

---

# BACHELORARBEIT

---

Herr  
**Kautsar Muarabagja Ashadita**

**Entwicklung eines  
drahtlos,  
fernsteuerbaren,  
allradgetriebenen  
Rasenroboters**

Mittweida, 2024

Fakultät Ingenieurwissenschaften

---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Entwicklung eines drahtlos, fernsteuerbaren, allradgetriebenen Rasenroboters**

Autor:  
**Herr**

**Kautsar Muarabagja Ashadita**

Studiengang:  
**Elektrotechnik Automation**

Seminargruppe:  
**EA21wA-B**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr.-Ing. Lutz Rauchfuß**

Zweitprüfer:  
**M.sc. Sebastian Nitschke**

Einreichung:  
**Mittweida, 09.08.2024**

Verteidigung/Bewertung:  
**Mittweida, 2024**

Faculty Engineering Science

---

## **BACHELOR THESIS**

---

# **Development of a wireless, remote-controlled, all-wheel- drive lawn robot**

author:

**Mr.**

**Kautsar Muarabagja Ashadita**

course of studies:

**Electrical Engineering Automation**

seminar group:

**EA21wA-B**

first examiner:

**Prof. Dr.-Ing. Lutz Rauchfuß**

second examiner:

**M.sc. Sebastian Nitschke**

submission:

**Mittweida, 09.08.2024**

defence/ evaluation:

**Mittweida, 2024**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Ashadita, Kautsar Muarabagja

Entwicklung eines drahtlos, fernsteuerbaren, allradgetriebenen Rasenroboters.

- 2024. - 5 Seiten Verzeichnisse, 33 Seiten Inhalts, 36 Abbildungen,

Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Bachelorarbeit,

2024

## **Referat:**

Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit der Entwicklung eines drahtlosen Fernsteuerungssystems für ein allradgetriebenes Fahrzeug. Ziel ist es, die Handhabung, Leistung und Sicherheit des Fahrzeugs zu verbessern.

## Bacheloraufgabe für Kautsar Ashadita

Mittweida, 08.07.2024

### Thema: Entwicklung eines drahtlos, fernsteuerbaren, allradgetriebenen Rasenroboters

Rasenroboter sind für die Pflege privater und öffentlicher Grundstücke nicht mehr wegzudenken. Nicht alle Grundstücke sind gleichermaßen gut geeignet, um einen störungsfreien Betrieb der Rasenroboter zu gewährleisten. Steigungen, Löcher, Bäume und andere Hindernisse tauchen bei den meisten Grundstücken auf, so dass ein allradgetriebener Rasenroboter eine deutlich geringere Störanfälligkeit mit sich bringt. Welche maximale Steigung, Gefälle, Seitenneigung usw. sind mit dem Konzept des allradgetriebenen Rasenroboter erreichbar? Dazu muss der Rasenroboter über eine Fernbedienung steuerbar sein und auf einem Parcours getestet werden. Die störende kabelgebundene Fernbedienung soll durch eine drahtlose Fernbedienung ersetzt werden, um den Rasentraktor komfortabel über die Hindernisse manövrieren zu können.

#### Arbeitspakete:

1. Fernbedienung
  - Die kabelgebundene und die drahtlose Fernbedienung sollen jederzeit gegeneinander ausgetauscht werden können. Dafür muss das Anstecken der kabelgebunden Fernbedienung erkannt werden, danach übernimmt sie mit Prio 1 die Steuerung des Rasentraktors. Die drahtlose Fernbedienung (Prio 2) muss in diesem Fall wirkungslos werden.
  - Die sichere Verbindung der drahtlosen Fernbedienung muss ständig überwacht werden, so dass ein Signal an der kabellosen Fernbedienung oder am Rasentraktor vor dem Abriss der Verbindung warnt!
2. Der Testparcours ist nach dem Beispiel der NdW abzufahren, um die volle Funktionsfähigkeit der kabellosen Fernbedienung nachzuweisen
  - Die maximale Steigung und das maximale Gefälle, welches der Rasenroboter erreichen kann, ist durch Messungen auf einer geeigneten Grundplatte mit definierter Steigung, zu ermitteln
  - Maximale Bergkuppen (Aufsetzen der Fahrzeugmitte) und das Aufsetzen am Überhang vorn und hinten sind zu ermitteln
  - Welche maximale Steigung kann der Rasenroboter bei einer Schrägfahrt mit 45° Winkel zur Waagerechten erreichen

Hochschulbetreuer:

Prof. Dr.-Ing. Lutz Rauchfuß

# Inhalt

Inhalt .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	II
Abkürzungsverzeichnis .....	IV
0 Übersicht .....	1
0.1 Motivation .....	1
0.2 Zielsetzung .....	1
0.3 Kapitelübersicht .....	2
1 Auswahl der Komponenten und Kommunikationsmethode .....	3
1.1 Fernbedienung .....	4
1.2 Empfänger .....	7
1.3 DAC Board .....	10
1.4 Arduino .....	12
2 Killswitch .....	15
2.1 Bestandteil des 555-Timers .....	15
2.2 555 Timer .....	20
2.3 Programmablauf .....	23
3 Änderungen an dem Fahrzeug .....	28
4 Vergleich der neuen und alten Fernbedienung .....	29
4.1 Geschwindigkeitstest .....	29
4.2 Beschleunigungstest .....	31
4.3 Neigungstest .....	31
5 Fazit .....	33
Literaturverzeichnis .....	34

Selbstständigkeitserklärung

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Drahtlose Fernsteuerung Ablaufplan .....	3
Abbildung 1.1.1: Reely HT-4 Hand-Fernsteuerung 2,4 GHz .....	4
Abbildung 1.1.2: ARDUINO HC-05-4 Bluetooth modul.....	5
Abbildung 1.1.3: Federinstallation am linken Hebel.....	5
Abbildung 1.1.4: Schaumstoff zur Blockierung seitlicher Bewegungen .....	6
Abbildung 1.2.1: Reely HR-4 6-Kanal Empfänger 2,4 GHz Stecksystem JR .....	7
Abbildung 1.2.2: Signal vom Empfänger bei Stillstand .....	8
Abbildung 1.2.3: 2 Kanäle Signal vom Empfänger bei Stillstand .....	9
Abbildung 1.2.4: 2 Kanäle Signal vom Empfänger bei Rückwärts .....	9
Abbildung 1.2.5: 2 Kanäle Signal vom Empfänger bei Vorwärts .....	10
Abbildung 1.3.1: 2-Kanal - DAC 0-10 V I2C-Modul - DFRobot DFR0971 .....	10
Abbildung 1.3.2: DAC Board Schematic.....	11
Abbildung 1.3.3: Adresse beim DAC Board .....	12
Abbildung 1.4.1: Arduino uno mit Klemmleiste auf Pins .....	13
Abbildung 1.4.2: Signalkabel im Anschluss für die Fernbedienungsplatine .....	13
Abbildung 1.4.3: Arduino Verdrahtung Schematic .....	14
Abbildung 2.1.1: Konzept 555 astabile Timer-Schaltung.....	15
Abbildung 2.1.2: Kondensator C1 10 $\mu$ F .....	16
Abbildung 2.1.3: Kondensator C2 100 nF.....	17
Abbildung 2.1.4: 1K $\Omega$ Widerstand R1 .....	18
Abbildung 2.1.5: 3.9K $\Omega$ Widerstand R2.....	18

Abbildung 2.1.6: Ausgangssignal des 555 Timers .....	20
Abbildung 2.2.1: Ausgangsspannung für Kanal 1 der Fernbedienung .....	21
Abbildung 2.2.2: ILC555N Timer .....	21
Abbildung 2.2.3: 555 Timer Schematic .....	22
Abbildung 2.2.4: 555 Timer in der Fernbedienung .....	22
Abbildung 2.3.1: Signal von Kanal 1 bei 1ms.....	23
Abbildung 2.3.2: Signal von Kanal 1 bei 2ms.....	24
Abbildung 2.3.3: Killswitch Programmablauf .....	25
Abbildung 2.3.4: Fahrzeug betriebsbereit .....	26
Abbildung 2.3.5: Fahrzeugstopp .....	26
Abbildung 2.3.6: Killswitch-Programm Abstandstest.....	27
Abbildung 3.1.1: Gehäuse für das Fernbedienungsmodul .....	28
Abbildung 4.1.1: Vollgas mit der drahtlosen Fernbedienung.....	30
Abbildung 4.1.2: Vollgas mit der alten Fernbedienung.....	30
Abbildung 4.3.1 : kleines schräges Hindernis .....	32



# Abkürzungsverzeichnis

<b>DAC</b>	Digital-Analog Converter
<b>DC</b>	Direct Current
<b>PWM</b>	Pulse Width Modulation
<b>I2C</b>	Inter Integrated Circuit
<b>SDA</b>	Serial Data Line
<b>SCL</b>	Serial Clock Line
<b>LED</b>	Light-Emitting Diode
<b>GND</b>	Ground
<b>PCB</b>	Printed Circuit Board
<b>TR</b>	Trigger
<b>THR</b>	Threshold
<b>OUT</b>	Output
<b>CONT</b>	Control Voltage
<b>DIS</b>	Discharge
<b>TL</b>	Time Low
<b>TH</b>	Time High

# 0 Übersicht

Im einleitenden Kapitel werden die Motivation und die Aufgabenstellung dieser Bachelorarbeit besprochen. Gleichzeitig erfolgt ein kurzer Überblick zu den einzelnen Kapiteln dieser Arbeit.

## 0.1 Motivation

Nach dem Erfolg des vorangegangenen Projekts, eines kabelgebundenen ferngesteuerten Autos, stellt die Entwicklung eines kabellosen ferngesteuerten Autos eine natürliche und bedeutende Weiterentwicklung dar. Die Umstellung auf ein kabelloses System erhöht die Reichweite und Flexibilität der Steuerung und bietet zudem eine bessere Manövrierfähigkeit des Fahrzeugs, da es nicht mehr durch Kabel eingeschränkt wird. Dadurch wird die Fähigkeit des Fahrzeugs, verschiedene Geländeformen und Hindernisse zu bewältigen, erheblich verbessert. Diese Bachelorarbeit befasst sich mit dem Design, der Entwicklung und dem Testen eines kabellosen ferngesteuerten Autos, das auf den Grundlagen des vorherigen kabelgebundenen Modells aufbaut. Ziel ist es, ein flexibleres, effizienteres und benutzerfreundlicheres ferngesteuertes Fahrzeug zu entwickeln, das die Fortschritte und Vorteile der drahtlosen Technologie hervorhebt.

## 0.2 Zielsetzung

Die Ziele dieser Arbeit umfassen die Entwicklung eines kabellosen, ferngesteuerten Fahrzeugs auf Basis des vorherigen kabelgebundenen Modells, die Identifizierung der optimalen Kommunikationsmethode für das kabellose System, die Auswahl geeigneter Teile und Komponenten, die Erweiterung des Steuerbereichs und der Flexibilität, die Verbesserung der Manövrier- und Navigationsfähigkeiten, die Implementierung fortschrittlicher kabelloser Technologien, die Gestaltung eines benutzerfreundlicheren und effizienteren Steuerungssystems sowie die Durchführung umfassender Tests und Validierungen, um die Leistung, Zuverlässigkeit und Effektivität des Systems sicherzustellen.

## 0.3 Kapitelübersicht

Die Bachelorarbeit besteht aus Fünf Kapiteln.

**Kapitel 1** befasst sich mit der Auswahl der geeigneten Bauteile und Komponenten für die drahtlose Fernbedienung sowie mit der Festlegung der Kommunikationsmethode für das DAC-Board.

In **Kapitel 2** wird das „Killswitch“-Programm vorgestellt, das entwickelt wurde, um das Problem einer plötzlichen Signalunterbrechung oder einer leeren Fernbedienungsbatterie zu lösen.

**Kapitel 3** widmet sich kleineren Anpassungen am Fahrzeug und führt das neue Sicherheitsgehäuse ein, das den Schutz der elektronischen Komponenten verbessert.

**Kapitel 4** bietet einen detaillierten Vergleich zwischen der neuen drahtlosen Fernbedienung und dem alten Modell, wobei die Leistung und Effizienz der beiden Systeme gegenübergestellt werden.

Abschließend fasst **Kapitel 5** die Ergebnisse der vorhergehenden Kapitel zusammen und zieht die Schlussfolgerungen der Bachelorarbeit.

# 1 Auswahl der Komponenten und Kommunikationsmethode

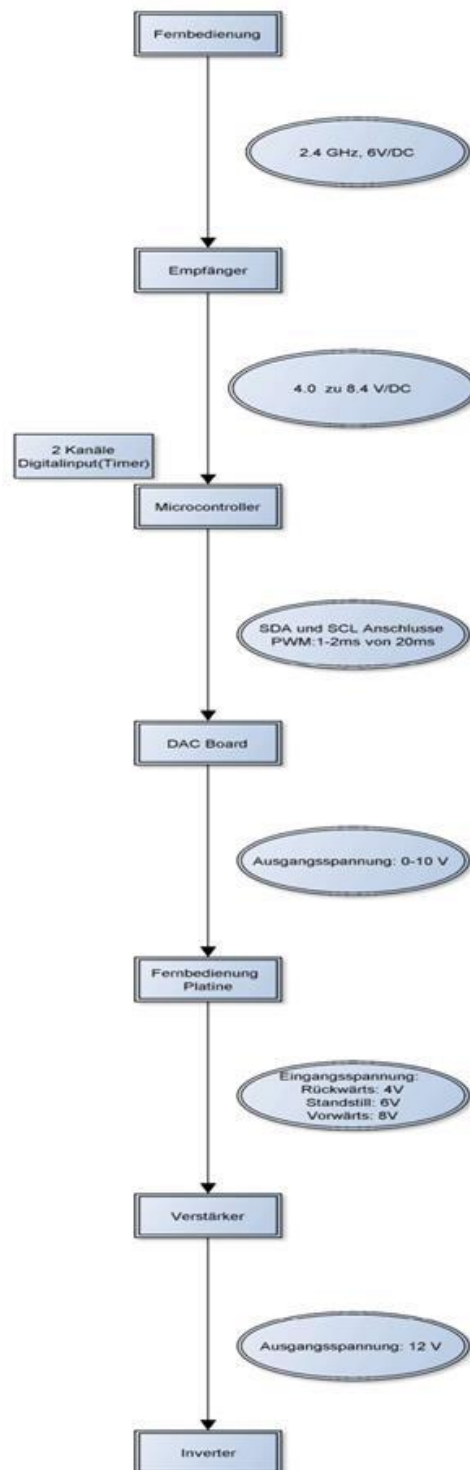


Abbildung 1.1: Drahtlose Fernsteuerung Ablaufplan

Basierend auf diesem Ablaufplan müssen die Komponenten bestimmt werden, die für das drahtlose Fernsteuerungsprojekt erforderlich sind. Sowohl die Eingangs- als auch die Ausgangsspannung müssen geeignet sein, um sicherzustellen, dass die Fernbedienung korrekt und effektiv funktioniert.

## 1.1 Fernbedienung

Für die Auswahl der Fernsteuerung fiel die Entscheidung auf die Reely HT-4 Hand-Fernsteuerung 2,4 GHz als Sender. Die Wahl einer frequenzbasierten Fernsteuerung erwies sich als vorteilhafter im Vergleich zu einer Bluetooth-basierten Steuerung. Dies liegt hauptsächlich an der größeren Signalreichweite der frequenzbasierten Fernsteuerung (500 m) im Vergleich zum Bluetooth-Modul (30-40 m). Zudem bietet die frequenzbasierte Steuerung eine präzisere Kontrolle, was die Manövrierfähigkeit des Fahrzeugs verbessert und das Überwinden von Hindernissen erleichtert.



Abbildung 1.1.1: Reely HT-4 Hand-Fernsteuerung 2,4 GHz

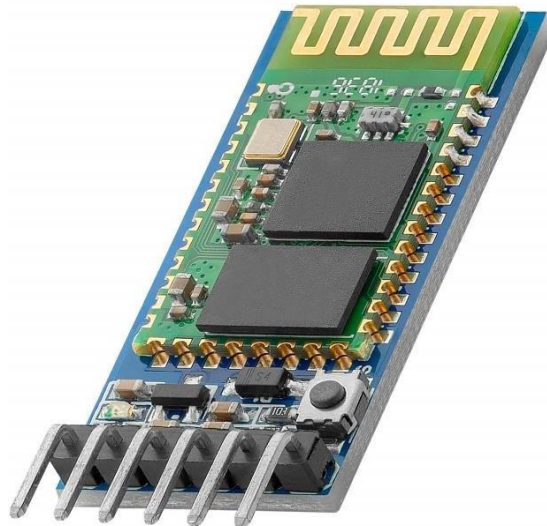


Abbildung 1.1.2: ARUINO HC-05-4 Bluetooth modul

Da diese Fernsteuerung ursprünglich für Flugzeuge entwickelt wurde, waren einige Anpassungen erforderlich, um sie für den Einsatz in Fahrzeugen geeignet zu machen. Eine dieser Änderungen war die Installation einer zusätzlichen Feder am linken Hebel, der ursprünglich für die Flugzeugdrosselklappe konzipiert war und daher ohne Feder gefertigt wurde.



Abbildung 1.1.3: Federinstallation am linken Hebel

Und weil für die Steuerung des Fahrzeugs nur die Vorwärts- und Rückwärtsfunktion der beiden Hebel verwendet wird, muss die linke und rechte Funktion der beiden Hebel blockiert werden. Zu diesem Zweck wird Schaumstoff verwendet, um die linke und rechte Bewegung der Hebel zu blockieren.

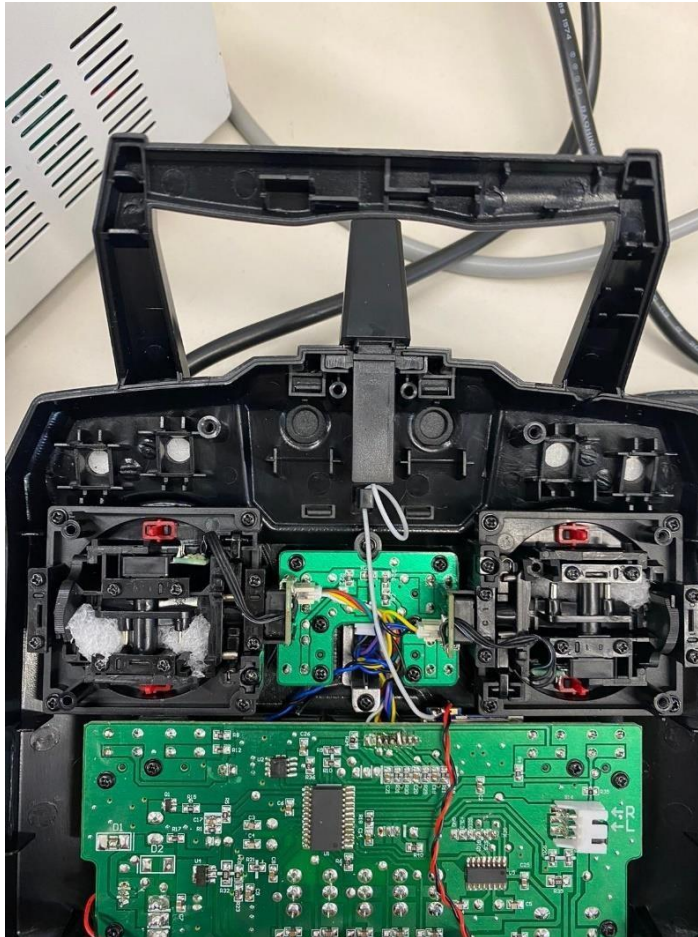


Abbildung 1.1.4: Schaumstoff zur Blockierung seitlicher Bewegungen

## 1.2 . Empfänger



Abbildung 1.2.1: Reely HR-4 6-Kanal Empfänger 2,4 GHz Stecksystem JR

Der Empfänger unterstützt 6 Kanäle vom Sender und kann mit einer Eingangsspannung von 5V über einen Arduino betrieben werden. Die Signalausgänge des Empfängers werden direkt an die digitalen Eingänge des Arduino weitergeleitet



Die Funktionsweise des Signals am Empfänger ist wie folgt: Nach dem Einschalten des Senders erzeugt der Empfänger ein PWM-Signal mit einer Periode von 16 ms. Dieses Signal hat eine High-Signal-Periode von 1,5 ms für den Stillstand, 1 ms für die Rückwärtsbewegung und 2 ms für die Vorwärtsbewegung.



Abbildung 1.2.2: Signal vom Empfänger bei Stillstand

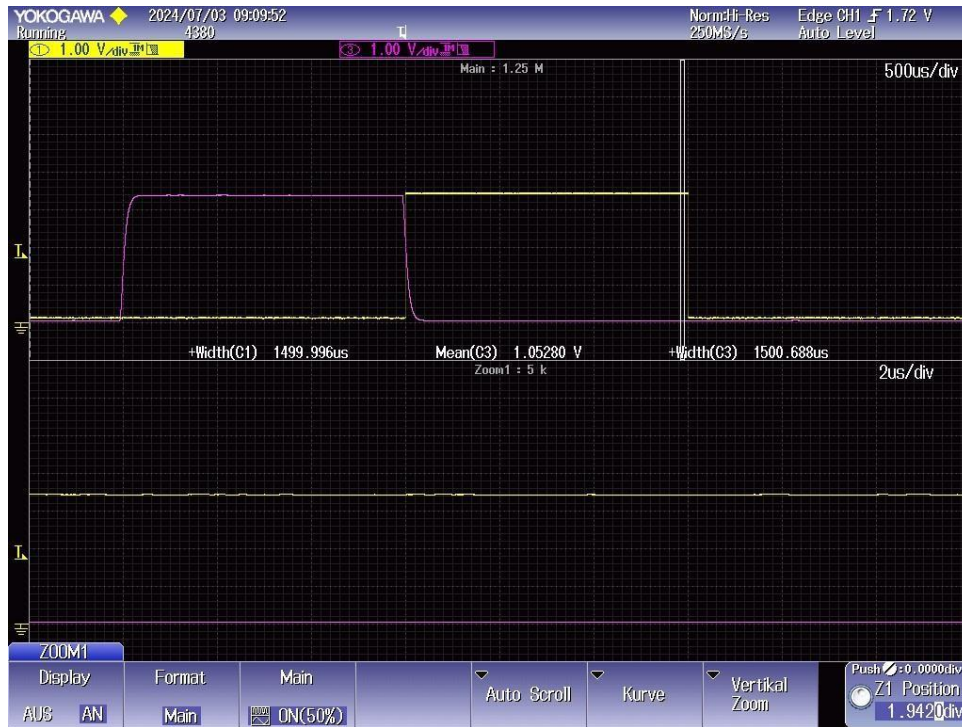


Abbildung 1.2.3: 2 Kanäle Signal vom Empfänger bei Stillstand



Abbildung 1.2.4: 2 Kanäle Signal vom Empfänger bei Rückwärts

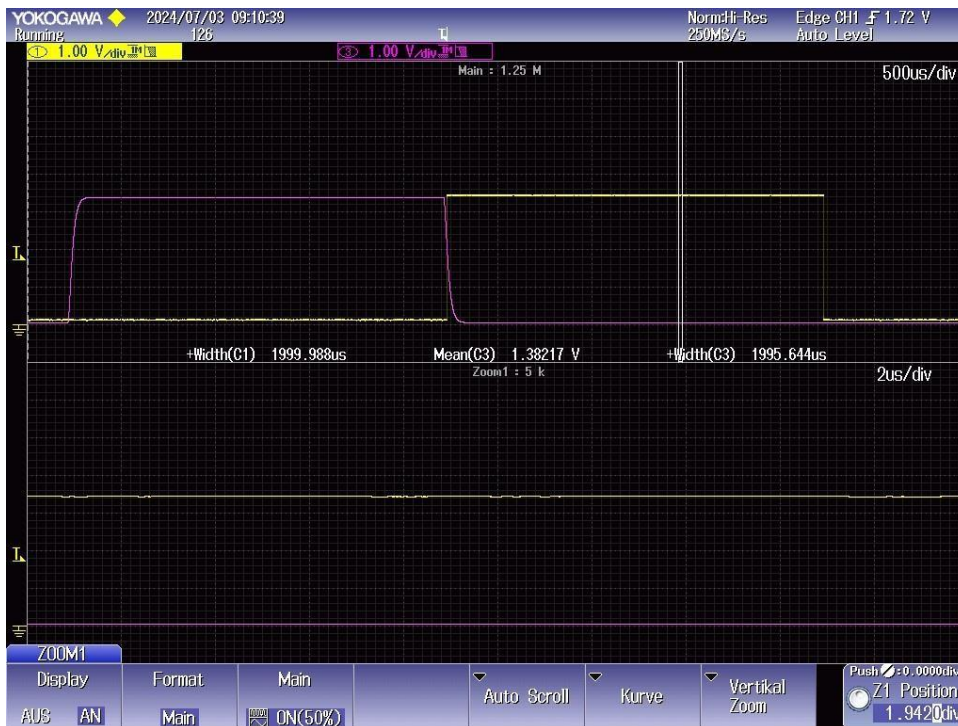


Abbildung 1.2.5: 2 Kanäle Signal vom Empfänger bei Vorwärts

### 1.3 DAC Board

Da die vom Empfänger erzeugte Ausgangsspannung digital ist, die Fernbedienungsplatine jedoch eine analoge Ausgangsspannung erfordert, wird eine DAC-Platine benötigt, um die digitale Ausgangsspannung in eine analoge Spannung umzuwandeln.



Abbildung 1.3.1: 2-Kanal - DAC 0-10 V I2C-Modul - DFRobot DFR0971

Weil das erforderliche analoge Ausgangsspannungsformat der Fernbedienungsplatine 6V für den Stillstand, 4V für die Rückwärtsbewegung und 8V für die Vorwärtsbewegung beträgt, wurde das DFRobot DFR0971 DAC Board als die optimale Wahl für dieses Projekt identifiziert. Dieses Board kann einen analogen Ausgang von 0-10 V bei einer Eingangsspannung von 5V erzeugen und ist somit hochkompatibel mit Projekten, die auf Arduino basieren.

Diese DAC-Karte verwendet I2C als Kommunikationsmethode. I2C ist ein synchrones serielles Kommunikationsprotokoll, das zwei Datenleitungen (SDA und SCL) nutzt und sowohl Multi-Master- als auch Multi-Slave-Kommunikation unterstützt. Es ermöglicht die Adressierung einzelner Geräte auf dem Bus und ist daher ideal für die langsame Kommunikation zwischen integrierten Schaltkreisen auf einer Platine. Aufgrund der Nutzung von nur zwei Datenleitungen (SDA und SCL) ist es zudem sehr platzsparend.

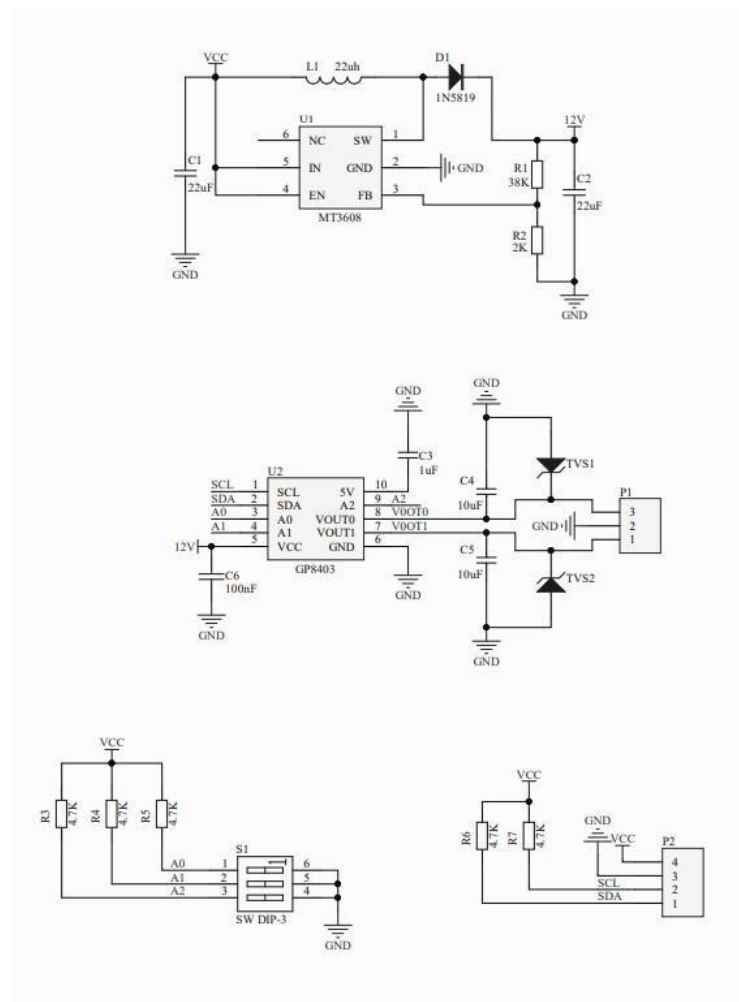


Abbildung 1.3.2: DAC Board Schematic

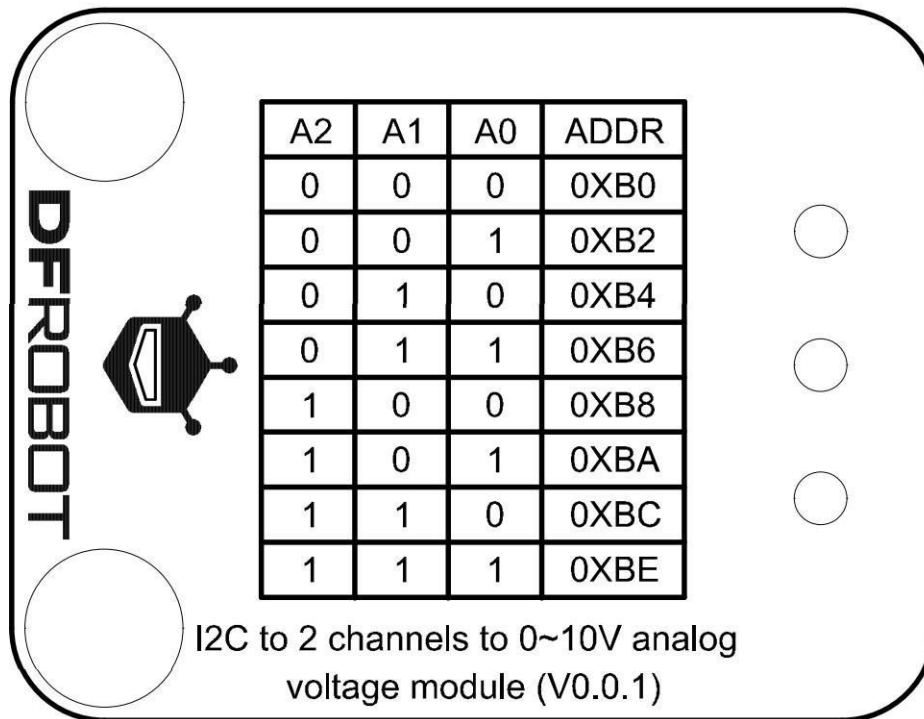


Abbildung 1.3.3: Adresse beim DAC Board

## 1.4 Arduino

Für dieses Projekt wird ein Mikrocontroller benötigt, und die beste Wahl ist der Arduino Uno, da dieser Mikrocontroller alle erforderlichen Kriterien erfüllt:

- Kompatibilität mit der 12V-Versorgung des Fahrzeugs
- 5V Ausgangsspannung
- Verfügbarkeit von digitalen, analogen und PWM-Pins
- Unterstützung der I2C-Kommunikationsmethode

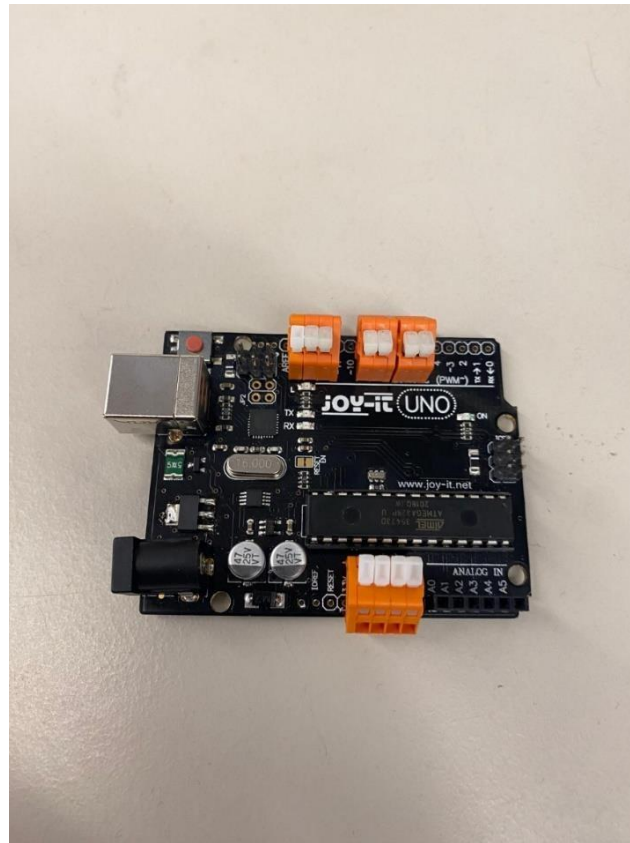


Abbildung 1.4.1: Arduino uno mit Klemmleiste auf Pins

Um Kurzschlüsse durch lose Kabel an den Arduino-Pins zu vermeiden, wird eine Klemmleiste als Adapter verwendet. Diese sorgt dafür, dass die Kabel fest verbunden bleiben und nicht leicht getrennt werden können.

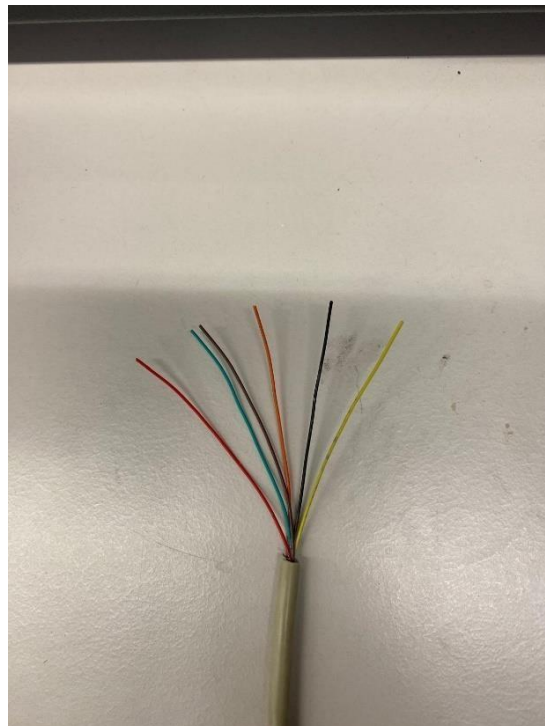


Abbildung 1.4.2: Signalkabel im Anschluss für die Fernbedienungsplatine

Die Signalkabel vom Anschluss der Fernbedienungsplatine sind wie folgt farbcodiert::

- Gelb = Input R
- Grün = 12 V
- Schwarz = 12 C
- Braun = Input L
- Orange = 12 L
- Rot = GND

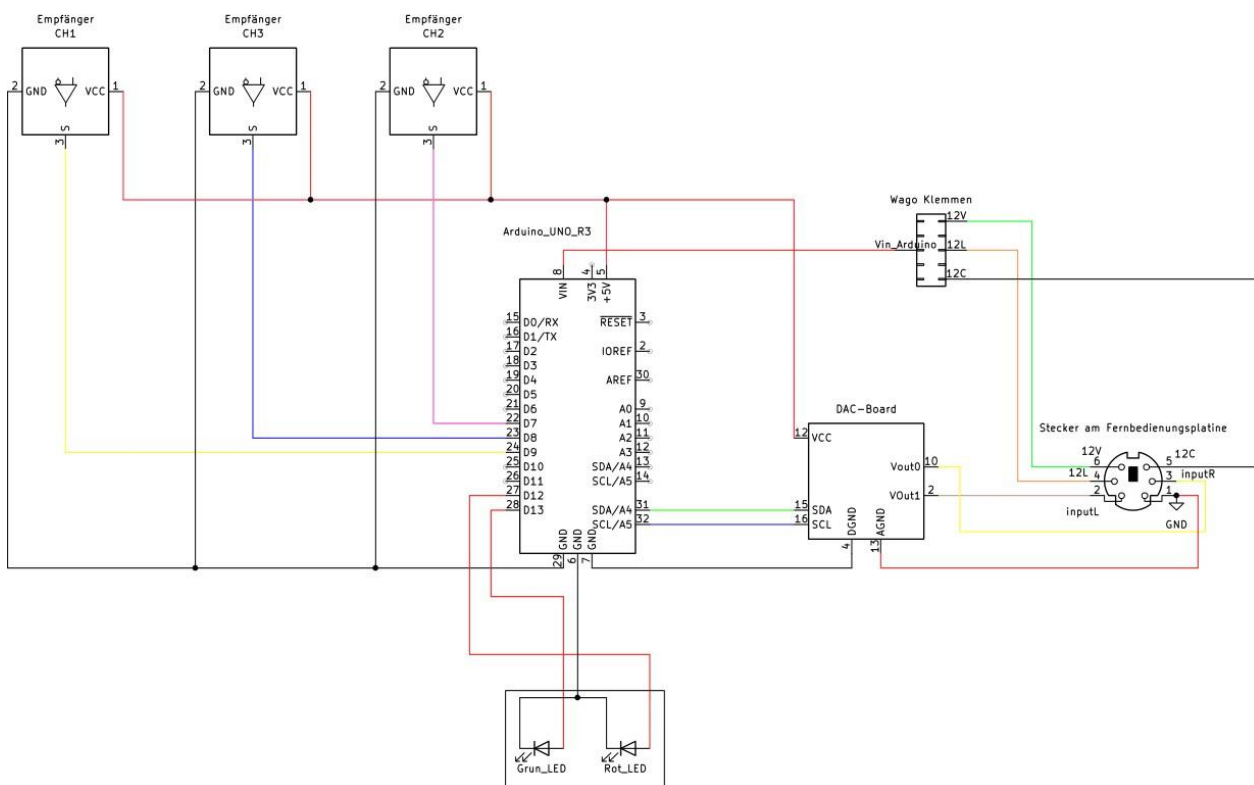


Abbildung 1.4.3: Arduino Verdrahtung Schematic

Der 12C- und der 12L-Ausgang dienten ursprünglich dazu, zu erkennen, ob die alte Fernbedienung mit der Platine verbunden war. Obwohl diese Funktion in der neuen Konfiguration nicht mehr genutzt wird, wird die 12L-Spannungsversorgung weiterhin für den Pull-up-Widerstand auf der Fernbedienungsplatine benötigt. Daher bleiben die 12C- und 12L-Signalkabel in diesem Projekt weiterhin enthalten.

## 2 Killswitch

Nach den Tests trat ein neues Problem auf: Das Signal, das der Empfänger von der Fernbedienung erhält, wird auch nach dem Ausschalten des Senders nicht unterbrochen. Dies ist nachvollziehbar, da die Fernsteuerung ursprünglich für Flugzeuge entwickelt wurde. Im Einsatz am Fahrzeug stellt dies jedoch ein erhebliches Problem dar. Zur Lösung dieses Problems wurde ein Killswitch-Programm unter Verwendung eines 555 Timers entwickelt.

### 2.1 Bestandteil des 555-Timers

Die Idee dieses Programms besteht darin, unter Verwendung des dritten Kanals des Empfängers ein Signal als Benchmark zu erzeugen, das sich bei eingeschalteter Fernbedienung mit hoher Geschwindigkeit zwischen 1 und 2 ms bewegt. Dieses Signal stoppt, wenn die Fernbedienung ausgeschaltet wird oder sich außerhalb der Reichweite befindet.

Zum Aufbau des 555-Timers werden zusätzlich einige weitere Komponenten benötigt, darunter zwei Widerstände (R1 und R2) und zwei Kondensatoren (C1 und C2).

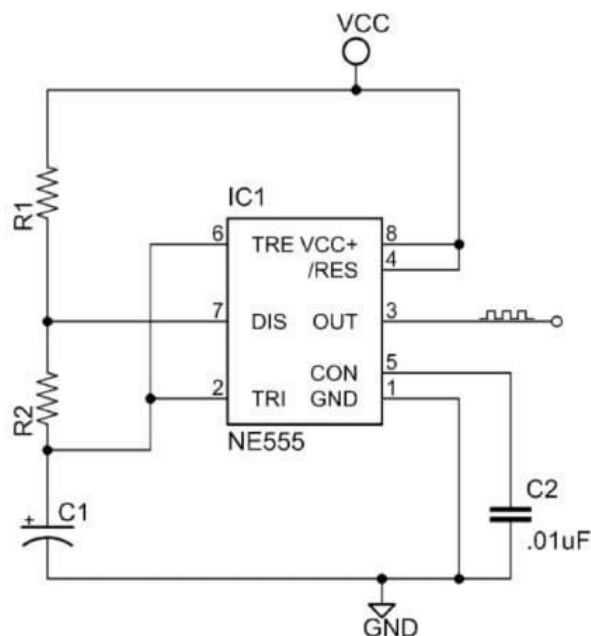


Abbildung 2.1.1: Konzept 555 astabile Timer-Schaltung.

Im astabilen Modus lädt sich der Kondensator C1 über die Widerstände R1 und R2 auf. Während dieser Aufladephase ist der Ausgang des 555-Timers auf High. Sobald die Spannung an C1 zwei Drittel der Versorgungsspannung erreicht, beginnt C1 sich über den Widerstand R2 zu entladen, wodurch der Ausgang auf Low geht. Wenn die Spannung an C1 unter ein Drittel der Versorgungsspannung fällt, beginnt



C1 erneut mit dem Aufladen, der Ausgang wechselt wieder auf High, und der Zyklus wiederholt sich.

Um die Komponenten für den 555-Timer festzulegen, müssen einige wichtige Aspekte berücksichtigt werden. Die Periode des Timers muss länger sein als die Signalperiode des Empfängers, und das Tastverhältnis sollte nahe bei 50 % liegen.

Für den Kondensator C1 wurde ein Wert von 10  $\mu\text{F}$  gewählt, da er ausreichend groß ist, um die Spannung zu laden und zu entladen, sodass das Ausgangssignal eine längere Zeitspanne als das des Empfängers hat. Gleichzeitig ist er klein genug, damit die Zeit High und Zeit Low die zulässige Dauergrenze für das Killswitch-Programm nicht überschreiten. Zudem war dieser Kondensator im Labor leicht verfügbar.

Für den Kondensator C2 wurde ein Wert von 100 nF gewählt, um als Glättungskondensator zu dienen. Dieser Kondensator trägt dazu bei, ein relativ konstantes Spannungsniveau in bestimmten Teilen der Schaltung aufrechtzuerhalten, was einen ordnungsgemäßen Betrieb und konsistente Ausgangssignale gewährleistet.

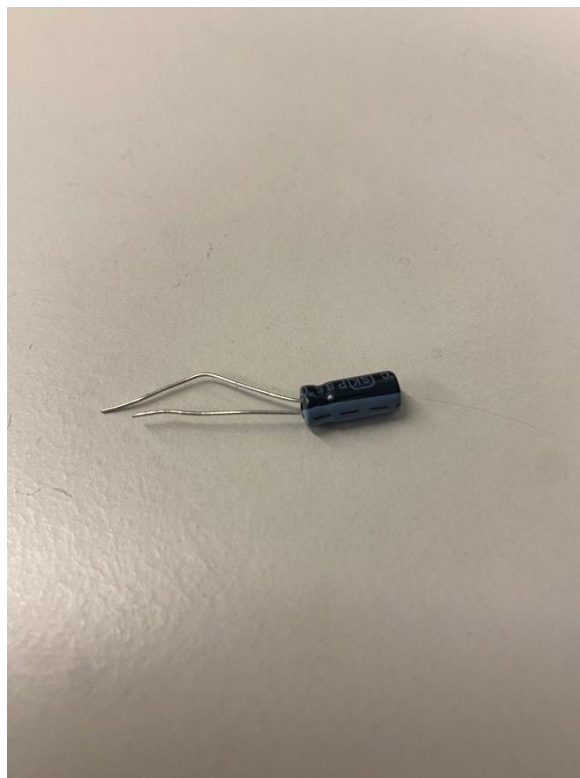


Abbildung 2.1.2: Kondensator C1 10  $\mu\text{F}$



Abbildung 2.1.3: Kondensator C2 100 nF

Um ein Tastverhältnis von annähernd 50 % zu erreichen, muss R2 deutlich größer als R1 sein. Daher wird für R1 ein Widerstand von 1 k $\Omega$  und für R2 ein Widerstand von 3,9 k $\Omega$  verwendet

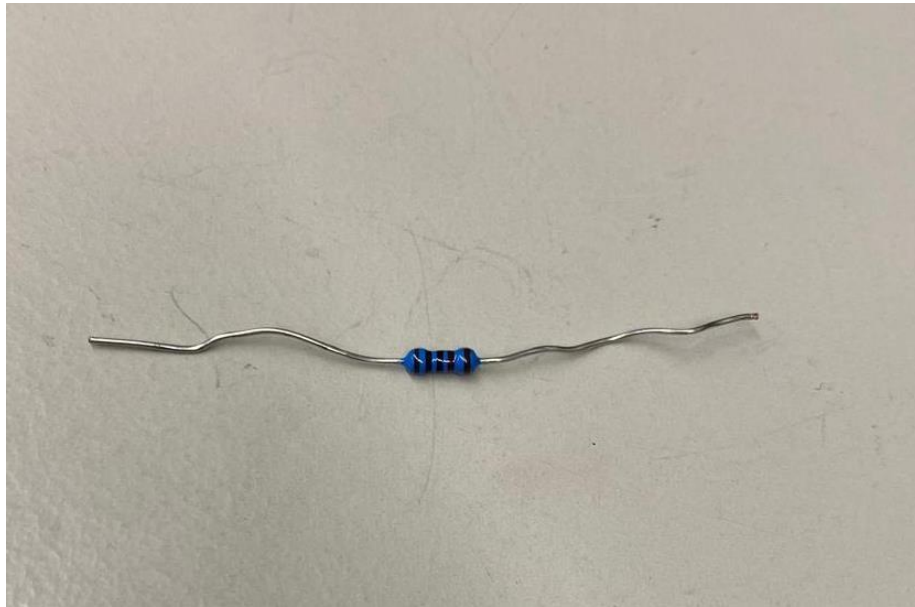


Abbildung 2.1.4: 1KΩ Widerstand R1

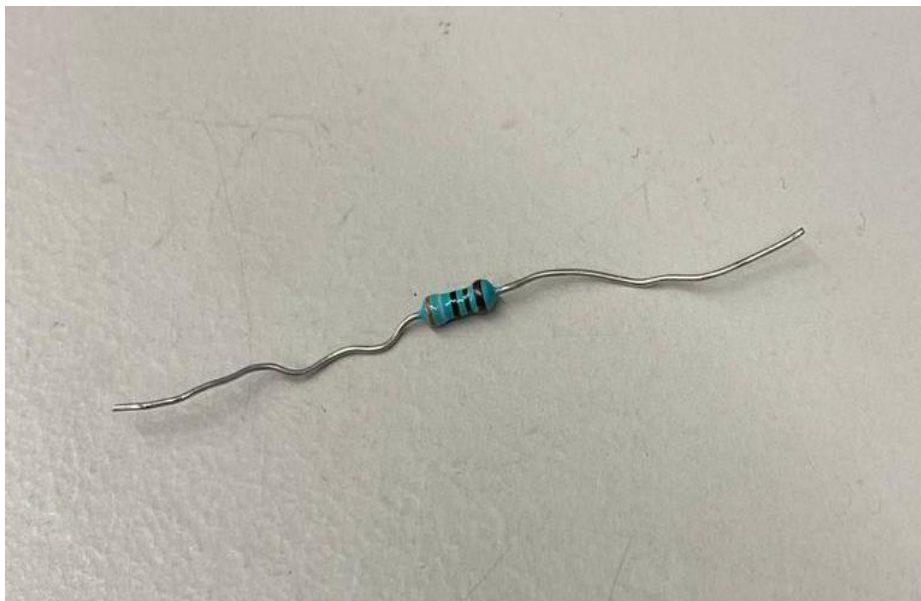


Abbildung 2.1.5: 3.9KΩ Widerstand R2

Da in einem astabilen 555-Timer der Kondensator während des High-Zustands von  $1/3 V_{cc}$  auf  $2/3 V_{cc}$  auflädt und während des Low-Zustands wieder auf  $1/3 V_{cc}$  entlädt, kann die Zeit, die benötigt wird, um zwischen diesen Spannungswerten zu wechseln, mit folgender Formel berechnet werden:

$$t = RC(\ln(2/3) - \ln(1/3)) = 0,693RC$$

Nachdem alle Komponenten festgelegt wurden, können nun mit den entsprechenden Formeln die Werte für Zeit High, Zeit Low, Zeit Period, Frequenz und Tastverhältnis berechnet werden.

$$\text{Zeit High (TH)} = 0,693 \cdot (R1 + R2) \cdot C1$$

$$TH = 0,693 \cdot (1k\Omega + 3,9k\Omega) \cdot 10\mu F$$

$$TH = 33,95ms$$

$$\text{Zeit Low (TL)} = 0,693 \cdot R2 \cdot C1$$

$$TL = 0,693 \cdot 3,9k\Omega \cdot 10\mu F$$

$$TL = 27,027ms$$

$$\text{Zeit Period (T)} = 0,693 \cdot (R1 + (2 \cdot R2)) \cdot C1$$

$$T = 0,693 \cdot (1k\Omega + (2 \cdot 3,9k\Omega)) \cdot 10\mu F$$

$$T = 60,98ms$$

$$\text{Frequenz} = 1/T$$

$$\text{Frequenz} = 1/60,98ms$$

$$\text{Frequenz} = 16,39 \text{ Hz}$$

$$\text{Tastverhältnis} = (TH/T) \cdot 100\%$$

$$\text{Tastverhältnis} = (33,95ms / 60,98ms) \cdot 100\%$$

$$\text{Tastverhältnis} = 55,67\%$$

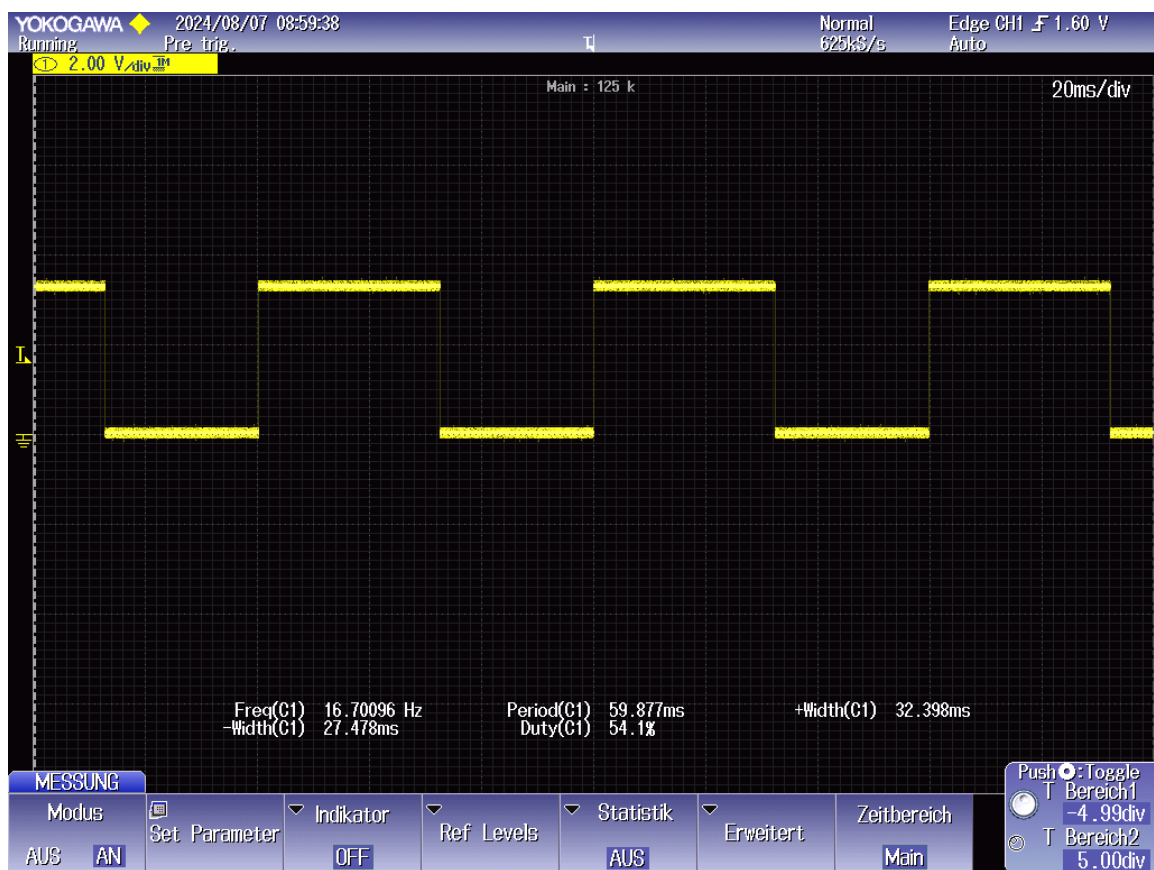


Abbildung 2.1.6: Ausgangssignal des 555 Timers

## 2.2 555 Timer

Um festzustellen, welcher Timer verwendet werden soll, muss zunächst die Ausgangsspannung der Fernbedienung überprüft werden. Nach dieser Überprüfung wurde entschieden, dass die Ausgangsspannung, das Eingangssignal und GND von Kanal 1 für diesen 555 Timer verwendet werden.

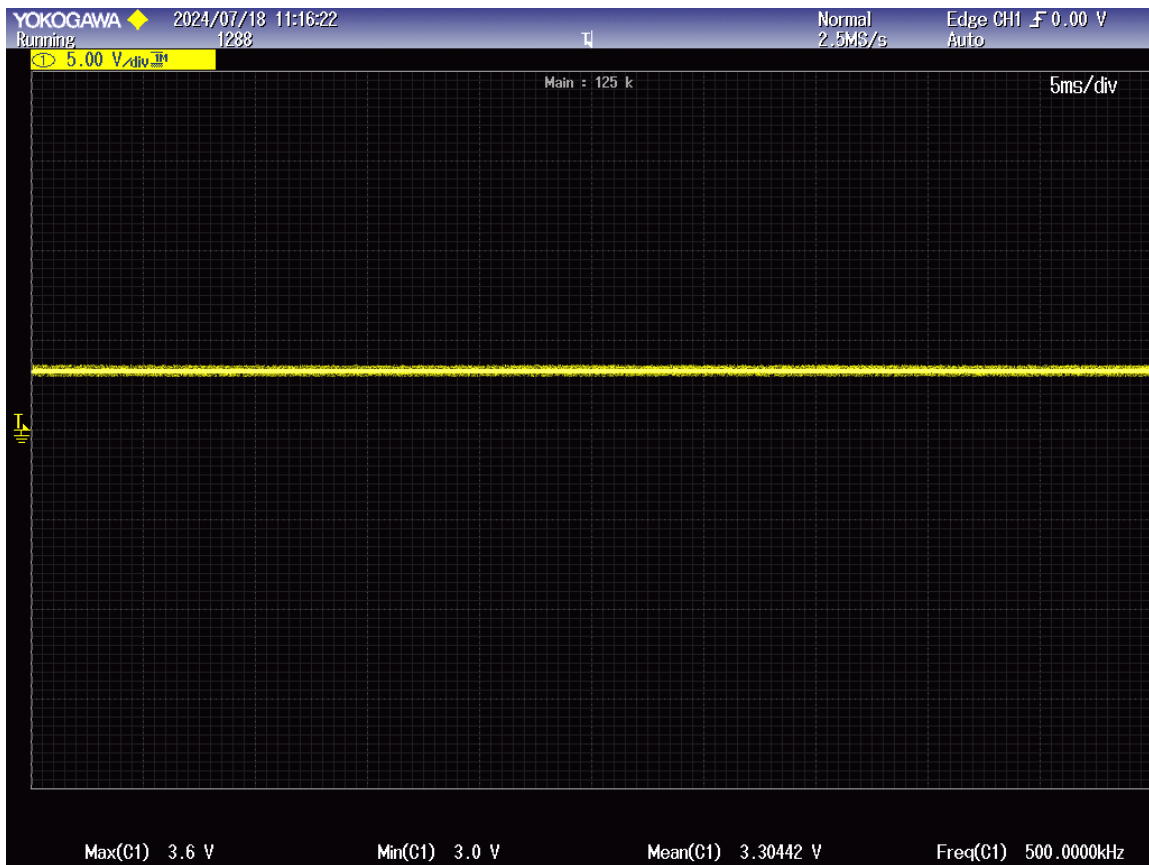


Abbildung 2.2.1: Ausgangsspannung für Kanal 1 der Fernbedienung

Nach dem Test mit dem Oszilloskop und der Bestätigung, dass die Ausgangsspannung für Kanal 1 der Fernbedienung 3,3 V beträgt, besteht der nächste Schritt darin, einen geeigneten 555-Timer zu finden, der 3,3 V als Eingangsspannung annehmen kann.

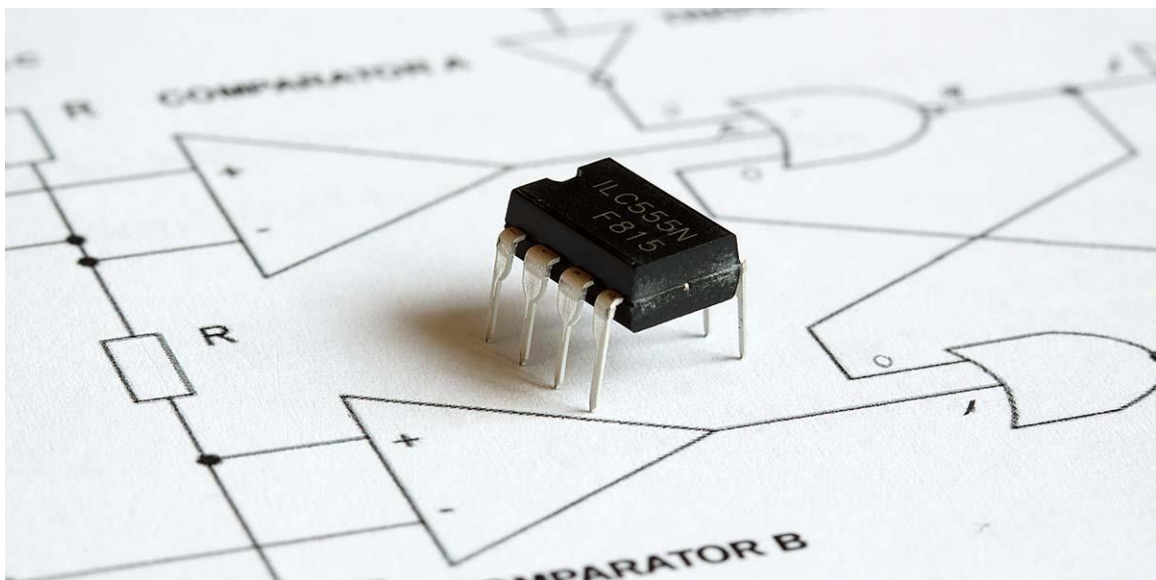


Abbildung 2.2.2: ILC555N Timer

Nach einigen Recherchen kann festgestellt werden, dass der ILC555N Timer der perfekte Timer für dieses Projekt ist.

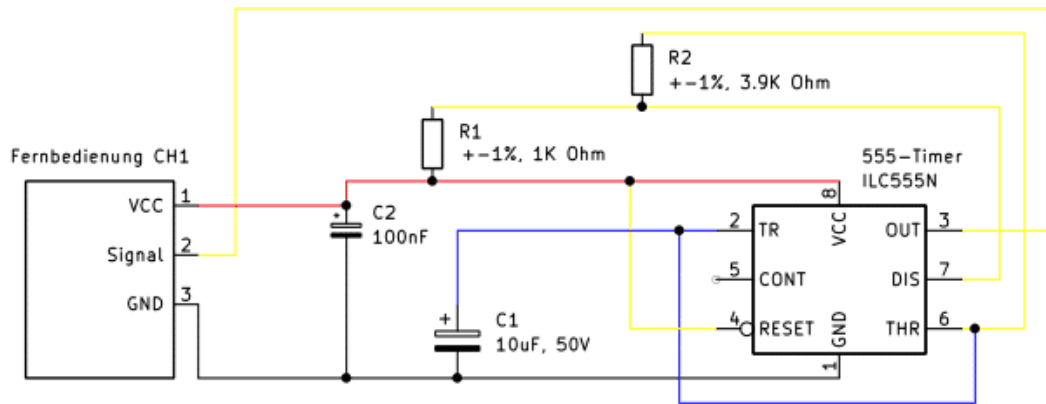


Abbildung 2.2.3: 555 Timer Schematic



Abbildung 2.2.4: 555 Timer in der Fernbedienung

## 2.3 Programmablauf

Das Signal des an Kanal 1 des Empfängers angeschlossenen Timers pulsiert den High-Zustand des PWM-Signals zwischen 1 ms und 2 ms. Dieser Wert dient als Referenzwert für die Erkennung des Fernbedienungssignals.

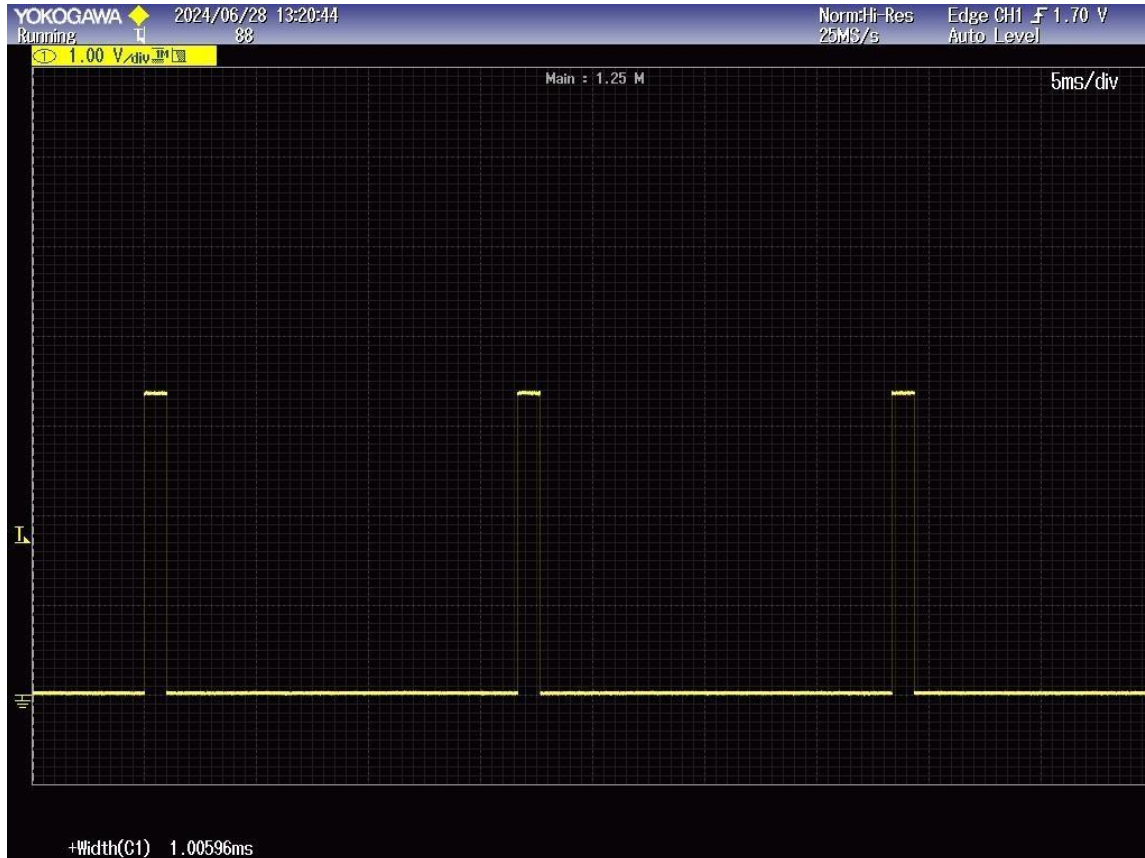


Abbildung 2.3.1: Signal von Kanal 1 bei 1ms



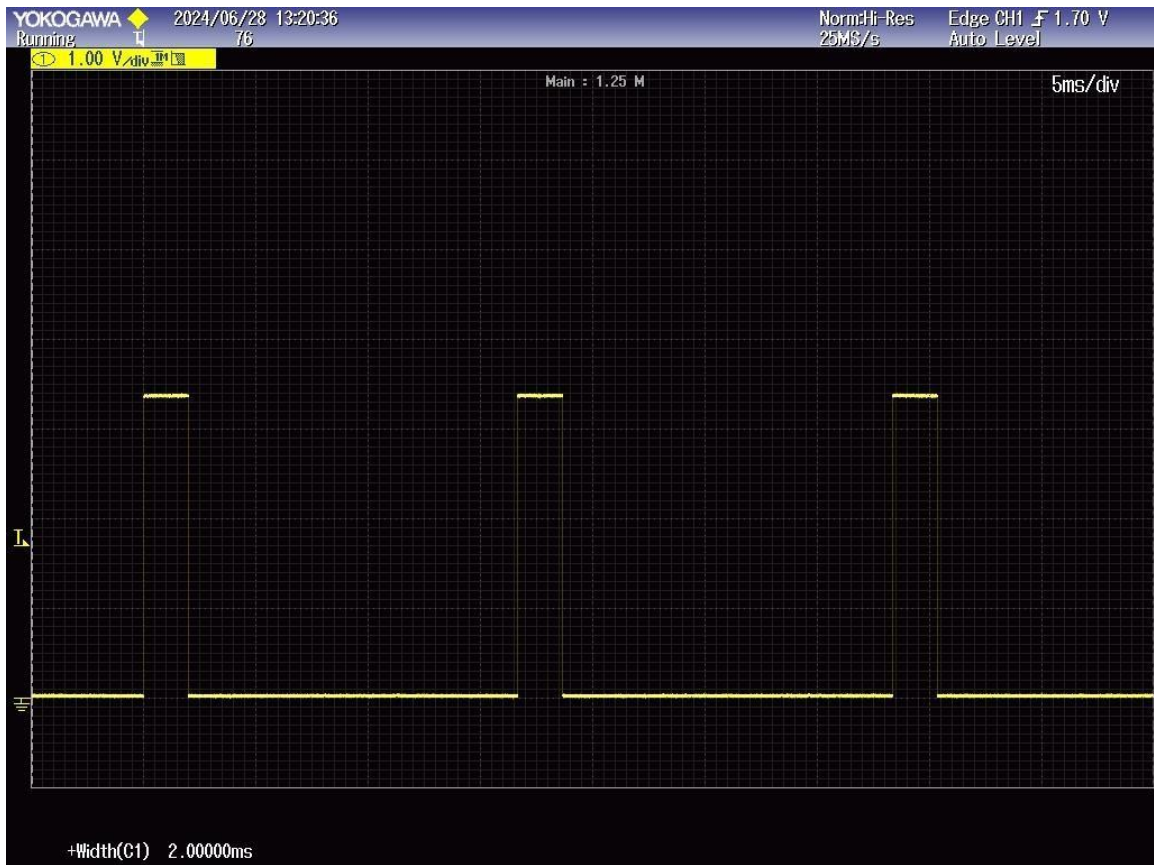


Abbildung 2.3.2: Signal von Kanal 1 bei 2ms

Mit diesem pulsierenden Signal von Kanal 1 kann das Killswitch-Programm implementiert werden.

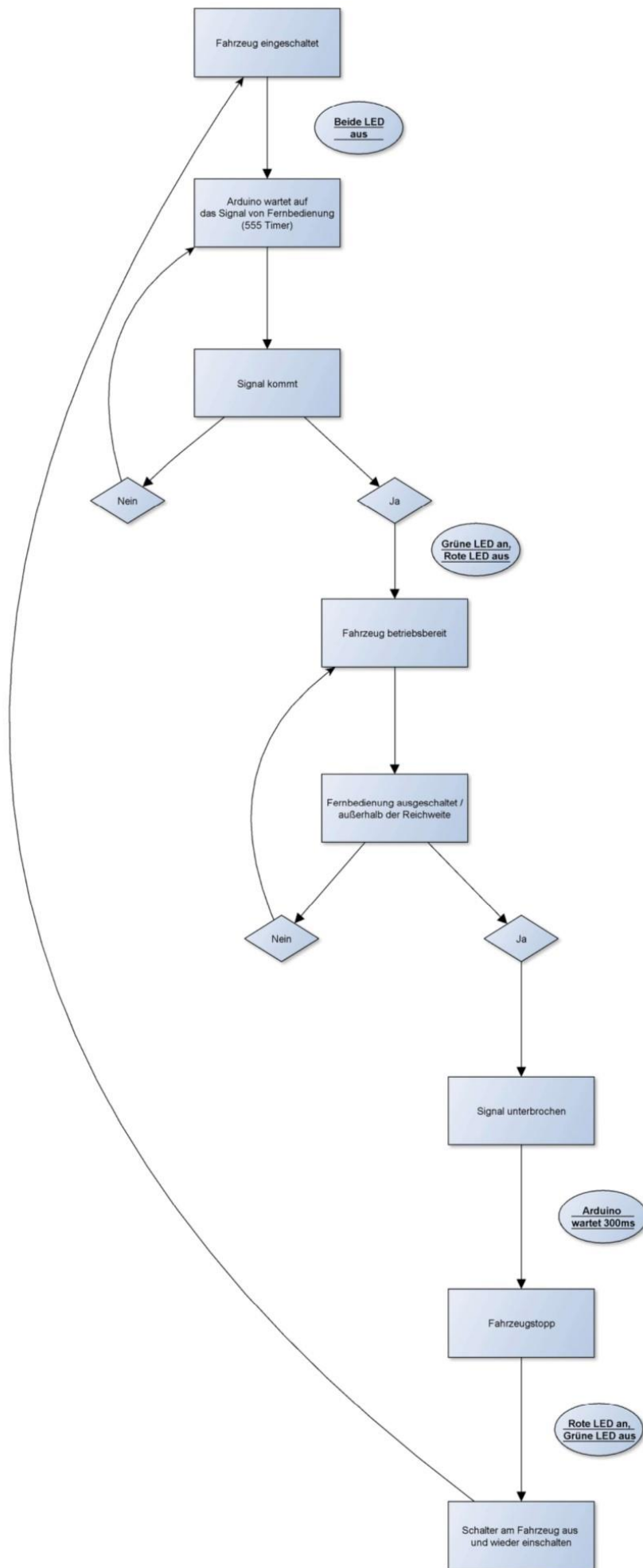


Abbildung 2.3.3: Killswitch Programmablauf

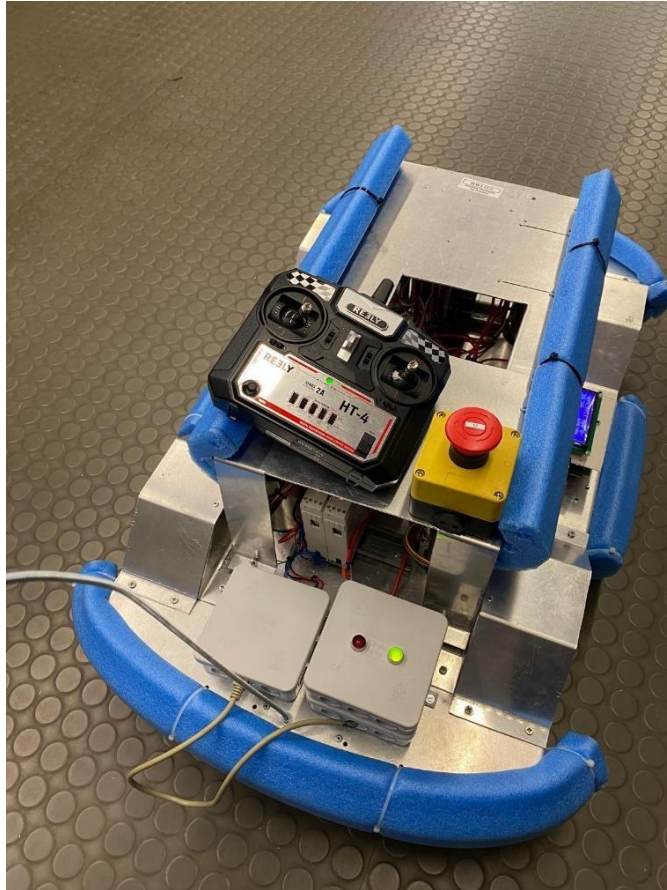


Abbildung 2.3.4: Fahrzeug betriebsbereit

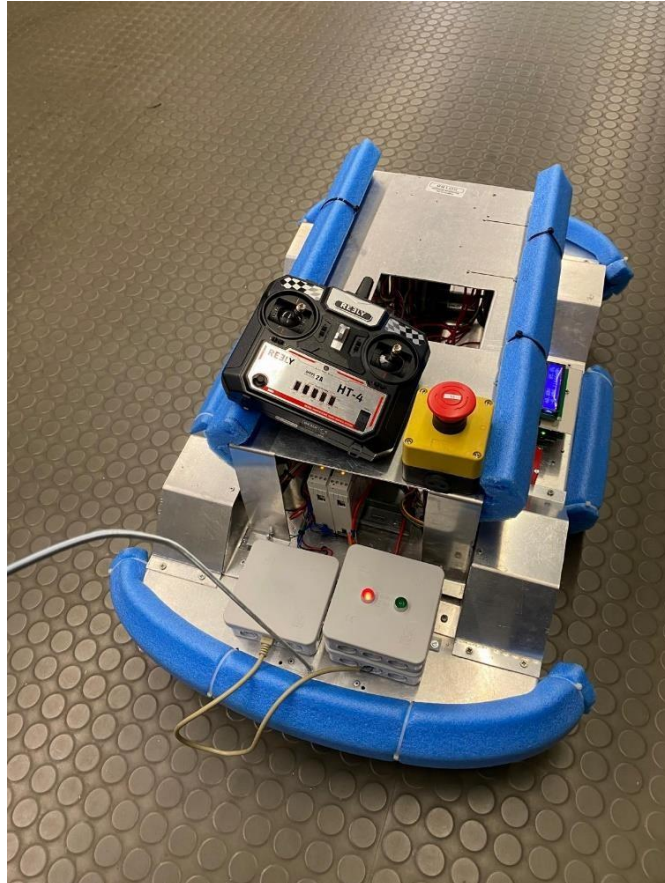


Abbildung 2.3.5: Fahrzeugstopp

Um das Fahrzeug bei Vollgas zum Stillstand zu bringen, wird für den Anhalteweg vom Beginn des unterbrochenen Signals bis zum vollständigen Stopp ein Abstand von 20 cm benötigt.

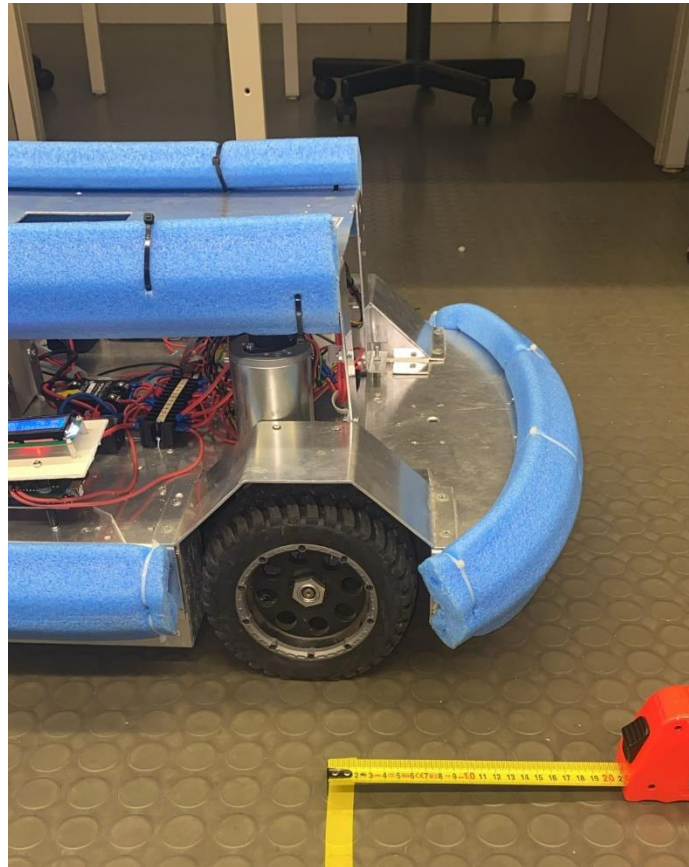


Abbildung 2.3.6: Killswitch-Programm Abstandstest

## 3 Änderungen an dem Fahrzeug

### 3.1 Anschluss Dose Gehäuse

Aufgrund der zusätzlichen Komponenten, die im Fahrzeug verbaut werden müssen, ist es aus Sicherheitsgründen erforderlich, ein besseres Gehäuse zu installieren. Dies ist besonders wichtig, da die neuen Komponenten anfällig für Kurzschlüsse sind und bei einem Aufprall beschädigt werden können.



Abbildung 3.1.1: Gehäuse für das Fernbedienungsmodul

## 4 Vergleich der neuen und alten Fernbedienung

Sobald die neue drahtlose Fernbedienung voll funktionsfähig ist, wird es notwendig, sie mit der alten Fernbedienung zu vergleichen, um die Unterschiede zwischen den beiden zu ermitteln.

### 4.1 Geschwindigkeitstest

Für den Geschwindigkeitstest wurde das Fahrzeug im Labor einem 3-Meter-Lauftest unterzogen. Dabei fährt das Fahrzeug zunächst 4 Meter, um die maximale Geschwindigkeit zu erreichen. Sobald das Fahrzeug die 4-Meter-Marke überschreitet, wird die Stoppuhr gestartet, und die Zeit für die folgenden 3 Meter wird gemessen. Insgesamt umfasst dieser Test somit eine Strecke von 7 Metern, wobei die Zeit nur für die letzten 3 Meter erfasst wird. Und mit dem Formel:  $v = \frac{s}{t}$ , kann die Geschwindigkeit berechnet werden

Strecke = 3m	drahtlose Fernbedienung		alte Fernbedienung	
1.Versuch	t = 4.51s	v = 0,665m/s	t = 5,23s	v = 0,574m/s
2.Versuch	t = 4.61s	v = 0,65m/s	t = 4,8s	v = 0,625m/s
3.Versuch	t = 4.43s	v = 0,677m/s	t = 5,09s	v = 0,589m/s

Nach dem Test zeigt die obige Tabelle, dass die drahtlose Fernbedienung eine höhere Maximalgeschwindigkeit erreicht als die alte Fernbedienung. Dies liegt daran, dass die drahtlose Fernbedienung bei Vollgas eine höhere Ausgangsspannung erzeugt als die alte Fernbedienung.

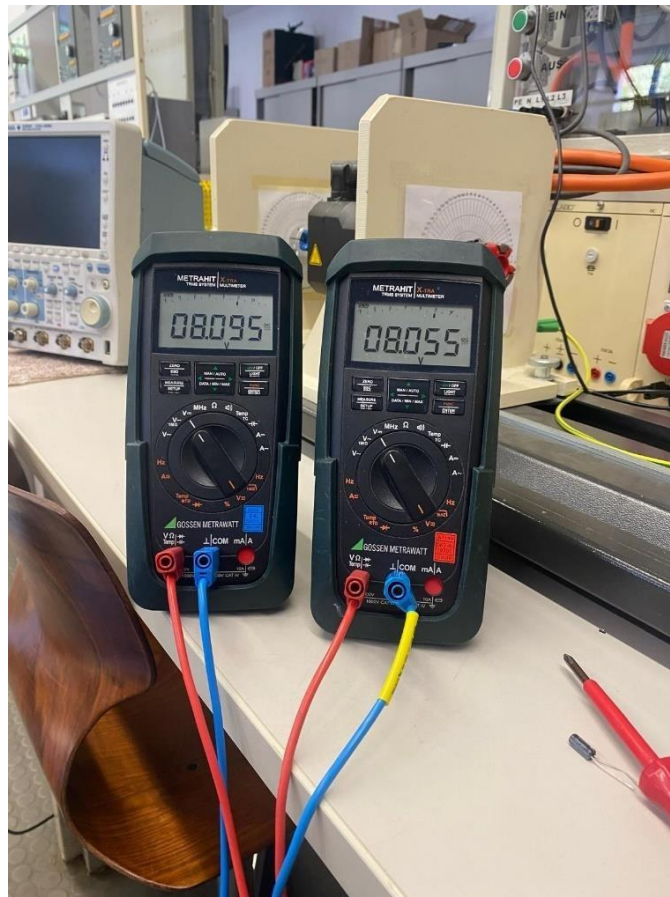


Abbildung 4.1.1: Vollgas mit der drahtlosen Fernbedienung



Abbildung 4.1.2: Vollgas mit der alten Fernbedienung

## 4.2 Beschleunigungstest

Für den Beschleunigungstest wurde das Fahrzeug im Labor auf einer 5-Meter-Strecke mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 0m/s getestet, wobei für jede Fernsteuerung drei Tests durchgeführt wurden. Mit dem Formel  $a = \Delta v / t$ , kann die Beschleunigung berechnet werden.

Strecke = 5m	drahtlose Fernbedienung			alte Fernbedienung		
1.Versuch	t = 8,14s	$\Delta v =$ 0,614m/s	a = 0,075m/s <sup>2</sup>	t = 9s	$\Delta v =$ 0,55m/s	a = 0,061m/s <sup>2</sup>
2.Versuch	t = 7,62s	$\Delta v =$ 0,656m/s	a = 0,086m/s <sup>2</sup>	t = 9,41s	$\Delta v =$ 0,53m/s	a = 0,056m/s <sup>2</sup>
3.Versuch	t = 7,91s	$\Delta v =$ 0,632m/s	a = 0,798m/s <sup>2</sup>	t = 9,01s	$\Delta v =$ 0,55m/s	a = 0,061m/s <sup>2</sup>

Die drahtlose Fernbedienung weist zudem eine höhere Beschleunigung auf als die alte Fernbedienung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die drahtlose Fernbedienung digital arbeitet und somit direkt vom Stillstand auf Vollgas beschleunigen kann. Im Gegensatz dazu muss die alte Fernbedienung schrittweise über Spannungszwischenstufen vom Stillstand auf Vollgas gehen.

## 4.3 Neigungstest

Bei der „Nacht der Wissenschaft“ betrug die Neigung des schrägen Hindernisses 27,7° bzw. 53 %. Für den Neigungstest, um die maximale Neigung zu bestimmen, die mit der drahtlosen Fernbedienung erreicht werden kann, wurde dieselbe Holzpalette verwendet, die auch bei der „Nacht der Wissenschaft“ eingesetzt wurde. Da jedoch das Material für ein weiteres schräges Hindernis fehlte, wurde für diesen Test nur eine Palette ohne Gitter verwendet





Abbildung 4.3.1 : kleines schräges Hindernis

Die maximale Neigung für das Fahrzeug wurde mit einer Höhe von 52 cm und einer Länge von 78 cm ermittelt. Der Neigungswinkel und das Neigungsprozent können mithilfe der folgenden Formel berechnet werden:

$$\text{Neigungswinkel} = \tan^{-1} \left( \frac{52 \text{ cm}}{78 \text{ cm}} \right)$$

$$\text{Neigungswinkel} = 34^\circ$$

$$\text{Neigungsprozent} = \frac{52 \text{ cm}}{78 \text{ cm}} \cdot 100\%$$

$$\text{Neigungsprozent} = 67\%$$

Nach dem Test wurde die maximale Neigung ermittelt. Das Ergebnis zeigt, dass das Fahrzeug mit der drahtlosen Fernbedienung eine um 14 % höhere Neigungsfähigkeit aufweist als mit der alten Fernbedienung.

## 5 Fazit

In dieser Bachelorarbeit wird die Entwicklung und Erprobung eines neuen drahtlosen Fernbedienungssystems für ein Fahrzeug diskutiert. Das Projekt umfasste die Auswahl und Integration von Komponenten wie dem Mikrocontroller Arduino Uno und dem DFRobot DAC-Board, wobei das I2C-Kommunikationsprotokoll für eine effiziente Signalübertragung verwendet wurde. Es wurden Modifikationen vorgenommen, um eine ursprünglich für Flugzeuge konzipierte Fernsteuerung an die spezifischen Anforderungen der Fahrzeugsteuerung anzupassen, einschließlich des Einbaus zusätzlicher Federn und der Blockierung bestimmter Hebelfunktionen, um eine präzise Bedienung zu gewährleisten.

Ein 555-Timer wurde implementiert, um ein Problem mit dem Fortbestehen des Signals zu lösen, wenn der Sender ausgeschaltet oder außerhalb der Reichweite war, und um die Sicherheit des Fahrzeugs zu gewährleisten. Die Komponenten des 555-Timers, wie Kondensatoren und Widerstände, wurden sorgfältig ausgewählt, um die gewünschten Timing-Eigenschaften und die Kompatibilität mit den Spannungsanforderungen des Systems zu erreichen.

Vergleichstests zwischen der neuen drahtlosen Fernbedienung und dem älteren Modell zeigten deutliche Verbesserungen. Die neue Fernbedienung erreichte eine höhere Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigung, was auf ihre digitale Funktionsweise zurückzuführen ist, die einen direkten Übergang vom Stillstand auf Vollgas ermöglicht. Zudem wurde durch Tests bestätigt, dass das neue System größere Steigungen bewältigen kann, was zu einer 14%igen Verbesserung der Fahrzeugleistung auf schrägen Oberflächen im Vergleich zur alten Fernbedienung führte.

Diese Verbesserungen, zusammen mit der Implementierung von Schutzgehäusen für den Mikrocontroller und die Leiterplatte zur Erhöhung der Sicherheit, unterstreichen die Effektivität des neuen drahtlosen Fernsteuerungssystems bei der Optimierung der Fahrzeugleistung und -zuverlässigkeit.

# Literaturverzeichnis

- [1] Frederic, Hähnel: Masterarbeit „Entwicklung der Steuerung eines vollautomatischen Rasenroboters“, Mittweida, 2020
  
- [2] Silex, Bastian: Diplomarbeit „Konstruktion und Aufbau eines allradgetriebenen Mähroboters“, Mittweida 2019
  
- [3] Marcus, Wendlandt: Bachelorarbeit „Konstruktion des Lithium Ionen-Akkumulators mit Batteriemanagementsystem für einen Rasenroboter“, Mittweida 2018
  
- [4] Kautsar Muarabagja, Ashadita: Praktikumsarbeit „Inbetriebnahme eines ferngesteuerten allradgetriebenen Rasenroboters“, Mittweida, 2024
  
- [5] 555 and 556 Timer Circuits,  
[https://k1.spdns.de/Develop/Hardware/Circuits/555%20Timer%20Circuits/#:~:text=The%20time%20period%20\(T\)%20of,number%20of%20cycles%20per%20second.&text=Many%20circuits%20require%20Tm%20and,is%20much%20larger%20than%20R1.](https://k1.spdns.de/Develop/Hardware/Circuits/555%20Timer%20Circuits/#:~:text=The%20time%20period%20(T)%20of,number%20of%20cycles%20per%20second.&text=Many%20circuits%20require%20Tm%20and,is%20much%20larger%20than%20R1.)
  
- [6] 555 Timer Tutorial,  
<https://www.jameco.com/Jameco/workshop/TechTip/555-timer-tutorial.html#:~:text=In%20astable%20mode%2C%20capacitor%20C1,and%20the%20output%20goes%20low..>

# Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, den 9. August 2024

Kautsar Muarabagja Ashadita