



Technische Universität Berlin
Fakultät IV
Institut AVT & EMSP
Fachgebiet ...

Tongesteuerter Roboter mit Metalldetektor

Abschlussbericht Projektlabor 2014

Gruppe B: "Search-E"

16. Juni 2014

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	5
1. Section Einleitung	5
II. Unsere Gruppen	6
1. Gruppe - Audiosensor	6
1.1. Einleitung	6
1.2. Untergruppe Audio	7
1.2.1. Mikrofonverstärker	7
1.2.2. Gleichrichter	9
1.3. Untergruppe Logik und Noise-Gate - Die Logik	11
1.3.1. Planung	11
1.3.2. Entstehungsprozess	13
1.3.3. Fertigstellung	13
1.4. Untergruppe Logik und Noise-Gate - Das Noise-Gate	14
1.4.1. Einführung	14
1.4.2. Entstehungsprozess	14
1.4.3. Endgültiger Entwurf	15
2. Gruppe - Metallsensor	17
2.1. Einleitung	17
2.2. Blockschaltbild	17
2.3. Teilgruppen	17
2.4. Metalldetektor	18
2.4.1. Einführung	18
2.4.2. Problemstellung und Lösungsentwurf	18
2.4.3. Umsetzung	20
2.5. Signalverarbeitung	22
2.5.1. Entstehungsprozess der Schaltung	22
2.5.2. Entstehung der Richtungsschaltung	23
2.5.3. Entstehung der Antriebsschaltung	23
2.5.4. Dimensionierung der Schaltung	24

2.5.5.	Dimensionierung der Richtungsschaltung	24
2.5.6.	Dimensionierung der Antriebsschaltung	24
2.5.7.	Testaufbau	25
2.6.	Anzeige und Ausgabe	25
2.6.1.	Entstehung der Schaltung (David Schütze)	25
2.6.2.	Dimensionierung der Schaltung(Yigit Öztürk)	26
2.6.3.	Testaufbau(Patrick König)	26
3.	Gruppe - Hindernis und Anzeige	27
3.1.	Die Gruppe	27
3.1.1.	Untergruppen und Teilnehmer	27
3.2.	Hindernissensoren	27
3.2.1.	Zielsetzung und Idee	27
3.2.2.	Schaltungsgestaltung	28
3.3.	Ausweichalgorithmus	28
3.3.1.	Ideenfindung und Ziele	29
3.3.2.	Blockschaltbild und Schaltung	30
3.3.3.	Weiterer Verlauf	31
3.4.	Visuelle Ausgabe / LCD	31
3.4.1.	Dargestellte Informationen	31
3.4.2.	Schaltung und Ansteuerung	32
3.4.3.	Programmierung	33
3.4.4.	Weiteres Vorgehen	34
3.5.	Auditive Ausgabe	34
3.6.	Anhang Gruppe B3	35
3.6.1.	Quelltext (Stand: 16.05.2014)	35
4.	Gruppe - Antrieb	41
4.1.	Einführung	41
4.2.	Logik	41
4.3.	Treiberstufe	42
4.4.	Vorbereitung	42
4.5.	Versuche	42
4.6.	Zusammenfassung	42
5.	Gruppe - Energieversorgung	43
5.1.	Einleitung	43

5.2. Schnittstellen	44
5.3. Akku und Akkuladeverfahren	44
5.3.1. Einleitung	44
5.3.2. Problemstellung und Lösungsentwurf	45
5.3.3. Umsetzung	46
5.4. Schutzschaltungen	49
5.4.1. Einleitung	49
5.4.2. Problemstellung und Lösungsentwurf	49
5.4.3. Umsetzung	49
5.5. Akkustandanzeige	51
5.5.1. Einleitung	51
5.5.2. Problemstellung und Lösungsentwurf	51
5.5.3. Umsetzung	51
5.6. Stabilisierung	55
5.6.1. Einleitung	55
5.6.2. Problemstellung und Lösungsentwurf	55
5.6.3. Umsetzung	56
5.6.4. Versuche	60
5.6.5. Zusammenfassung	60

III. Bedienungsanleitung/Handbuch

61

Teil I.

Einleitung

1. Section Einleitung

Text

Teil II.

Unsere Gruppen

1. Gruppe - Audiosensor

1.1. Einleitung

Alexander Bau

„Search-E“ ist ein tongesteuerter Roboter. Geplant ist, dass er eine bestimmte Tonquelle oder allgemein ein Audiosignal erkennen und sich zu diesem bewegen kann. Mit der Umsetzung dieser Aufgabe beschäftigt sich unsere zehnköpfige Gruppe.

hier kommt ein Bild der Gruppe hin

Gruppeneinteilung

Zu Beginn unserer Arbeit erstellten wir folgende Teilbereiche die ein mögliches Audiosignal durchlaufen muss, damit wir dem Antrieb eine Richtungsweisung bzw. Lenkbefehle schicken können.

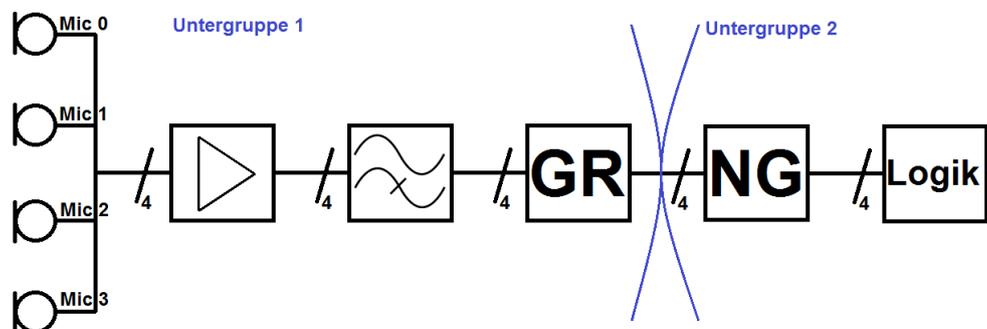


Abbildung 1: Blockschaltbild unserer Gruppe: Mikrofon, Verstärker, Hochpass, Gleichrichter, Noise-Gate und Logikaufbau

Daraufhin teilten wir uns, wie in der Grafik zu sehen, in zwei Untergruppen zu je 5 Personen auf.

1.2. Untergruppe Audio

1.2.1. Mikrofonverstärker

Julian Krakor

Aufgabenstellung

Die vier Mikrofone die zur Ermittlung der Richtung dienen, müssen zuerst verstärkt werden, bevor sie weiterverarbeitet werden. Die verwendeten Mikrofone besitzen eine Sensitivität die mit -37dB bei einem Ton der Frequenz $f = 1\text{kHz}$ und einem Schalldruckpegel von 1 Pa. Der Bezugswert ist $0\text{dB} = 1\text{V/Pa}$.

Mit diesem Wert und den Ergebnissen aus den ersten Versuchen die Mikrofone zu verstärken, konnte der von dem Verstärker geforderte Verstärkungsfaktor auf ca. 10000 festgelegt werden.

Des weiteren ist ein Hochpassverhalten zur Begrenzung des Einflusses der Motorengeräusche und Erschütterungen gefordert. *Schaltung* Die Bandbreite eines OPVs wird durch höhere Verstärkungsfaktoren verringert.

$$\text{Bandbreite} = \frac{\text{Verstaerkungs} - \text{Bandbreite} - \text{Produkt}(\text{GBP})}{\text{Verstaerkungsfaktor}}$$

Bei einem Verstärkungsfaktor von 10000 müsste das GBP des OPVs mindestens 20MHz betragen, um Frequenzen bis 2kHz verstärken zu können. Um trotzdem auf OPVs wie den TL07x zurückgreifen zu können, der ein GBP von 3MHz hat, ist der Verstärker aus zwei kaskadierten OPV Verstärkerschaltungen aufgebaut.

Beide Verstärkerschaltungen wurden als invertierend und mit integriertem Bandpass umgesetzt. Der erste Kondensator blockt außerdem die Spannungsversorgung des Mikrofons ab, während der Koppelkondensator zwischen beiden OPVs den Offsetfehler des ersten kompensiert. Diese Offsetspannung ist beim TL07x mit 3mV größer als das zu verstärkende Signal und könnte zu einseitigem Clipping führen.

Die 100k Widerstände an den nicht invertierenden Eingängen dienen zum Ausgleich des Input Bias Stroms. Dieser fließt immer aus den Eingängen und erzeugt einen Spannungsabfall an den Widerständen und führt damit zu einem Offsetfehler. Um diesen auszugleichen wird am nicht invertierenden Eingang ein Widerstand zur Masse gelegt, der dem Widerstand, durch den

der Strom aus dem invertierenden Eingang fließt, entspricht. Dadurch sollen sich beide abfallenden Spannungen ausgleichen. Da der Strom aus dem invertierenden Eingang nicht durch den Kondensator abfließen kann, muss er durch den 100k Widerstand in der Gegenkopplung fließen. Der Input Offset Strom, der den Unterschied der beiden Ströme an den Eingängen angibt wird hier vernachlässigt. Ebenfalls wird der Trimmer innerhalb der zweiten Verstärkerschaltung hierbei vernachlässigt.

Eigenschaften der Schaltung:

- Verstärkung um 80-95dB (regelbar)
- Hochpass 2. Ordnung mit Grenzfrequenz 500Hz
- Tiefpass 2. Ordnung mit Grenzfrequenz 8kHz (bzw. 3,5kHz bei maximaler Verstärkung)

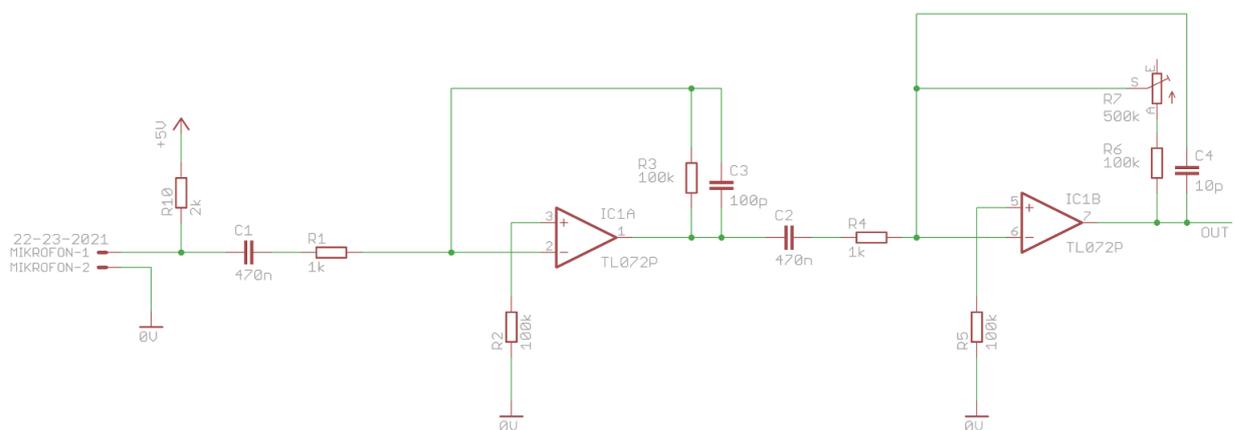


Abbildung 2: Mikrofonverstärkerschaltung

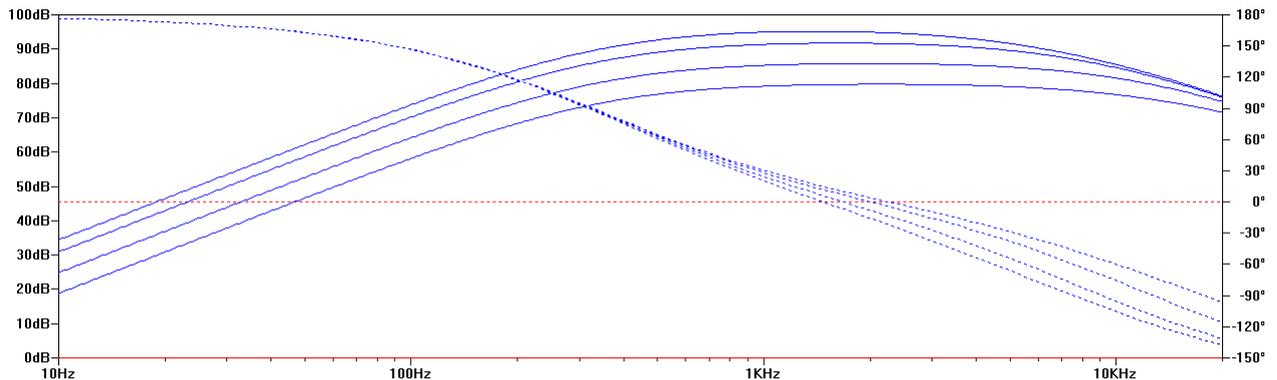


Abbildung 3: Bode-Diagramm der Verstärkerschaltung mit unterschiedlichen Einstellungen des Trimmers

1.2.2. Gleichrichter

Marcel Opitz, Robin Reichelt

Für den Gleichrichter verwendeten wir eine Vorlage von der Internetseite Elliott Sound Products ¹.

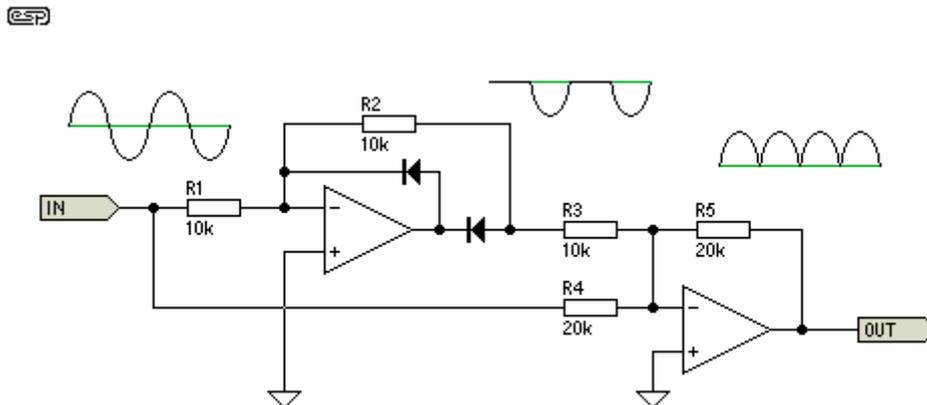


Abbildung 4: Vorlage für unsere Schaltung (<http://sound.westhost.com/appnotes/an001.htm>)

Als erstes haben wir die Schaltung noch mal simuliert und überprüft ob die Schaltung unter unseren Anforderungen entspricht was der Fall war. Da diese

¹ <http://sound.westhost.com/appnotes/an001.htm>

Schaltung uns nur ein gleichgerichtetes Signal liefert haben wir die Schaltung noch um einen Tiefpass erweitert. Bei der Simulation und im nachfolgenden haben wir die Dimensionierung der Widerstände auf $22k\Omega$ erhöht, da dies im Labor verfügbar waren. Weiter benutzen wir als Operationsverstärker einen IC der Firma Texas Instrument (TL074CN). Für den Tiefpass haben wir eine Kondensator $1\mu F$ in den Rückkopplungszeit des zweiten OPVs eingefügt.

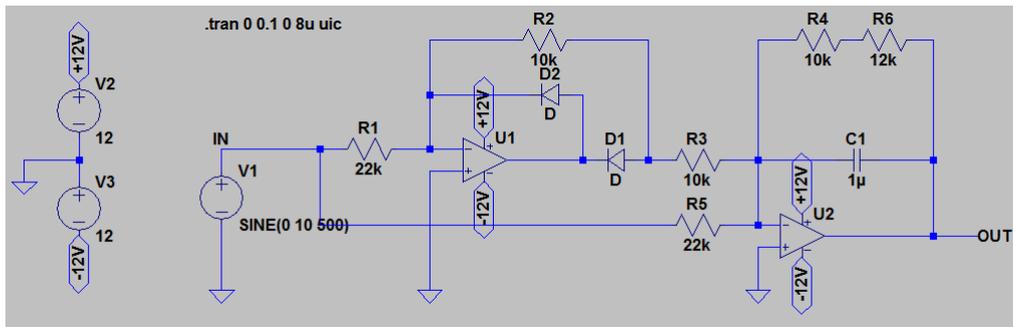


Abbildung 5: Simulation unsere Schaltung, Aufbau

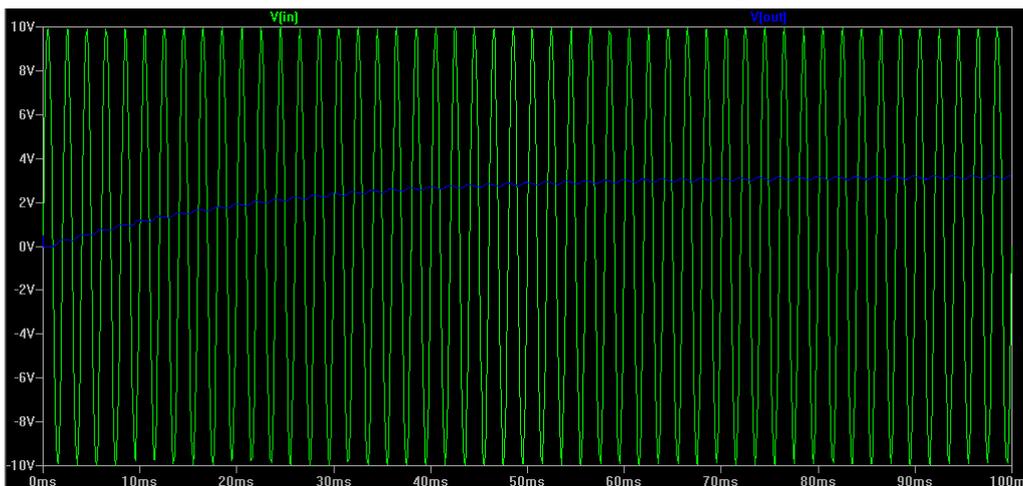


Abbildung 6: Pegel in der Simulation unserer Schaltung

Der erste Versuchsaufbau scheiterte, wie sich später herausstellte war das verwendete Steckbrett beschädigt. Das wurde behoben indem ein anderes Steckbrett benutzt wurde.

Beim Zusammenschalten unserer der Schaltung mit der Gruppe von Julian und Chris, funktionierte unsere Schaltung unerklärlicherweise nicht. Mit einem gesteuerten Eingangssignal aus dem Funktionsgenerator dagegen zeigte sie das gewünschte Verhalten. Durch eine Untersuchung fanden wir heraus,

dass das Oszilloskop falsch eingestellt war. Es wurde versehentlich AC statt DC gemessen, wodurch unser Gleichspannungssignal herausgefiltert wurde und das Oszilloskop nur das existente Grundrauschen anzeigte.

Die Schaltung wurde nun getestet und harmoniert auch mit der voran geschalteten Schaltung. Die einzige Änderung zum finalen Aufbau besteht im Ersetzen von $R6$ als Trimmer statt einen Festwiderstand, um die Verstärkung nachträglich anpassen zu können, und $R1$ und $R2$ wurden wieder durch $20k\Omega$ ersetzt damit die Schaltung stabiler läuft.

Bezeichnung	Wert
Widerstand R1	22k Ω
Widerstand R2	10k Ω
Widerstand R3	10k Ω
Widerstand R4	10k Ω
Widerstand R5	22k Ω
Widerstand R6	12k Ω
Diode D1	1N048
Diode D2	1N048

Abbildung 7: verwendete Bauteile

1.3. Untergruppe Logik und Noise-Gate - Die Logik

1.3.1. Planung

Alexander Bau, Felix Huth, Tan Trinh Ngoc

Die Herausforderung für uns in der zweiten Untergruppe liegt darin High- und Lowsignale, die uns die Audiogruppe übergibt, in einer Logikschaltung zu vergleichen und einen digitalisierten Ausgangsbefehl für eine Richtungsweisung weiter zu leiten.

Möglichkeiten

Zunächst stellte sich für uns die Frage, wie die Mikrofone angebracht sein müssten, um optimale Werte liefern zu können. Schnell konnten wir uns auf folgende Anordnung einigen:

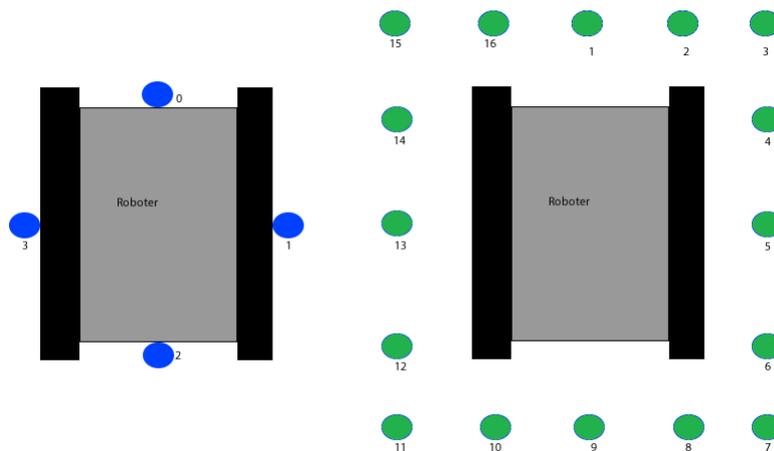


Abbildung 8: Anordnung der Mikrofone und mögliche Signalrichtungen

Daraus ergab sich eine Anzahl von maximal 16 möglichen Richtungen aus der eine Tonquelle geortet werden könnte.

Problem Zielerfassung

Mit der Entscheidung preisgünstigere Mikrofone zu verwenden, stießen wir auf das Problem, wie Search-E nun sein Ziel, die Tonquelle, findet. Zum Einen reduzierte sich die Anzahl der Zustände auf maximal acht, da die Intensität der Mikrofone nicht feinfühlig genug sein wird und zum Anderen wurde es unmöglich eine genaue Entfernungsmessung durchzuführen. So kamen wir auf die Idee, dass der Roboter beim direkten Kontakt mit der Tonquelle einen „Tanz“ vorführt (siehe Abbildung).

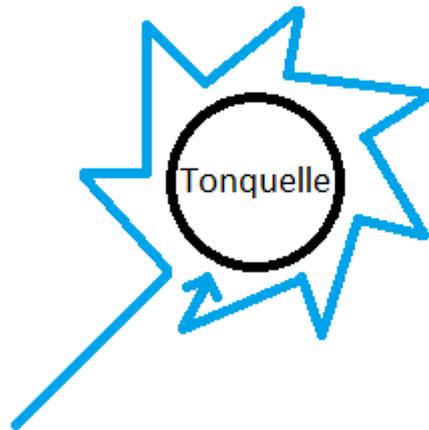


Abbildung 9: Der „Robotertanz“ am Ziel

Lösungskonzept

Zur Verwirklichung der Logik planten wir nun einen Abgleich der verschiedenen „Zustände“ wie wir sie in einer Wahrheitstabelle aufführten, um daraus einen Befehl an den Antrieb senden zu können.

Szenario	Bedingungen						Antrieb	
	Mic 0 Mic 1	Mic 0 Mic 2	Mic 0 Mic 3	Mic 1 Mic 2	Mic 1 Mic 3	Mic 2 Mic 3	Links	Rechts
16 bis 2	>	>	>				True	True
4 bis 6	<			>	>		True	False
8 bis 10		<		<		>	False	True
12 bis 14			<		<	<	False	True

Abbildung 10: Vergleich der „Zustände“

1.3.2. Entstehungsprozess

...

1.3.3. Fertigstellung

...

1.4. Untergruppe Logik und Noise-Gate - Das Noise-Gate

Alexey Loutchko, Linh Dang

1.4.1. Einführung

Da unser Suchroboter nur auf akustische Signale reagieren soll, die einen bestimmten Pegel überschreiten, ist es notwendig, alle schwächeren Signale (z.B. Motorgeräusche, Umfeldgeräusche, etc.) auszublenden.

Das Ziel ist es also, eine elektronische Schaltung zu entwickeln, die als eine Art Schalter fungiert. Dieser Schalter soll ein permanentes Signal (unseren Schwellenwert) und ein weiteres Signal aus dem Mikrofon bekommen. Ist das aus dem Mikrofon erhaltene Signal stärker als das Signal des Schwellenwerts, so soll mit dem erhaltenen Signal weitergearbeitet werden. Ist hingegen der Schwellenwert höher als das Signal des Mikrofons, so soll ein Signal von 0V ausgegeben werden. In diesem Fall wird also das Signal des jeweiligen Mikrofons, das von außen ein zu schwaches Signal erhält, nicht an die Logikschaltung weitergeleitet.

1.4.2. Entstehungsprozess

Nach ausgiebigen Recherchen fand sich ein bereits existierendes Bauteil, das die von uns geforderten Aufgaben erfüllt, das Noise Gate. Das Einsetzen dieses Bauteils in die Schaltung der Audiogruppe hätte viel Arbeit erspart, jedoch liegt der Preis von Noise Gates außerhalb des vorgesehenen Budgets (20 Euro aufwärts pro Noise Gate).

Aus diesem Grund mussten wir uns nach Alternativen für das Noise Gate umsehen. Die erste Überlegung war, einen Schmitt-Trigger, welcher im Grunde eine elektronische Komparatorschaltung ist, und einen Transistor als Schalter zusammenzuschalten. Da die meisten Schmitt-Trigger invertierend arbeiten, hätte also noch ein Inverter in Reihe an den Ausgang des Triggers geschaltet werden müssen. Schließlich haben wir diese Idee auch verworfen, da wir mit einer Orcad Capture Simulation gesehen haben, dass ein Operationsverstärker und zwei Widerstände denselben Effekt wie ein Schmitt-Trigger und ein Inverter haben.

1.4.3. Endgültiger Entwurf

Die entgültige Schaltung für das alternative Noise Gate besteht nun, wie bereits beschrieben, aus einem OPV, der an zwei Widerstände geknüpft ist und einem Transistor als Schalter. Abbildung 1 zeigt die Schaltung und die Simulation mit Orcad Capture.

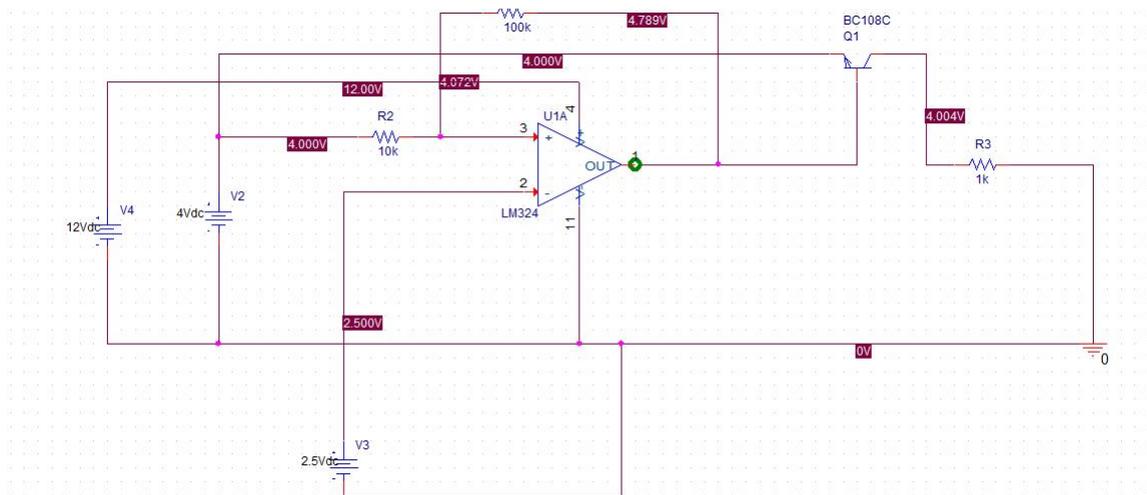


Abbildung 11: Simulationsschaltung mit Orcad

Die Simulationsabbildung zeigt, wie bei einem anliegenden Signal von 4V und einer Schwellenspannung von 2.5V rund 4V am Ausgang (R3 in Abb.1) anliegen. Dies stimmt auch mit dem Ziel und der Planung der Schaltung überein. Ist andersherum der Schwellenwert größer als das eingehende Signal (z.B. Schwellenspannung 2.5V und Signal 2.0V), so kommt am Ausgang nur eine Spannung im Mikrobereich an. Diese ist gleichbedeutend mit Null Volt, da sie nicht ausreicht, um die an die Noise Gate Schaltung anknüpfende Logikschaltung zu betreiben.

Nachdem die Schaltungssimulation funktionierte, haben wir diese am Steckbrett getestet. Dabei haben wir einige Änderungen vorgenommen, wie Abbildung 2 zeigt.

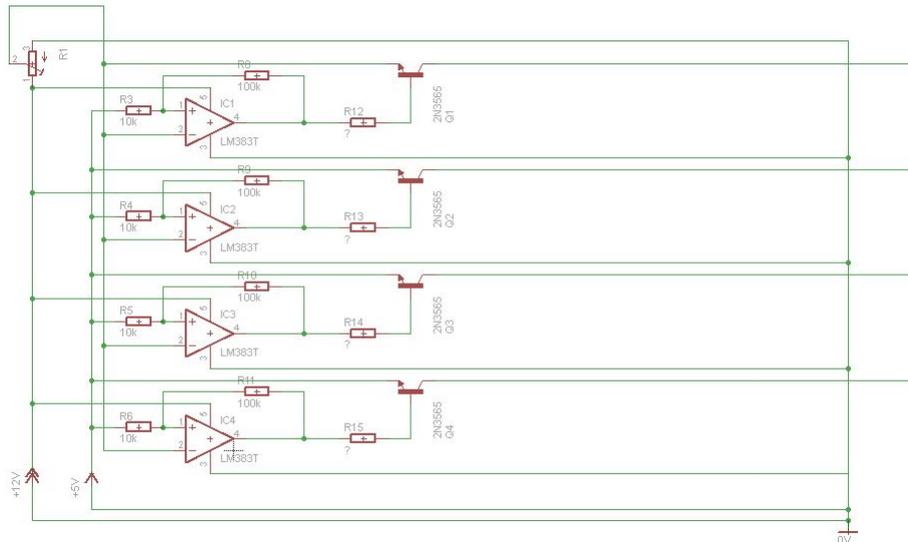


Abbildung 12: Schaltung mit Eagle

Einerseits erkennt man, dass ein Potentiometer eingefügt wurde. Dieses dient dem einfachen Einstellen der Schwellenspannung, indem es als Spannungsteiler fungiert. Andererseits ist sichtbar, dass an der Basis jedes Transistors ein Vorwiderstand eingefügt wurde. Schließlich ist noch erkennbar, dass vier mal dieselbe Schaltung zusammenschaltete wurde, ein Mal für jedes Mikrofon.

Abschließend kann man zusammenfassen, dass das alternative Noise Gate zwar einen recht einfachen, aber dennoch sehr wichtigen Teil der Audio-Gruppe darstellt. Es ist notwendig, um die wichtigen von den unwichtigen Audiosignalen zu trennen und es stellt gleichzeitig die Schnittstelle zwischen den Mikrofonen und der Logik dar.

2. Gruppe - Metallsensor

2.1. Einleitung

Patrick Borchers

Diese Gruppe beschäftigt sich mit dem Metalldetektor, der unter Search-E angebracht wird. Mit seiner Hilfe kann der Roboter Metall aufspüren. Die Gruppe besteht aus 10 Leuten, die in drei Teilgruppen an dem Projekt gearbeitet haben.

hier kommt ein Bild der Gruppe hin

2.2. Blockschaltbild

Nach einiger Zeit konnten wir uns auf ein Blockschaltbild festlegen, das vor allem die Beziehungen und die Aufgaben der drei Teilgruppen festlegt, aber auch die Schnittpunkte zu allen anderen Gruppen beachtet. Vorne, links und rechts vom Roboter befindet sich je eine Spule, die von der Metalldetektor-Gruppe entworfen werden. Die Signalverarbeitungs-Gruppe muss die Signal von den Metalldetektoren verarbeiten und je ein 5V Signal an den Antrieb und die Gesamt-Anzeige weitergeben. Auch an unsere kleinere Anzeige-Gruppe muss ein 5V Signal gesendet werden. Außerdem ist das Signal vom Metalldetektor an die Anzeige weiterzuleiten. Die Metalldetektor-Gruppe arbeitet mit 12V und die Signalverarbeitungs-Gruppe und Anzeige-Gruppe arbeiten mit 5V angelegter Spannung.

2.3. Teilgruppen

Wir haben uns schon beim ersten Termin des Projektlabors entschieden uns in drei Gruppen einzuteilen. Die erste Gruppe kümmert sich um den eigentlich Metalldetektor. Sie ist für den Bau der Spulen zuständig und muss eine erhöhte Spannung ausgeben, wenn Metall gefunden wurde. Die zweite Gruppe verarbeitet das Signal weiter. Hierbei wird in zwei Teilschaltungen unterschieden. Eine Teilschaltung kann ein Stoppsignal an den Motor senden,

wenn Metall gefunden wurde und eine andere liefert entsprechend Spannung an die Anzeige-Gruppe, welche die dritte Gruppe darstellt. Die Anzeige-Gruppe zeigt mit LEDs die Stärke des detektierten Signal an. Diese Gruppe verwendet zweimal dieselbe Schaltung, einmal für 8 LEDs rechts und einmal für 8 LEDs links. Dabei wird die Spannung von der Logikgruppe entweder an die rechte oder an die linke Teilschaltung der Anzeige-Gruppe angelegt, je nachdem auf welcher Seite ein stärkeres Magnetfeld ausgemacht wurde. Die Metalldetektor Gruppe besteht aus fünf, die Signalverarbeitungs-Gruppe aus zwei und die Anzeige-Gruppe aus drei Studenten. Im folgenden wird der Entstehungsprozess der Schaltungen jeder Teilgruppe erläutert.

2.4. Metalldetektor

Teham Bhuiyan

2.4.1. Einführung

Search-E soll in der Lage sein nach Metall zu suchen. Unsere Teilgruppe bestehend aus 5 Personen sind für die Metalldetektoren zuständig, mithilfe dessen der Roboter metallische Objekte finden soll.

2.4.2. Problemstellung und Lösungsentwurf

Im groben besteht jeder Metall-Detektor aus einer Such- und Empfängerspule, wobei die Suchspule ein magnetisches Wechselfeld aufbaut (wird durch Wechselstrom durchflossen). Da unsere Energiequelle uns Gleichstrom liefert, brauchen wir eine Möglichkeit aus Gleichstrom Wechselstrom zu erzeugen. Um dieses Problem zu lösen verwendeten wir den sogenannten Meißner-Oszillator.

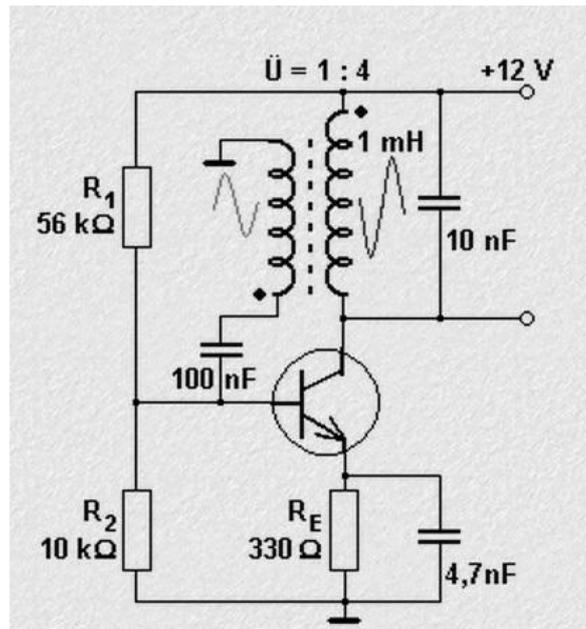


Abbildung 14: hier fehlt eine Bildunterschrift

Hierbei wird ein LC-Schwingkreis eingesetzt um den benötigten Wechselstrom zu erzeugen.

Die gekoppelten Spulen dienen als Such- und Empfängerspule. Befindet sich Metall in Reichweite der Suchspule, wird eine Spannung in der Empfängerspule induziert. Der induzierte Strom muss weitergeleitet und verstärkt werden, sodass andere Gruppen mit dem Signal weiterarbeiten können.

Die Schaltung wurde dementsprechend verändert:

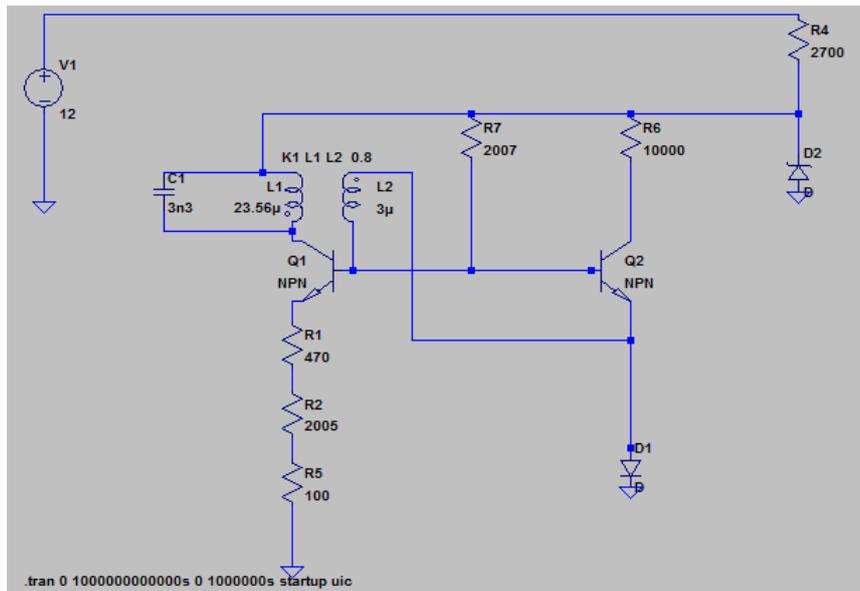
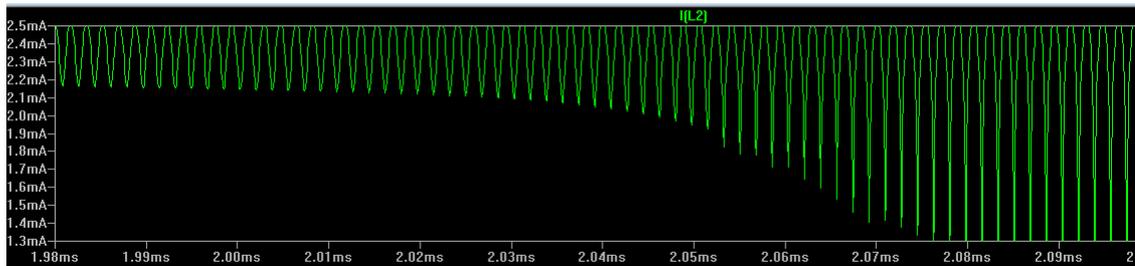


Abbildung 15: hier fehlt eine Bildunterschrift

Der erste Transistor kompensiert die Phasenverschiebung, da er das Signal um weitere 180 Grad verschiebt (insgesamt 360 Grad). Die beiden Trimmer dienen zur Feinjustierung. Der 2. Transistor verstärkt das durch Induktion erzeugte Signal. Die Zener-Diode bricht bei einem zu großen Strom durch und leitet ihn ab. Grob gesehen besteht die Schaltung aus einem Oszillator und einem Verstärker. Da der Roboter auch in der Lage sein soll die Richtung des gefundenen Metalls zu bestimmen, haben wir uns überlegt 3 Metalldetektoren zu konstruieren (vorne, rechts, links), sodass man am Ende über die Stärke des Signals die Richtung des Metalls bestimmen kann.

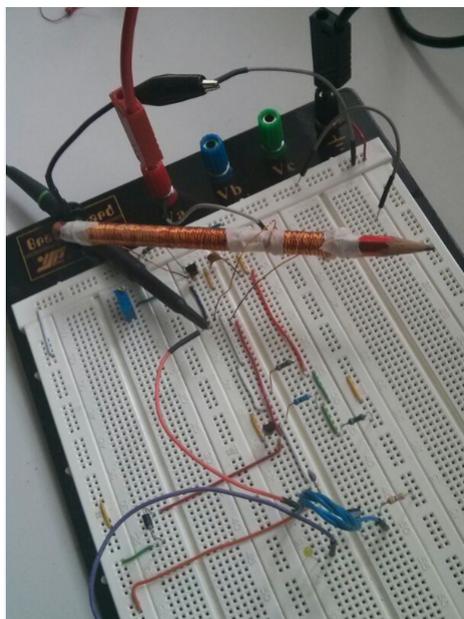
2.4.3. Umsetzung

Die Simulation haben wir mithilfe von LTSpice erstellt. Die Schaltung aufzubauen war nicht das Problem, jedoch hatten wir keine Erfahrung und mussten uns erstmal in das Programm einarbeiten. Beispielsweise mussten wir herausfinden, wie man die beiden Spulen miteinander koppelt. Die fertige Simulation zeigte, dass die Schaltung so funktionierte, wie wir uns vorgestellt hatten. An der Suchspule konnten wir wie erwartet eine Wechselspannung messen, dessen Frequenz im Mhz-Bereich liegt.



Hier kann man den Einschwingvorgang des Stromes sehr gut erkennen. Ein weiteres Problem war es, dass die Simulation nicht alles enthalten konnte. Beispielsweise konnten wir kein Metall simulieren, um festzustellen, dass in der Empfängerspule eine Spannung induziert wird.

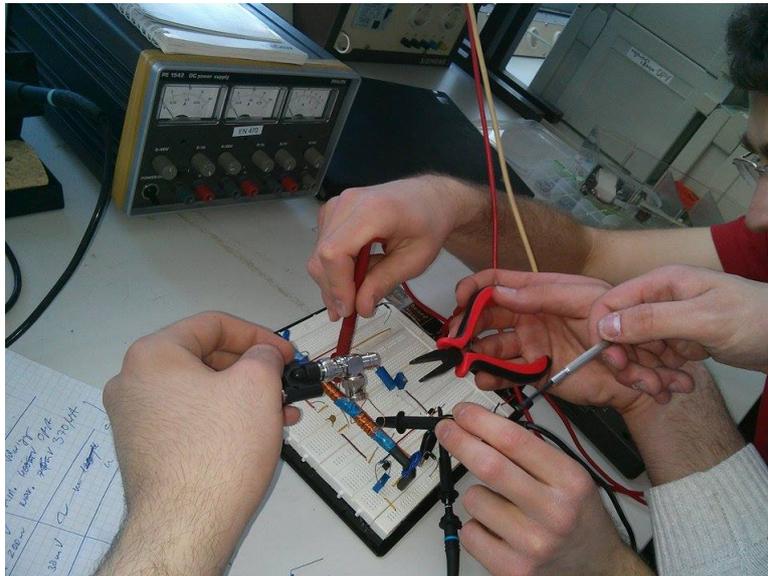
Da der Rest problemlos funktioniert hat, versuchten wir die Schaltung an den Breadboards nachzubauen. Obwohl wir die Schaltung wie in der Simulation aufgebaut hatten, konnten wir kein Metall detektieren. Ein teil der Gruppe beschäftigte sich schon mal mit EAGLE, sodass wir keine Zeit verlieren. Des weiteren wurde weiter überprüft, ob vielleicht die Transistoren falsch geschaltet waren. Gleichzeitig überprüfte ein weiteres Mitglied, ob die Dimensionierung der Spulen richtig waren. Hier die erste Schaltung am Breadbord:



Da wir keinen Ferritstab zur Verfügung hatten um die Spulen zu koppeln, verwendeten wir einen Bleistift.

Später versuchten wir den Bleistift durch einen Inbusschlüssel. Nun konnten

wir eine Wechselspannung an der Suchspule messen, aber immer noch kein Signal an der Empfängerspule.



Wir vermuten, dass der Fehler an der Kopplung liegt und werden im nächsten Termin einen geeigneten Ferritstab benutzen.

2.5. Signalverarbeitung

Patrick Borchers

2.5.1. Entstehungsprozess der Schaltung

Für die Entstehung unserer Schaltung war sehr wichtig, wie viele Spulen verwendet werden sollen. Zu wenige Spulen hätten die Signalverarbeitungsgruppe überflüssig gemacht, während zu viele Spulen zu immer komplizierteren Schaltungen geführt hätten. Am Anfang wurde davon gesprochen, lediglich ein "Stopp-Signal" an den Antrieb zu senden, also nur eine Spule zu verwenden. Hierfür wird die vordere Spule verwendet. Später hat sich unsere Gruppe entschieden, noch zwei weitere, äußere Spulen zu verwenden, um herauszufinden, ob sich das Metall rechts oder links vom Roboter befindet. Die Logik-Gruppe ist also für die Fertigung von zwei voneinander unabhängigen Teilschaltungen zuständig.

2.5.2. Entstehung der Richtungsschaltung

Für die Richtungsschaltung sind nur die beiden äußeren Spulen von Search-E relevant. Die Schaltung soll unterscheiden können, in welcher der beiden Spulen ein stärkeres Magnetfeld aufgrund eines Metalls in der Nähe des Roboters auftritt. Entsprechend soll nur diejenige Schaltung der Anzeige-Gruppe mit 5V Spannung versorgt werden, auf dessen Seite sich das Metall befindet und die Induktion deshalb stärker ist. Es kann nur zwischen rechts und links unterschieden werden.

Bei dieser Schaltung sind der untere und der obere Teil sehr ähnlich. Es liegen jeweils die gleichen zwei Spannungen an der oberen und unteren Teilschaltung an. Die erste Spannung wird von der Metalldetektor-Gruppe von der rechten und die zweite von der linken Spule geliefert. In den beiden Teilschaltungen wird die Spannung der linken Spule mit der Spannung der rechten Spule im Operationsverstärker subtrahiert. Überschreitet das Ergebnis dieser Subtraktion vom Betrag her einen bestimmten Wert, so wurde Metall detektiert. Ist die Spannung, die nach dem oberen Operationsverstärker anliegt, positiv, so wird der obere n-MOSFET leiten und die Spannung liegt an der Schaltung der Anzeige-Gruppe an, an der das Stärke Magnetfeld in der Empfängerspule auftritt. Wenn das Signal auf der oberen Seite nach dem Operationsverstärker positiv ist, dann ist es auf der unteren Seite nach dem Operationsverstärker negativ. Deshalb wird der n-MOSFET auf dieser Seite sperren. Wenn die Spannungsdifferenz oben nun jedoch negativ ist, dann wird der n-MOSFET oben sperren und unten leiten. Es wird also immer nur die Schaltung mit Spule versorgt, auf welcher sich das Metall befindet.

2.5.3. Entstehung der Antriebsschaltung

Diese Schaltung bekommt ein Signal von der vorderen Spule und vergleicht dieses mit einer Referenzspannung mithilfe eines Komparators. Wird ein bestimmter Wert überschritten, wird ein ca. 3 Sekunden andauerndes "Stopp-Signal" an den Antrieb gesendet.

Diese Schaltung arbeitet mit einem Vorverstärker, der die Spannung vom Metalldetektor erhöht. Anschließend wird mithilfe eines Schmitt-Triggers das Signal auf einem festen Spannungswert gehalten. Der Kondensator dient zur

Unterbrechung des Spannungssignals nach ungefähr drei Sekunden, sodass der Roboter weiterfahren kann nachdem er Metall detektiert hat.

2.5.4. Dimensionierung der Schaltung

2.5.5. Dimensionierung der Richtungsschaltung

Hierbei ist zu beachten, dass die Widerstände alle gleich dimensioniert sind. Welche genauen Werte sich eignen wird durch den Testaufbau untersucht.

2.5.6. Dimensionierung der Antriebsschaltung

André Zühlke

Nichtinvertierender Verstärker:

Sobald das Signal der vordersten Spule größer ist als $0.36V$ soll unser Metalldetektor das Signal für "Metall gefunden" weitergeben. Da wir die uns zu Verfügung stehenden $5V$ nicht einfach sinnlos mit Vorwiderständen auf $0.36V$ runtertrimmen wollen, nutzen wir einen Verstärker um das Signal der vorderen Spule zu erhöhen. Wenn wir einen Verstärkungsfaktor von 12 nehmen, würde unsere Referenzspannung $4.32V$ betragen.

Es gilt:

$$V = 1 + \frac{R_6}{R_7}$$

Daraus folgt dass:

$$R_6 = 11 \cdot R_7$$

Nachdem die Schaltungsidee stand, mussten wir natürlich auch die Größen der entsprechenden Bauteile bestimmen.

Schmitt-Trigger:

Der Schmitt-Trigger dient zum Vergleich von zwei Spannungen. Unsere Referenzspannung beträgt nun $4,32\text{ V}$. Wir wählen für die obere Schaltschwelle des Triggers $U_H = 4.32\text{V}$ und für die untere $U_L = 4.30\text{V}$. Sobald nun eine Spannung von 4.32V anliegt, schaltet der Trigger auf High und meldet somit, dass wir Metall gefunden haben.

Der Widerstand R_1 ist frei wählbar (wir haben mit 100Ω gerechnet). Die Formeln für die anderen Widerstände lauten:

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot U_L}{V_{cc} - U_H} = \frac{430}{0.68} = 632.35\Omega$$

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot U_L}{U_H - U_L} = \frac{430}{0.02} = 21.5\text{k}\Omega$$

2.5.7. Testaufbau

2.6. Anzeige und Ausgabe

2.6.1. Entstehung der Schaltung (David Schütze)

Wir sind für die Anzeige der Metalldetektor-Gruppe verantwortlich. Wir haben uns dafür entschieden, das optisch mit 8 LEDs in einem Balkenform darzustellen. Dafür verwenden wir Dioden mit vorgeschaltetem Widerstand. Für den weiteren Aufbau der Schaltung haben wir zunächst im Internet recherchiert. Die erste Idee war die Signale mit einem Mikrocontroller weiterzuschalten, diese Idee wurde jedoch schnell wieder verworfen, da der Mikrocontroller zu aufwendig ist und viel Strom verbraucht. Als nächstes haben wir es mit OPVs getestet, was jedoch das gleiche Ergebnis lieferte. Jetzt haben wir unsere Schaltung mit Transistoren zum Schalten des Signals realisiert, da diese nicht so viel Strom verbrauchen wie die vorherigen Aufbauten.

Unsere finale Schaltung sieht wie folgt aus:

Bei der Schaltung soll nicht auf Dimensionierung und die Bauteile geachtet werden. Es soll bloß den Aufbau unserer Schaltung verdeutlichen.

2.6.2. Dimensionierung der Schaltung(Yigit Öztürk)

Die Dimensionierung begann durch die Simulation der Schaltung mit LTspice. Durch die integrierten Bauteile in LTspice haben wir Bauteile ausgewählt die unseren Anforderungen genügten. Da die Simulation nicht unseren Erwartungen entsprach und unsere Schaltung nicht komplex und aufwendig ist, haben wir versucht diese auf dem Testboard zu realisieren. Wir haben die ganze Schaltung noch nicht aufgebaut aber den ersten Abschnitt. Dadurch haben wir uns genauere Gedanken gemacht, welche Bauteile wir nutzen. Wir haben die LED's aus dem Labor genutzt. Dementsprechend haben wir die richtigen Widerstände, je nach LED, und die richtigen Transistoren ausgewählt(BC547C). Nun haben wir im Internet nach einem geeigneten OPV gesucht und sind auf den LM324 gestoßen. Da der Aufbau und die erste Messung auf dem Testboard erfolgreich war, werden wir unsere Schaltung mit den Bauteilen, die schon erwähnt wurden, realisieren und testen.

2.6.3. Testaufbau(Patrick König)

Nachdem wir nun die Dimensionierung nur teilweise realisieren konnten, entschieden wir uns aufgrund des Zeitmangels schon mit dem Testaufbau zu beginnen. Dank Aleksandars Vortrag waren wir bereits mit den Testboards vertraut, was uns das Arbeiten erleichterte. Wir beschränkten uns beim Testaufbau erstmal auf eine Schaltung, da wir später 2 mal exakt die selbe für die Ausgabe der Richtung verwenden werden. Beim Aufbau am 15.04. verwendeten wir erstmal nur einen Transistor und eine LED um unsere Schaltung zu prüfen. Am Ausweichtermin am 28.04 werden wir dann den kompletten Aufbau umsetzen. Dann werden wir feststellen ob unsere Berechnungen richtig sind, was sie sicher sein werden.

3. Gruppe - Hindernis und Anzeige

3.1. Die Gruppe

Lukas Hey

Unsere Gruppe ist zusammen mit unserem Betreuer Zenit Music verantwortlich zum einen für die erfolgreiche Vermeidung von Kollisionen auf Search-e's Weg zum gesuchten Audiosignal und zum andern für die visuelle und auditive Statusanzeige unseres Projektes.

3.1.1. Untergruppen und Teilnehmer

Zur Umsetzung unserer Aufgaben haben wir uns in vier Untergruppen aufgeteilt die zusammen mit den zugehörigen Teilnehmern in der folgenden Tabelle aufgelistet sind.

Untergruppe	Teilnehmer
Hindernissensorik	Martin Kostal, Bilgrim Seibertz, Torsten Silow
Sensorauswertung	Luca W., Patrick, Lukas Hey
Visuelle Anzeige	Felix Huhndorf, Waldemar Failert
Auditive Ausgabe	Max Glaßl, Xiao

3.2. Hindernissensoren

Martin Kostal

3.2.1. Zielsetzung und Idee

Wir sind die Sensorikgruppe aus der Gruppe B3, bestehend aus Torsten, Martin und Bilgrim. Zusammen wollten wir eine möglichst praktische - 'analoge' Erfahrung machen, was uns schlussendlich zusammengeführt hat. Als erstes recherchierten wir, auf welche Art und Weisen Roboter Hindernisse

erkennen. Dabei traten vor allem der Infrarot- und der Ultraschallsensor hervor. Da es für beide Arten schon hinreichend entwickelte Module gab, die uns jegliche Arbeit abgenommen hätten, entschieden wir einen selbst zu bauen.

3.2.2. Schaltungsgestaltung

Ein Ultraschallsensor kann Schallwellen aussenden und wieder empfangen. Ausschlaggebend ist die Zeitverzögerung dazwischen, um die Entfernung zum nächst-liegendem, reflektierendem Objekt festzustellen. Grob unterteilt wird der Aufbau also in Sender, Empfänger und Logik. Der Sender besteht aus einer Schaltung die eine feste Frequenz im Ultraschallbereich (<30 kHz) bereitstellt und durch eine feste Betriebsspannung versorgt wird. Dies wollen wir mit dem IC NE555 bewerkstelligen, der mit der richtigen Kopplung mit feindimensionierten Bauelementen (2 Widerstände, 1 Kapazität) eine ausreichend symmetrische Rechteckspannung ausgibt, mit der ein Piezoelement betrieben werden kann. Dieses ist dafür zuständig, elektrische Schwingungen mechanisch umzusetzen. Unter Umständen, muss eine Verstärkerschaltung die Sendeleistung noch erhöhen. Der Empfänger besteht ebenso aus einem Piezoelement, welches wiederum mechanische Schwingungen in eine kleine Spannung umwandelt. Diese wird verstärkt und von der Logik als detektiert angenommen. Diese 'misst' den Zeitabstand zwischen Senden und Empfangen, etwa durch eine Kondensatoraufladung, anhand welcher man am Ende die Zeit bestimmen kann.

In unserer Teilgruppe haben wir bereits erfolgreich Ultraschallbursts (kurze Impulse mit einigen Perioden Ultraschall) simuliert und auch die Bauteile größtenteils fertig dimensioniert. Diese sind grundlegend für die Sende Schaltung. Außerdem haben wir schon einen Schaltungsansatz für die Empfänger- und Logikschaltung.

3.3. Ausweichalgorithmus

3.3.1. Ideenfindung und Ziele

Luca W.

In der ersten Woche haben wir uns mit dem Antrieb getroffen um zu erfahren, wie sich der Roboter bewegen wird. Aus dem Gespräch konnten wir wichtige Informationen für ziehen, welche für unsere Arbeit an der Hinderniserkennung unverzichtbar sind. Anschließend haben wir uns zusammengesetzt und uns Gedanken über eine grundlegende Schaltung gemacht, wie ein Hindernis umfahren werden könnte. Hierbei sind wir zum Entschluss gekommen, dass der Roboter nur „leichte“ Hindernisse bewältigen kann (also z.B. einen Karton umfahren, jedoch wird aus einer Ecke bzw. einer U-Form nicht bewältigen können). Nach verschiedenen Ideen sind wir zu dem Entschluss gekommen, dass der Roboter, wenn er ein Hindernis erkennt, seinen Kurs um einige Grad korrigiert, prüft ob das Hindernis noch in Reichweite ist, ggf. erneut korrigiert und anschließend ein kleines Stück vorfährt. Sollten die Sensoren dann kein weiteres Hindernis wahrnehmen, wird die Kontrolle wieder abgegeben.

In der zweiten Woche wurde uns von der Sensorgruppe mitgeteilt, welche Art von Sensoren es geben wird. Dabei handelte es sich um einen Ultraschallsensor und 2 Infrarotsensoren. Wir berieten uns mit der Sensorgruppe, um uns über eine sinnvolle Ausrichtung der Sensoren einig zu werden. Anschließend haben wir die neuen Informationen zu den Sensoren genutzt, um unsere grundlegende Überlegung weiter zu verfeinern. Die verfeinerte Variante sollte sich bei der Hinderniserkennung solange auf der Stelle drehen, bis die Sensoren keine Hindernisse mehr erkennen und dann ein Stück vorfahren. Durch diese Variante könnten wir eine flüssigere Bewegung als im ersten Ansatz gewährleisten. Zusätzlich haben wir uns über die Schnittstelle zum Antrieb Gedanken gemacht.

Erst in der dritten Wochen hatten wir genug Informationen, um die Schaltung zum ersten mal mit konkreten Bauteilen aufs Papier zu bringen. Wir wussten, welche Sensoren und welche Bewegungsrichtungen uns zur Verfügung stehen würden. Durch diese Informationen konnten wir die zuvor sehr theoretischen Entwürfe in einen konkreten Lösungsansatz umwandeln. Im anschließenden

Schnittstellentermin wurden die zu übergebenen und erhaltenen Signale sowie Werte für Strom und Spannung festgelegt.

3.3.2. Blockschaltbild und Schaltung

Lukas Hey

Zur Umsetzung des Ausweichalgorithmus wollten wir uns nur analoger Technik bedienen und auf den Einsatz eines Mikroprozessors verzichten. Abbildung 21 zeigt dabei unseren ersten Entwurf eines Blockschaltbildes für eine Auswertung der Sensordaten bei zwei Infrarotsensoren und einem Ultraschallsensor. Diese Schaltung wurde inzwischen verworfen da im darauffolgenden Zeitraum sich herausstellte, dass die Infrarotsensoren nicht verwendet werden. Erhalten blieb jedoch das Grundprinzip. Zwei Sensoren sind am Roboter links und rechts angebracht und geben äquivalent zur kürzesten Entfernung zum nächsten Objekt eine analoge Spannung. Beide Spannungen werden mit einer einstellbaren Referenzspannung verglichen und bei zu hohem Unterschied wird zunächst die „Control“ Leitung gesetzt und ein entsprechendes Richtungssignal geschaltet. Fällt die Spannung anschließend unter die Referenzspannung zurück wird ein „Fahre vorwärts“ einige Zeit gehalten, um anschließend über die Control-Leitung die Steuerung wieder abzugeben.

Abbildung 22 zeigt unseren ersten Schaltungsentwurf und dessen Simulation. Es handelt sich dabei um eine Schaltung zur Bestimmung einer Richtung bei entsprechender Hindernisnähe. Die Sensorspannungen werden mittels eines Subtrahierverstärkers von der Referenzspannung subtrahiert. Die Referenzspannung wird von einem Zweigliedrigem Spannungsteiler erzeugt und über einen Impedanzwandler an den Subtrahierer gegeben. Der Gedanke ist dabei die Schaltung so zu kalibrieren, dass ohne Hindernis (oder Loch!) am Ausgang des Subtrahierverstärkers 0V anliegt und sich mit näherndem Hindernis ändert. Dabei wird das zeitlich erste Richtungssignal ausgewertet.

Im weiteren Verlauf haben wir die hier noch verwendeten bipolar Transistoren durch effizientere MOSFET-Transistoren ausgetauscht. Um jedoch ein besseres Schaltverhalten zu erreichen wurden auch die Subtrahierverstärker

durch Komparatoren ersetzt, wodurch ein gewünschter Schaltvorgang eindeutiger definiert ist. Durch die Eigenschaften der Komparatoren konnten auch die Impedanzwandler, die zur Entlastung des Spannungsteilers gebraucht wurden weggelassen werden. Der Spannungsteiler wurde außerdem zu einem mehrgliedrigem Spannungsteiler erweitert. Da zum Zeitpunkt des Entwurfs die tatsächlich benötigte Referenzspannung noch nicht feststeht sind diese Widerstände nur nach allgemeinen Kriterien gewählt, wie Symmetrie und geringe Leistungsaufnahme. Die veränderte Schaltung zeigt Abbildung 23.

3.3.3. Weiterer Verlauf

In den folgenden Terminen muss der Entwurf der Logikschaltung simuliert werden und danach die Schaltung zusammengefügt werden mit dem Entwurf der Sensorgruppe um mit diskreten Bauteilen das Verhalten der Gesamtschaltung zu testen.

3.4. Visuelle Ausgabe / LCD

Felix Huhndorf

Für das Projekt *Search-E* wurde von der Teilgruppe *Hinderniserkennung/-Ausgabe* eine LCD-Punkt-Matrix ² zur Ausgabe von Informationen ausgewählt. Ein LCD bietet den Vorteil Informationen in Zeichenform (ASCII) auf kleinem Raum und für den Betrachter eindeutig darstellen zu können.

3.4.1. Dargestellte Informationen

Das LCD ist primär als Debug-Monitor gedacht, welcher die Suche und das Beheben eventuell auftretender Fehler (z.B. beim Stöpseltermin) erleichtern soll. Es soll Auskunft über folgende Systeminformationen liefern:

- Akkuladestand
- Erkennung eines Hindernisses & Einleitung von Ausweichmanövern
- Funktion des Metalldetektors, Anzahl gefundener Metalle

²LCD (engl.: liquid crystal display) bezeichnet eine Anzeigart, deren Funktion auf den Eigenschaften von Flüssigkristallen beruht.

Dementsprechend ergeben sich Schnittstellen mit den Teilgruppen *Energieversorgung* und *Metallsensor*. Das Signal eines erkannten Hindernisses wird gruppenintern erfasst.

Abbildung 24 zeigt ein Blockschaltbild dieser Schnittstellen zum LCD. Es sind auch die eingehenden Signale angegeben.

3.4.2. Schaltung und Ansteuerung

Die Ansteuerung des LCDs erfolgt über einen Atmel AVR ATmega32 Mikrocontroller. Verwendet wird ein 4x20 Zeichen LCD ('ELECTRONIC ASSEMBLY EA W204-NLED' oder 'Display Elektronik GmbH DEM20485SYHLY').

Abbildung 25 zeigt die Beschaltung des Mikrocontrollers und des LCD-Moduls (Stand: 15.05.2014).

Am LCD-Modul stehen eine Reihe von Ports für den Anwender zur Verfügung. Die Übertragung der Daten die auf dem Display dargestellt werden sollen, erfolgt über die Pins PD0-PD4 am Mikrocontroller und DB4-DB7 am LCD-Modul. Das LCD befindet sich dabei im 4-Bit-Modus, bei welchem ein Byte in zwei Nibble (4 Bit) übertragen wird. Das obere Nibble (Bit 7-4) wird zuerst gesendet. Pin PD4 steuert das Signal *Register Select* (RS - 0: Instruction, 1: Data), mit welchem auf das Daten- oder Befehlsregister des LCD-Moduls zugegriffen werden kann. PD5 steuert das *Enable-Signal* (E - 1: übernehme Daten an DB4-7). Da lediglich in den Speicher des LCD-Moduls geschrieben wird, wird der *R/W*-Pin (Read/Write - 0: Write, 1: Read) auf das Massepotential (0V) gelegt. Am Pin V0 wird ein 2.5 kΩ Potentiometer angeschlossen. Damit lässt sich die Kontrastspannung des LCD-Panels einstellen.

An den Mikrocontroller werden zwei 100 nF Abblockkondensatoren zwischen GND und VCC/AVCC geschaltet. Sie sollen einem Einbruch der Versorgungsspannung (der Mikrocontroller zieht impulsartig hohe Ströme) entgegenwirken und stabilisieren diese somit. Zwischen *Reset-Pin* \overline{R} und Versorgungsspannung wird ein 10 kΩ Pull-Up-Widerstand angeschlossen. Somit liegt im

Betrieb des Mikrocontrollers immer ein 5V-Potential am invertiertem Reset-Pin an. Für einen Reset müssten 0 V am Pin anliegen.

3.4.3. Programmierung

Der LCD-Controller (ST7066U bzw. ST7066), der sich auf der Platine des LCD-Moduls befindet, dient der Steuerung sämtlicher Funktionen des LCDs. Diese Funktionen können über das Setzen von Signalleitungen (RS, R/W, E) und Datenleitungen (DB0-DB7) ausgeführt werden. Für die genauen Codierungen sei auf das Datenblatt des LCD-Controllers verwiesen.

Um eine unkomplizierte Programmierung des LCD-Moduls zu ermöglichen, wurden zuerst alle notwendigen Funktionen für die Verwendung des LCD in der Programmiersprache C umgesetzt. Ihre Arbeitsweise soll kurz erläutert werden. Der Quelltext befindet sich im Anhang.

- **void enable(void):** Erzeugt einen HIGH-Puls am Enable-Eingang des LCD-Moduls. Die Informationen an den restlichen Pins des LCD-Moduls werden übernommen.
- **void send_upper_4bit(uint8_t data):** Sendet das obere Nibble eines Bytes.
- **void send_instruction(uint8_t instruction):** Setzt RS=0 und sendet Befehl an das LCD-Modul.
- **void send_data(uint8_t data):** Setzt RS=1 und sendet Daten an das LCD-Modul.
- **void init(void):** Initialisierungsroutine des LCD-Controllers. Diese Funktion muss immer am Beginn der Main-Funktion aufgerufen werden, damit das LCD angesteuert werden kann.
- **void set_DDRAM_address(uint8_t address):** Setzt den Address-Counter auf die übergebene Adresse.
- **void print_at_pos(uint8_t x, uint8_t y):** Setzt den Cursor auf das Feld (x,y).

- **void print_character(uint8_t character):** Stellt ein ASCII-Zeichen auf dem LCD dar.
- **void delete_line(uint8_t x):** Löscht Zeile x auf dem Display (schreibt Leerzeichen in alle Felder der Zeile).

3.4.4. Weiteres Vorgehen

Die nächsten Aufgaben bestehen darin, die verschiedenen Eingangssignale zu verarbeiten damit die gewünschten Informationen auf dem Display angezeigt werden können. Ziel ist es alle Eingänge auf dem Breadboard zu simulieren (z.B. mit Tastern) um so den Quellcode vor dem Stöpseltermin vollständig debuggen zu können.

Des Weiteren muss die Platine entworfen und hergestellt werden. Dies kann weitgehend unabhängig von den Fortschritten in der Programmierung geschehen, da sich an der bisherigen Beschaltung des ATmega32 nicht mehr viel ändern wird.

3.5. Auditive Ausgabe

Max Glaßl

Xiao und Ich haben uns mit folgendem beschäftigt:

Sobald der Roboter ein Metall findet wird ein Ton ausgesendet. Wir untersuchen wie wir das Signal der Metallgruppe, dass ein Metall gefunden wurde (5 V oder 0 V) in einen Ton umwandeln.

Dazu benutzen wir einen Multivibrator. Dies ist die einfachste Lösung.

Das Prinzip ist vereinfacht gesagt, dass durch die unterschiedliche Dimensionierung der Widerstände (R1-R4) die Kondensatoren sich unterschiedlich schnell auf- und entladen. So entsteht eine periodische Spannung am Lautsprecher, die zwischen etwa 0 V und 5 V pendelt. Die Schaltung haben wir in Pspice simuliert, um ein bisschen mit den Widerstandswerten zu spielen, die die Frequenz beeinflussen. Formel für Berechnung der Frequenz der Spannung im Anhang.

Der Ton hat dann eine Lautstärke von etwa 80 dB.

3.6. Anhang Gruppe B3

3.6.1. Quelltext (Stand: 16.05.2014)

Felix Huhndorf

lcd_functions.h

```
#ifndef LCD_FUNCTIONS_H_
#define LCD_FUNCTIONS_H_

// function prototyping
void enable(void);
void send_upper_4bit(uint8_t data);
void send_instruction(uint8_t instruction);
void send_data(uint8_t data);
void init(void);
void print_character(uint8_t character);
void clear_display(void);
void set_DDRAM_address(uint8_t address);
void display_control(uint8_t display, uint8_t cursor, uint8_t blink);
void print_at_pos(uint8_t x, uint8_t y);
void delete_line(uint8_t x);

// definitions

#ifndef F_CPU
#define F_CPU 4000000UL
#endif

//LCD-Port
#define LCD_PORT PORTD
#define LCD_DDR DDRD

//LCD-Pins
```

```
#define RS PD4
#define E PD5

#endif

                                lcd_functions.c

#include <avr/io.h>
#include "lcd_functions.h"
#include <util/delay.h>

void enable(void)
{
    PORTD |= (1 << E);
    _delay_us(1000);
    PORTD &= ~(1 << E);
}

void send_upper_4bit(uint8_t data)
{
    PORTD &= 0xF0; //Datenleitungen loeschen, Signalleitungen erhalten
    PORTD |= (data >> 4); //schreibe die oberen 4 bit auf die Datenleitungen
    enable(); //enable-Puls
}

void send_instruction(uint8_t instruction)
{
    PORTD &= ~(1 << RS); //RS = 0 -> Instruction Register
    send_upper_4bit(instruction);
    send_upper_4bit(instruction << 4);
    _delay_us(650);
}

void send_data(uint8_t data)
{
    PORTD |= (1 << RS); //RS = 1 -> Data Register
    send_upper_4bit(data);
    send_upper_4bit(data << 4);
    _delay_us(650);
}

void init(void) //Initialisiere LCD
{
```

```
LCD_PORT = 0x00;
LCD_DDR = 0xFF; //PORTD Ausgang

_delay_ms(1000);

send_upper_4bit(0x30);
_delay_ms(10);
send_upper_4bit(0x30);
_delay_us(200);
send_upper_4bit(100);

send_upper_4bit(0x20);

send_instruction(0x28);

send_instruction(0x0C);

send_instruction(0x01);

send_instruction(0x06);

}

void print_character(uint8_t character)
{
    send_data(character);
}

void clear_display(void)
{
    send_instruction(0x01);
}

void set_DDRAM_address(uint8_t address)
{
    send_instruction(0x80 | address); //DB7 = 1
}

void display_control(uint8_t display, uint8_t cursor, uint8_t blink)
{
    LCD_PORT = 0x08; //Display ON/OFF 0x00001(D)(C)(B)

    if(display == 1)
```

```
        LCD_PORT |= (1 << PD2);
    if(cursor == 1)
        LCD_PORT |= (1 << PD1);
    if(blink == 1)
        LCD_PORT |= (1 << PD0);

    send_instruction(LCD_PORT);
}

void print_at_pos(uint8_t x, uint8_t y)
{
    if(x == 1)
        set_DDRAM_address(0x00 + (y - 1));
    if(x == 2)
        set_DDRAM_address(0x40 + (y - 1));
    if(x == 3)
        set_DDRAM_address(0x14 + (y - 1));
    if(x == 4)
        set_DDRAM_address(0x54 + (y - 1));
}

void delete_line(uint8_t x)
{
    uint8_t i;

    if(x == 1)
    {
        i = 0;

        while(i++ < 20)
        {
            set_DDRAM_address(0x00 + (i - 1));
            print_character(0x20);
        }
    }

    if(x == 2)
    {
        i = 0;

        while(i++ < 20)
        {
            set_DDRAM_address(0x40 + (i - 1));
```

```
        print_character(0x20);
    }
}

if(x == 3)
{
    i = 0;

    while(i++ < 20)
    {
        set_DDRAM_address(0x14 + (i - 1));
        print_character(0x20);
    }
}

if(x == 4)
{
    i = 0;

    while(i++ < 20)
    {
        set_DDRAM_address(0x54 + (i - 1));
        print_character(0x20);
    }
}
}
```

main.c

```
//header files
#include <avr/io.h>
#include "lcd_functions.h"
#include <util/delay.h>

int main(void)
{

    init(); //Initialisierung des LCDs
    display_control(1,0,0);

    print_at_pos(2,8);
    print_character('P');
    print_character('r');
```

```
print_character('o');
print_character('L');
print_character('a');
print_character('b');

while(1)
{
    display_control(0,0,0);
    print_at_pos(3,7);
    print_character('L');
    print_character('C');
    print_character('D');
    print_character(0x20);
    print_character('V');
    print_character('1');
    print_character('.');
    print_character('0');
    display_control(1,0,0);

    _delay_ms(500);
    delete_line(3);
    _delay_ms(500);
}
return 0;
}
```

4. Gruppe - Antrieb

4.1. Einführung

Gruppe 4 beschäftigte sich mit dem Antrieb des Projekts. Hierbei wurden zunächst Bauweise und Beschaltung des Motors diskutiert. Aufgrund der genauen Steuerung und der Möglichkeit die Position des Roboters zu verfolgen haben wir uns für Schrittmotoren entschieden. So ergab sich folgendes Blockschaltbild: Dementsprechend wurde dann die Gruppe in zwei weitere Untergruppen (Treiber- und Motorgruppe sowie Steuerungs- bzw Logikgruppe) unterteilt und in den Teilgruppen die Recherche weitergeführt und Versuchsaufbauten entwickelt. Zur Beschaffung der Motoren wurden aufgrund der kostenintensiven Neuanschaffung alte Drucker und Faxgeräte recycelt.

4.2. Logik

Aufgabe des Prioritäten Blockes war es eintreffende Signale in Bewegungen Search-E's umzuwandeln. Dazu haben wir ein Steuerwerk bestehend aus Schaltnetz und Schaltwerk aufgebaut. Das Schaltnetz dient der Prioritätenbestimmung, Signale der Audiogruppe werden ausgeblendet sobald ein Hindernis oder ein Metall detektiert wird. Diese bildet den Vorderen Teil der Schaltung. Im folgenden Schaltnetz werden die Schritte des Schrittmotors jeweils nach Fahrtrichtung generiert. Hierbei gab es Überlegungen bezüglich dessen feinere Schritte zu generieren um einen flüssigeren Lauf zu generieren, jedoch stieg hierbei der Aufwand exponentiell an, dadurch wurde diese Idee verworfen. Beim Testaufbau des simplen groberen Vollschrittbetriebes traten unerhoffte Schwierigkeiten auf, da zu einem die Verluste ohne Dimensionierung größer ausfielen und zum Anderen keine Idealen Flanken mit voller Aussteuerung erzielt werden konnten, dies führte zum Kurzschluss des Vollquadrantenstellers.(siehe Block 2 ideale Simulationsschaltung ohne Verluste)

4.3. Treiberstufe

4.4. Vorbereitung

4.5. Versuche

4.6. Zusammenfassung

5. Gruppe - Energieversorgung

5.1. Einleitung

Jedes elektronische Gerät bedarf einer Strom-/Spannungsversorgung und da sich unser Search-E auch frei (nicht kabelgebunden) bewegen soll braucht er auch einen Akku. Dieser soll dann auch noch sicher ge- und entladen werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen haben sich zehn Teilnehmer des Projektlabors im SoSe 2014 zu der Energieversorgungsgruppe zusammengefunden. Diese zehn Studenten sind:

- Simon Gapp
- Janpeter Hirsch
- Paul Hollmann
- Fabian Jaenicke
- Thomas Jakobi
- Mirko Köpke
- Giovanni Monti
- Albert Piwonski
- Stavros Sykiotis
- Fabian Wühle
- Gruppenbetreuer: Felix Bohn

Zu Beginn wurde das umfangreiche Thema in folgende Teilbereiche unterteilt:

- Akku und Akkuladeverfahren
- Schutzschaltungen
- Akkustandanzeige
- Stabilisierung

Diese finden sich auch im Blockschaltbild wieder (vgl. Abb. 29).

Um sich die einzelnen Vorgänge in bestimmten Situationen zu verdeutlichen wurde das folgende Ablaufdiagramm erstellt. Diese Abläufe werden im Folgenden von den jeweiligen Gruppen näher erläutert.

5.2. Schnittstellen

Mit den anderen Gruppen ergeben sich folgende Schnittstellen:

	Energieversorgung (5)	
Audio (1)	$\pm 12\text{V DC}$ (30mA)	+5V DC (20mA)
Metalldetektor (2)	$\pm 12\text{V DC}$ (300mA)	+5V DC (300mA)
Hinderniserkennung (3)	$\pm 12\text{V DC}$ (100mA)	+5V DC (700mA)
Antrieb (4)	+15V DC (4A)	+5V DC (50mA)

Des Weiteren wird der Ladestand frequenzcodiert als 5V Rechteckssignal an die Hindernisgruppe gegeben. Diese berechnet daraus den Akkustand und gibt diesen als 5V Akku leer-Signal an uns zurück.

5.3. Akku und Akkuladeverfahren

von Giovanni Monti, Stavros Sykiotis und Albert Piwonski

5.3.1. Einleitung

Die Gruppe Akku, Akkuladeverfahren und Tiefentladeschutz besteht aus den Mitgliedern Giovanni Monti, Stavros Sykiotis und Albert Piwonski. Wir sind dafür zuständig, dass der Akkumulator richtig aufgeladen wird. Zum anderen müssen wir dafür sorgen, dass der Lastkreis (also der Roboter) vom Akku getrennt wird, wenn eine bestimmte Schwellspannung des Akkus unterschritten wird.

5.3.2. Problemstellung und Lösungsentwurf

Die Wahl des Ladeverfahrens hängt von der Wahl des Akkumulators ab. In Hinblick darauf mussten wir uns informieren, welche Akkutypen sich für unseren Search-E überhaupt anbieten. Der Akku darf nicht zu teuer sein und er muss eine brauchbare Spannung liefern, die dann weiter geregelt werden kann. Ein ebenfalls wichtiges Kriterium für die Wahl des Akkutypes ist das Gewicht, denn dieser darf nicht zu schwer sein, damit sich der Roboter später noch bewegen kann, ohne eine zu hohe Leistung dafür zu benötigen.

Die Idee vom Tiefentladeschutz ist, dass die Motoren und alle anderen stromversorgten Komponenten vom Akku getrennt werden, sofern eine Schwellspannung unterschritten wird. Das hängt damit zusammen, dass die meisten Akkus nicht tiefentladen werden dürfen, denn sonst würden bleibende Schäden entstehen.

Wir haben uns für einen Lithium Polymer Akkutyp entschieden (Abb. 31), da dieser eine relativ hohe Energiedichte, ein geringes Gewicht und ein gutes Preis-Leistungsverhältnis aufzeigt.



Abbildung 31: LiPo Akku

Weiterhin ist Ziel unserer Gruppe, eine Schaltung zu bauen, die unseren Akku effizient auflädt. Da wir einen LiPo-Akku gewählt haben, der mehrere Zellen aufweist, ist eine Balancer-Schaltung nötig, damit alle Zellen gleichmäßig

aufgeladen werden. Ohne eine Balancer-Schaltung können LiPo-Akkus sehr leicht entflammen.

5.3.3. Umsetzung

Tiefentladeschutz

Um unseren Akku vor Tiefentladen zu schützen haben wir die Schaltung in Abbildung 32 entworfen.

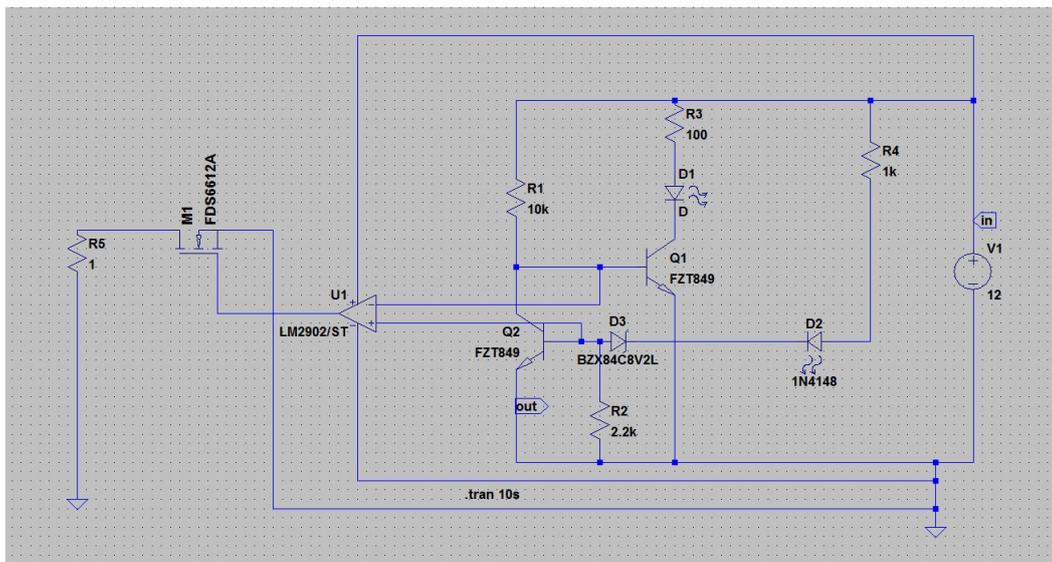


Abbildung 32: Tiefentladeschutz

Die Grundidee bei dieser Schaltung ist, dass die beiden Transistoren als Schalter betrieben werden. Im Normalfall leitet Q2 und Q1 sperrt. Wenn die vom Akku gelieferte Spannung einen bestimmten Wert unterschreitet, leitet Q1 und Q2 sperrt. Der Differenzverstärker vergleicht die beiden Basisspannungen und gibt ihre Differenz weiter zum n-Mos. Wenn die Differenz negativ ist, dann leitet Q2, d.h. dass der Akku noch voll ist. Dann wird ein logisch-0 Signal ausgegeben (R5 symbolisiert einfach die weiteren Schaltungen, die das Signal benötigen). Wenn die Spannung am n-Mos Gate positiv ist, dann bedeutet das, dass der Akku aufgeladen werden muss. Das ausgegebene Signal ist logisch 1.

Ladeschaltung

Der Lithium-Polymer Akku muss mit dem CCCV-Ladeverfahren geladen werden. CCCV-Ladeverfahren heißt, dass zunächst ein konstanter Ladestrom (also constant current) fließt und dann ab einer bestimmten Akkuspannung mit einer konstanten Ladespannung geladen wird (vgl. Abb. 33).

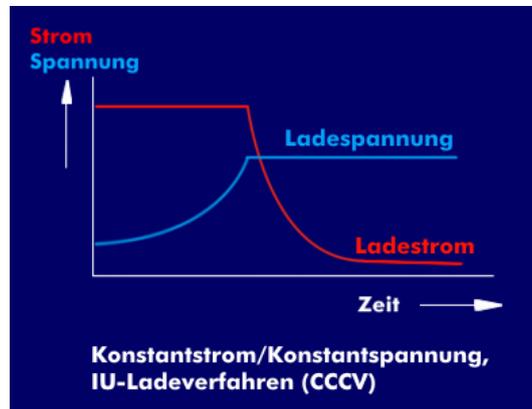


Abbildung 33: CCCV Verfahren

In der Grafik 34 kann man unsere Schaltung sehen. Hierbei wird der linke IC als Konstantstromquelle und der rechte als Spannungsquelle genutzt. Den Akku soll in diesem Fall die Kapazität darstellen, welcher ja aufgeladen werden soll.

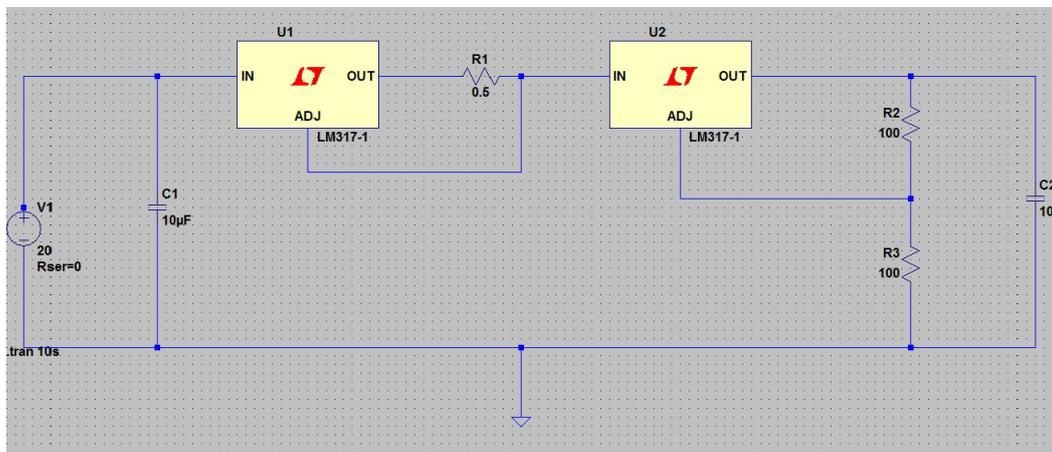


Abbildung 34: Ladeschaltung

Balancer Schaltung

Die Grafik 35 stellt unsere Balancer Schaltung dar. Die Schaltung muss 3 mal entworfen werden, einmal für jede Akkuzelle. Im Prinzip geht es um

einen Spannungsteiler, dessen Spannungen an Komparatoren verglichen werden. Jenachdem, wo die größere Spannung liegt, leitet bzw. sperrt der MOS-Transistor rechts.

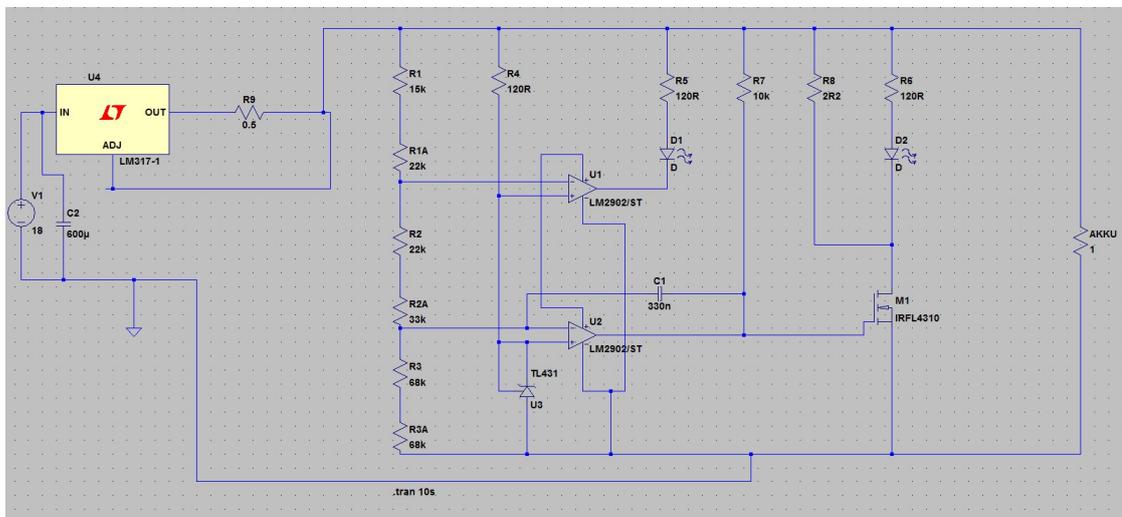


Abbildung 35: Balancer Schaltung

5.4. Schutzschaltungen

von Fabian Wühle

5.4.1. Einleitung

Die Gruppe Schutzbeschaltung ist wie der Name vermuten lässt für den Schutz des Akkus zuständig. Einerseits soll der Akku vor Überladung geschützt werden, andererseits soll ein Überhitzen des Akkus verhindert werden. Mitglieder dieser Gruppe sind Fabian Jaenicke, Fabian Wühle und Janpeter Hirsch.

5.4.2. Problemstellung und Lösungsentwurf

Beim Überladeschutz haben wir uns aufgrund der Flexibilität bei der Akkuwahl für eine Ladeendspannungsabschaltung entschieden. Dieses Verfahren beendet die Ladung bei Überschreiten einer bestimmten Spannungsschwelle, indem der zu ladende Akku von der Ladeelektronik bzw. diese vom Netzteil getrennt wird.

Für die Temperaturabschaltung nutzen wir das temperaturabhängige Widerstandsverhalten eines NTC-Widerstandes, welcher am Akku angebracht wird. Die Schaltung trennt bei Überschreiten der zuvor festgelegten Temperaturschwelle den Akku von sämtlichen Verbrauchern. Diese Abschaltung lässt sich über einen Taster rückgängig machen. Es bietet sich an dieser Stelle an einen weiteren Taster als manuelle Auslösung für eine Notaus-Funktion zu integrieren.

5.4.3. Umsetzung

In beiden Schaltungen muss also bei einem bestimmten Spannungspegel etwas geschaltet werden.

Überladeschutz

Beim Überladeschutz (vgl. Abb 36) wird die Spannungsschwelle durch eine Zener-Diode festgelegt. Über einem zu dieser in Reihe geschalteten Widerstand fällt nach dem Durchbruch der Z-Diode eine Spannung ab welche einen CMOS-Inverter ansteuert. Dieser wiederum steuert den MOSFET an der den Ladevorgang beendet. Der Inverter wird benötigt um den Transistor abzuschalten obwohl ein bestimmter Spannungswert überschritten (und nicht unterschritten) wurde. Die Überladeschutzschaltung wurde bereits Simuliert und erzielte in der Simulation die gewünschten Ergebnisse.

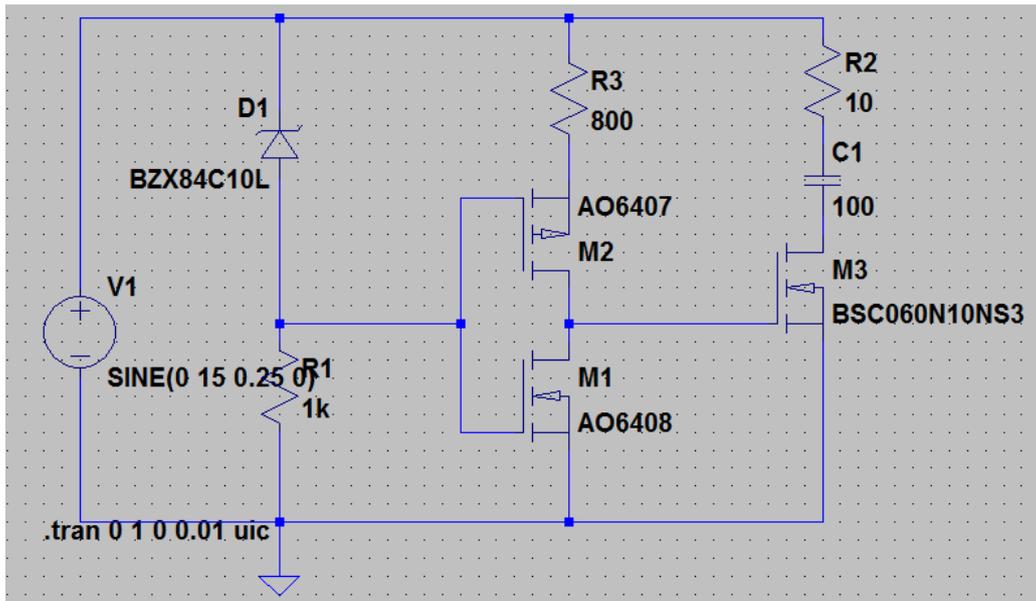


Abbildung 36: Überspannungsschutz LTSpice Simulation

Temperaturabschaltung

Für die Temperaturabschaltung kommt ein Spannungsteiler bestehend aus NTC-Widerstand und Widerstand zum Einsatz. Bei Überschreiten der Schwellenspannung eines MOSFET schaltet dieser durch. Der MOSFET und ein dazu paralleler Notaus-Taster schalten ein bistabiles Relais, welches den Akku von sämtlichen Verbrauchern trennt. Ein zweiter Taster erlaubt ein manuelles Wiedereinschalten. Eine Feinabstimmung der jeweiligen Schaltpegel lässt sich über ein Potentiometer realisieren.

5.5. Akkustandanzeige

von Simon Gapp

5.5.1. Einleitung

Diese Gruppe ist für die Akkustandanzeige zuständig. Die Gruppenmitglieder sind Thomas Jakobi und Simon Gapp.

5.5.2. Problemstellung und Lösungsentwurf

Search-E soll sich mithilfe eines Akkus uneingeschränkt fortbewegen können. Um den Akkustand korrekt zu bestimmen muss eine Möglichkeit gefunden werden, diesen aus verfügbaren Parametern zu bestimmen. Die Parameter sind hierbei Strom und Spannung.

5.5.3. Umsetzung

Ein erster Ansatz wurde durch die Schaltung in Abbildung 37 inspiriert.

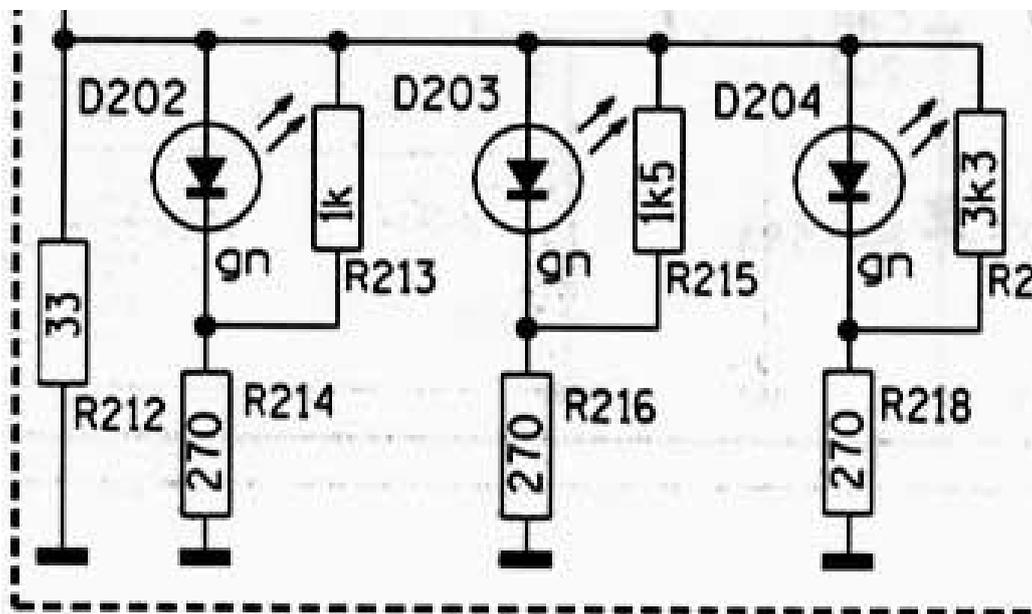


Abbildung 37: Erste Inspiration [3]

Bei weiterer Recherche wurde jedoch entdeckt, dass aufgrund der Entladekurve eines LiPo Akkus, die Anzeige sehr ungenau arbeiten wird (vgl. Abb. 38)

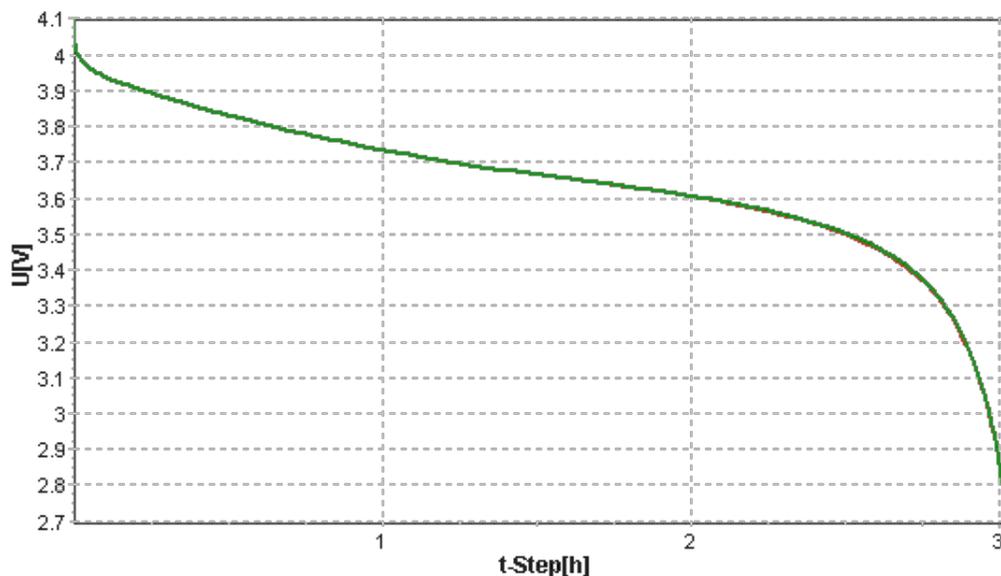


Abbildung 38: Beispielhafte Entladekurve LiPo Akku [4]

Um den Füllstand des Akkus genauer anzeigen zu können wurde folgende Idee entwickelt: Über je einen NE 555 soll eine Strom bzw. Spannungsfrequenz modelliert werden, welche im Mikrocontroller der LCD Gruppe ausgewertet wird. Der Mikrocontroller misst einmal pro Sekunde die Spannung und den Strom und rechnet diese über die Leistungsformel (vgl: Formel 1) um. Anhand der Herstellerangabe lässt sich so vergleichen wieviel Leistung schon verbraucht wurde und wieviel Leistung noch zur Verfügung steht.

$$P = U \cdot I \quad (1)$$

In einem ersten Entwurf sieht die Schaltung wie in Abbildung 39 aus.

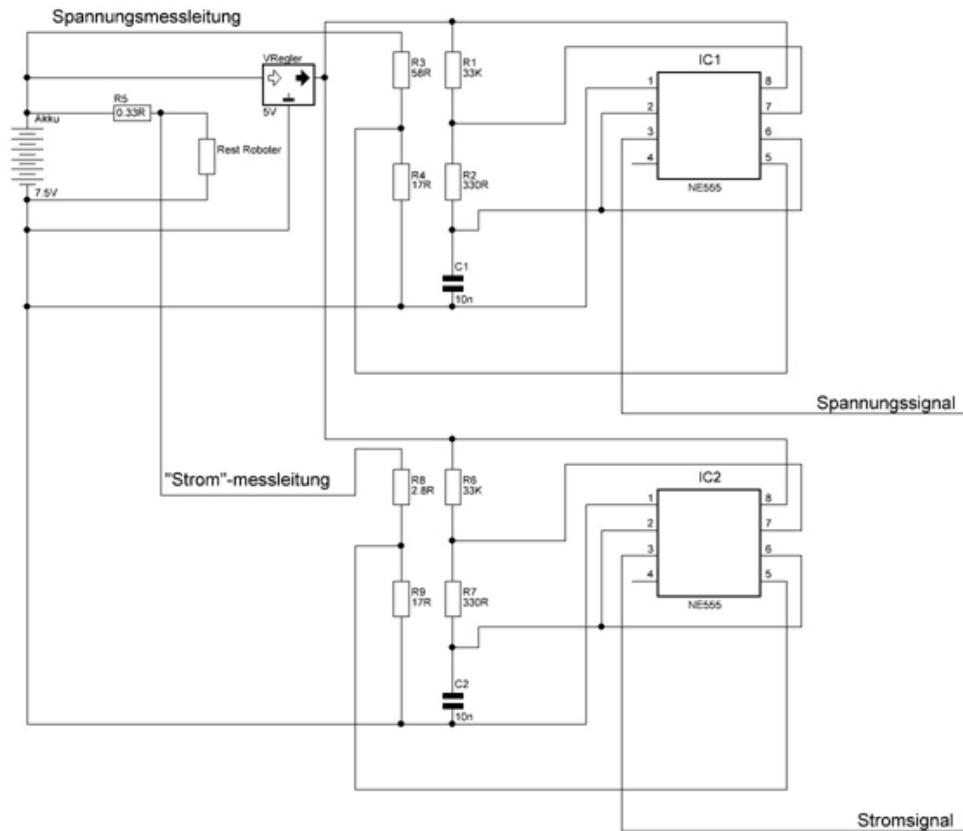


Abbildung 39: Erster Schaltungsentwurf, undimensioniert [5]

Erste Tests verliefen erfolgreich, deckten sich jedoch nicht mit den Simulationsergebnissen.

Um die entscheidende Schnittstelle zwischen unserer Messvorrichtung, sowie dem Mikrocontroller zu entlasten wurde als redundantes System eine LED Anzeige mithilfe des LM3914 (Abb. 40) entwickelt. Erste Tests verliefen leider nicht erfolgreich.

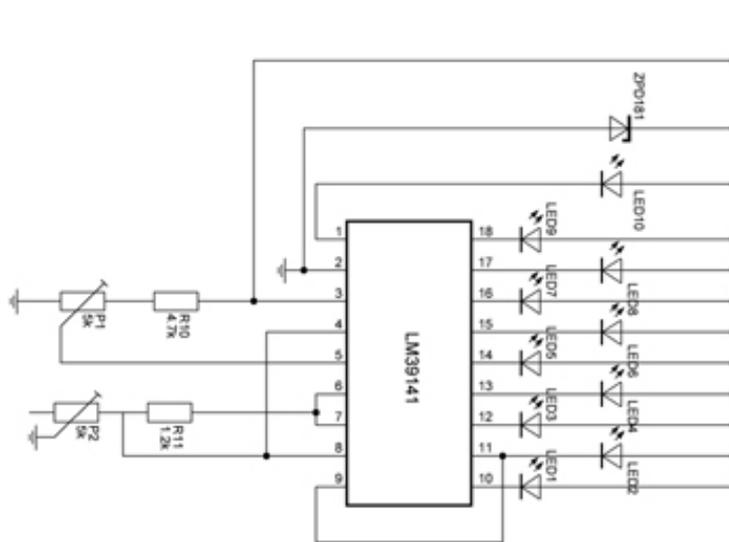


Abbildung 40: Entwurf Redundante Messeinrichtung LM3914 [6]

Um das Strom und Spannungssignal im Mikrocontroller auszuwerten wurde folgender Pseudocode entwickelt:

```

Spannung=Pin1;
Strom=Pin2;
Widerstand=0,01;
Leistung=0;
Max. Leistung=23,31;

If(Leistung<Max.Lleistung)
Spannung=Pin1;
Strom=Pin2/Widerstand;
Leistung=Leistung+(Spannung*Strom);

Warte 1 Sekunde, wiederhole Messung

```

5.6. Stabilisierung

von Paul Hollmann

5.6.1. Einleitung

Aufgabe unserer Gruppe ist es, für unser Projekt Search-E alle benötigten Spannungen bereitzustellen. Da es sich um ein akkubetriebenes Gerät handelt, ist die Energieeffizienz von besonderer Bedeutung. Die beiden Mitglieder dieser Gruppe sind Paul Hollmann und Mirko Köpke.

5.6.2. Problemstellung und Lösungsentwurf

Anforderungen

Zu Beginn der Entwurfsphase mussten erstmal die zu erwartenden Anforderungen an die Spannungsversorgung geklärt werden. Da der Roboter Audiosignale verarbeiten muss war relativ früh klar, dass eine symmetrische Gleichspannungsversorgung, sowie eine 5V Leitung für die Logikschaltungen und eine vergleichsweise hohe Gleichspannung zur Versorgung der Motoren benötigt wird.

Wie eingangs schon erwähnt soll der Roboter über einen Akku betrieben werden, daher fiel die Wahl der zugrundeliegenden Topologie sehr schnell auf Schaltwandler, da diese im Gegensatz zu Linearreglern eine höhere Effizienz erreichen.

Bezüglich der Art des Wandlers standen mehrere Umsetzungsmöglichkeiten im Raum. Die erste Idee war, die einzelnen Spannungen über Abgriffe an einem Transformator zu generieren. Eine kurze Recherche lieferte als geeignete Topologien nur den Sperrwandler, sowie wesentlich leistungsfähigere Schaltungen wie Halb- und Vollbrückenwandler. Wie sich herausstellte ist jedoch die Regelung mehrerer Ausgangsspannungen beim Sperrwandler relativ kompliziert, zudem ist der Sperrwandler nicht leerlauffest, das heißt im Leerlauf kann die Ausgangsspannung so stark ansteigen das Bauelemente beschädigt werden. Die anderen Schaltungsvarianten erschienen uns in der Realisierung sehr komplex, zumal bei allen das Problem der Überwachung mehrerer Spannungen besteht.

Aus diesem Grund wurde beschlossen, für alle benötigten Spannungen einzelne Regler zu entwerfen. Die Anforderungen an die einzelnen Spannungen war wie folgt:

Spannung [V]	Strom [mA]
5	1200
15	4000
12	500
-12	500

Abbildung 41: Übersicht der Ströme und Spannungen

Der fertige Roboter soll über einen Lithium-Polymer-Akku mit einer Nennspannung von 11,2 V und drei Zellen betrieben werden. Entsprechend liegt die maximale Eingangsspannung bei 12V, die minimale Eingangsspannung bei etwa 10,8V.

5.6.3. Umsetzung

Nach den obigen Anforderungen wurden Schaltungen für die einzelnen Spannungsschienen entwickelt.

-12V (Audio)

Für die Generierung der negativen Versorgungsspannung wird ein Inverswandler verwendet. Dieser nutzt den negativen Spannungsimpuls, der an einer Spule aufgrund des Induktionsgesetzes entsteht zur Generierung einer negativen Spannung. Die Schaltung kann in zwei Varianten betrieben werden:

- Lückender Betrieb
Innerhalb eines Schaltzyklus sinkt der Strom in der Spule auf Null herab
- Nicht lückender Betrieb
Die Spule wird permanent von einem Strom durchflossen

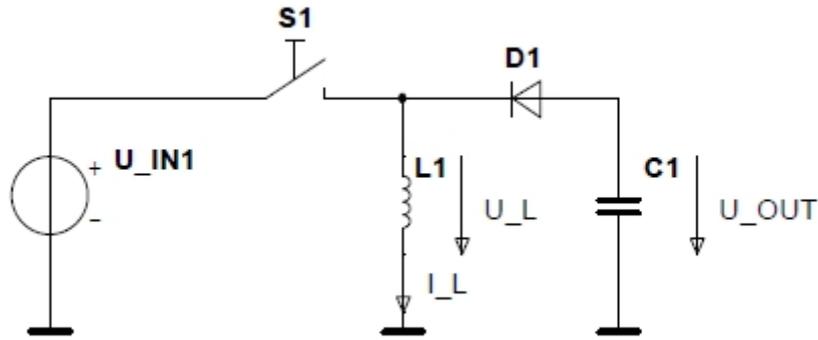


Abbildung 42: Prinzipieller Aufbau des Inverswandlers

Da im ersten Modus die Stromaufnahme sehr stark schwankt wird die Schaltung nur im nicht-lückenden Modus betrieben, die folgende Herleitung bezieht sich ebenfalls nur auf diesen Modus. Die Ausgangsspannung ist abhängig vom Tastverhältnis D des PWM Signals. Das Tastverhältnis ist definiert als die Zeit, in der das Rechteckssignal eine positive Spannung liefert, bezogen auf die Periodendauer des Rechteckssignals.

Die Herleitung ist in ähnlicher Form unter anderem unter [10] zu finden. Sie soll hier noch einmal kurz nachvollzogen werden. Für die Herleitung wird vorausgesetzt, dass sich die Schaltung im stationären Zustand befindet, Eingangs- und Ausgangsspannung also zeitlich konstant sind.

Zu Beginn des Zyklus wird der Schalter geschlossen, der Spulenstrom erhöht sich. Nach dem Induktionsgesetz gilt:

$$U_{in} = U_L = L \frac{\partial i_L}{\partial t} \quad (2)$$

Die Eingangsspannung ist konstant, also lässt sich die Änderung des Spulenstroms wie folgt beschreiben:

$$\begin{aligned} \int_0^{DT} \frac{U_{in}}{L} dt &= \Delta i_{L1} \\ \frac{U_{in}DT}{L} &= \Delta i_{L1} \end{aligned} \quad (3)$$

Nun wird der Schalter geöffnet, der Strom an der Spule muss jedoch stetig sein, in dieser Phase wird die Spule durch die Diode gespeist, unter Vernachlässigung des Spannungsabfalls über der Diode gilt ähnlich zum ersten Abschnitt:

$$\begin{aligned} \int_{DT}^T \frac{U_{out}}{L} dt &= \Delta i_{L2} \\ \frac{U_{out}DT}{L} &= \Delta i_{L2} \end{aligned} \quad (4)$$

Da sich der Regler im stationären Zustand befindet, muss der Strom zu Beginn des nächsten Zyklus den selben Wert haben, wie zu Beginn des betrachteten Zyklus, also: $\Delta i_{L_1} - \Delta i_{L_2} = 0$. Einsetzen und Umstellen der Formeln für Δi_{L_1} und Δi_{L_2} liefert für U_{in} und U_{out} :

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = -\frac{D}{1-D} \quad (5)$$

Man erkennt an dieser Formel sehr gut, dass die Ausgangsspannung negativ gegenüber der Eingangsspannung ist, und dass die Ausgangsspannung betragsmäßig sowohl kleiner, also auch größer als die Eingangsspannung sein kann.

Für den praktischen Aufbau wird der Schaltregler IC LM2576-5 verwendet. Er läuft mit einem vergleichsweise niedrigen Takt von 52 kHz, was das Board Layout vereinfacht. Zudem bringt er eine Reihe von Schutzfunktionen mit, die somit nicht zusätzlich implementiert werden müssen. Der Regler ist gegen Überlast und zu hohe Temperaturen geschützt. Prinzipbedingt ist die Ausgangsspannung eines Schaltreglers welliger als die eines Linearreglers. Da die Signalverarbeitung sehr stabile Spannungen benötigt, wird der Schaltregler so dimensioniert, dass er etwa -13,5 V liefert. Dadurch ist die Spannung hoch genug, um sie mit einem Linearregler (L7912) auf die gewünschten -12V bei geringer Welligkeit zu regeln. Laut Datenblatt benötigt der L7912 mindestens 1,2V mehr am Eingang als er am Ausgang bereitstellen soll. Die 1,5V mehr die der Schaltregler liefert sollten demnach ausreichen. Die Größe der Pufferkondensatoren des Linearreglers wurden dem Datenblatt entnommen, ebenso die Werte für die Spule und den Kondensator des Schaltreglers. Das Potentiometer dient zum genauen Einstellen der Reglerspannung. Der Optokoppler wird wegen den unterschiedlichen Bezugsspannungen der Logik und des Reglers verwendet.

+5V (Logik)

Die 5V Versorgung wird ebenfalls über einen LM2576-5 realisiert. Da in diesem Fall die Ausgangsspannung der Zielspannung des Reglers entspricht entfällt das Widerstandsnetzwerk um den Feedback Anschluss. Dieser Regler arbeitet als Abwärtswandler, die Ausgangsspannung ist in jedem Fall kleiner als die Eingangsspannung. Die Funktionsweise ist unter Berücksichtigung der leicht geänderten Schaltung äquivalent zu der des Inverswandlers und wird deshalb nicht noch einmal getrennt erläutert. Prinzipiell gilt im nicht

lückenden Betrieb: $\frac{U_{out}}{U_{in}} = D$. Da das Tastverhältnis per Definition nur Werte zwischen 0 und 1 einnehmen kann ist die Ausgangsspannung nie größer als die Eingangsspannung. Da die Logikschaltung robuster gegenüber Spannungsschwankungen sind, wird bei diesem Regler vermutlich auf den nachgestellten Linearregler verzichtet um die Effizienz nicht zu beeinträchtigen. Da der Mikrokontroller permanent mit Strom versorgt wird, die anderen Logikschaltungen jedoch nicht, wird der Regler zwei mal aufgebaut werden.

+15V (Motor)

Für diese Spannung wird ein Aufwärtswandler realisiert, der die niedrige Akkuspannung auf die für den Motor benötigte Spannung heraufsetzt. Es wird der LT1619 von Linear Technology zum Einsatz kommen, da er alle benötigten Regelfunktionen bereitstellt und sich durch die äußere Beschaltung gut auf verschiedene Anwendungen abstimmen lässt. Die genaue Dimensionierung muss noch stattfinden.

+12V (Audio)

Für die Erzeugung der +12V stehen momentan drei Schaltungen zur Auswahl. Eine Möglichkeit wäre, die Motorspannung mit einem Linearregler oder einem vorgeschalteten Abwärtswandler auf die benötigte Spannung herabzusetzen. Potenziell problematisch an dieser Lösung ist, dass sie Lastschwankungen durch den Motor, etwa beim Anfahren auf die Spannung auswirken könnten, so dass an diesem Punkt mit einer sehr hohen Pufferkapazität gearbeitet werden müsste. Daher wäre es auch denkbar, die 12V aus der Akkuspannung zu generieren, wobei sich hier ein Problem ergibt, da die volle Akkuspannung in dem Bereich der benötigten Spannung liegt und dann herabsinkt. Alle bisher besprochenen Schalttopologien können jedoch nur Spannungen kleiner oder nur Spannungen größer der Eingangsspannung liefern. Eine Möglichkeit wäre es, eine SEPIC-Wandler aufzubauen. Dieser ist zwar von der Anzahl der benötigten Bauteile sehr aufwendig (2 Spulen, Koppelkondensatoren, die den vollen Laststrom liefern können), dafür kann er mit jeder Eingangsspannung die benötigten 12V bereitstellen. Eventuell ergibt sich hier auch, wie beim Inverswandler ein Problem mit der Restwelligkeit. Eine andere Möglichkeit wäre, einen zweiten Aufwärtswandler zu bauen, ähnlich der Motorversorgung, der dann eine leicht höhere Spannung (ca. 13-14V) liefert, welche wiederum über einen Linearregler heruntergewandelt wird.

5.6.4. Versuche

Nach dem obigen Schaltplan wurde der Regler auf einem Steckbrett aufgebaut und sowohl im Leerlauf, als auch unter Last getestet. Die Ausgangsspannung zeigte sich relativ stabil, im Leerlauf wurden -11.93V bei Belastung mit einem $20\ \Omega$ Widerstand brach die Spannung auf 11.81V zusammen. Jedoch zeigt sich, dass die Schaltung einen erheblichen Einschaltstrom benötigt. Wenn die Quelle diesen nicht liefern kann bleibt der Regler hängen und es werden nur $-1,2\ \text{V}$ erreicht. Daher muss für eine sicheres Funktionieren der Schaltung sichergestellt werden, dass entweder die Spannungsquelle eine ausreichend hohen Strom ($> 6\text{A}$) liefern kann, oder dass die Last erst nach dem Erreichen der Sollspannung zugeschaltet wird. Vermutlich wird in der fertigen Schaltung eine Art Startroutine festgelegt, die die einzelnen Regler erst startet, wenn die vorherigen Regler angelaufen sind und nach dem alle Regler ihre Zielspannung erreicht haben mit der Last verbunden werden.

5.6.5. Zusammenfassung

Die negative Spannungsversorgung ist soweit funktional, eventuell müssen noch Details angepasst werden sobald feststeht wie viel Leistung die anderen Baugruppen genau benötigen. Der 5V Regler konnte inzwischen auch kurz getestet werden, aber es müssen noch weitere Versuche unternommen werden. In jedem Fall muss schnell die Erzeugung der 12V Spannung geklärt werden und der Wandler für den Motor muss dimensioniert und getestet werden. Die bisherigen Ergebnisse waren jedoch überwiegend positiv.

Teil III.

Bedienungsanleitung/Handbuch

Anweisung zur Bedienung, Wartung und Abstimmung des Roboters. Erfolgt erst im Abschlussbericht!

Literatur

- [1] Autor *Titel* Erscheinung.
- [2] <http://www.conrad.de/ce/de/product/239528/Hacker-20-C-LiPo-Akku-111-V-5000-mAh-Stecksystem-EC5-XH?ref=searchDetail> Letzter Zugriff: 28.05.2014
- [3] http://images.gutefrage.net/media/fragen-antworten/bilder/14768142/0_big.jpg Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [4] <http://www.basytec.de/Literatur/memoryeffekt/Fig15.gif> Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [5] <http://www.bobblick.com/techref/projects/a2d555/a2d555.html> Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [6] <http://www.youtube.com/watch?v=iIKGvHjDQHs> Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [7] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576.pdf> Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [8] <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/1619fa.pdf> Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Gleichspannungswandler> Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Buck\OT1\textendashboost_converter Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [11] http://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [13] http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/TND351-D.PDF Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [14] http://www.ti.com/download/trng/docs/seminar/Topic_3_Lynch.pdf Letzter Zugriff: 24.05.2014
- [15] <http://pdfserv.maximintegrated.com/en/an/AN5503.pdf> Letzter Zugriff: 24.05.2014

Abbildungsverzeichnis

1.	Blockschaltbild unserer Gruppe: Mikrofon, Verstärker, Hochpass, Gleichrichter, Noise-Gate und Logikaufbau	6
2.	Mikrofonverstärkerschaltung	8
3.	Bode-Diagramm der Verstärkerschaltung mit unterschiedlichen Einstellungen des Trimmers	9
4.	Vorlage für unsere Schaltung (http://sound.westhost.com/appnotes/an001.htm)	9
5.	Simulation unsere Schaltung, Aufbau	10
6.	Pegel in der Simulation unserer Schaltung	10
7.	verwendete Bauteile	11
8.	Anordnung der Mikrofone und mögliche Signalrichtungen	12
9.	Der „Robotertanz“ am Ziel	13
10.	Vergleich der „Zustände“	13
11.	Simulationsschaltung mit Orcad	15
12.	Schaltung mit Eagle	16
14.	hier fehlt eine Bildunterschrift	19
15.	hier fehlt eine Bildunterschrift	20
31.	LiPo Akku	45
32.	Tiefentladeschutz	46
33.	CCCV Verfahren	47
34.	Ladeschaltung	47
35.	Balancer Schaltung	48
36.	Überspannungsschutz LTSpice Simulation	50
37.	Erste Inspiration [3]	51
38.	Beispielhafte Entladekurve LiPo Akku [4]	52
39.	Erster Schaltungsentwurf, undimensioniert [5]	53
40.	Entwurf Redundante Messeinrichtung LM3914 [6]	54
41.	Übersicht der Ströme und Spannungen	56
42.	Prinzipieller Aufbau des Inverswandlers	57
13.	Blockschaltbild des gesamten Metalldetektors	65
16.	Richtungsschaltung	65
17.	Antriebsschaltung	66
18.	Nichtinvertierender Verstärker	66
19.	Schmitt-Trigger	67
20.	Schaltung	67
21.	Erster Entwurf eines Blockschaltbildes zur Auswertung der Sensordaten	68

22.	Erster Entwurf einer Schaltung	68
23.	Zweiter Entwurf der Schaltung	69
24.	Schnittstellen	69
25.	Beschaltung	70
26.	Schaltbild Multivibrator	70
27.	Blockschaltbild	70
28.	Logikschaltung	71
29.	Blockschaltbild	71
30.	Ablaufdiagramm	72

Tabellenverzeichnis

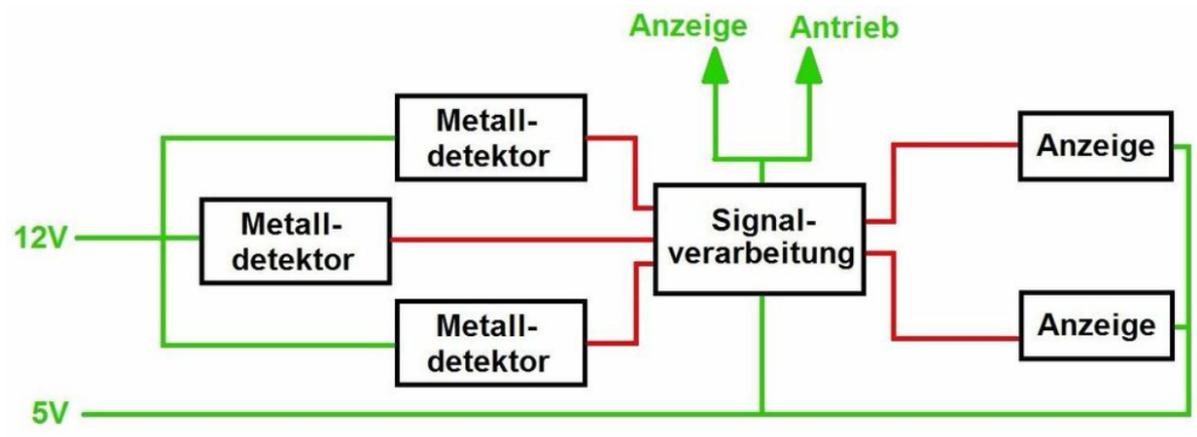


Abbildung 13: Blockschaltbild des gesamten Metalldetektors

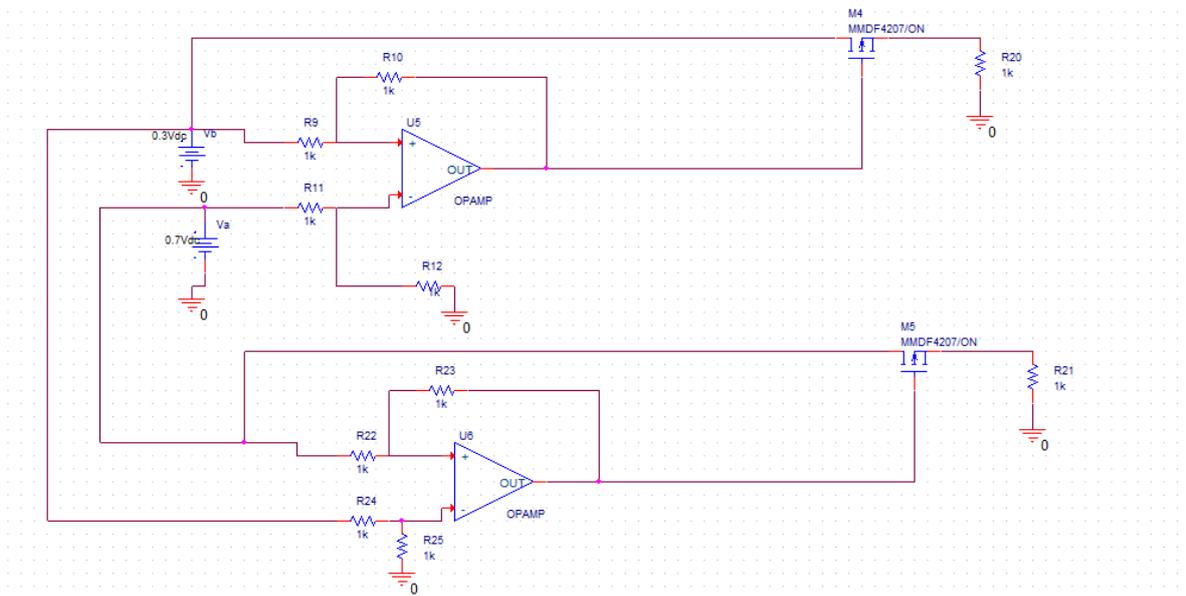


Abbildung 16: Richtungsschaltung

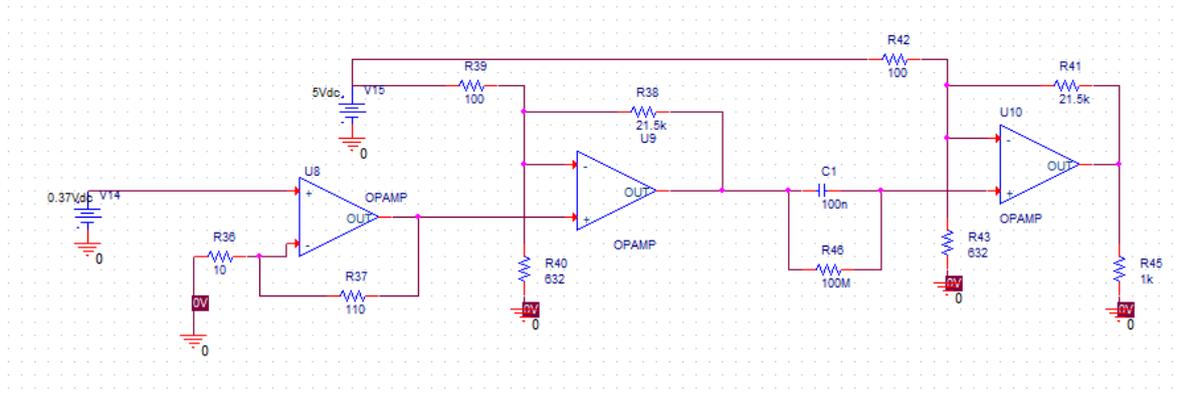


Abbildung 17: Antriebsschaltung

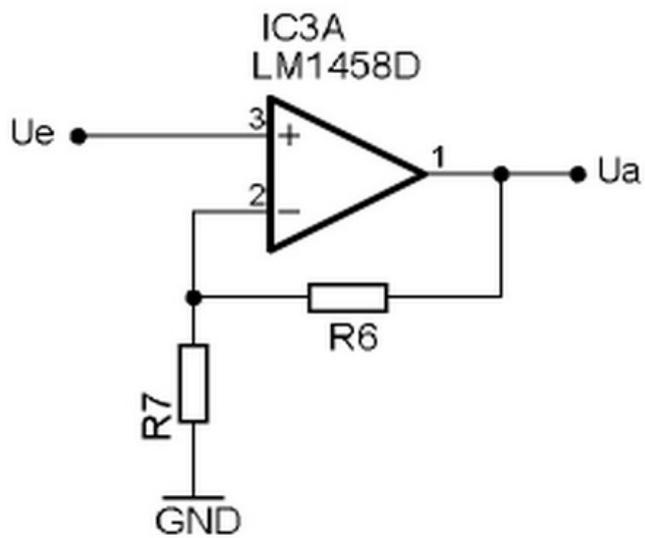


Abbildung 18: Nichtinvertierender Verstärker

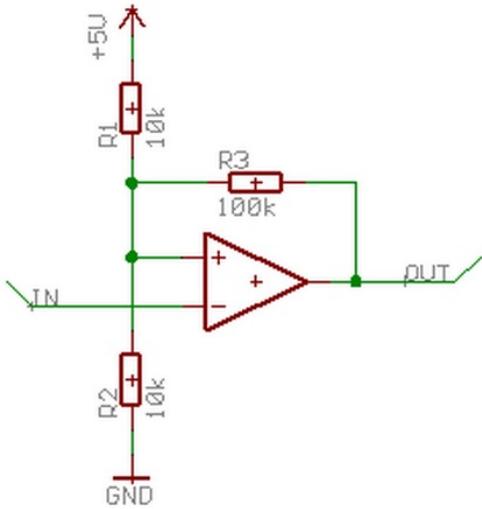


Abbildung 19: Schmitt-Trigger

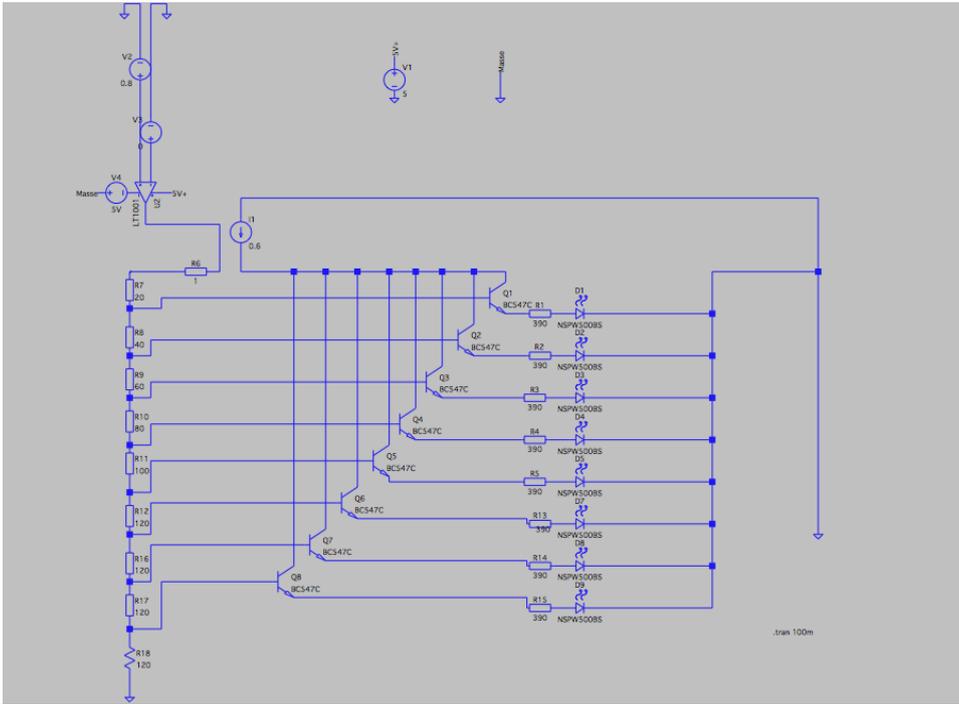


Abbildung 20: Schaltung

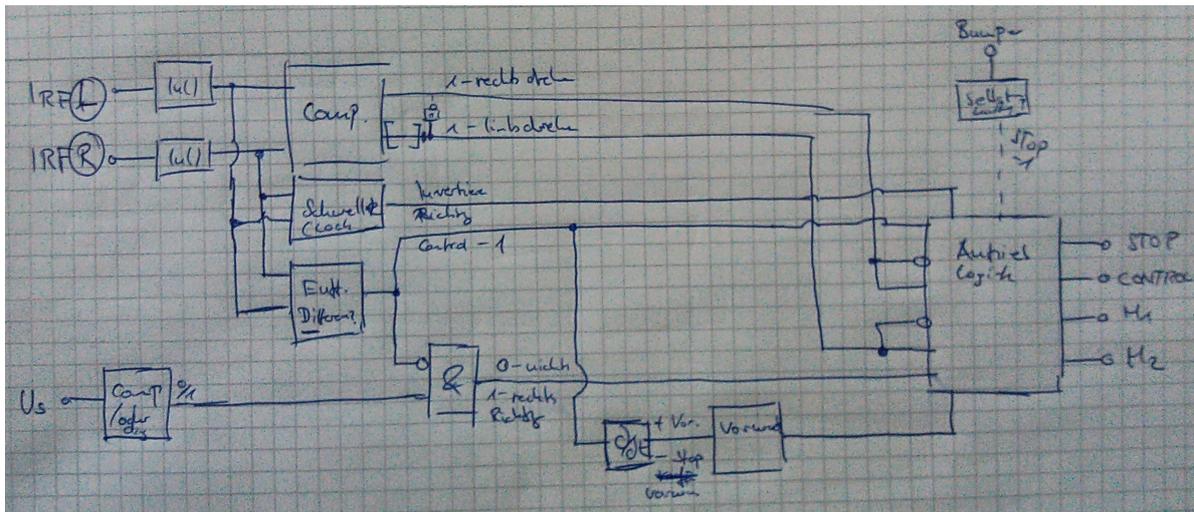


Abbildung 21: Erster Entwurf eines Blockschaltbildes zur Auswertung der Sensordaten

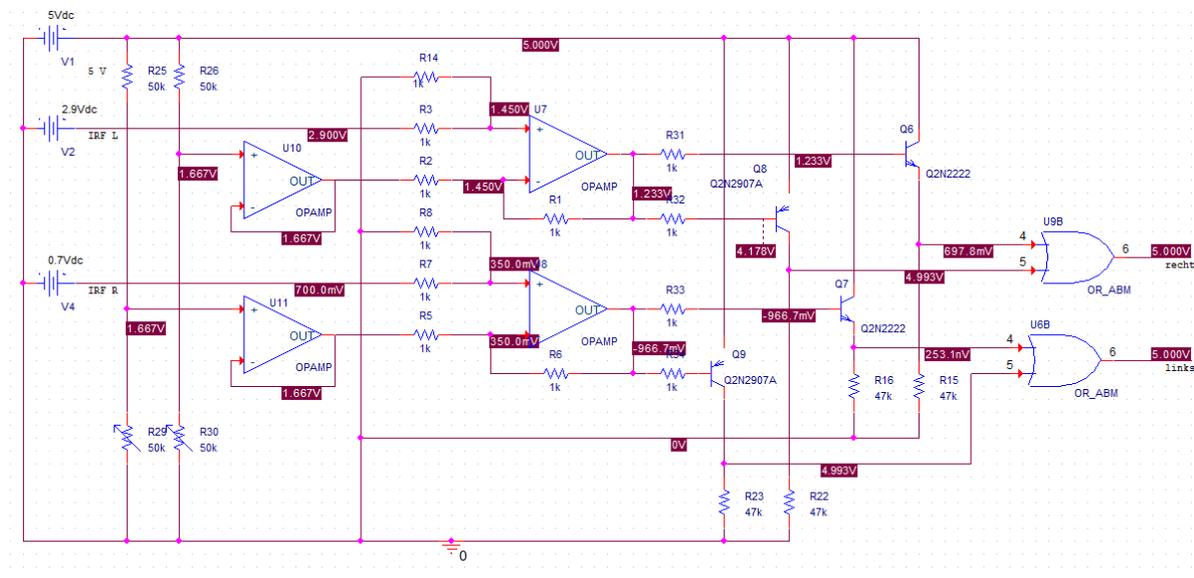


Abbildung 22: Erster Entwurf einer Schaltung

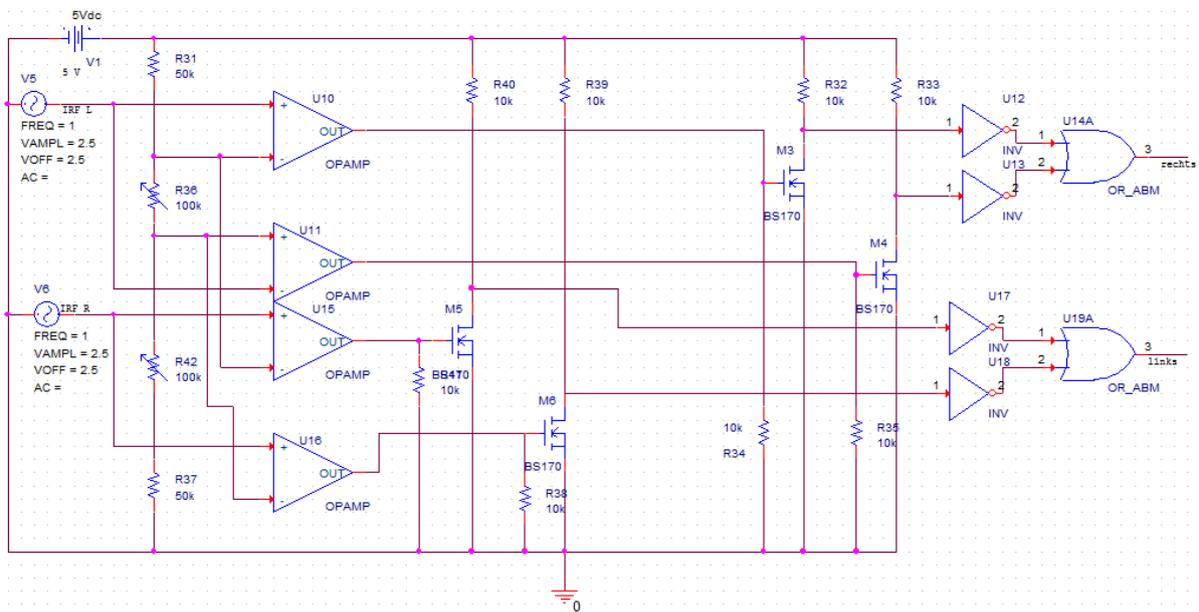


Abbildung 23: Zweiter Entwurf der Schaltung

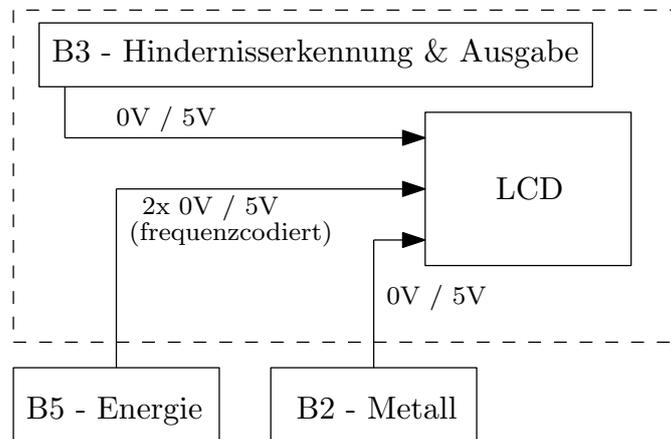


Abbildung 24: Schnittstellen

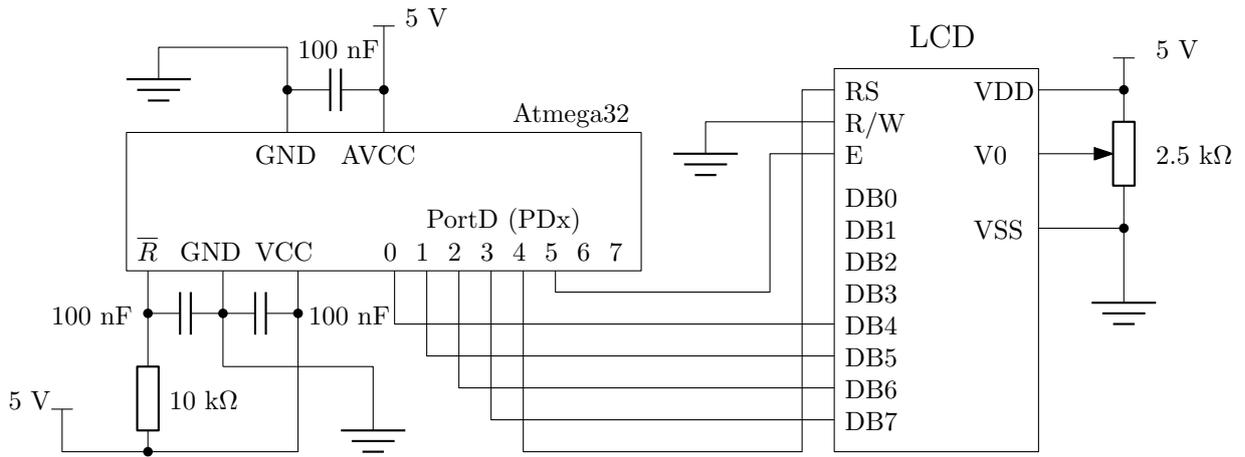


Abbildung 25: Beschaltung

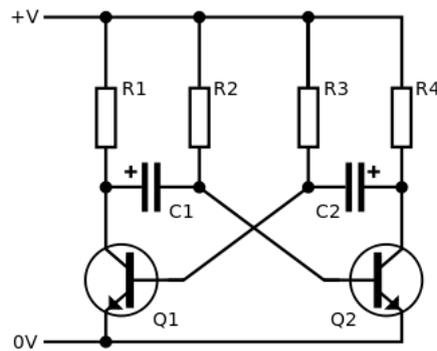


Abbildung 26: Schaltbild Multivibrator

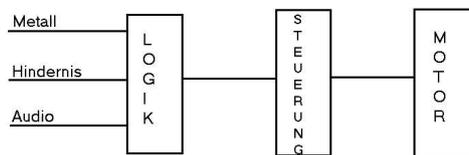


Abbildung 27: Blockschaltbild

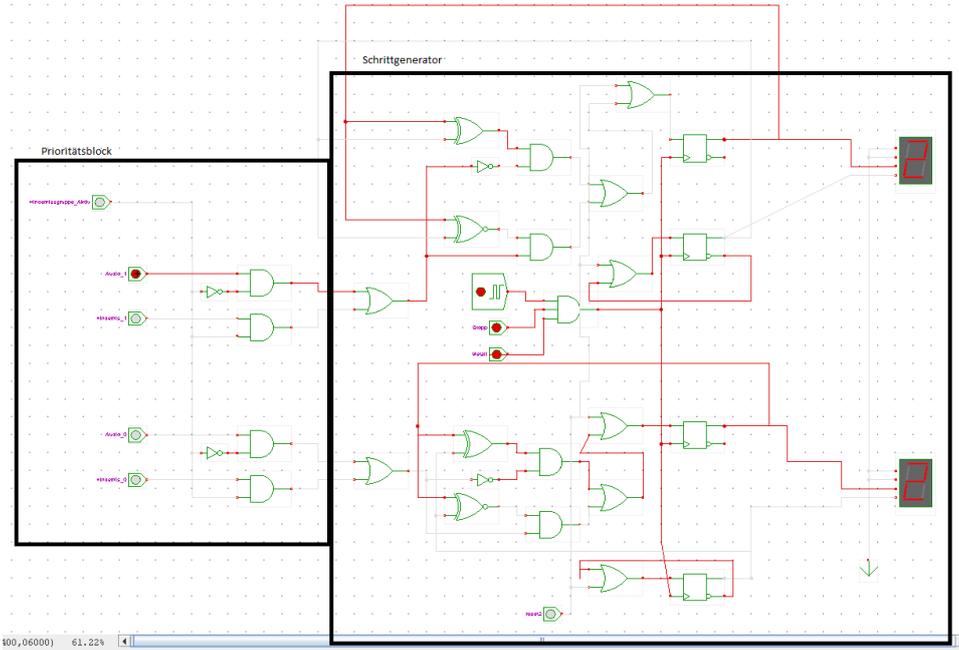


Abbildung 28: Logikschaltung

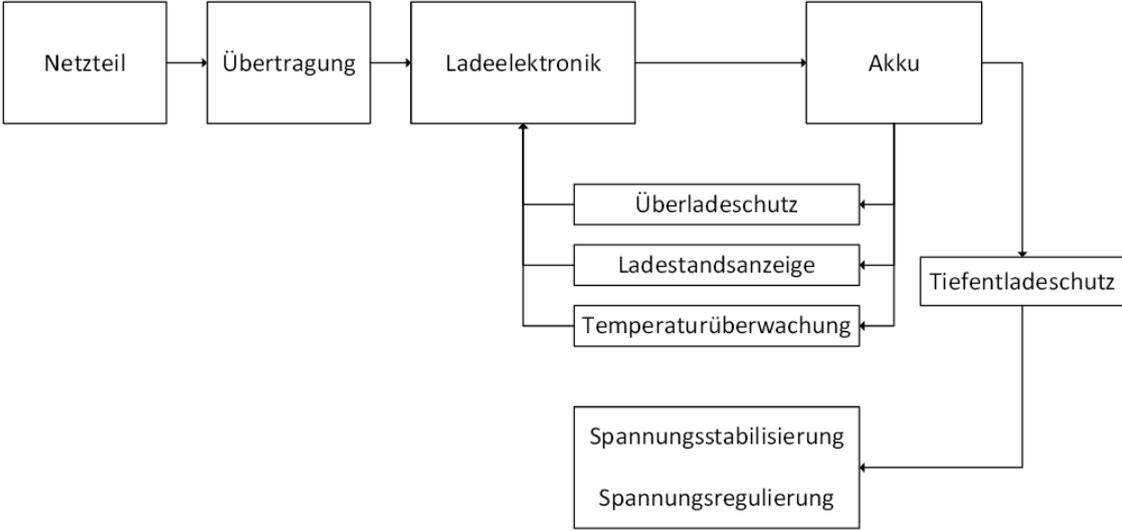


Abbildung 29: Blockschaltbild

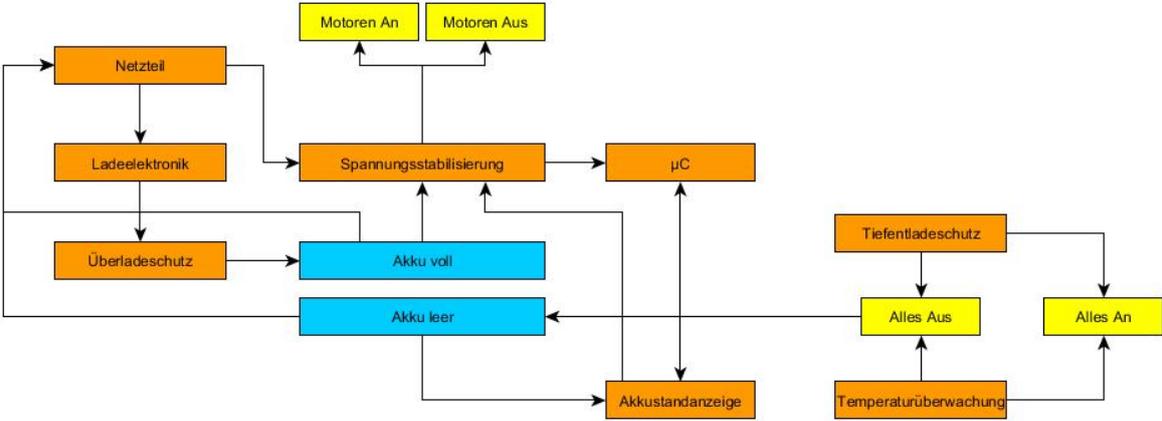


Abbildung 30: Ablaufdiagramm