

<u>Inhaltsbericht:</u>	Seite
1.Einleitung	2
2.Erster Projektversuch	3
2.1.Der Schaltplan	3
2.2.Die Verzerrer Vorstufe	3
2.3.Die Mute Stufe und die Hauptstufe	3
2.4.Das Silicone Diode Clipping und das CMOS Clipping	4
2.5.Der Volladdierer	4
2.6.Die Versorgungsspannung	4
2.7.Die Durchführung	4
3.Zweiter Projektversuch	5
3.1.Die Vorverstärkung	6
3.2.Die Verzerrer-Stufe	7
3.2.1.Die Hochpässe	7
3.2.2.Die Transistoren	8
3.2.3.Die Widerstände	8
3.2.4.Die Potenziometer	8
3.3.Die Durchführung	8
4.Zusatzmaterial	9
4.1.Die Spannugnsversorgung IK-88/I	9
4.2.Das 9 Zoll Rigg	10
4.3.Die verschiedenen Bauteile	10
4.3.1.Der Operationsverstärker	10
4.3.2.Das logische Und-Glied	11
4.3.3.Die Diode 1N4148	11
4.3.4.Die Schottky Diode	12
4.3.5.Der Transistor	12
4.4.Die Kosten	13
5.Anhang	14

6.Quellen

1.Einleitung

In diesem Bericht werde ich die schriftliche Ausarbeitung meines Projektes für das Fach Technologie in der Q3-Phase ablegen. Dieses Projekt wird wie eine Klausur gewertet.

Allgemein wird für eine Verzerrung eines Audiosignals versucht die Frequenz und die Amplitude beizubehalten und nur die Spannungsform zu verändern. An dem Beispiel der E-Gitarre nehmen wir im Folgenden einen Sinusförmige Wechselspannung an die, je nach Gitarre und Spielweise, eine Amplitude zwischen ein paar Millivolt und mehreren Hundert Millivolt.

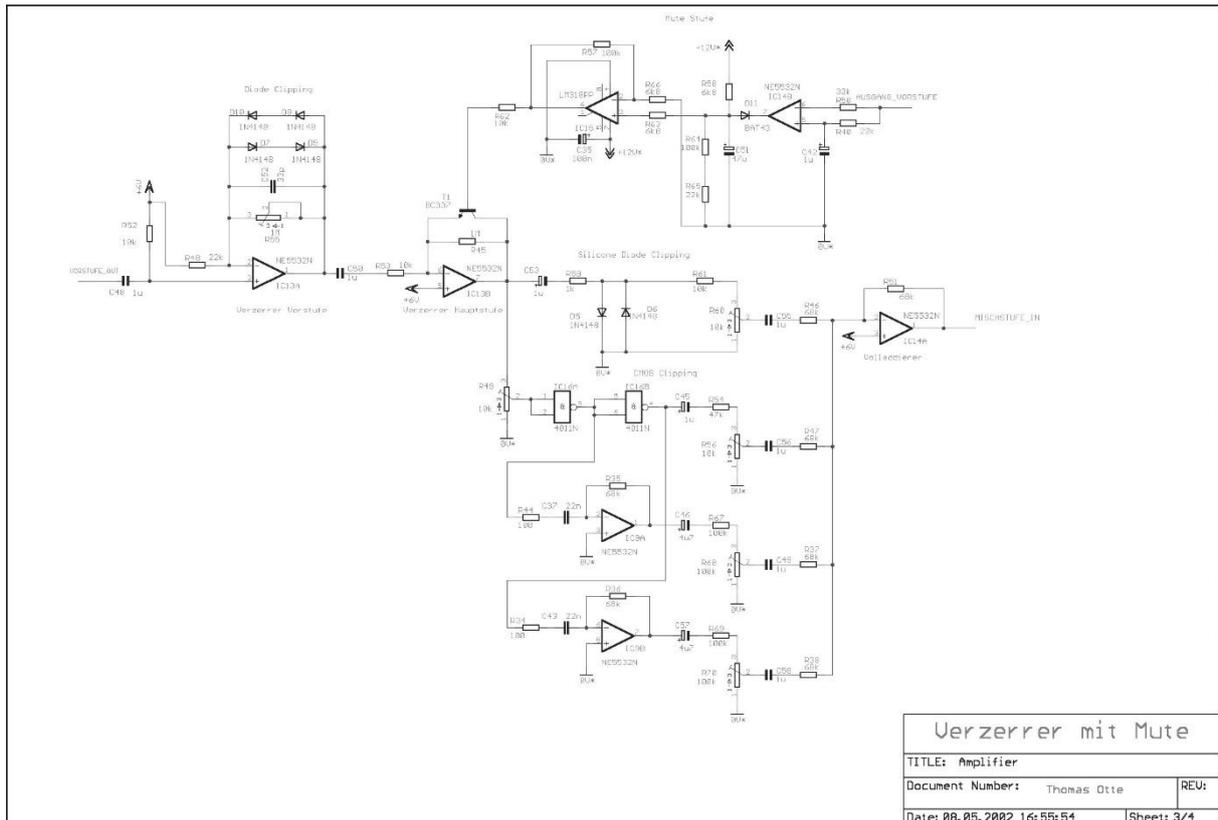
Dieses Signal wird so verändert, dass am Ausgang die gleiche Amplitude und Frequenz vorliegt und sich nur die Spannungsform von einem Sinus zu einer annähernd rechteckigen Spannung verändert hat.

Eigentlich sollte dieser Bericht nur aus einer Verzerrerschaltung bestehen. Da diese aber nicht funktioniert habe ich eine zweite Schaltung aufgebaut, welche jedoch nicht so umfangreich ist wie die erste. Ich werde nun auf beide Schaltungen eingehen.

2. Erster Projektversuch

Der erste Projektversuch beschreibt meinen ersten Versuch eines Gitarren-Verzerrers. Dieser scheiterte in mehrerer Hinsicht aber dazu später.

2.1. Der Schaltplan



Das ist der Schaltplan des ersten Projektversuches.¹

2.2. Die Verzerrer Vorstufe

Das Potentiometer R55 steuert die Lautstärke, da maximal an den Dioden 1,2 Volt anliegen können und das Potentiometer mit sinkendem Widerstand diese überbrückt, was dann einen Einfluss auf die Verstärkereigenschaften des IC13A hat. Diesen Vorgang bezeichnet man als Dioden-Clipping, da die Spannung an den Dioden abgeschnitten wird.

2.3. Die Mute Stufe und die Hauptstufe des Verzerrers

Hier liegt das Steuersignal an und steuert den Transistor T1 und damit die Verstärkung des IC13B in der Hauptstufe. Durch die ständig wechselnde

¹ www.eso.de

Verstärkung ergibt sich ein charakteristischer Klang bzw. eine charakteristische Verzerrung, welche sich von Verzerrer zu Verzerrer verändert.

2.4. Das Silicone Diode Clipping und das CMOS Clipping

Diese beiden Arten des Clipping sorgen dafür, dass das Signal in eine annähernd rechteckförmige Spannung umgewandelt wird. Da bei einer rechteckförmigen Spannung die Flankensteilheit maximal ist klingt diese in unseren Ohren aggressiv. Dies kommt durch die Umwandlung der Spannung in Töne, da dabei die Spule schnell Magnetisiert und wieder entmagnetisiert wird. Durch diese Schnelle Magnetfeldänderung entstehen am Lautsprecher eine starke Spannung und damit auch ein starker Ton. Dieser Ton wird in unserem Ohr als aggressiv wahrgenommen. Da jedoch die Frequenz beibehalten wird bleibt der Ton in seiner Tonhöhe und Intensität gleichbleibend.

2.5. Der Volladdierer

Der Volladdierer sorgt dafür, dass die Ausgangssignale des Silicone Diode Clipping und des CMOS Clipping zu einem Ausgangssignal zusammengesetzt werden. Der hier verwendete Operationsverstärker hat eine Verstärkung von 1. Diese nun resultierende Ausgangsspannung kann an einen Lautsprecher angeschlossen werden.

2.6. Die Versorgungsspannung

Bei dieser Schaltungen werden drei verschiedene Versorgungsspannungen benötigt. Eine von diesen wird durch das Netzgerät IK-88/I erzeugt(+12 Volt). Die anderen Spannungen müssen jedoch auf anderen Wegen erzeugt werden. Diese fehlenden Spannungen sind einmal +6 Volt und einmal -6Volt.

Diese Spannungen werden teilweise als Ausgleichspotenziale für die Verluste in der Schaltung verwendet. Jedoch braucht man die +- 6 Volt für den Betrieb der Operationsverstärker.

Realisiert werden die zwei fehlenden Spannungen durch das Bauteil LM7806 und LM7906. Diese sorgen bei einer Eingangsspannung von +-12 Volt für eine konstante Ausgangsspannung von +-6 Volt. Dazu werden ansonsten noch 4 Kondensatoren benötigt die als Filter für letzte Wechselstromanteile wirken und um die Ausgangsspannung zu glätten.

2.7. Die Durchführung

Am Anfang habe ich alle Bauteile auf die Hauptplatine des Projektes gelötet. Bei den Integrierten-Schaltkreisen(im Folgenden mit IC abgekürzt; englisch für

integrated-circuit) habe ich die Bauteile nicht direkt auf die Platine gelötet, sondern habe IC-Brücken mit jeweils 8 Pins (Anschlusspunkte) auf der Platine befestigt. Auf diese Brücken konnten dann am Ende noch die Bauteile draufgesteckt werden, denn diese sind relativ empfindlich aber dazu später mehr in der Beschreibung der Bauteile.

Nach dem Löten der Hauptplatine habe ich mich erstmal an die Versorgungsspannung versucht. Am Anfang habe ich über einen Transformator, eine Brückengleichrichtung und eine Spannungsstabilisierung versucht meine Versorgungsspannung zu erstellen. Dies hat soweit auch ganz gut funktioniert. Die Transformatoren verfügten hierbei aus Sicherheitsgründen über eine galvanische Trennung zwischen den Spulen der Primär- und Sekundärseite. Bei der Brückengleichrichtung wurde die transformierte Wechselspannung zu einer Gleichspannung gleichgerichtet. Hierbei errechnet sich gleichgerichtete Spannung wie folgt: $U_{\text{=}} = \hat{u} * \sqrt{2}$. Demnach musste ich die Ausgangsspannung der Transformatoren nach der folgenden umgestellten Formel berechnen: $\hat{u} = \frac{U_{\text{=}}}{\sqrt{2}}$. Nach der Brückengleichrichtung baute ich mit Bauteilen der Reihe LM78XX und LM79XX. Das XX steht hierbei für die gewollte Ausgangsspannung. Diese Bauteile wurden dazu noch am Eingang und am Ausgang mit insgesamt je zwei kleinen Kondensatoren zusammengelötet, um eventuelle Wechselspannungsanteile zu glätten.

Nachdem ich jedoch das 9" Rigg bekommen habe mit der Spannungsversorgung des Typs IK88/I habe ich diese erste versuchte Realisierung der Versorgungsspannung verworfen, lediglich die Bauteile LM78XX und LM79XX inklusive ihrer Kondensatoren habe ich teilweise beibehalten um die restlich notwendigen Versorgungsspannungen zu erzeugen.

Der Aufbau der neuen Versorgungsspannungen hat soweit auch ganz gut funktioniert. Im Labortest wurden alle gebrauchten Spannungen einwandfrei erzeugt. Nach dem ersten Testlauf fiel mir jedoch auf, dass der Verstärker nicht funktioniert.

Nach einem erneuten studieren des Schaltplanes und der Bauteile fiel mir auf, dass die Versorgungsspannung der Operationsverstärker, die als IC's verbaut wurden, nicht richtig berücksichtigt wurden.

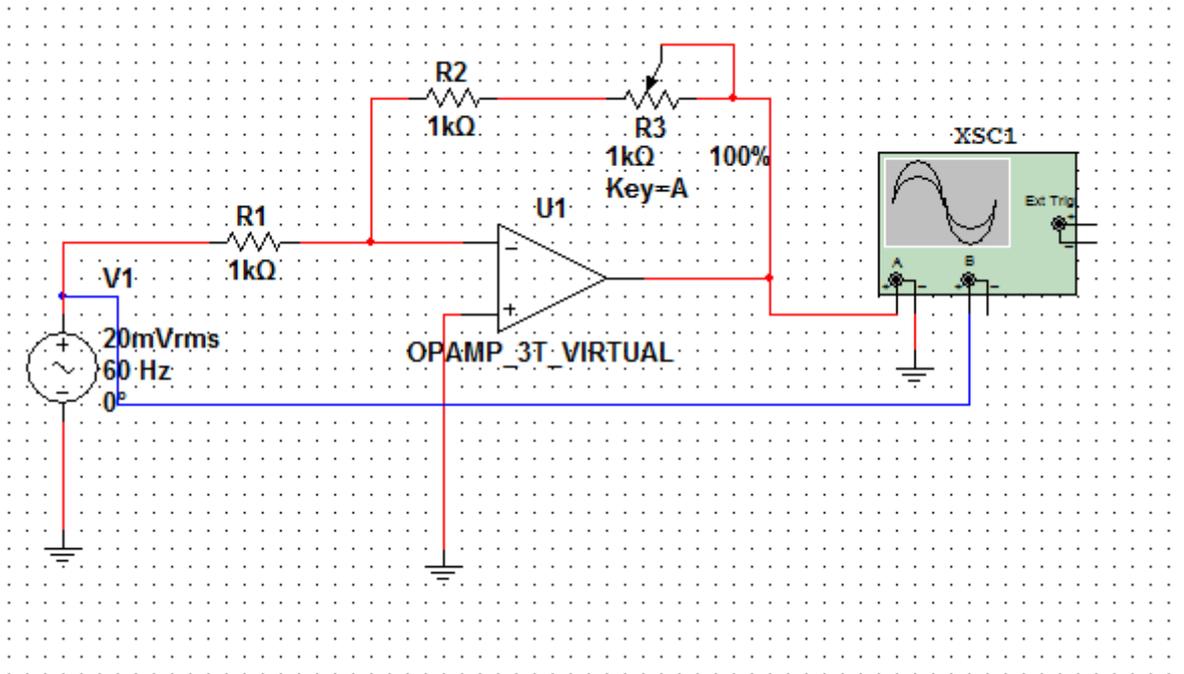
3.Zweiter Projektversuch

Da der erste Projektversuch nicht zum gewünschten Ergebnis geführt hat, wird nun eine zweite Schaltung diesen Versuch ersetzen.

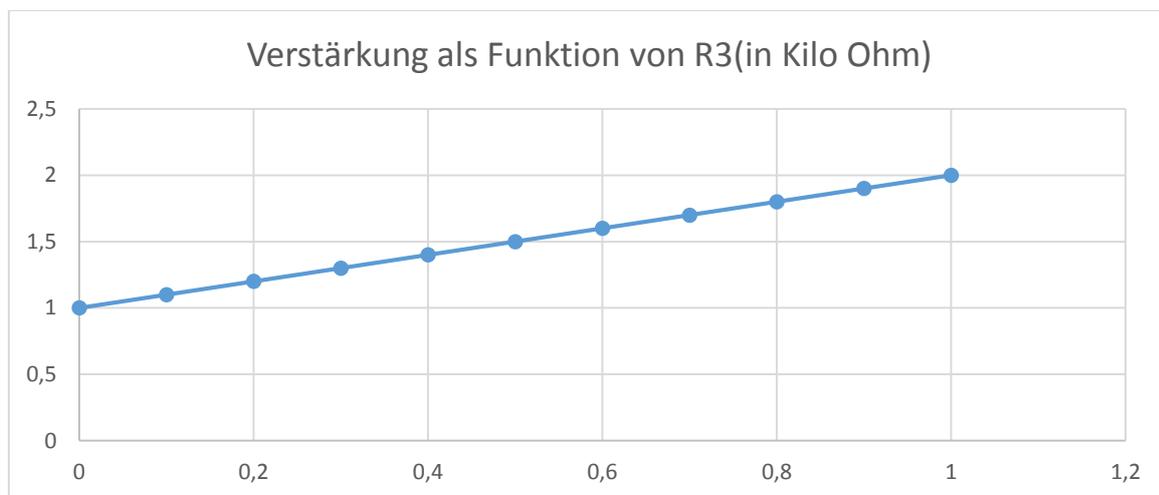
Der zweite Versuch besteht aus einer Vorverstärkung, und einer Verzerrer-Stufe. Die Versorgungsspannung des IK88/I beträgt in diesem Fall nun einmal +9 Volt und -9 Volt. Die anderen Ausgänge werden nicht benötigt.

3.1. Die Vorverstärkung

Die Vorverstärkung des zweiten Projektversuches besteht aus 4 Bauteilen. Als erste den Operationsverstärker TL072 (**U1**), zwei Widerstände mit je 1k Ohm (**R1,R2**) und einem Potenziometer mit auch 1k Ohm(**R3**). Die Vorverstärkung wird wie folgt zusammgebaut:



Die Reihenschaltung von R2 und R3 ergibt einen einstellbaren Widerstand zwischen 1 und 2 Kilo Ohm. Durch die Formel $B_{R3} = \frac{R2+R3}{R1} = \frac{1k\Omega+R3}{1k\Omega}$ ist die Verstärkung das Verhältnis von R2+R3 zu R1. Demnach lässt sich die Verstärkung in Abhängigkeit von R3 zwischen 1 und 2 ändern.

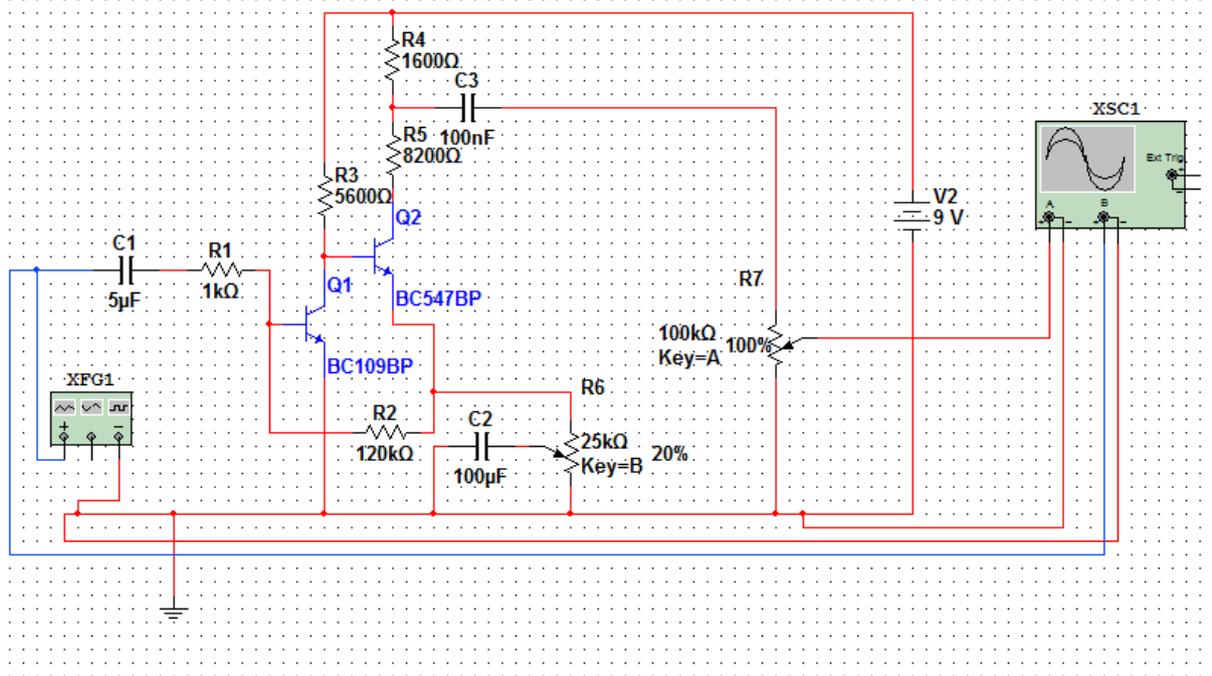


Die Vorstufe wird am Ende dann so eingestellt, dass das Eingangssignal durch die Gitarre soweit verstärkt wird, dass die Schaltung selbst einen einfachen Seitenanschlag der Gitarre verstärkt.

3.2. Die Verzerrer-Stufe

Die Verzerrer-Stufe ist die das Herz des Verzerrers. Sie soll, wie oben erwähnt, das Eingangssignal der Gitarre verzerren. Allgemein gesagt wandelt die Schaltung eine Sinusspannung in eine annähernd rechteckförmige Spannung um.

Die Schaltung besteht aus zwei Transistoren der Typen BC109BP(Q1) und BC547BP(Q2), drei Kondensatoren mit 5µF(C1), 100µF(C2) und 100nF(C3), 2 Potenziometer mit 25k Ohm(R6) und 100k Ohm(R7) und 5 Widerständen zwischen 1k Ohm und 120k Ohm(R1-R5). Als letztes wird eine 9 Volt Versorgungsspannung benötigt.



3.2.1. Die Hochpässe

Der Hochpass am Eingang der Schaltung sorgt dafür, dass nur Frequenzen über der Grenzfrequenz $f_{G_{In}} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi * 1k\Omega * 5\mu F} = 31,83Hz$ übertragen werden und damit verzerrt werden können. Die Grenzfrequenz am Eingang ist deshalb so niedrig gewählt, da hiermit ein relativ breites Frequenzspektrum übertragen wird um somit eine breite Spanne von Tönen übertragen zu können. Man setzt deshalb die Eingangsfrequenz nicht höher da die Gitarre in ihrem Ausgangssignal nicht nur eine Frequenz im hörbaren Spektrum hat. Das Ausgangssignal besteht aus mehreren Frequenzen die übereinander gelegt sind. Diese Vielfalt an Frequenzen ist verantwortlich für den eigenen Klang der Gitarre.

Der zweite Hochpass befindet sich am Ausgang der Schaltung, vor dem Lautstärkereger R7. Die Grenzfrequenz ist hierbei abhängig vom Potenziometer und ist folgendermaßen einstellbar: $f_{G_{zn}} = \frac{1}{2\pi P_2 C_1} = \frac{1}{2\pi * P_2 * 100nF} = 0 \dots 15,9 - Hz.$

3.2.2. Die Transistoren

Der erste Transistor sorgt für die Verzerrung der Schaltung. Dies erkennt man aus der Kennlinie des Transistors BC 109.

Der zweite Transistor sorgt für eine Stromverstärkung der Schaltung bei einer Spannungsverstärkung von 1. Dies sorgt für einen geringen Eingangswiderstand der Schaltung um die Quelle nicht zu belasten. Zugleich wird durch die Stromverstärkung der Ausgangswiderstand relativ gering gehalten. Allgemein wird so ein Verhalten als Entkopplung behandelt.

3.2.3. Die Widerstände

Der Widerstand R3 hat eine Spannung von 0,6 Volt. Er sorgt für einen Offset des Basispunktes auf eine Höhe von 0,6 Volt und erzeugt eine Basis-Emitter-Spannung von 0,6 Volt. Dadurch machen die Transistoren gerade so auf und sorgen dafür, dass eine minimale Änderung am Eingang eine starke Änderung am Ausgang hervorruft.

Die Widerstände R2, R4 und R5 sind ein Spannungsteiler, der ein Offset der Eingangsspannung für die Transistoren erzeugt, da diese nur eine reine positive Spannung verarbeiten können.

3.2.4. Die Potenziometer

Das erste Potenziometer P1 steuert die Rückkopplung und dadurch die Wirkungsweise der Transistoren. Die Rückkopplung ist eine so genannte Stromgegenkopplung und steuert den wirksamen Widerstand für den Wechselstrom. Eine Stromerhöhung an P1 führt zu einer Spannungserhöhung an P2. Dadurch werden die Basis-Emitter-Spannungen der beiden Transistoren reduziert.

Das zweite Potenziometer P2 befindet sich am Ausgang der Schaltung. Es steuert die Ausgangslautstärke des Verzerrers.

3.3. Die Durchführung

Die Durchführung des zweiten Projektversuches war simpler und einfacher zu verwirklichen. Zuerst wurde die Verzerrer-Stufe ausgebaut. Die verschiedenen Bauteile wurden zusammen auf eine Lochraster-Platine gelötet und in das 9 Zoll Rigg eingebaut. Der Schaltplan wurde an die 2 Klinkenbuchsen und an einen Überbrückungsschalter angeschlossen.

Nachdem ich das Projekt mit Hilfe einer Gitarre und eines Verstärkers ausprobiert habe hat es schon funktioniert. Das einzige Problem lag bei dem Anschlag von einer Gitarrenseite. Hierbei kam kein Signal am Ausgang an. Der Grund lag vermutlich an dem zu geringen Basisstrom für den ersten Transistor.

Die Lösung des Problems war eine vorgeschaltete Verstärkerschaltung mit Hilfe eines Operationsverstärkers. Diese sorgte für eine ausreichende Stromverstärkung um den ersten Transistor bei nur einem Seitenanschlag durchzuschalten.

4.Zusatzmaterial

Das Projekt welches nur den zweiten Projektversuch enthält befindet sich in einem Platinenrigg welches mit 9 Zoll Platinen bestückt werden kann. Beide Projektversuche wurden auf solchen 9 Zoll Platinen aufgebaut.

Zusätzlich zu diesem Rigg wurde ein Labornetzgerät verbaut mit dem Typ IK-88/I. Dieses Netzgerät und das Rigg stammen von einer ehemaligen Meisterprüfung der IHK und werden auch heute noch verwendet.

Ich werde nun in den folgenden Kapiteln genauer auf beide Materialien eingehen.

4.1.Das Labornetzgerät IK-88/I

Das Labornetzgerät ist eine Spannungsquelle die sowohl an der Front als auch an der Rückseite Anschlüsse besitzt, an denen eine Spannung abgenommen werden kann.

Es besitzt fünf verschiedene Spannungsarten. Von diesen fünf Spannungsarten sind drei Gleichspannungen und zwei Wechselspannungen. Zwei der Gleichspannungen lassen sich zwischen neun und 15 Volt einstellen, wobei beachtet werden muss, dass der eine Anschluss eine positive Ausgangsspannung liefert und der andere eine negative Ausgangsspannung. Der letzte Gleichspannungsausgang liefert eine konstante Ausgangsspannung von plus 15 Volt. Die Wechselspannungsquellen geben einmal eine Wechselspannung von 15 Volt/50Hz und eine einstellbare Wechselspannung mit einer konstanten Frequenz von 100 Hz.

Das Netzgerät transformiert die 230 Volt Wechselspannung in zweimal 8,5 Volt mit Maximal 1 Ampere, einmal 8,5 Volt mit maximal 100 milli Ampere und zweimal in 17 Volt mit Maximal 1 Ampere. Der Netztrafo besitzt eine galvanische Trennung, das bedeutet, dass die Spannung die an den Ausgängen des Netzgeräts anliegt nicht das gleiche Massepotenzial besitzt wie die Netzspannung die am Eingang anliegt. Dies ist eine Sicherheit, welche dafür sorgt, dass bei einem Kurzschluss man keinen Stromschlag abbekommt, außer man greift zwischen Masse und einen stromführenden Leiter, dann bekommt man trotzdem einen Stromschlag. Diese Vorrichtung kennt man von einem Regel-Trenn-Transformator

Jeder Ausgang des Netzgerätes ist mit einer Sicherung geschützt die bei einem Ampere auslösen, dies ist ein weiterer Schutz vor einem lebensgefährlichen Kurzschluss.

Nach dem Transformator werden die Spannungen getrennt. Zweimal 17 Volt und einmal 8,5 Volt werden an ein Modul angeschlossen, welches die Spannungen gleichrichtet und siebt, dort werden die letzten beiden 8,5 Volt weitergeleitet.

Zudem wurde von mir ein Kabel nach hinten gelegt, welche es ermöglicht am Ausgang auch 230 Volt/50Herz Wechselspannung zu benutzen. Dieses Kabel wurde an den Ausgängen des Netzgerätes geschaltet und ist damit von dem

Schalter schaltbar. Dieses zusätzliche Kabel ermöglicht den Einbau eines zweiten Netzgerätes was durch den Schalter des IK88/I geschaltet wird.

4.2. Das neun Zoll Rigg

Das Rigg ist das Gehäuse des Projektes. In es eingebaut ist die oben erwähnte Spannungsversorgung IK-88/I. Zusätzlich dazu bietet es Platz für mehrere 9 Zoll Bus-Platinen die mit Führungsschienen dort befestigt werden.

Zusätzlich dazu habe ich aus Aluminiumplatten die freien Flächen abgedeckt. Damit die Spannungsversorgung nicht überhitzt wurden in die Deck- und Bodenplatten Löcher gebohrt durch die die Luft zirkulieren kann. Diese Platten wurden zugeschnitten und abgewinkelt, damit sie auf das 9 Zoll Rigg passen.

An der Front sind 3 Aluminiumplatten angebracht, welche eine Steuerung des Projektes ermöglichen. Bis jetzt werden nur zwei dieser Platten benutzt. Diese Platten beinhalten jeweils eine Buchse für das Ein- und Ausgangssignal, zudem einen Schalter zum Überbrücken der Schaltung und Potenziometer um die Parameter der Schaltung einfach zu verändern. Auf Grund des ersten Projektversuches wurden in die erste Steuerplatte 6 Bohrungen für die Potenziometer angebracht. Da jedoch im Rahmen des zweiten Projektversuches nur 2 Potenziometer benötigt werden, bleiben die restlichen 4 Löcher unbelegt und bieten Platz für die Steuerung eines zusätzlichen Einschubes. Alle Aluminiumflächen wurden aufpoliert.

Das Zusatzgehäuse ist durch 8 Schrauben an dem 9 Zoll Rigg befestigt. Die 6 Schrauben an der Front wurden an der Spitze abgeschnitten, da man sonst das Rigg beschädigt hätte. Die Schrauben für das Zusatzgehäuse haben einen Durchmesser von Die Schrauben für die Aluminiumplatten haben einen Durchmesser von

4.3. Die verschieden Bauteile

4.3.1. Der Operationsverstärker

Ein Operationsverstärker ist ein integriertes Bauteil mit 5 Eingängen. Es gibt jeweils einen positiven und negativen Eingang, einen Ausgang. Dazu benötigt der Operationsverstärker eine positive und negative Versorgungsspannung.

Der Operationsverstärker hat an sich eine Verstärkung von unendlich aber real gesehen geht die Verstärkung nur bis zu den Versorgungsspannungen. Er versorgt sowohl Wechselspannungen und Gleichspannungen. Im inneren ist der Operationsverstärker in 3 Stufen aufgebaut. Die beiden Eingänge führen zu einer Differenzverstärkerschaltung. Danach kommt eine Treiberstufe gefolgt von einer Endstufe.

Der Differenzverstärker sorgt für einen hohen Eingangswiderstand, damit der Eingangsstrom nahe 0 gehalten wird um eine Belastung der Eingangsspannung zu vermeiden. Die Treiberstufe sorgt danach für eine hohe Spannungsverstärkung

und die Endstufe sorgt schließlich für die Stromverstärkung und damit einen geringen Ausgangswiderstand.

Um die Funktionsweise kurz zu beschreiben kann gesagt werden, dass der Operationsverstärker versucht die Spannung zwischen den beiden Eingängen auf null zu bringen und hebt dadurch das Potenzial am Ausgang dementsprechend an. Den Operationsverstärker kann man also als eine Art der Regelschaltungen verstehen.

4.3.2. Das logische Und-Glied

Um logische Und-Glieder zu verstehen muss man sich erstmal mit den Begriffen High und Low auseinandersetzen. Als High wird ein positives Signal verstanden was einer bestimmten Spannung entspricht. Meistens ist diese auf ein Potenzial von 5 Volt festgelegt. Als Low wird dann ein Signal verstanden, welches ein Potenzial von 0 Volt besitzt.

Ein Und Glied besitzt wie der Operationsverstärker meistens 2 Eingänge, einen Ausgang und eine Versorgungsspannung. Die Versorgungsspannung entspricht den Potenzialen High und Low.

Das besondere an den Und-Gliedern ist, dass sie am Ausgang das Signal High geben, wenn an beiden Eingängen High anliegt.

4.3.3. Die Diode 1N4148

Die Diode des Typs 1N4148 ist ein perfektes Beispiel für die Halbleiterdioden. Sie ist gepolt und besitzt 2 Schichten. Diese 2 Schichten sind geteilt in eine n- und eine p-Schicht. Zwischen den beiden Schichten existiert eine Sperrschicht die durch eine Spannung überbrückt werden muss. Diese Spannung ist in unserem Beispiel der Diode 1N4148 0,6 Volt, sie wird auch als Schwellenspannung bezeichnet. Die n-Schicht ist die Kathode der Diode und die p-Schicht ist die Anode.

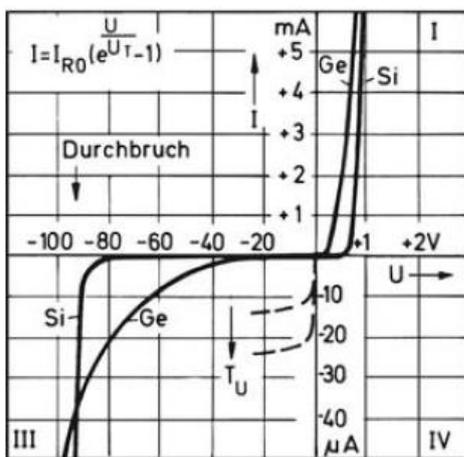


Abbildung 1: Kennlinie zur Germanium-/Siliziumdiode

Eine Besonderheit der Dioden ist ihre Kennlinie. Im positiven Bereich ist der Strom durch die Diode annähernd 0, aber nur bis zu dem Zeitpunkt wo die Spannung 0,6 Volt übersteigt. Ab diesem Zeitpunkt steigt der Strom exponentiell zur Spannung. Im negativen Bereich sperrt die Diode bis zu einer Spannung von ca. -90 Volt.

Eine Diode kann also als eine konstante Spannungsquelle gewertet werden, da sie relativ unabhängig von dem sie durchfließenden Strom eine relativ konstante Spannung von 0,6 Volt beibehält. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit ist die

Spannungsbegrenzung oder die konstante Stromquelle in der die Diode parallel zu einem Widerstand geschlossen wird und daher dann ein konstanter Strom fließt.²

4.3.4. Die Schottky Diode

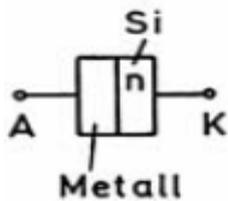


Abbildung 2: Schematischer Aufbau einer Schottky Diode

Eine Schottky Diode ist eine Diode die keinen P-N-Übergang hat sondern einen Metall-N-Übergang besitzt. Den Verbindungspunkt der beiden Schichten bezeichnet man als Schottky-Barriere. Sie ermöglichen, anders als sonstige Halbleiterelemente eine Schaltfrequenz von über 1MHz. Ihre Schwellenspannung liegt im Fall von einer Silizium-Schottky-Diode bei 0,4 Volt und damit 0,2 Volt unter der Schwellenspannung von einer normalen Halbleiterdiode.³

4.3.5. Der Transistor

Transistor funktioniert wie ein Schalter. Er wird gesteuert mit einem Basisstrom und einer Basis-Emitter-Spannung. Diese Basis-Emitter-Spannung ist wie bei einem Halbleiter-Element 0,6 Volt.

Um grob die Funktionsweise eines Transistors zu beschreiben kann man sagen, dass mit einem kleinen Basisstrom ein großer Strom am Ausgang gesteuert werden kann.

In unserem Beispiel werden die Transistoren dazu verwendet, um die Verzerrung zu erzeugen.

² Vgl. Elemente der angewandten Elektronik S. 30

³ Vgl. Elemente der angewandten Elektronik S. 244

4.4. Die Kosten

Bauteil	Kosten pro Bauteil in Euro	Anzahl	kummulierte Kosten in Euro
10k OHM Res	0,1	4	0,4
22k OHM Res	0,1	3	0,3
1M OHM Res	0,1	1	0,1
100k OHM Res	0,1	4	0,4
6k8 OHM Res	0,2	3	0,6
33k OHM Res	0,1	1	0,1
1k OHM Res	0,1	4	0,4
68k OHM Res	0,1	7	0,7
47k OHM Res	0,1	1	0,1
100 OHM Res	0,1	2	0,2
5k6 OHM Res	0,2	1	0,2
1k6 OHM Res	0,2	1	0,2
8k2 OHM Res	0,2	1	0,2
120k OHM Res	0,1	1	0,1
1µF Kondensator	0,06	8	0,48
22nF Koondensator	0,05	2	0,1
47µF Kondensator	0,06	1	0,06
100pF Kondensator	0,05	1	0,05
33pF Kondensator	0,05	1	0,05
100nF Kondensator	0,06	1	0,06
100µF Kondensator	0,08	1	0,08
5µF Kondensator	0,05	1	0,05
IC-NE5532N	0,66	2	1,32
IC-4011	0,23	2	0,4
LM318PP	0,48	1	0,48
10k OHM Poti	0,1	2	0,2
100k OHM Poti	0,1	3	0,3
1M OHM Poti	0,1	1	0,1
25k OHM Poti	0,1	1	0,1
1k OHM Pori	0,06	1	0,06
Diode 1N4148	0,5	6	3
Diode BAT43	0,03	1	0,03
Transistor BC337	0,48	1	0,48

Transistor BC109BP	0,42	1	0,42
Transistor BC547BP	0,6	1	0,6
	Gesamtbetrag in Euro:		19,2

5.Anhang

6.Quellen

http://www.christiani.de/pdf/1680_B%5B1%5D.pdf 13.10.2015 08:26

http://www.christiani.de/pdf/67864_montageanleitung.pdf 13.20.2015 08:52

<http://www.eseo.de/Grafiken/ampeffekt.jpg> 26.11.15 14:04

Elemente der angewandten Elektronik; von Erwin Böhmer, Dietmar Ehrhardt, Wolfgang Oberschlep; ISBN: 978-3-8348-0543-0

5.1.Bildquellen

Abbildung 1: Siehe Elemente der angewandten Elektronik S.31

Abbildung 2: Siehe Elemente der angewandten Elektronik S.245