



Roboter Orchestrierungssoftware

Exposé für die Lehrveranstaltung Systemadministration

Stefan Geiring, 30658

Marvin Müller, 32850

Nicolas Baumgärtner, 32849

Wintersemester 22/23

05.November 2022

Betreuer: M.Sc. Aykan D. Inan
Ravensburg-Weingarten University of Applied Sciences

Inhaltsverzeichnis

1 Thema	2
2 Motivation	2
3 Ziel	2
4 Eigene Leistung	2
5 Aufbau der Arbeit	3
6 Grundbegriffe	4
7 Zielsetzung und Anforderungen	6
8 Stand der Technik und Forschung	7
9 Lösungsideen	7
9.1 Frontend	7
9.2 Roboter	7
10 Evaluation der Lösungsideen anhand der Anforderungen	8
10.1 Wahl des Frontend Frameworks	8
10.2 Warum ROS?	8
10.3 Micro-ROS und RTOS	9
10.4 Roboter Platform	9
11 Implementierung	10
11.1 React Front-End	10
11.1.1 Aufbau des Frontends (Architektur)	10
11.2 ROS Back-End	10
11.2.1 Firmware Kompilierungs Toolchain	10
11.3 Roboter Platform	11
11.3.1 3D-Druckteile	11
11.3.2 Elektronik	12
12 Evaluation der Implementierung	13
12.1 Fehler und Verbesserungen Frontend	13
12.2 Fehler und Verbesserungen Backend	13
12.3 Fehler und Verbesserungen Roboter Platform	14
13 Fazit und Ausblick	14

1 Thema

Entwicklung einer Orchestrierungssoftware mit Weboberfläche auf Basis von ROS.

Roboter werden immer häufiger eingesetzt egal ob in Spezial Industrial bereichen oder auch einfach zuhause. Die einfache und übersichtliche Orchestrierung vieler Roboter ist deshalb besonders wichtig. Roboter Schwärme spielen außerdem, in der heutigen Zeit immer öfters eine wichtige Rolle. Ein Beispiel für große Roboter Schwärme die bereits eingesetzt werden sind Lieferdrohen, Drohnenshows als ersatz für Feuerwerk oder die simplere Variante davon, eine Lagerverwaltung.

2 Motivation

Wir interessieren uns alle für die Welt der Robotik. Das Thema bietet unglaublich viel Lernpotential.

Desweiteren ist das Thema fächerübergreifend, wir arbeiten in insgesamt 4 Sektoren: der reinen Softwareentwicklung, Webentwicklung sowie der Hardware/Elektronik Entwicklung und natürlich der Robotik Entwicklung/Forschung.

3 Ziel

Ziel des Projektes soll es sein eine Lauffähige Orchestrierungssoftware für Roboter auf ROS Basis zu entwickeln. Mit deren Hilfe man mehrere Roboter überwachen und auch steuern kann.

Desweiteren eine selbst designde Hardware Plattform für unsere kleinen Beispiel Roboter zu designen, welche im nachhinein durch diverse Komponenten erweitert werden können. Wie zum Beispiel Kamera, Bumber, Laser etc.

4 Eigene Leistung

Entwicklung einer einfachen Weboberfläche auf ROS Basis welche als Orchestrierungssoftware für Roboter dienen soll. Die Weboberfläche der Orchestrierungssoftware soll in erster Linie als einfache Kontroll und Debugging Schnittstele dienen.

Um unsere Orchestrierungssoftware sinngemäß demonstrieren zu können sollen außerdem kleine Roboter auf ESP32 Basis gebaut werden. Diese Roboter sollen aus einem 3D-Gedruckten Gehäuse bestehen. Auf den ESP32 soll Micro-ROS auf Basis von FreeRTOS ausgeführt werden.

Unsere kleinen Beispiel Roboter sollen außerdem im Idealfall mit modular austauschbaren Erweiterungen ausstattbar sein. Diese Erweiterungen sollen Simple Sensorik und Aktorik zur Verfügung stellen.

5 Aufbau der Arbeit

- ROS in Docker Container lauffähig bekommen.
- Micro-ROS auf ESP32 oder anderer Hardware lauffähig bekommen. Hardware ist noch nicht final definiert, deshalb muss erst noch evaluiert werden ob der ESP32 unseren Anforderungen und Wünschen gerecht wird.
- Frontend für ROS auf Web-Basis programmieren.
- Evaluation des Frameworks für Web-Frontend (evtl. Software zwischenlayer nötig).
- Design des Roboter Gehäuses entwerfen, welches 3D-Gedruckt wird.
- Antriebsstrang des Roboters entwerfen.
- Evaluation und Testing welcher Antrieb unseren Anforderungen entspricht.

6 Grundbegriffe

Docker:

Software für die Container Verwaltung.

ROS:

Das Acronym ROS steht für Robot Operating System, es bietet eine Sammlung von Software-Bibliotheken, Werkzeugen und ein Framework um die Softwareentwicklung und Ausführung von Anwendungen für Roboter zu erleichtern.

Der Kern von ROS besteht aus Interfaces, genannt ROS-Graph, die eine anonymisierte und standardisierte Interprozesskommunikation ermöglichen. Dieser Graph ist ein Netzwerk aus 'nodes', welche über 'topics' miteinander kommunizieren. Auf einem 'topic' wird immer dieselbe 'message' mit einem definierten Datentyp von Nodes verbreitet. Für das Verbreiten und Empfangen von Messages müssen die Nodes 'publisher' und 'subscriber' implementieren.

Des Weiteren gibt es noch viele Tools, die beispielsweise Daten visualisieren können, und eine große Menge an Bibliotheken, welche Standard-Algorithmen der Robotik implementieren. Diese Tools und Bibliotheken werden ebenfalls zu ROS gezählt weshalb ROS als mehr als ein Framework angesehen wird und den Titel 'Operating-System' im Namen trägt.

Es gibt eine ältere Version von ROS die einfach nur ROS genannt wird und eine neuere Version namens ROS2. Der Hauptunterschied zwischen ROS und ROS2 ist, dass ROS einen zentralen Server, genannt 'ROS-Master' verwendet über den die Kommunikation abläuft und ROS2 einen dezentralen Ansatz verfolgt.

ROS2 baut auf dem Data-Distribution Service Standard von OMG auf. Das ist eine Spezifikation für eine Middleware, welche ein 'Data-Centric Subscriber-Publisher (DCPS)'-Modell beschreibt.

React:

Web Frontend Framework was ursprünglich von Facebook ins Leben gerufen wurde.

Arduino:

Entwicklungsplattform auf Basis von Atmel AtMega Prozessoren. Wurde entworfen um Leuten den Einstieg in die Microcontroller Welt stark zu vereinfachen. Findet heutzutage weltweit Anwendung in der Maker Szene.

ESP32:

ESP32 bezeichnet eine Microcontroller Familie auf Basis der ARM Architektur. Ursprünglich wurde der ESP32 von Espressif entworfen und gefertigt.

RaspberryPi:

Toolchain:

Als Toolchain wird die Kombination von Micro-ROS und ESP-IDF bezeichnet. Mit Hilfe dieser beiden Frameworks wurde die Firmware für unseren Roboter programmiert und kompiliert.

RTOS

Micro-ROS

ESP-IDF

7 Zielsetzung und Anforderungen

Entwicklung einer Weboberfläche mit der Roboter auf ROS Basis gesteuert und überwacht werden können. Oberfläche zeigt alle Roboter an und stellt Basic tools zur Verfügung um mit diesen zu kommunizieren und diese zu steuern. Außerdem soll damit eine Schnittstelle zwischen Browsern und ROS geschaffen werden.

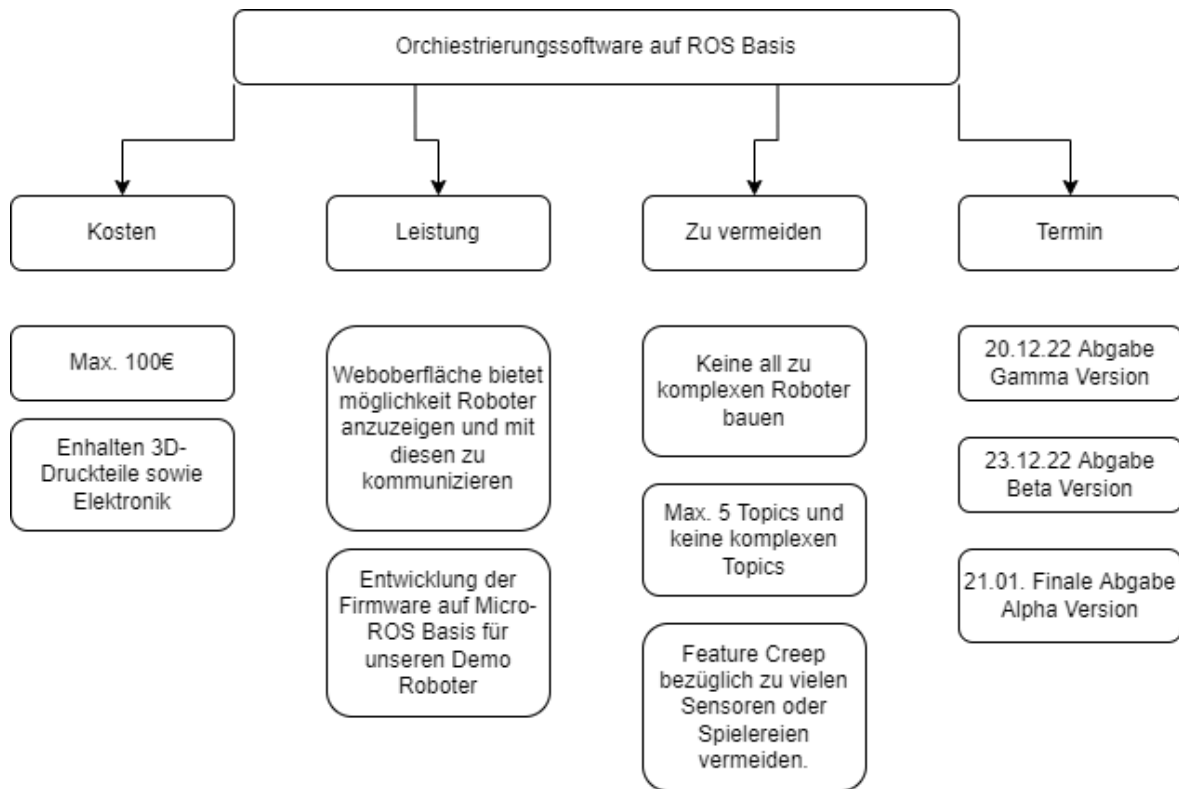


Abbildung 1: Anforderung Diagram

Kosten:

- Endkosten belaufen sich auf weniger als 100€.
- In diesen Kosten soll der Microcontroller inkl. 3D-Druck und gesamter Elektronik inkludiert sein.

Leistung:

- Weboberfläche ist lauffähig.
- Roboter kann mit ROS-Messages gesteuert werden.
- In Eigenleistung kleine fahrbare Roboterplattform auf ESP32 basis kreieren.

Zu vermeiden:

- Keinen zu komplexen Roboter designen. (Vollständig autonom fahrender Roboter)
- Feature creep mit all zu vielen Sensoren gilt zu vermeiden.

- Roboter Antrieb mit zu viel Technik ausstatten.
- Vorerst sollte nur ein Testroboter entwickelt werden.
- Webinterface nicht zu stark mit ROS Datentypen befüllen.

Termine:

- 20.11. Abgabe Gamma Version.
- 23.12. Abgabe Beta Version.
- 30.12. Feedback zu Beta Versionen.
- 21.01. Finale Abgabe.

8 Stand der Technik und Forschung

Technologischer Standpunkt Software:

WEBROS TODO ROS bietet bereits ein starkes und recht einfach nutzbares Framework, allerdings vermisst man eine schöne und einfach bedienbare "graphische Oberfläche. Es existieren kleinere Projekte welche sich dieser Frontend entwicklung annehmen. Allerdings hat uns keines dieser Projekte zufrieden gestellt. Vor allem was die Orchestrierungsmöglichkeit mehrerer Roboter angeht.

Technologischer Standpunkt Hardware:

Es existieren bereits viele Forschungen und Beispiele für diverse Roboter und deren verschiedensten Antriebskinematiken. Für unser Projekt werden wir allerdings eine eigene Roboter Plattform designen und 3D-Drucken. Viele der bereits vorhandenen Roboter sind entweder zu Groß und teuer oder viel zu klein und deshalb ebenfalls nicht gut für eine demonstration geeignet. Unter anderem wollen wir das unser Roboter den Vorteil bietet weitestgehend 3D-gedruckt zu sein. Die ETH Zürich hat bereits eine kleine Zusammenfassung über die wichtigsten Antriebarten mobiler Roboter zur verfügung gestellt. Für unser Projekt haben wir uns vorerst für einen simplen Diferentialantrieb entschieden.

9 Lösungsideen

9.1 Frontend

Das Frontend könnte durch normales plain HTML, CSS und JS realisiert werden. Da dies aber nicht mehr dem heutigen technischen standart entspricht kämen viele verschiedene Frontend Frameworks in frage. Zur Auswahl stehen React, Vue oder Angular.

9.2 Roboter

Zur Demonstration unserer Orchestrierungssoftware soll ein kleiner Roboter gebaut werden. Der Roboter sollte, wie in unseren Anforderungen bereits aufgelistet, einfach und schnell gebaut werden können. Und damit unser kleiner Roboter auch problemlos in der Welt navigieren kann muss dieser auch mit einer Art Lenkung ausgestattet werden.

Für solch einen Steuermechanismus kommen viele verschiedene Lösungen infrage:

Ein Kettenantrieb ähnlich wie in Baggern wäre denkbar. Er benötigt nur 2 Motoren und bietet viel Bewegungsfreiheit ohne komplizierte Mechanik.

Die Ackermann Lenkung wie Sie heute in allen PKW und LKW vorkommt wäre ebenfalls denkbar. Hierbei müsste man nur einen Motor einbauen für den allgemeinen vortreib und einen kleinen Servo um die tatsächliche Lenkbewegung der Vorder- oder Hinterachse zu realisieren.

Der Differentialantrieb wäre eine weitere Methode unseren Antrieb zu realisieren, hierbei werden wie beim Kettenantrieb ebenfalls zwei Motoren benötigt. Allerdings entfällt hierbei die Notwendigkeit einer Laufkette.

Unsere letzte Idee wäre eine Knicklenkung wie sie oft in Baustellenfahrzeugen eingesetzt wird. Es bräuchte nur einen Motor als Antrieb und die etwas kompliziertere Mechanik von der Ackermann Lenkung könnte durch eine simplere ersetzt werden.

Unser Roboter kommt natürlich nicht nur mit einem einfachen Antrieb aus sondern muss diesen auch entsprechend ansteuern können. Ein Arduino könnte sehr gut dafür geeignet sein.

Ein ESP32 käme auch in Frage. Er bietet weitaus mehr Rechenpower als ein Arduino bei minimaler Preiserhöhung. Außerdem unterstützen die meisten ESP32 eine Verbindung über WLAN.

Als teuerste aber auch Leistungsstärke Kontrolleinheit könnte auch ein Raspberry Pi dienen. Da wir unsere Roboter mit Hilfe vom ROS Framework ansteuern wollen, sollte unsere gewählte Steuereinheit Micro-ROS unterstützen. Micro ROS ist eine Fork von ROS selbst und dadurch auch auf schwächeren Systemen lauffähig.

10 Evaluation der Lösungsideen anhand der Anforderungen

10.1 Wahl des Frontend Frameworks

Da es unglaublich viele Web Frontend Frameworks gibt, die sich leider oft nur in minimalen Punkten unterscheiden, haben wir uns schlussendlich für React aus den unten genannten Gründen entschieden.

Da ein Teammitglied bereits viel Erfahrung mit React sammeln konnte sahen wir das als starken Vorteil für unser Team an. Außerdem verfügt React über eine enorm gute Dokumentation, da es ständig von seiner eigenen Community verbessert wird.

10.2 Warum ROS?

Da wir alle bereits mit ROS gearbeitet haben, ist die Softwareentwicklung für einen Microcontroller deutlich einfacher, da ROS viele Standard-Aufgaben wie die Interprozesskommunikation erledigt. Außerdem ist es für uns leichter bekannte Hürden leichter zu umgehen. ROS stellt auch eine große Auswahl an Bibliotheken und Tools bereit, die die Entwicklung ebenfalls erleichtern und beschleunigen.

Ein weiterer Grund dafür, dass wir uns für die Entwicklung mit ROS entschieden haben ist, dass wir im Robotiklabor viel Hilfe bekommen können, da dort alle Roboter mit ROS entwickelt werden. Weitere Vorteile von ROS sind, dass es open-source ist und kostenlos.

10.3 Micro-ROS und RTOS

Die Entwicklung mit dem Mikrocontroller findet mit Micro-ROS statt, da das die Standard-Bibliothek für die Entwicklung mit Microcontrollern mit ROS2 ist.

Das Besondere an ROS2 und Micro-ROS im Vergleich zu ROS1 ist, dass es ermöglicht ein Real Time Operating System auf dem Microcontroller auszuführen. Ein RTOS wird standardmäßig mitinstalliert, ist aber für uns auch interessant, da wir bisher noch nicht mit RTOS gearbeitet haben und es eine gute Lernmöglichkeit mit beschränktem Aufwand ist.

Wie ROS selbst, ist Micro-ROS open-source und kostenlos.

Außerdem gibt es eine bereits bestehende Toolchain namens ESP-IDF, die das Cross-Compilieren, Flashen, Monitoring und Debugging erleichtert.

10.4 Roboter Platform

Die Anforderungen an die Roboter Demo Platform für dieses Projekt waren recht klein und einfach gehalten.

Das Hauptaugenmerk bei der Neuentwicklung und dem Design unserer Roboter Platform sollte zum einen die 3D-Druckbarkeit des Roboters sein aber auch das der Roboter vor allem in kurzer Zeit gedruckt und betriebsfertig gemacht werden kann.

In unserem Fall zeigten sich für die Antriebsart beim Differentialantrieb die meisten Vorteile. Wir benötigen nur 2 Motoren die unabhängig voneinander angesteuert werden müssen. Es können normale Reifen verwendet werden und keine aufwendig zu bauende Ketten. Und beim Differentialantrieb wird lediglich eine um 360° frei rotierbare Rolle benötigt. Somit entfällt auch ein großer Aufwand bei der Lenkmechanik.

Im allgemeinen sollte die 3D-Druckbarkeit der Teile somit kein Problem darstellen.

Für die Elektronik bzw. die Steuerung unseres Roboters fiel die Entscheidung auf einen ESP32. Dieser ist kostengünstig und recht einfach zu beschaffen. Zusätzlich bietet der ESP32 weitaus mehr Rechenleistung als ein Arduino und garantiert somit auch eine gewisse Skalierbarkeit. Die restlichen elektronischen Bauteile wie z.B. Lineare Spannungswandler können in diversen Elektronik Versandshops gekauft werden.

11 Implementierung

11.1 React Front-End

11.1.1 Aufbau des Frontends (Architektur)

11.2 ROS Back-End

11.2.1 Firmware Kompilierungs Toolchain

Um Programme auf dem ESP32 ausführen zu können müssen sie zuvor crosscompilt und auf den Speicher des Microcontrollers geflasht werden. Für das Crosscompilen von Programmen, die das Micro-ROS Framework verwenden wird eine Pipeline empfohlen, die aus 4 Teilen besteht.

1. ROS 2. Micro-ROS 3. RTOS 4. ESP-IDF

Zu Grunde liegt ersteinmal die ROS2 Compilierungspipeline welche colcon verwendet. Darauf aufbauend folgt die Micro-ROS Pipeline. In dieser Pipeline wird die Crosscompilierung für das entsprechende Realtime Operating System übernommen. Des weiteren wird noch die ESP-IDF Pipeline verwendet, die für die Crosscompilierung für den ESP32 zuständig ist und mit deren Hilfe die Programme auf den Mikrocontroller geflash werden können.

Die Pipeline welche gerade beschrieben wurde, wurde mit Hilfe von Docker implementiert. Als erstes wird ein neuer User inklusive Home-Verzeichnis und entsprechenden Cgroup Berechtigungen angelegt. Für die Berechtigungen ist vor allem die dialout-Gruppe wichtig, da diese Zugriff auf seriellen Ports gibt.

Die Verwendung eines eigenen Users ohne root-Rechte wird verwendet, da es von Docker als Best-Practice empfohlen wird um ungewollte Veränderungen zu verhindern (TODO Quelle). Nach dem Aufsetzen des Users wird die Micro-ROS Pipeline heruntergeladen und mit Hilfe von mitgelieferten Skripten installiert.

Nach der Installation müssen noch verschiedene Einstellungen vorgenommen werden. So ist es in eine ersten Schritt notwendig das passende RTOS, in diesem Fall "freertos", und den Mikrocontroller zu spezifizieren. Anschließend werden Einstellungen wie die Zugangsdaten für das WLAN-Netzwerk gemacht oder (TODO Beispiel).

Es ist außerdem noch notwendig den host-user zu den cgroups docker und dialout hinzuzufügen, da es ansonsten nicht möglich ist den Container zu starten oder Programme auf den Mikrocontroller zu übertragen.

Für das erleichterte Ausführen des Containers wird eine docker-compose-Datei verwendet. Der Container wird mit zwei bind-mounts eingerichtet. Einer für das Verzeichnis, in dem der Code des Roboters ist und ein anderer für das Verzeichnis /dev in dem die Ports für das flashen des Mikrocontrollers sind.

Es werden bind-mounts verwendet um die Daten und Ports, während der Entwicklung ständig aktuell zu halten um den Container nicht immer wieder neu starten zu müssen, wenn sich eine Datei ändert. Das vereinfacht die Entwicklung deutlich, da man wenn man den Mikrocontroller an und absteckt nicht den Container neu starten muss.

11.3 Roboter Plattform

11.3.1 3D-Druckteile

Die Wichtigste Anforderung an die Plattform war das diese Modular aufgebaut werden kann. Sprich man kann im Nachhinein neue Teile, Module oder komplett andere Sensoren einfach anschrauben aber auch kaputte bzw. alte Teile problemlos erneuern.

Da es sich beim Differentialantrieb nur um eine Mechanische Anordnung der Motoren selbst handelt, musste noch ein geeignetes Bauteil als Motor selbst gefunden werden. Die Motoren müssen ein recht hohes Drehmoment aber eine kleine Umdrehungszahl pro Minute aufweisen. Initial war es deshalb die Idee für normale 5V Motoren wie sie auch in DVD Laufwerken verwendet werden ein kleines Getriebe zu konzeptionieren und zu bauen.



Abbildung 2: Prototyp des eigenbau Motorgetriebe

Die Idee bewies sich aber recht schnell als zu schwierig und wurde deshalb fallen gelassen. Als Ersatz für unseren Mislungenen Versuch fiel die Entscheidung auf Modellbau Getriebemotoren. Siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Modelbau Getriebemotor

Ein Anforderung an unsere Demo Roboter Plattform war die 3D-Druckbarkeit, sowie deren Modularer Aufbau. Das Fahrgestell unseres Roboters setzt sich aus insgesamt 3 Modulen zusammen. Die Motorenhalterung woran die Motoren selbst und auch die H-Brücke befestigt sind. Die Zentrale Plattform für unseren Microcontroller. Und die beiden Freirollen an der Front des Roboters.

Die gesamte Roboter Plattform wurde mit Hilfe eines iterativen design Prozesses gestaltet. Zu Begin wurde nur das Fahrgestell des Roboters designed und gedruckt.

Sobald das Ergebniss zufriedenstellend war wurde das nächste Modul designed und gedruckt. Dadurch erreichten wir eine Art DDesignkette und konten Sicherstellen das alle

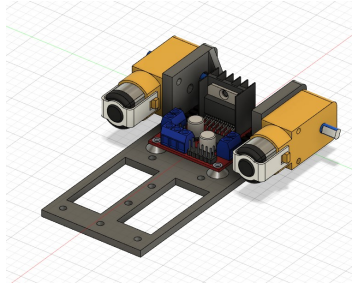
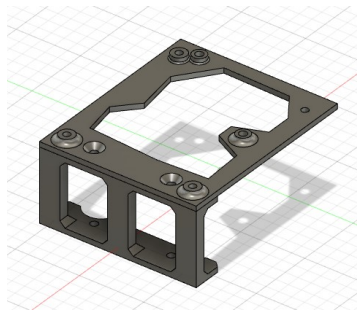
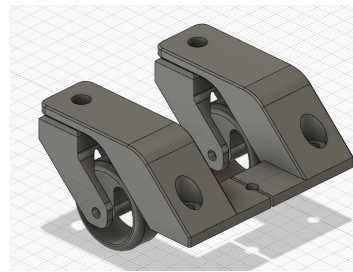


Abbildung 4: CAD Render vom finalen Fahrgestell

Teile bzw. Module zusammen passen und allen anforderungen gerecht werden. Die letzten beiden Module für unseren Demo Roboter waren die Plattform für die Elektronik sowie die Freilaufrollen an der Front des Roboters.



(a) Elektronik Platform (finales Design)



(b) Freilaufrollen (2. Version)

Abbildung 5: CAD Render der Elektronik Platform und den Freilaufrollen

11.3.2 Elektronik

Wie in unserer Evaluation der Lösungsideen bereits beschrieben übernimmt der ESP32 Microcontroller, siehe Abbildung 6, die Steuerung unseres Roboters.



Abbildung 6: ESP32 Microcontroller

Dieser muss natürlich auch mit Spannung versorgt werden. Der Akku unseres Roboters sind sogenannte 18650 LiIon Akkus, diese sind wiederaufladbar und haben die perfekte Größe für unseren kleinen Roboter.

Die Versorgungsspannung für die Motoren kann direkt von unserem Akkupack abgegriffen

werden und zur H-Brücke geführt werden. Die H-Brücke benötigt genau so wie der ESP32 eine Versorgungsspannung für die Logik. Diese sollte laut Datenblatt bei 5V liegen, erlaubt sind aber auch 3V. Was in unserem Fall ideal ist da unser ESP32 ebenfalls nur mit 3,3V maximal versorgt werden darf.

Die 3,3V Logikspannung werden auf unserer Platine von einem LM317T, einem Lineareren Spannungswandler zur Verfügung gestellt.

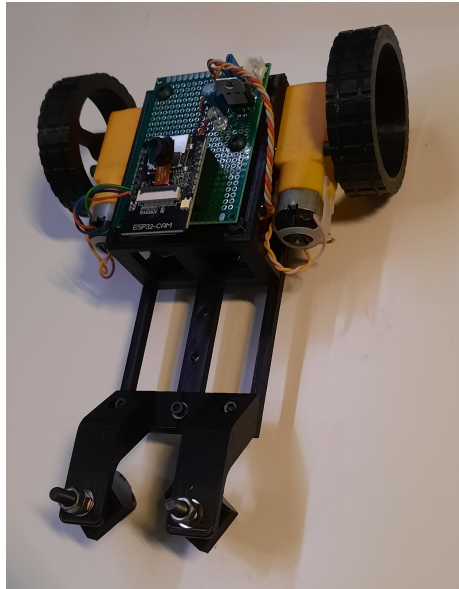


Abbildung 7: Roboter Demo Plattform

12 Evaluation der Implementierung

12.1 Fehler und Verbesserungen Frontend

12.2 Fehler und Verbesserungen Backend

Beim Aufsetzen der Pipeline ist es mehrfach zu Problemen gekommen, die es notwendig gemacht haben, die Implementierung anzupassen.

Zu Beginn wurde erst einmal mit Hilfe einer virtuellen Maschine ausprobiert, ob die Micro-ROS-Pipeline überhaupt funktioniert mit dem ESP32. Das hat gut funktioniert, es hat sich aber herausgestellt, dass die Pipeline sehr viel Speicherplatz benötigt und, dass sie relativ tief ins System eingreift. (TODO Beispiele)

Als nächstes sollte dann die Pipeline mittels Docker umgesetzt werden um zum einen die Verwendung einer virtuellen Maschine zu vermeiden aber trotzdem die Virtualisierung beizubehalten.

Für die Virtualisierung mit Micro-ROS mit Docker gab es 3 Möglichkeiten. 1. Die Verwendung der ESP-IDF Toolchain als Extension für VSCode. 2. die Verwendung von micro-Ros docker Extension 3. die Erstellung eines eigenen Docker-Images

Zuerst wurde die ESP-IDF Pipeline mit Hilfe einer Anleitung aufgesetzt. Während dem Aufsetzen ist es zu einem Problem mit docker-desktop gekommen und zwar sollte die

ESP-IDF-Extension mit Docker funktionieren, allerdings funktioniert sie nur mit dem standard-Context von Docker, der aber von Docker-Desktop verändert wird. Somit war es notwendig Docker-Desktop wieder zu entfernen und zu docker-engine zu wechseln.

Mit Docker-engine war es dann möglich die ESP-IDF-Extension mit VSCode auszuführen und Cdoe auf den ESP32 zu flashen. Die ESP-IDF Extension hat aber den Nachteil, dass es für uns notwendig wird, die ganze restliche Micro-ROS Pipeline selbst aufzusetzen.

Also wurde als nächstes die Micro-Ros docker Extension verwendet, die TODO. Hierbei wurde einmal versucht den debugger zu testen. Grundsätzlich ist der openOCD Server hochgefahren. Allerdings war es danach nicht mehr möglich mit der ESP-IDF-Extension aus dem ersten Schritt auszuführen. Anscheinend hatte die Ausführung dieses

OpenOCD-Servers Einstellungen in der Konfiguration von VS-Code docker gemacht, die zur Folge hatten, dass die ESP-IDF-Extension nicht mehr richtig ausgeführt werden kann.

Da sich herausgestellt hat, dass die ersten beiden Methoden nicht zuverlässig waren, wurde schließlich die letzte Methode gewählt.

12.3 Fehler und Verbesserungen Roboter Plattform

Getriebe selber bauen sollte doch kein Problem sein, oder?: Initial sollten kleine 5V Motoren aus alten DVD-Laufwerken mit selbstgebauten getriebe als Antrieb dienen. Jedoch musste man recht schnell feststellen dass das Design von einem Getriebe doch nicht so einfach ist. Es muss auf den perfekten Abstand der Zähne der Zahnräder geachtet werden. Das die Zahnräder konzentrisch und sich leichtgängig drehen und noch vieles mehr. Letzendlich war unser erster Getriebeversuch auch der letzte. Der Motor hatte einfach viel zu wenig Drehmoment um alle auftretenden Reibungsverluste zu überkommen. Ein netter versuch um das ein oder andere zu lernen war er aber dennoch.

(bild folgt)

Das Problem mit der Freilaufrolle: Der erste Versuch eine Freilaufrolle zu designen und zu drucken funktionierte nur zu 50(prozent). Die Rolle konnte zwar ohne Probleme gedruckt werden, allerdings konnte sie sich nicht frei und leichtgängig genug drehen. Das lag zum einen daran das

(bild folgt)

13 Fazit und Ausblick