die LEDs auf eine Seite und die Shiftregister, der Stecker und die Widerstände auf die andere Seite gelötet werden muss, damit die Platine so nah wie möglich an die Scheibe des Bedienfeldes angebracht werden kann. Zum anderen mussten entsprechend Leitungswege gefunden werden, da man nicht nach Belieben Top- und Bottomlayer benutzen konnte, sondern die Pins des Shiftregisters beispielsweise nur an einer

Seite angelötet werden können. Nachdem alle Leitungen auf der richtigen Platinenseite gezogen werden konnten, war das Layout abgeschlossen und konnte zum Ätzen gegeben werden.

Autor: Hendrik Zech

Die nachfolgende Abbildung 4.10 zeigt den Schaltplan.

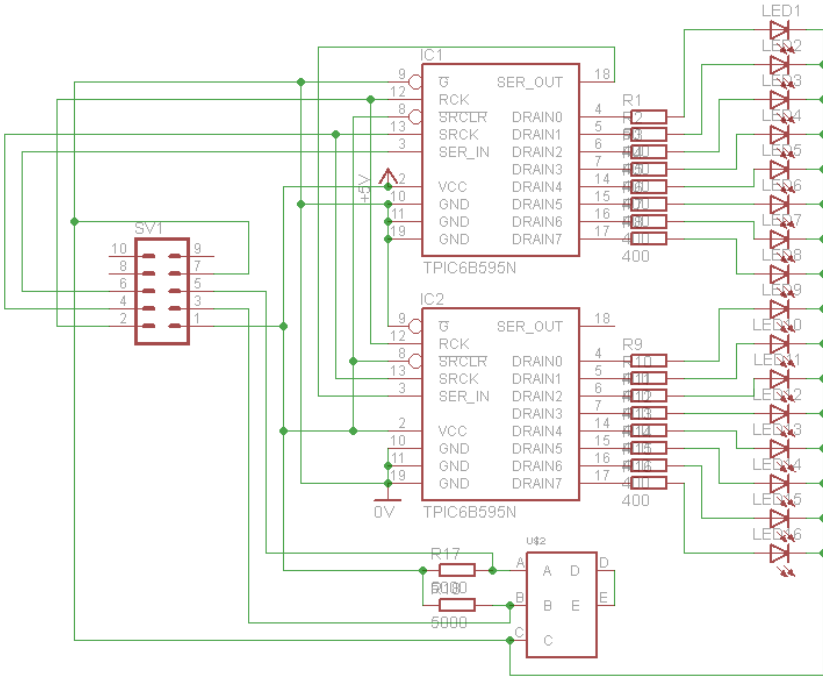


Abbildung 4.10: Schaltplan

4.5.2 Hauptplatine

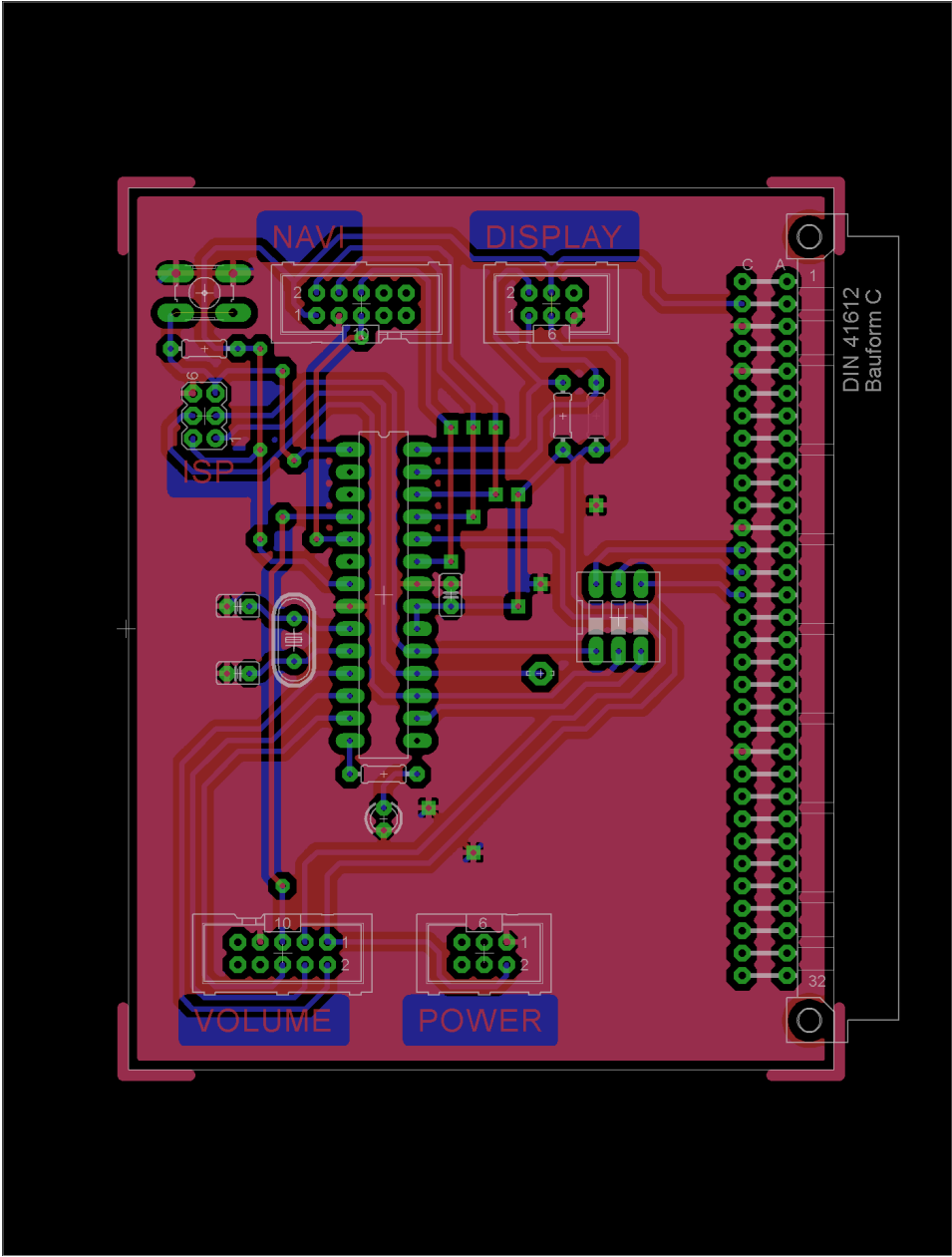


Abbildung 4.11: Schaltung: Hauptplatine)

5 Distortion/Kompressor

5.1 Einleitung

Der Verzerrer soll mit einer Schaltung realisiert und verschiedene Verzerrgrade einstellen können. Die für uns relevanten Verzerrereffekte sind Overdrive, Fuzz und Distortion. Beim Overdrive wird das Signal so übersteuert, so dass das Signal letztendlich "geclippt" wiedergegeben wird: Ein verfälschtes Signal (veränderter Sound) entsteht. Beim Overdrive ist die Verzerrung dynamisch. Als Beispiel soll eine Gitarre in Betracht gezogen werden: Wird die Gitarre behutsam geschlagen, ist der Ton unverzerrt. Bei stärkeren, also kräftigeren Schlägen wird die Verzerrung immer größer. Der Fuzz besteht aus mehreren Obertönen. Technisch kann er mit zwei hintereinander geschalteten Verstärkerstufen realisiert werden. Die erste Verstärkerstufe verstärkt das eingegebene Signal, die zweite wird schließlich von der ersten übersteuert. Dadurch kommt es zu einer Kompression des Tones. Man erhält einen kratzenden Sound. Beim Distortion werden Frequenzen hinzugefügt, welche durch nichtlineare Verzerrungen entstehen, Nichtlinear bedeutet hierbei, dass das Signal in seiner Form verändert wird. Mithilfe des Distortion-Effekts wird der typische E-Gitarrensound erzeugt.

Im Kapitel "Schaltungsentwurf" wird auf die (elektronische) Funktionsweise der einzelnen Verzerrer näher eingegangen.

5.2 Konzeptfindung

Am Anfang unserer Konzeptfindung haben wir unterschiedliche Verzerrerschaltungen und deren Eigenschaften und Unterschiede betrachtet. Generell kann man ein Signal symmetrisch und asymmetrisch Verzerrern, d.h. beide Halbwellen gleichmäßig bzw. nur Halbwelle (positive oder negative) clippen. Letzteres, die asymmetrische Verzerrung, wurde viel in den 60iger Jahren verwendet, wie z.B. von Jimmy Hendrix. Mit einer solchen Schaltung wollten wir anfangen und haben eine dafür entworfene Transistorschaltung gefunden, die wir als Vorlage nahmen. Dabei ähnelt sie einer uns bekannten Verstärkerschaltung. Im ersten Schritt wird das Signal durch den ersten Transistor Spannungsverstärkt und durch den zweiten Transistor verzerrt. Diese Schaltung simulierten wir und bauten sie auf ein Steckbrett auf und testeten sie mit Erfolg. Nun hatten wir die Hälfte unseres Verzerrers geschaffen, jedoch konnte sie noch nicht symmetrisch Verzerrern. Deshalb überlegten wir uns eine Schaltung mit Dioden und einem Potentiometer, welche eine symmetrische Verzerrung erzeugt. Diese wurde am Ausgang der Transistorverzerrungsschaltung angeschlossen und kann durch steuern des Potentiometers, das Signal entweder unverändert durchlassen oder bei Bedarf das Signal symmetrisch Verzerrern, auch wenn das Eingangssignal bereits asymmetrisch verzerrt ist. Unser finales Konzept sieht also wie folgt aus (siehe Abbildung 5.1):

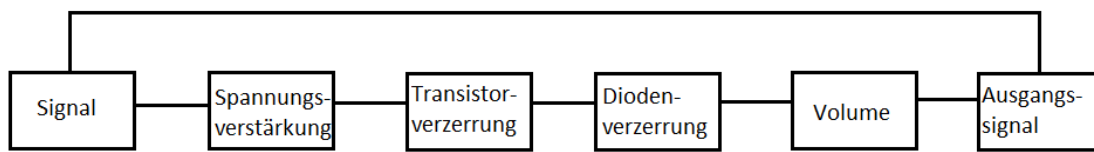


Abbildung 5.1: Blockschaltbild

5.3 Schaltungsentwurf

Die Schaltung des Verzerrers sieht folgendermaßen aus (siehe Abbildung 5.2):

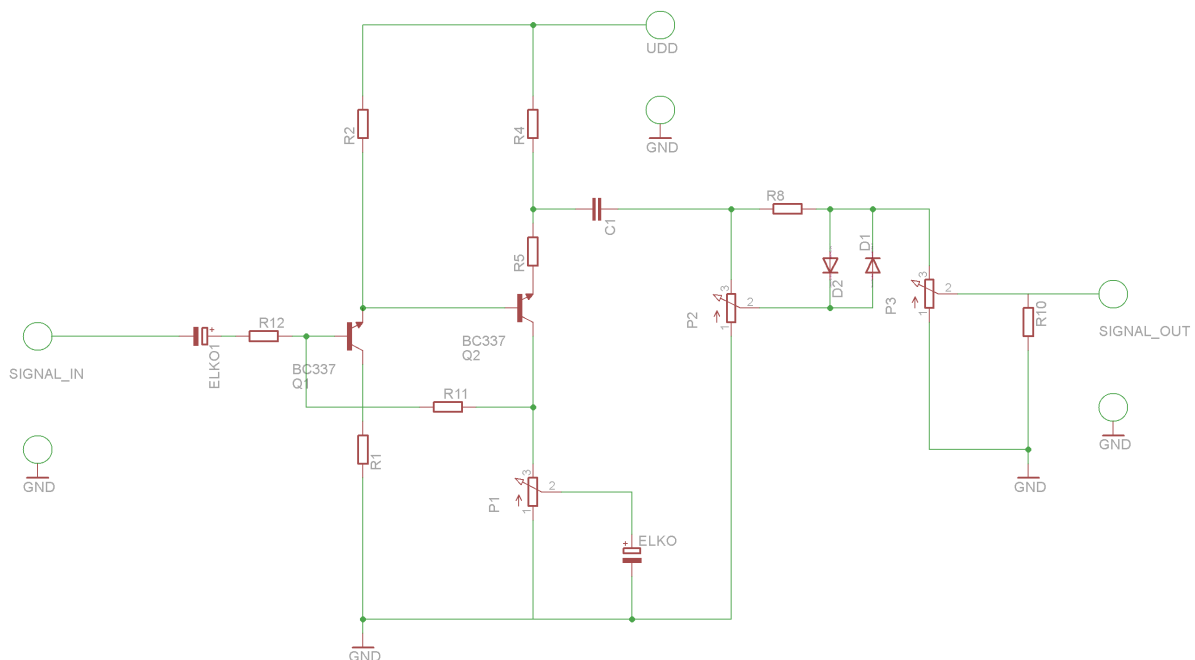


Abbildung 5.2: Schaltungsentwurf

Die Schaltung des Verzerrers besteht grundsätzlich aus 3 Stufen: Spannungsverstärkung, asymmetrische Verzerrung mit Hilfe eines Transistors und der symmetrischen Verzerrung mit zwei Dioden. Der Transistor T1 dient zunächst einmal dazu, die Spannung des Eingangssignals zu verstärken. Deshalb liegt der Arbeitspunkt dieses Transistor im linear/parabolischen Bereich, während der Transistor in Emitterschaltung ist. Der Widerstand R1 dient vor allem zur Arbeitspunktstabilisierung durch Stromgegenkopplung.

Der Transistor T2 ist für die Verzerrung zuständig, weshalb dieser im Sättigungsbereich betrieben wird. Dadurch, dass die Spannung von T1 so stark verstärkt wurde, schneidet verzerrt der Transistor T2. Mit Hilfe des Potentiometers P1 kann man den Zerrgrad des Transistor einstellen, da durch die Parallelschaltung von C3 die Impedanz am Emitter variabel wird sowie eine Impedanz am Eingang des Transistors T1. Dadurch kann man den Grad der Verzerrung variabel einstellen.

Die Verzerrung mit Hilfe der Dioden funktioniert so, dass die Diode D1 die obere Halbwelle ab abschneiden soll, sodass das eingehende Signal verzerrt wird, während die Diode D2 die untere Halbwelle abschneiden soll. Das Potentiometer P2 dient dazu einzustellen wie viel Spannung parallel zu den Dioden abfällt. Das bedeutet effektiv, dass man damit den Grad der Verzerrung durch die Dioden einstellen kann. Dazu verwenden wir Siliziumdioden, da deren Flussspannung von 0,7 V beträgt.

Mit Hilfe des letzten Potentiometers kann man die Amplitude der Ausgangsspannung variabel durch einen Spannungsteiler einstellen. Somit dient dieses Potentiometer als Lautstärkereger.

5.4 Einleitung

Ein Kompressor ist ein pegelorientiertes Effektgerät (Dynamikprozessor) und findet vor allem in der Tontechnik Verwendung.

Kompressoren nutzen den Pegel des Eingangssignals als Steuersignal, gleichzeitig ist der Pegel die zu verändernde Größe. Ist der Pegel über einem definierten Schwellenwert („Threshold“) wird der Pegel des Signals abgesenkt. Diese Kompression bedeutet die Verringerung der dynamischen Bandbreite, d.h. der Lautstärkeunterschied zwischen leisen und lauten Töne wird reduziert. Die Stärke dieser einstellbaren Dynamikreduktion wird am Kompressionsverhältnis („Ratio“) bemessen. Nachdem das Signal gedämpft wurde, muss der Gesamtpegel wieder angehoben werden. Diese Anhebung wird als „Make-Up Gain“ bezeichnet.

5.5 Konzeptfindung

Die Funktion des Kompressors, also das gesteuerte Absenken des Signalpegels, lässt sich mit einem spannungsgesteuerten Verstärkers (VCA) realisieren. Die Steuerspannung für diesen muss über eine Schaltung ermittelt werden, sodass der VCA das Signal durchlässt wenn der Pegel unterhalb des Threshold liegt und dem Ratio entsprechend dämpft wenn er darüber liegt.

Wir benötigen den Effektivwert des Eingangssignals um ihn mit dem Wert des Threshold zu vergleichen. Der Effektivwert wird mit der RMS-Schaltung ermittelt.

Der VCA leitet das Signal 1:1 weiter wenn die Steuerspannung gleich Null ist, also soll die Threshold-Schaltung dafür sorgen, dass sie gleich null ist wenn die Ausgangsspannung der RMS-Schaltung unter der einstellbaren Threshold-Spannung liegt.

Ist sie darüber soll die RMS-Spannung an die Ratio-Schaltung weitergeleitet werden. Hier wird sie so verändert, dass der VCA das Signal im eingestellten Ratio dämpft. Die Ausgangsspannung der Ratio-Schaltung ist die Steuerspannung des VCA.

Anschließend wird der Gesamtpegel des Signals mit einem Verstärkers mit einstellbarem Gain wieder angehoben.

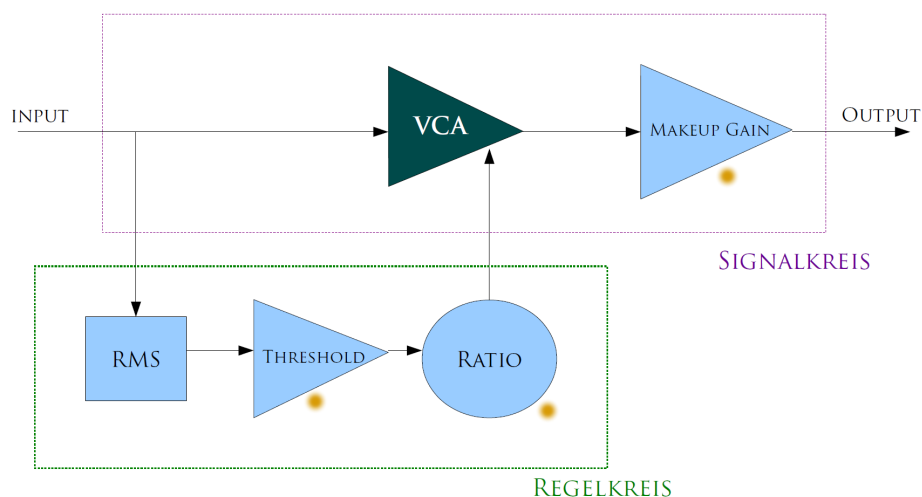


Abbildung 5.3: Blockschaltbild des Kompressors

5.6 Schaltungsentwurf

Wir benötigen den Effektivwert des Eingangssignals um die Steuerspannung für den VCA zu bestimmen. Diesen bestimmen wir mit einem „True-RMS-Detector“, die Schaltung dafür haben wir aus dem Tietze-Schenk. Die Spannung aus dem RMS-Detector soll dann mittels zweier Stellgrößen (Threshold und Ratio) noch entsprechend modifiziert werden um das gewünschte Kompressionsverhältnis einzustellen. Das Einstellen des Threshold realisieren wir mit einem Digitalpotentiometer über das eine Spannung am Eingang eines Komparators gesteuert wird. Am anderen Eingang liegt die RMS-Spannung, am Ausgang liegt das Gate eines nMOS-FET vom Typ xy. Am Drain liegt die Ausgangsspannung des RMS-Detectors. Dieser nMOS-FET führt die RMS-Spannung nur dann über die Source-Drain-Strecke durch einen Kondensator (zur Spannungsglättung) an die Ratio-Schaltung weiter, wenn der Pegel über dem Schwellenwert liegt. Ist dies nicht der Fall gibt der Komparator eine negative Spannung aus und diese wird über eine Diode an Masse geleitet, dann liegen am nMOS-FET 0V an. Der VCA leitet das Signal in diesem Fall 1:1 weiter. Zur Einstellung des Ratio nutzen wir ein Digitalpotentiometer, über das wir die anliegende Spannung im entsprechenden Verhältnis teilen. Diese Spannung wird nun als Steuerspannung an den VCA angelegt. Wird die Spannung voll an den VCA gegeben ist die Dämpfung maximal.

Der Verstärkungsfaktor des Make-Up Gain wird über ein Digitalpotentiometer gesteuert. Das Make-Up Gain realisieren wir mit OPVs, eine genaue Schaltung steht noch nicht fest.

Alle verwendeten Digitalpotentiometer haben $50k\Omega$.

Als VCA verwenden wir einen THAT2181, dieser hat zwei Steuerspannungseingänge, e_{c-} und e_{c+} , der VCA verstärkt wenn an e_{c-} eine negative Spannung anliegt und dämpft wenn eine negative Spannung anliegt. Bei e_{c+} ist dies genau umgekehrt. Wir verwenden jedoch nur positive Spannungen an e_{c-} . Der Verstärkungsfaktor des VCA verhält sich exponentiell zur Steuerspannung am e_{c-} -Eingang.

6 Vibrato/WahWah

6.1 Einleitung

Die Gruppe 5 beschäftigt sich mit dem Tremolo bzw. mit dem Wah Wah Effekt. Speziell unsere Gruppe (Effekt II) ist noch einmal in zwei Untergruppen unterteilt, welche sich mit der Umsetzung der Effekte Vibrato sowie WahWah auseinandersetzen. Letztendlich soll eine Schaltung dimensioniert, simuliert und auf ihre Funktionalität (Steckbrett) getestet werden, sodass diese mit Hilfe des Platinen-Layout-Programms EAGLE in die Realität umgesetzt und von Anwendern benutzt werden kann. Bei dem Tremolo-Effekt soll die Lautstärke eines Liedes in veränderbaren Frequenzen moduliert werden. Auch der Wah Wah - Effekt dient zur Klangbearbeitung eines Liedes. Für diese beiden Effekte hat sich die Gruppe 5 in zwei Teilgruppen aufgeteilt. Um den Wah Wah Effekt kümmern sich Philipp, Max und Elom. Um den Tremolo kümmern sich Lukas, Jonas, Christian und Okay. Zu Beginn der Arbeit wurde

erstmal nach möglichen Schaltplänen geguckt und Ideen für die Umsetzung gesammelt. Im Anschluss ging es schon zum Schaltungsaufbau, der im nächsten Kapitel beschrieben wird.

6.2 Konzeptfindung

6.2.1 Tremolo

Die erste Aufgabe die wir uns gestellt haben, war herauszufinden, was genau ein Tremoloeffekt ist und wie er funktioniert. Dabei haben wir herausgefunden, dass es sich um eine Amplitudenmodulation handelt. Das bedeutet, dass das hochfrequente Audiosignal, mit einem niederfrequenten Sinussignal multipliziert wird. Somit entstanden zwei neue Aufgaben. Als erstes musste man aus einem Gleichspannungssignal ein niederfrequentes Sinussignal generieren und als zweites mussten wir herausfinden, wie man zwei Wechspannungssignale miteinander multipliziert.

Schaltungen zum generieren eines Sinus fanden wir einige, jedoch stellte sich schnell heraus, dass nicht alle für unsere Zwecke geeignet waren. Denn die Frequenz des Sinus durfte nur zwischen 5 und 10Hz liegen, damit es nur die Lautstärke, nicht aber den Klang des Audiosignals beeinflusst. Außerdem wollten wir, sowohl die Amplitude, als auch die Frequenz variabel halten. Das Einstellen von Amplitude und Frequenz sollte dabei über Bauteile funktionieren, die leicht einzustellen sind. Bevorzugt wurden somit Schaltungen, bei denen sich genannte Parameter über Potentiometer einstellen ließen. Nach einigen Recherchen und Simulationen mittels Labview fanden wir eine angemessene Schaltung.

Nun musste die Multiplikation realisiert werden. Dabei stellte sich heraus, dass ein Analogmultiplizierer oder ein VCA benötigt werden würde. Die Schaltungen die wir für VCA's fanden, waren für uns leider nicht realisierbar und die Schaltungen für Analogmultiplizierer stellten sich für unser Vorhaben als unbrauchbar heraus. Auf Grund von Zeitgründen entschieden wir uns somit dafür, einen bereits fertigen VCA zu verwenden.

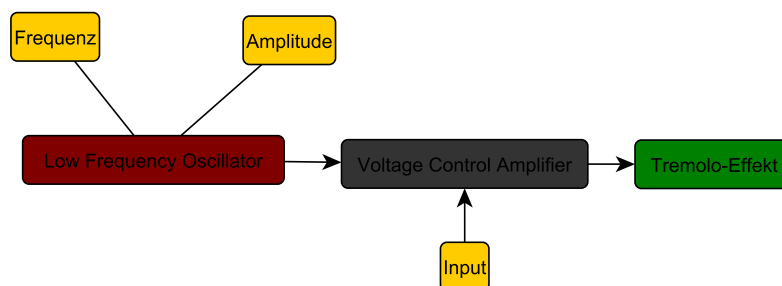


Abbildung 6.1: Blockschaltbild Tremolo

6.2.2 Wah-Wah

Zur Konzeptfindung machten wir uns zunächst mit den verschiedenen Möglichkeiten der Realisierung eines solchen Effektes (WahWah) vertraut, betrachteten unterschiedliche Schaltungen, vollzogen deren Funktionsweise nach und wählten letztlich einen LFO (Low Frequency Oscillator) in Kombination mit einem VCF (Voltage Controlled Filter). Der WahWah-Effekt

soll hier den Sound-Input um eine bestimmte Mittenfrequenz herum schwingen lassen, um den typischen Klang erzeugen zu können. Mit dem von uns dimensionierten LFO (siehe LT-Spice Schaltung) wird ein Steuersignal in Dreieckform erzeugt, welches sich in Amplitude, Frequenz sowie Offset verändern lässt und anschließend auf den VCF als Steuersignal gegeben wird. Der VCF (siehe Abb. 34 vom OTA Datenblatt) wiederum ist ein Filter, welches das eingehende Audiosignal bekommt und mit Hilfe des Steuersignals den gewünschten (über die digitale Anzeige einstellbaren) Effekt erzielt.

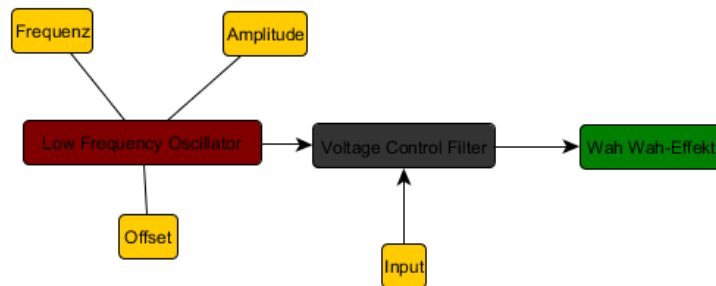


Abbildung 6.2: Blockschaltbild des Wah-Wahs

6.3 Schaltungsentwurf

6.3.1 Tremolo

Der Tremolo Effekt (auch Amplitudenvibrato) entsteht durch eine Sinusförmige Amplitudenmodulation eines Audiosignal. Wodurch die der Schalldruck (oder Lautstärke) des modellierten Audiosignal in der Tremolofrequenz schwingt. Rein Mathematisch lässt sich die Amplitudenmodulation als Multiplikation zweier Signale auffassen. Ein verhältnismäßig langsamer schwingendes Steuersignal (mit Offset) wird mit einem verhältnismäßig schnell schwingenden Audiosignal multipliziert. Hierbei ist ein Nulldurchgang der Amplitude zu vermeiden, da sonst auch die Lautstärke des später hörbaren Signals (dann nicht mehr hörbaren) Signals zu Null wird. Um dass zu verhindern, also die Minimalamplitude größer als Null zu halten, wird das von uns mithilfe eines Low Frequency Oscillator generierte Steuersignal noch mit einem Offset versehen.

Um die Spannungsgesteuerte Verstärkung des gegebenen Audiosignal durch das von uns mithilfe des Low Frequency Oscillator generierten Steuersignals zu realisieren boten sich uns diverse Optionen. Die erste von uns näher untersuchte Option, war die Amplitudenmodulation mithilfe eines Voltage Controlled Amplifier. Nach gründlicher Recherche und dem Studieren einiger Konzeptschaltungen entschieden wir uns für eine Analoge Simulation eines vielversprechenden Schaltplanes mithilfe eines Steckbretts anstelle des Simulationsprogramms. Dies bot sich an, da einige der verwendeten Bauteile zwar Digital nicht auffindbar waren jedoch physisch im Labor zugänglich waren. Jedoch scheiterte die Simulation aus bisher ungeklärten Gründen. Statt der gewünschten Multiplikation beider Signale wurde das Audiosignal lediglich mit einem Offset versehen. Die Schaltung wurde daraufhin aufgrund ihrer Vergleichsweise hohen Komplexität verworfen.

Die zweite von uns in Betracht gezogene Option, war die Realisierung mithilfe eines Analogmultiplizierers. Diese Idee erschien uns aufgrund des geringeren Schwierigkeitsgrades des Schaltungsentwurf als geeigneter als die Umsetzung mit einem Selbstgebauten VCA. Nach Mehrstündiger Recherche entschieden wir uns für die Umsetzung als Operationsverstärkerschaltung. Da diesmal entsprechende Bauteile auch Digital vorhanden waren, simulieren wir eine Konzeptschaltung in LTSpice. Allerdings entsprachen die Ergebnisse der Simulation nicht unseren Erwartungen, denn aus bisher ungeklärten Ursachen erhielten wir am Ausgang der simulierten Schaltung anstatt des gewünschten in Abbildung 1 zu sehenden Signals ein ähnliches aber anderes Signal (Abbildung 3).

Nachdem wir trotz intensiver Fehlersuche auch diesen Fehler nicht gänzlich beseitigen konnten entschieden wir uns Angesichts des inzwischen weit vorangeschrittenen Zeitplans für Option 1 in abgewandter Form, und integrierten einen fertigen VCA in unseren Tremolo-Schaltkreis.

6.3.2 Wah Wah

6.3.3 LFO

Der Low Frequency Oscillator(LFO) übersetzt: Niedrig-Frequenz-Oszillator erzeugt ein Steuersignal, das zur Modulation der Lautstärke oder der Frequenz einer Audiospannung geeignet ist. Durch die Erzeugung in unserem Fall eines Dreieckförmigen Steuersignals werden die Frequenz, die Amplitude und auch den Offset moduliert.

Schaltung

Die Abbildung 3 zeigt die Schaltung des LFO, die aus zwei invertierenden Operation-Verstärkern, einem Integrator, einem Umkehrdifferenzierer, drei Potentiometern, acht Widerständen und einem Kondensator besteht. Im Mittelpunkt der Schaltung steht ein Integrator, dessen Ausgang die Steuerspannung mit den gewünschten Kurvenformen liefert. Durch die Änderung des Widerstands R_3 zwischen $1k\Omega$ und $25k\Omega$ wird die Frequenz verändert. Die Amplitude ändern wir durch die Variation des Widerstands R_6 zwischen $1k\Omega$ und $30k\Omega$ und durch die Variation des Widerstands R_7 zwischen $5k\Omega$ und $16k\Omega$ ändern wir den Offset.

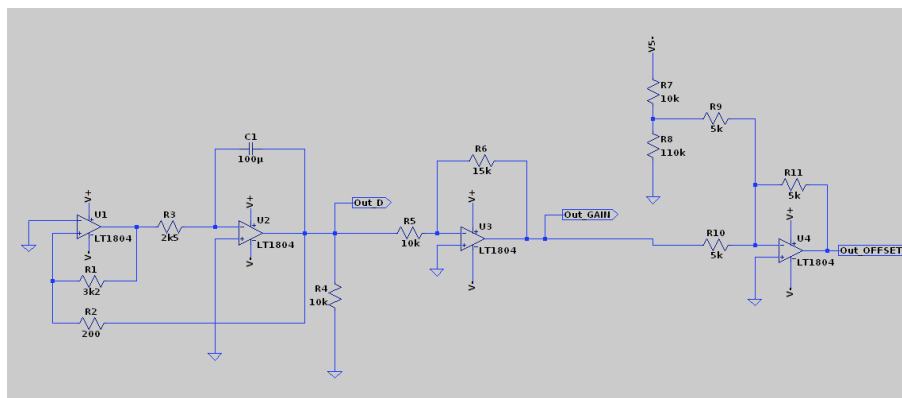


Abbildung 6.3: Schaltung des LFO

6.3.4 VCF

Wah-Wah-Effekte verwenden im Allgemeinen eine Bandpass-Filterstruktur. Es stellte sich jedoch als schwierig heraus, eine Schaltung zu entwerfen, die sowohl Bandpassverhalten aufweist als auch gleichzeitig spannungsgesteuert ist. Deswegen fiel unsere Wahl auf eine Tiefpass-Filterstruktur 2. Ordnung (siehe VCF Schaltung). Das Filter wird durch die Verwendung von Transkonduktanzverstärkern (engl. Operational-Transconductance-Amplifier (OTA)) steuerbar. Die Steuerspannung V_C wird dabei über den Vorwiderstand $R_{ABC} = 15k\Omega$ in den Steuerstrom I_{ABC} (amp bias current) umgewandelt, welcher die OTAs steuert. Durch die

Beschaltung wird ein Butterworth-Tierpassverhalten erzielt. Die Knickfrequenz f_0 des Filters berechnet sich wie folgt:

$$f_0 = \frac{R_A \cdot g_m}{(R + R_A) \cdot 2\pi C} \quad (1)$$

Um eine Knickfrequenz zu erhalten, die im hörbaren Frequenzbereich liegt, wurden entgegen der Abbildung VCF Schaltung Kondensatorwerte von $C = 680\text{pF}$ gewählt. g_m kann aus dem Datenblatt entnommen werden. Außerdem haben wir für den Vorwiderstand eine Parallelschaltung von zwei 33k-Widerständen gewählt. Ansonsten haben wir uns an den vorgegebenen Werten der Schaltung orientiert.

Das größte Problem der Schaltung stellt der Steuerstrom I_{ABC} dar. Die OTAs reagieren sehr empfindlich auf große Steuerströme, der maximal Steuerstrom ist mit $I_{ABC,max} = 2\text{mA}$ angegeben. I_{ABC} soll durch den gewählten Vorwiderstand auf maximal 1mA begrenzt werden.

Beim Test der Schaltung auf dem Steckbrett konnte das Tiefpassverhalten mit einem Audiosignal erfolgreich getestet werden. Um jedoch einen eventuellen Off-Set, der durch die Filterstruktur auf das Audiosignal aufaddiert wird, zu vermeiden wurde der Schaltung noch ein ausgangsseitiger Entkoppelkondensator $C_{out} = 10\text{mF}$ hinzugefügt.

Schaltung

Die Abbildung 4 zeigt die Schaltung des VCF, die aus zwei OTA, Widerständen, Kondensatoren und Transistoren besteht.

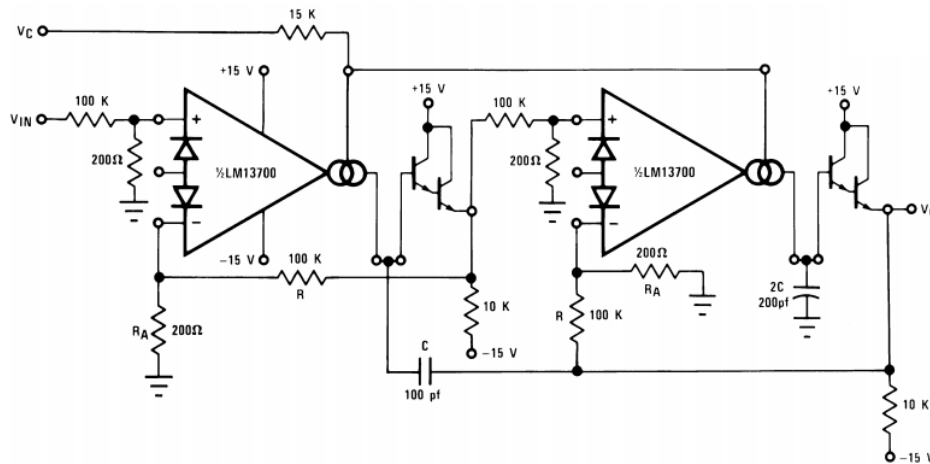


Abbildung 6.4: VCF-Schaltung

6.3.5 Simulation & Layout

6.3.6 Simulation

6.3.7 Tremolo

In Abbildung 6.5 ist die Simulationsschaltung des LFO's zu sehen. Er besteht aus einem Funktionsgenerator zum Erzeugen von Rechteck, Dreieck und insbesondere Sinussignalen, einer Verstärkerschaltung zum Variieren der Amplitude und einer Addierschaltung um einen Offset auf den Sinus zu addieren. Es wird mit einer Versorgungsspannung von ± 12 simuliert. Außerdem verwenden wir den Operationsverstärker TL074. Hinter dem ersten Operationsverstärker, dem Schmitt-Trigger, ist ein Rechteck-Signal (siehe Abb. 6.6) zu messen. Dieses hat bei einer Dimensionierung wie in Abb. 6.5 eine Frequenz von 2,8 Hz und eine Amplitude von $\pm 10,47$ V. Hinter dem Schmitt-Trigger befindet sich der Miller-Integrator, mit dem durch Integration der Rechteckfunktion ein Dreieck-Signal (siehe Abb. 6.6) entsteht. Die Frequenz ist gleich geblieben, lediglich die Amplitude hat sich auf $\pm 3,12$ V verringert. Hinter dem Miller-Integrator befindet sich ein Schaltnetz aus parallelen Widerständen und Dioden, welche einen Sinus-Former (sine shaper) bilden.

Mithilfe des Widerstandes R_1 lässt sich die Frequenz des Dreiecksignals bzw. des Sinussignals verändern. In Abbildung 6.6 ist das unverstärkte Sinus-Signal zu sehen. Beträgt der Widerstand $R_1 = 3$ k Ω , ergibt sich eine Frequenz von 2,8 Hz. Verringert man den Widerstand auf 1 k Ω , ergibt sich eine Frequenz von 8,25 Hz (siehe Abb. 6.7).

Der zweite Teil der Schaltung ist für die Verstärkung und den Offset zuständig. Die Amplitudenregelung wird mithilfe einer invertierenden Verstärkerschaltung realisiert. Mithilfe der Widerstände R_4 und R_1 lässt sich die Verstärkung regeln. Wir wählen jedoch $R_4 = 20$ k Ω

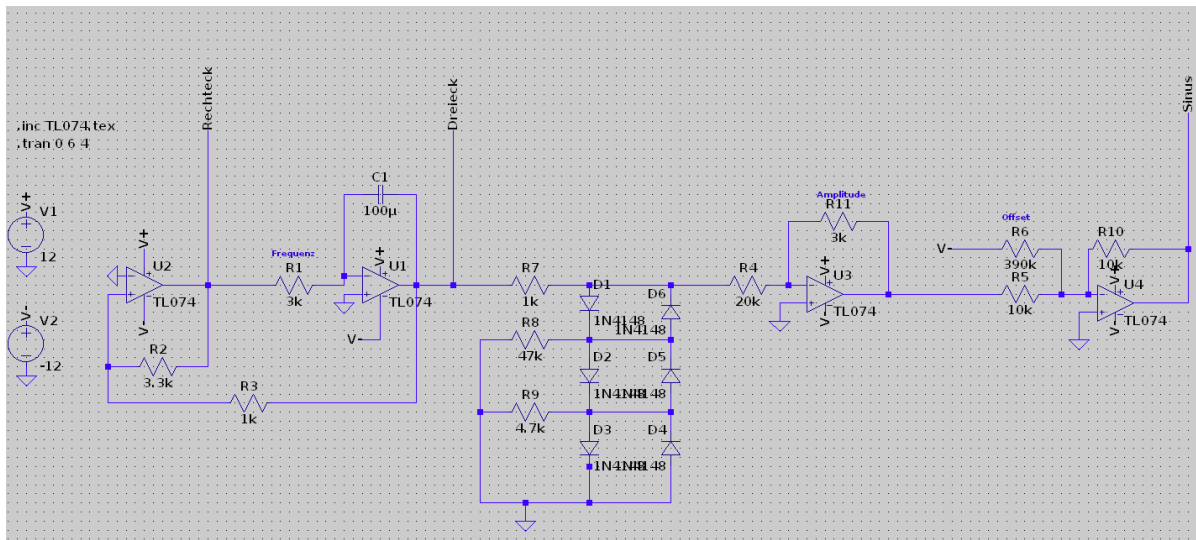


Abbildung 6.5: LFO Schaltung

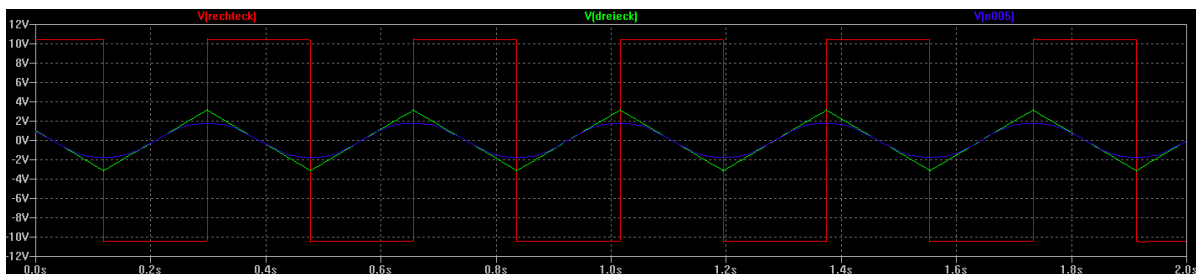


Abbildung 6.6: Dreieck-Rechteck-Generator

fest und lassen R_1 variable. Der Offset wird mithilfe einer Addierschaltung realisiert. Das Sinus Signal wird mit einer konstanten Spannung addiert, welche mit dem Widerstand R_6 verändert werden kann.

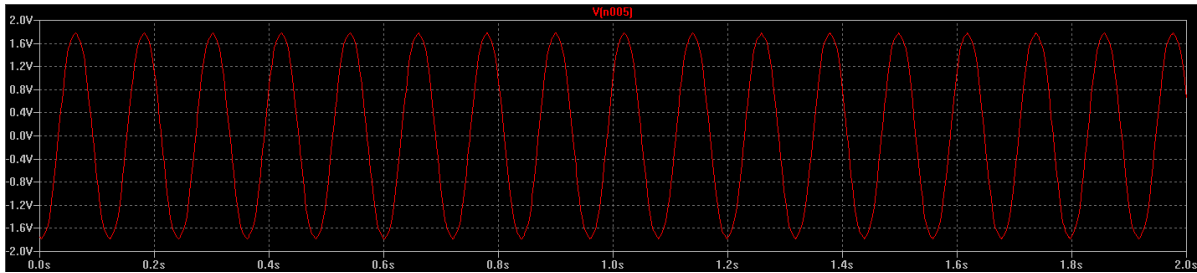
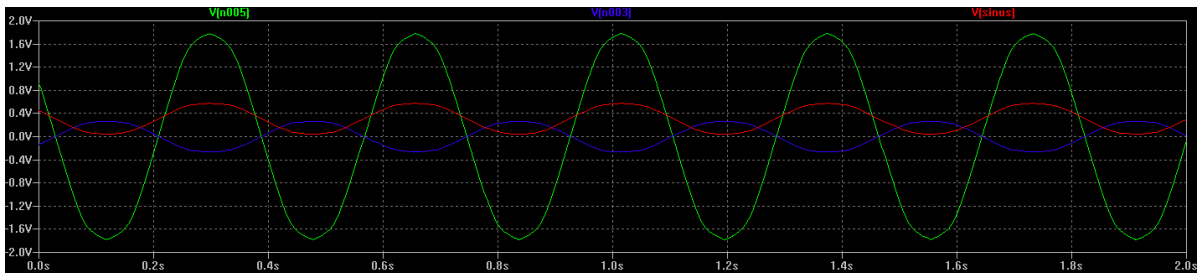
Abbildung 6.7: Unverstärkter Sinus mit $R_1 = 1k\Omega$ 

Abbildung 6.8: Sinus Signal ohne Verstärkung (Grün), mit Verstärkung (Blau) und mit Offset und Verstärkung (Rot)

6.4 Fehlersuche und Inbetriebnahme

- Welche Probleme gab es und was war die Lösung?
- ...

7 Schlusswort

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Blockschaltbild Gruppe 1 - Netzteil | 4 |
| 2.2 | Vorlage | 8 |
| 2.3 | Schaltung: Trafo, Gleichrichter, Glättung (aus LTspice) | 8 |
| 2.4 | Simulation (-12V mit Wellenspannung) | 9 |
| 2.5 | Konstantstromquelle mit Differenzverstärker in LTspice | 10 |
| 2.6 | Blockschaltbild der Logikschaltung | 11 |
| 3.1 | Schaltplanentwurf | 14 |
| 3.2 | Schaltung Eingangsstufe | 15 |
| 3.3 | Addierer der Eingangsstufe | 16 |
| 3.4 | Bandpass der Eingangsstufe | 16 |
| 3.5 | Gesamte Eingangsschaltung | 16 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.6 | Bandfilterschaltung | 17 |
| 3.7 | Komparatorschaltung | 17 |
| 3.8 | Ausgangsstufe | 18 |
| 4.1 | Schaltung: Hauptplatine) | 22 |
| 4.2 | Graphische Darstellung der Menüführung. Benutzte Abkürzungen: Drehencoder (DR), Drehencoder-Taster (DT), Return-Taster (RT) | 23 |
| 4.3 | Schaltung der Steuerplatine des Outputs | 25 |
| 4.4 | Schaltung der Steuerplatine des Tremolos | 26 |
| 4.5 | Schaltung der Kompressor-Steuerplatine | 26 |
| 4.6 | Schaltung der Verzerrer-Steuerplatine | 27 |
| 4.7 | Schaltung der Input-Steuerplatine | 28 |
| 4.8 | Schaltung Equalizer | 28 |
| 4.9 | Schaltung: Hauptplatine) | 29 |
| 4.10 | Schaltplan | 35 |
| 4.11 | Schaltung: Hauptplatine) | 36 |
| 5.1 | Blockschaltbild | 38 |
| 5.2 | Schaltungsentwurf | 39 |
| 5.3 | Blockschaltbild des Kompressors | 42 |
| 6.1 | Skript | 45 |
| 6.2 | Blockschaltbild des Wah-Wahs | 46 |
| 6.3 | Schaltung des LFO | 48 |
| 6.4 | VCF-Schaltung | 50 |
| 6.5 | Skript | 51 |
| 6.6 | Skript | 51 |
| 6.7 | Skript | 52 |
| 6.8 | Skript | 52 |

Tabellenverzeichnis