****

**THEMA**

Art der Arbeit/Studienfach

(Eventuell Bild einfügen)

von

Name / Gruppe

[Email@stud.hs-heilbronn.de](mailto:Email@stud.hs-heilbronn.de)

Matr. Nr.:

Sommer-/WintersSemester 20xx

Hochschule Heilbronn

Studiengang: Robotik und Automation

Betreuer:

# Inhaltsverzeichnis

[I. Inhaltsverzeichnis 1](#_Toc422822068)

[II. Abbildungsverzeichnis 4](#_Toc422822069)

[1 Aufgabenstellung 5](#_Toc422822070)

[2 Selbstkonfiguration 6](#_Toc422822071)

[2.1 Anzahl und Reinfolge 6](#_Toc422822072)

[2.2 Orientierung 6](#_Toc422822073)

[3 Hardware 7](#_Toc422822074)

[3.1 Platine: MCU (funktion + layout) 7](#_Toc422822075)

[3.1.1 Mikrocontroller 7](#_Toc422822076)

[3.1.2 Pinbelegung 7](#_Toc422822077)

[3.1.3 3.3V DC/DC 7](#_Toc422822078)

[3.1.4 Differenzialbustreiber 7](#_Toc422822079)

[3.2 Platine: Rest (funktion + layout) 9](#_Toc422822080)

[3.2.1 6V DC/DC 9](#_Toc422822081)

[3.2.2 Busswitch 9](#_Toc422822082)

[3.2.3 LEDs 9](#_Toc422822083)

[3.3 Bestellung 10](#_Toc422822084)

[3.4 Bestückung 10](#_Toc422822085)

[3.5 Schleifkontakte 11](#_Toc422822086)

[3.6 Einpressmuttern 11](#_Toc422822087)

[3.7 Revisionen 11](#_Toc422822088)

[3.8 Linearblock Mechanik 11](#_Toc422822089)

[4 Firmware 12](#_Toc422822090)

[4.1 Masterfunktion (flussdiagramm vom master) 12](#_Toc422822091)

[4.2 Slavefunktion (flussdiagramm vom slave) 12](#_Toc422822092)

[5 Initialisierungen 13](#_Toc422822093)

[5.1 GPIOs (init+ funktionen) 13](#_Toc422822094)

[5.2 Servo (init + funktionen) 13](#_Toc422822095)

[5.3 systick (init + funktionen) 13](#_Toc422822096)

[5.4 ADC (init+ funktionen) 13](#_Toc422822097)

[5.5 RS485 (init + funktionen) 13](#_Toc422822098)

[5.6 USB (init + funktionen) 14](#_Toc422822099)

[5.7 MoveTimer (init + funktionen) 14](#_Toc422822100)

[5.8 Master/Slave Bestimmung (init + funktionen) 14](#_Toc422822101)

[5.9 InitAsMaster (init + funktionen) 14](#_Toc422822102)

[5.10 InitAsSlave (init + funktionen) 14](#_Toc422822103)

[6 Kommunikation 15](#_Toc422822104)

[6.1 Master mit PC 15](#_Toc422822105)

[6.1.1 Grundlegendes (VCom) 15](#_Toc422822106)

[6.1.2 USB (Handler) 15](#_Toc422822107)

[6.2 Master mit Slaves 17](#_Toc422822108)

[6.2.1 Grundfunktion 17](#_Toc422822109)

[6.2.2 RS485 (Handler) 17](#_Toc422822110)

[6.2.3 eigene Register 18](#_Toc422822111)

[7 Kinematik 19](#_Toc422822112)

[7.1 Vorwärtskinematik 19](#_Toc422822113)

[7.2 Annäherung 19](#_Toc422822114)

[7.3 Abbruchbedinungen 20](#_Toc422822115)

[8 Bewegungsfunktionen 20](#_Toc422822116)

[8.1 LIN/PTP 20](#_Toc422822117)

[8.2 Timer 20](#_Toc422822118)

[9 GUI 22](#_Toc422822119)

[10 Rückblick auf die Studienarbeit 23](#_Toc422822120)

[10.1 Irgendwas, was gut funktioniert hat 23](#_Toc422822121)

[10.2 Und evtl etwas, was nicht geklappt hat 23](#_Toc422822122)

[11 Genutzte Programme 24](#_Toc422822123)

[11.1 PCB Design Software - CadSoft EAGLE 6 24](#_Toc422822124)

[11.2 GUI Design Software – Processing 2 24](#_Toc422822125)

[11.3 ARM Mikrokontroller Programmierumgebung- Coocox 24](#_Toc422822126)

[11.4 3D – CAD Program – CATIA V5R19 24](#_Toc422822127)

[12 Zusammenfassung und Ausblick 25](#_Toc422822128)

[Literaturverzeichnis 26](#_Toc422822129)

[A Anhang 27](#_Toc422822130)

[Anleitung Datenblatt1 5.1 27](#_Toc422822131)

[Anleitung Datenblatt2 5.2 27](#_Toc422822132)

# Abbildungsverzeichnis

**Es konnten keine Einträge für ein Abbildungsverzeichnis gefunden werden.**

# Aufgabenstellung

Bei dieser Bachelorarbeit soll es um die Fortsetzung der in der Studienarbeit (XXX) entwickelten Grundlagenforschung von modularen Robotern gehen. Ansätze und Überlegungen die schon getätigt wurden, müssen nun getestet werden und auf ihre Richtigkeit und Praktikabilität geprüft werden. In der Studienarbeit sollte ein Baustein entstehen, der über die grundlegenden Funktionen eines modularen Roboters verfügt und nur noch durch das Empfangen von Raumkoordinaten des „Basiselementes“ gesteuert werden kann.

**Soll-Aufgaben:**

* Mechanisch
  + -Entwickeln eines Robotermoduls, welches mit Hilfe von Platinen, basierend auf Glasfaserverbundmaterial gebaut wird.
  + Nutzung eines vorgefertigten Servo Antriebssystems
* Elektrisch
  + Entwicklung und layouten der verschiedenen Platinen die für die Steuerung der Roboterblöcke benötigt werden.
  + Umsetzung der Leistungsumwandlung, die in der Studienarbeit überlegt wurde(KAP XXX)
  + Implementierung eines Selbsterkennungssystems mit dem die Module ihre Orientierung und Reihenfolge analysieren können.
* Firmware MCU
  + Entwicklung einer robusten Firmware für die Robotermodule. Dies bedeutet:
    - Unterscheidung zwischen Master/Slave
    - Sichere Datenübertragen zwischen den verschieden Modulen
    - Ansteuerung der Servoeinheit
    - Erkennen der Orientierung und Reihenfolge der verbundenen Module
    - Kommunikation mit dem Computer
    - Berechnung der flexiblen inversen Kinematik
* Software GUI
  + Schreiben einer GUI über die man Konfigurationsparameter einstellen und die Zielkoordinaten an die physischen Module schicken kann.
  + Entwickeln eines Programms für die Rücktransformation der empfangenen Winkeldaten der Roboterblöcke.
  + Grafische Darstellung der Blöcke und Echtzeitwiedergabe der physischen Module.

# Selbstkonfiguration

Wie bereits in der zugrundeliegenden Studienarbeit beschrieben muss für die Selbstkonfiguration die Anzahl, die Reihenfolge und die Orientierung der Blöcke ermittelt werden.

## Anzahl und Reinfolge

Um die Anzahl und die Reihenfolge bestimmen zu könen kann die RS485-komunikation zwischen den blöcken unterbrochen werden. Hierzu ist der in kapp.xx(platine-rest) erwähnte Bussswitch eingesetzt worden. Nach dem anschließen an eine Versorgungsspannung werden alle Busswitches zunächst auf sperrend gfestellt und alle blöcke haben die RS485-Adresse von 0x00. Nachdem der Master erkannt hat, dass er eben dieser ist (bestimmung der Masters siehe kapp.xx) schaltet dieser block die komunikation zum nächstne block durch und gibt sich selber die Masteradresse von 0x01. Da der nun zusätzlich zum RS485-Bus geschaltete Block zu dem ergebinn gekommen sein muss, dass er einer der slaves ist, wartet er zu begin ersteinmal, bis ihm eine eigene adresse zugewiesen wird (siehe kapp.xx, slavefunktion). Bevor dies geschehen ist reagiert er auf die allgemeine adresse 0x00. Über diese Adresse fragt nun der Master über den RS485-Bus nach einem Slave. Bekommt er eine Antwort erhält der Slave eine neue adresse (0x02) und schaltet nun seinerseits den busswitch ein. Da er nun eine neue Addresse hat reagiert er ncihtmehr auf die nächste anfrage der Master über die Adresse 0x00. Diese erneute anfrage wird nun vom nächjhsten zugeschalteten slave (slave 2, Block 3) beantwortrt und ihm wird die nächsthöhere Addresse zugewiesen (0x03). Ab hier wiederholt sich die prozedur, bis der Master keine antwort mehr über die Adresse 0x00 erhält. Dies bedeutet, dass in der kinematischen kette keine unkonfigurierten Blöcke mehr vorhanden sind. Gleichzeitig Zäöhlt der master die anzahl an gefunden slaves mit, was, sich selbst noch dazuaddiert, der anzahl der insgesamt vorhandenn blöcke entspricht. Über die steigende nummerierung an neuen slaveaddressen die der Master vergibt, ist gleichzeitig auch die Reihenfolge definiert.

## Orientierung

Die orientierung der Blöcke wird über einen kurzschlusspin an der Adapterplatine bestimmt. Dieser kurzschlusspin stellt den rückflüss zu GND her. Jenachdem, an welcher stelle (bla bla)

Nachdem die Montageseite und der Winkel bestimmt wurden könne daraus die rotationsmatrizen um X,Y und Z für die Vorwärtskinematik bestimmt werden. Da es sich dabei immer jedoch um die gleiche reihenfolge an rotationen handelt könne die drei matrizen im nächsten schritt zusammengefast werden. Als letzte vereinfachung werden alle trigonometischen funktionen durch feste werte ersetzt. Dies verringert nicht nur die rechgenzeit, welche bei Trigonometrischne funktionen refht hoch ist, es ergeben sich auch wesentlich einfacherer terme da es sich bei den Montagewinkeln nur um vielfache von 90° handelkn kann. Die vereinfachung ist in abb.xx beispielhaft für eine position durchgerechnet.

(evtl nach kinematik verschieben)

# Hardware

… wurde darauf geachtet, die benötigte elektronik möglichst sinnvoll auf die innenseiizten der platinen zu verteilen.

## Platine: MCU (funktion + layout)

Eine der Paltinen mit der meisten funktionm ist die MCU platine. Neben dem Mikrokontroller selber befindet sich auf ihr auch ein eigener DC/DC-Wandler und der Differenzialbusstreiber.

### Mikrocontroller

### Pinbelegung

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| POS-NIX | GPIO\_0\_11 | ADC0 | D | Analoger Spannungswert, welcher die Montageposition und die Seite (A-E) repräsentiert.  Intern verbunden mit dem ADC. |
| POS-POWER | GPIO\_1\_0 | ADC1 | C |
| POS-STIRN | GPIO\_1\_1 | ADC2 | A |
| POS-MCU | GPIO\_1\_10 | ADC6 | E |
| POS-SERVO | GPIO\_1\_11 | ADC7 | B |
|  |  |  | | |
| RS485DIR | GPIO\_1\_5 | Kontrolliert die Kommunikationsrichtung des differenziellen Bustreibers | | |
| RS485RX | GPIO\_1\_6 | Receiver-Pin der internen UART-Hardware | | |
| RS485TX | GPIO\_1\_7 | Transmitter-Pin der internen UART-Hardware | | |
| RXTXLED | GPIO\_2\_1 | Signalisiert das Senden/Empfangen von Daten über UART / RS485 | | |
|  |  |  | | |
| BUS\_EN | GPIO\_0\_2 | [high] Schaltet den Busswitch frei | | |
| SERVO\_EN | GPIO\_3\_3 | [high] Schaltet den 6V DC/DC-Converter ein | | |
|  |  |  | | |
| VBUS | GPIO\_0\_3 | USB Spannung. Zum bestimmen des Masters. | | |
| USBLED | GPIO\_0\_7 | Signalisiert das Vorhandensein eines USB-Kabels | | |
|  |  |  | | |
| LED1 | GPIO\_2\_8 | Allgemeine Signal-LED | | |
| LED2 | GPIO\_2\_7 | Allgemeine Signal-LED | | |
|  |  |  | | |
| ISP | GPIO\_0\_1 |  | | |
| BUS | GPIO\_1\_2 |  | | |
| PWM | GPIO\_1\_4 | PWM-Signal für das Servo | | |

### 3.3V DC/DC

### Differenzialbustreiber

Da die Kommunikation vom Master zum letzten Slave durch die dazwischenliegenden Slaves läuft wurde zudem ein Differenzialbustreiber verwendet (studienarbeit xx). Durch die Verwendung eines differentiellen Signals wird die Anfälligkeit durch elektromagnetische Felder und Impulse vermindert. Diese könnten zum Beispiel von den DC/DC-Wandlern der Servos oder von den Motoren der Servos selber ausgehen. Allerdings wird sich dieser Vorteil durch den Verlust der Duplexfähigkeit der Kommunikation erkauft sodass Master und Slave nicht gleichzeitig Daten austauschen könne sondern immer nur nacheinander.

## Platine: Rest (funktion + layout)

Auf den übrigen fünf platinen sid die restlichen komponenten untergebracht. Dabei hat jede platine eine eigene Funktion, sodass defekte komponenten einzeln ausgetauscht werden können.

### 6V DC/DC

Um die Hohe eingangsspannung auf eine für das servo akzeptalbe spannung zu reduzieren wurde auf einer der Paltinen ein eigener 6V DC/DC-Wandler untergebracht. Dieser versorgt ausschließlich das servo, welches als antrieb des Blockes den größten energieverbrauch hat (KP ob relevant). Der DC/DC-Wandler ist in einer Runtersetzt Topologie (Buck-konverter) aufgebaut. Der verwendete chip xxx von (hersteller) besitzt bereitz einen internen leistungsschalter und braucht somit hauoptsächlich nur noch eine Spule und eine freilaufdiode.

### Busswitch

Der busswitrch befindet sich auf der paltine mit den schleifkontakten. Er wird benötigt, um die weiterleitung der RS485-signale, welche über die montageflächnen zum MCU gelangen, zu den schleifkontakten und somit zum nächsten block zu unterbrechen.

### LEDs

Gerade zum aufzeigen von fehlern im system ohne diagnosegerät eigen sich signal-LEDs. In den entwickelten Blöciken werden über sechs LEDs die einzelnen funktionen der komponenten signalisiert wie in Tab.xx dargestellt.

|  |  |
| --- | --- |
| USB | Signalisiert das empfangen oder senden von daten über die USB-Leitung |
| RXTX | Signalisiert das empfangen oder senden von daten über den RS485-Bus |
| LED1 | Allgeneine LED. Verwendung zuletzt: xxxxxx |
| LED2 | Allgeneine LED. Verwendung zuletzt: xxxxxx |
| MCU | Ausgangs-Spannug der DC/DC-Wandlers des MCU |
| SERVO | Ausgangs-Spannug der DC/DC-Wandlers des Servos |

Zu beachten ist bei der LED-Platine, dass nicht alle LEDs direckt mit der MCU-Platine verbunden sind. Gleiches gilt für die GND-Leitung, welche erst über zwei weitere platinen mit der MCU-Platine verbunden ist.

## Bestellung

Die erstellten Platinen wurden in China gefertigt und anschlißend per hand bestückt. Dabei sind Lötpaste und ein umgebauter Pizzaoffen verwendet worden. Grundlegend können die platinen jedoch aucch per lötkolben bestückt werden solange ein gewisses geschick mitgebracuht wird.

## Bestückung

Die bestückung der platinen wurde in handarbeit vorgenommen. Dabei wurde sich dafür entschieden, die platinen (im ofen??) zu löten. Hierzu wurden zunächst alle Pads mit Lötpaste versehen. Anschleißend wurden mit einem Vakuumgreifer die Bauteiel auf die entsprechenden steleln bestückt. (in einem umgebauten ofen … thme-curve)

## Schleifkontakte

Wie beretis in der zugrundeliegenden Studienarbeit (titel) vermerkt werden die blöcke unterienander mit Federkontakten verbunden. Dabei über nehmen die kontakte zwei verschiedenen funktionen. Die in Abb.xx zu sehenden kontakte sind statisch und stellen die vwerbindung von adapter zum nächsten block dar. Auf der anderen seite der Adapterplatine befindne sioch kontakte, welche über schleiferbahnen die verbingung über die bewegungsrichtung gewärleisten. Zu beginn wurden auf beiden seiten die gleichen Pogopins verwendet da somit nur eine art vom bauteil benötigt würde. Während jedoch die funktionalität auf der Statischen seite von beginn an anzunehmen war, bestanden bei der dynamischen Seite zweifel. Aus diesem grund wurde ein belastungstest durchgeführt. In einem versuchsaufbau wurde die Adaptarplatine über ein Servo ca. 12.000 mal um ca 100° geschwenkt. Das ergebiniss ist in Kapp.xx zu sehen. Nach diesem Test stand leider fest, dass die Pogopins nicht für für den einsatz auf der Dynamischne seite verwendbar sind. Daher wurde bei der Firma heraeus nach federkontakten angefragt. Heraeus steltl kundenspetzifische Vieldrahtschleifer her welche (evtl noch was schreiben, sonst weglassen). Nach einem gespräch mit (xx) wurden dann einigie beispielshcleifer in entsprechneder anzahl zur verfügung gestellt. Diese halten den belastungen wärend der bewegugn des seros deutlich besser stand und wurden daher auch eingesetzt (abb.xx).

Kabel(intern/extern) vs schleifkontakte

Pogopins als schleifkontakte wurden getestet und nach 12.000 sweeps sind die Pogopinköpft um ca 0.7mm aubgeschliffen gewesen. Es braucht also federkontakte!

Federkontakte von heraeus vorteile nachteile

Referenzen zu federstärke und strombelastbarkeit pdf

## Einpressmuttern

Um die blöcke untereinander zu verbindne werden 4 shrauben pro block verwendet. Diese fixieren wie in abb.xx zu sehen den nächsten block an der adapterplatine des vorherigen. DA in das platinenmaterial kein gewinde geschnitten werden kann wurde zunächst geplant, maschienenmuttern von innen an die Platinne zu kleben. Bei weiterführendenr Recherche sind dann einpressmuttern in den Fokus gerückt. Obwohl es diese in vielen verschiedenen Bauformen gibt wurden zunächst keine passenden Gefunden, da der durchmesser nicht zu groß im sein darf aufgrund des begrenzten raumes und auch die einbautiefe des einpressbereich durfte nicht größer als die platinendicke sein. Letztlich wurde dann ein passendes Modell beim Hersteller (xxx) gefunden. Diese sind zwar eigendlich für das einpressen in Bleche gedacht, jedoch hat sich herrausgestellt, dass sie auch sehr gut in dem Platinenematerial halten. Betrachtet man zusätzlich, dass die muttern von inne eingepresst werden und die normale belaastung nach außen (verläuft/zieht) ist ein einsatz ohne weitere sicherung durch kleben möglich.

## Revisionen

Wie bei allem, gibt es bei der ersten Revision noch immer einige Fehler. Viele Fehler wurden noch glücklicher weise vor der Platinenbestellung entdeckt und korrigiert. Leider haben sich nach der Platinenbestellung noch ein paar Fehler gezeigt, welche bei einer Revision korriegiert werden müssen.

-Durch einen Tippfehler der Signalbezeichung wurden zwei leiterbahnen nicht miteinander verbunden und müssen nachträglich erst einmal mit einer drahtbrücke verbunden werden.

-Fräslinien falsch produziert, da nicht richtig gemacht

Einige flüchtigkeitsfehler aber nichts was groß falsch ist.

Nach erhalt der Platinen hat sich herrausgestellt, dass die aussenliegenden Fräslinien alle um 1mm nach Aussen verschoben sind. In der abgegebend Gerber datei ist dies aber ncht er fall. Es ist also vom werk zu vershculden.

Klährung mit firma um neuerstellung.

## Linearblock Mechanik

# Firmware

Neben der Hardware wurde auch die benötigte sowtware erstellt. Obwohl jeder block die gleiche Software enthät teilt sich die ausgeführte funktion masgeblich nach der posituion des Blocks im roboter.

## Masterfunktion (flussdiagramm vom master)

An unterster stelle muss der block als master die gesamte komunikation verarbeiten und koordinieren.

## Slavefunktion (flussdiagramm vom slave)

In allen anderen Positionen funktionieren die Blöcke als slaves.

# Initialisierungen

Zu bedinn des endlos laufenden Programmteils werden die benötigten hardwarekomponenten im MCU initialisiert. (irgendwie noch zu kurz)

## GPIOs (init+ funktionen)

In dieser Funktion werden die in Kapp. XX aufgeführeten Pins des Microkontrolers Initialiesiert. Da die pins des MCU nach einem REset bereits alle als Eingang konfiguriert sind werden hauptsächlich die LED-Pins als ausgänge neubeschrieben. Zusätzlich müssen die Pins für die USB- sowie für die RS485-Schnittstelle mit der internen Hardware verbunden werden.

Um die Funktion der LEDs zu prüfen werden zu beginn alle LEDs kurz eingeschaltet.

## Servo (init + funktionen)

Modellbau Servos werden nicht über ein Datenprotokoll angesprochen, sondern über ein sogenanntes Pulsweitenmodulationsverfahren. Dieses Verfahren hat den Vorteil einer sehr einfachen Ansteuerung und den Nachteil von minimaler Reglungskontrolle.

Um einen Servo anzusteuern muss ein Puls, einer bestimmten Länge alle 20ms an den Servo gesendet werden. Die Pulslänge steht in direkter Relation zu dem Servowinkel und die Wiederholfrequenz steht in Direkter relation mit der Winkelkorrektur des servos. Bei einer Pulslänge von 1500µs steht der Servo in der Mittelstellung. Längere oder kürzere Pulse lassen ihn nach links oder rechts drehen. Die minimale Pulslänge liegt bei ungefähr 600µs und die maximale bei 2400µs, also 1500µs ±900µs. Dieser Wert kann aber mit Verschiedenen Servoherstellern und Modellen Variieren. Jeder Standard Modellbauservo hat einen Mechanischen endanschlag und es muss daher daruaf geachtet werden diesen nie, über zu weite Pulsbereiche anzufahren, da es sonst zur beschädigung des servos kommt.

In dieser funktion wird einer ter timer eingestellt, das für das servo benötigte PWM-signal zu generieren.

## systick (init + funktionen)

Im gegensatz zu den anderen timern ist der systick-timer ein Teil der Cortex-M3 (siehe Kapp.xx). Er hat keine Verbindung zu den IO-Pins des Mikrokontrolers und kann daher nur zum generiern von zeitinterruts verwendet werden. Er wird verwendet, um einige der LEDs, welche zb beim empfangen von RS485-daten (RXTX-LED) eingeschaltet weredn, wieder auszuschalten. Außerdem wird über ihn in regelmäßigen abständen die aktuelle winkelposition an den PC gesendet (siehe kapp.xx,USB). (außerdm spannugn messen). (er wird so konfiguriert, das er einen festen xmss takt erzeugt)

## ADC (init+ funktionen)

Zum auslesen der montageposition wird der AD-Wandler benötigt. (muss ich mir noch mal anschauen)

## RS485 (init + funktionen)

Da für die RS485-komunikation die im Microkontroler enthaltente UART-Hardware benutzt wird muss auch diese spetziell initialisiert werden. Neben der normalne einstllung für die Uartkom (baut,data,stop,parity) werden auch die RS485spetziefischne register gesetzt.

## USB (init + funktionen)

## MoveTimer (init + funktionen)

## Master/Slave Bestimmung (init + funktionen)

Wie bereits in Kapp.xx beschieben muss ganz am anfang der Masterblock bestimmt werden. Dieser definiert sich nach dem anliegen einer Spannung über USB. Um schwankungen Auszuschließen werden 3 messungen der USB-Spannung in kurzen abständne orgenommen. Sollten die drei messungen unterschiedliche werte enthalten wird erneut gemessen. Soltlen alle drei werte gleich sein entspricht dies dem Master/Slave-Status.

## InitAsMaster (init + funktionen)

Sollte ein Blöcke feststellen, dass er Master ist os erfolgt eine spetzielle initialisierung und den Entsprechenden anforgerungen gerecht zu werden. Damit die komunikation mit dem angeshclossenen PC (siehe kapp „master mit PC“) erfolgen kann wird als erstes die USB-Initialiesirung aufgerufen (kappxX). Anschliesend wird auf der initialisirungsbefehl vom PC gewartet. Dieser startet die eigendliche initialisierung des Roboters. Diese beginnt mit der Bestimmung der anzahl der Blöcke wie in kapp.xx beschrieben. Gleichzeitig werden den Blöcken dabei ihre individuellen Addressen gegeben. Nachdem nun jeder block einzeln ansprechbar ist werden vom Masterblock ausgehend alle Servo DC/DC-Wandler eingeschaltet (dies hat vorteil, das wenmiger ruck …). Anschließend müssen von jedem Block verschiedene DAtenen abgefragt werden. Neben den Dimensionen (Width, Length) und denWinkelgrenzen wid auch der Montagewinkel und die unterscheidnug zwischen Liear- und Rotationsblock für die kinematikfunktion (kapp.xx) benötigt.

## InitAsSlave (init + funktionen)

Sollte der Block hingengen einer der Slaves sein so wird ebenfalls eine spetzielle initialisierung vorgenommen. Diese ist jedoch wesentlich eionfacher als die des Masters. Im wesentlcihen wartet der Block shclicht auf die Zuweisung einer adresse. Nachdem eine eigene Adresse zugewiesen wurde könne alle weiteren konfigurationen vom master ausgehend beantwortet werden.

# Kommunikation

Bei der komunikation muss zwischen zwei fällen unterschiedne werden. Einerseits zwischen einem PC und dem Masterblock der Roboters und andererseits die komunikation zwischen den blöcken.

## Master mit PC

Über diese Schnittstelle empfängt der Roboter alle notwendigen befehle für den laufenden betrieb. Außerdem werden auch die aktuellen winkel positionen gesendet.

### Grundlegendes (VCom)

Die Verbindung zwischen PC und Masterblock findet per USB über einen Virtuellen Comport statt. Dieser stellt eine Serielle verbindung über USB dar. (irgendwas mit dem protokoll noch)

### USB (Handler)

Der selbsterstellte USB-Handler interbretiert den empfangenen string bzw sendet eine antwort an dem PC falls erforderlich. Die Befehle teilen sich dabei in vier bestandteiel auf plus eventuelle daten.

- Peripherie

- Komando

- Zielblock

- Lesen/Schreiben

Periopherie:

Die verschiedenen Peripherien werden über Buchstaben definiert.

S = Servo

P = Position

R = RS485

Als nächstes kann aus bis zu zehn verschiedenen komandos gewählt werden, welche für die jeweiligen Hardware komponenten einzeln definiert sind.

Servo:

0 = …

1 = …

Anschließend wird der Zielblock festgelegt.

0 = Masterblock

1-9 = entprechende Servoblöcke

A = All, alle blöcke werden beschrieben

Als Letztes wird definiert, was mit dem im Kommando hinterlegten Datenregister geschehen soll.

: = Im komando definierten wert neu beschreiben

? = Im komando defineirten wert auslesen

Das interpretieren dieser verschiedenen kombinationen wird durch erstellen eines kodierten wertes erreicht. Zu jedem dieser kodierten werte existiert dann genau eine Aktion, welche der MCU ausführen muss.

## Master mit Slaves

Zwischen den Blöcken wird über einen RS485-Bus kommuniziert. Dieser eignet sich aufgrund der Differenziellen Datenleitung besonders um elektromagnetische Störungen von den Servos oder den DC/DC-Wandlern entgegenzuwirken (besser: ist unempfinglicher gegen). Zudem stellt die interne Hardware des Mikrokontrollers durch die Verwendung des RS485-Protokolls bereits einige Funktionen zur Verfügung, auf die zurückgegriffen wurde.

### UART vs. RS485

Dem RS485-Bus zugrunde liegt eine UART-Schnittstelle (Universal Asynchrone Receiver Transmitter). Je nach Aufbau der Verbindung können hierbei Daten mit Voll-Duplex Funktion, also jeweils eine Leitung für RX und TX, oder in einer Halb-Duplex-Topologie in der die RX und TX Signale über nur eine Leitung übertragen werden. In beiden Fällen können Daten ohne zusätzliche Taktleitung empfangen und gesendet werden. Außerdem werden (datenpackete in frame gepackt, aber es lesen imemr alle mit). Diese Schnittstelle kann nun unter Verwendung eines bestimmten Protokolls zu einem RS485-Bus umfunktioniert werden. Die Grundfunktion des Versendens von Daten bleibt dabei bestehen. Jedoch erhält jeder Teilnehmer des Systems eine eigene Adresse über die er angeschrieben werden kann, sodass nun auch bei mehreren Empfängern nur der richtig adressierte die Nachricht auch liest.

Es stehen dabei verschiedene Modi zur Verfügung. Der erste ist der „Normal Multidrop Mode“ (NMM). In diesem Modus können zunächst alle Daten auf dem Bus mitgelesen werden, sodass anschließend im Programm entschieden werden muss, ob es sich dabei um relevanten Inhalt handelt oder nicht. Lediglich das erkennen von Adressbytes wird in diesem Modus automatisch abgehandelt. Zusätzlich zum „Normal Multidrop Mode“ kann noch der „Auto Address Detect“-Mode (AAD) aktiviert werden. Hierbei wird der Empfänger zunächst ausgeschaltet und es werden automatisch alle eingehenden Datenpakete mit Adresssignatur mit der eigenen Adresse verglichen. Bei Übereinstimmung wird der Empfänger eingeschaltet und somit die Adresse und alle nachfolgenden Datenpakete in einem zwischen Speicher abgelegt. Sobald erneut eine Adresse erkannt wird und diese dieses Mal nicht der eigenen entspricht wird der Empfänger wieder ausgeschaltet und die nachfolgenden Datenpakete ignoriert. Unter Verwendung der normalen UART-Schnittstelle hätte dieses Verhalten erst Programmiert werden müssen. Da jedoch die beschriebene Funktionsweise bereits Hardwareseitig zur Verfügung steht reduziert sich somit die Programmgröße drastisch.

### Interruptroutine

Zwischen den Blöcken wird über ein RS485-Protokoll kommuniziert. Über diesen Bus wird einerseits am Anfang die Selbstkonfiguration abgehandelt, andererseits im laufenden Betrieb die vom Master errechneten Winkel an die Slaves weitergegeben. Dabei wird der im verwendeten Mikrcontroller erhaltene FIFO-Speicher (First in, First out) der UART-Schnittstelle verwendet. In diesem könne bis zu 16 empfangene Bytes zwischengespeichert werden bevor sie als ganzes oder einzeln entnehmbar sind. Zusätzlich besteht bei diesem FIFO die möglichkeit zwei unabhänige interrupts zu verwenden. Diese interrupts werden verwendet, um die empfangenen bytes zu kompletten komandos zusammenzusetzten. Dann neben der Addresse des Slaves, an den die nachricht gesendet werden soll, muss auch noch ein komandobyte und mehrere datenbytes übertragen werden. Diese gruppe von bytes werden im FIFO des Slaves zwischengespeichert. Der erste zur verfügugn stehende interrupt löst bei einer einstellbaren schwelle an empfangenen daten aus. Dies wird hauptsächlich dazu verwendet um zu verhindern, dass der FIFO überläuft. Ein überlauf trit auf, denn daten zu langsam aus einem speicher ausgelesen werden und die neuen daten irgendwann die alten überschreiben. Wird jedoch die schwelle des Interrupts auf Acht bytes eingestellt und der Interrupt löst aus bedeutet dies, dass vorraussichtlich mindestens ein gesamter befehl empfangen wurde und der FIFO vorsorglich gelert werden sollte. Da allerdings nicht alle kommandos aus acht bytes bestehen oder zwischendrinne ein byte verloren gehen könnte, zum Beispiel durch störungen an den schleifringen, so wären weniger als die benötigten acht bytes zum auslösen vorhanden. Damit auch kleine oder unvollständig empfangene komandos abgehandelt werden können wird zusätzlich ein Timeout-Interrupt verwendet. Dieser steht ebenfalls hardwareseitig bereits zur verfügung und muss nur aktiviert werden. Dieser Timeout wird aktiv, wenn nach drei bis vier mal der zeit, die für die übertragugn eines zeichens benötigt wird, kein zeichen mehr über den Uartbus empfangen wird und noch nicht ausgelesene Daten im FIFO sind. Dadurch werden grundsätzlich alle daten aus fem FIFO entnommen und unvollständige Komandos könen verworfen werden.

### RS485-Handler

Nachdem die daten im FIFO zwischne gespeichert wurden müssen sie zu einem komando zusammengesetzt werden. Gleichzeitig muss die möglichkeit bestehen, die bytes unfollständiger komandos zu verwerfen. Um dies zu ermöglichen wird das empfangen der eigenen slave adresse als indikator eines neuen komandos verwendet. Diese Adresse muss am anfang eines jeden komandos gesendet werden und zeichnet sich durch ihr festes paritybit (0/1) aus. Nach dem erkenen der eigenen Adresse muss sich als nächstes byte im FIFO das komandobyte befinden. Diese setzt sich aus mehreren komponenten zusamemn. Die einzelnen sektionen Read/Write, counter und kommandocode haben dabei feste bitpositionen wie in abb.xx dargestellt.

### eigene Register

Neben den Hardware Registern zum einstellen des Busses wurden auch eine Reihe von eigenne Registern angelegt, welche über den RS485-Bus beschrieben und gelesen werden können. Einen überblick über die register ist in Tab.xx dargestellt.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Reg.Add | W/R | Name |
| 0x00 | R | ID |
| 0x01 | RW | Slave Address |
| 0x02 | RW | Config Register |
| 0x03 | R | Status Register |
| 0x04 | RW | Angle in mRad (oder rad ??) |
| 0x05 | RW | Servo: Limit lower [uSec] |
| 0x06 | RW | Servo: Limit upper [uSec] |
| 0x07 | RW | Servo: Middle [uSec] |
| 0x08 | RW | Servo: Limit lower [mRad] |
| 0x09 | RW | Servo: Limit upper [mRad] |
| 0x0A | R | Docking angle |
| 0x0B | R | MCU voltage |
| 0x0C | R | Block length |
| 0x0D | R | Block width |

# Kinematik

Damit der erstellt Roboter definiertet koordinaten anfahren kann wird eine möglichkeit benötigt die zielkoordinaten in winkel für die servos umzuwandeln. Besondere schwierigkeit in diesem fall ist, dass die kinemati sich je nach aufbau stark ändern kann. (verschiedene möglichkeiten)

## Vorwärtskinematik

Letztlich wurde sich für eine numerische annäherugn entschieden. Dies wird möglich, da es wesentlich einfacher ist aus gegebenen Winkeln die koordinaten des Tools zu berechne als andersherrum.

Für das berechnen der Toolkoordinaten aus gegebenen Winkeln muss der Aufbau des Roboters bekannt sein. Dies bedeutet, dass neben den Physikalischen Ausdehnungen der Blöcke in Länge und Breite sowie den aktuellen Winkel der Antriebe auch die Position und der Montagewinkel bekannt sein müssen. Hierzu wurden die folgenden Bedingungen und Regeln aufgestellt:

- das Koordinatensystem steht immer im Flansch.

- Die Z-Achse zeigt in Richtung der Antriebsbewegung.

- Die X-Achse zeigt entlang der Länge des Blockes.

- Um von einem Block zum anderen zu gelangen wird erst das Koordinatensystem gedreht

- in der Reihenfolge Alpha (X) - Beta (Y) - Gamma (Z)

- anschließend wird das Koordinatensystem in den Flansch verschoben (X/Y/Z).

Unter anwendung dieser Regeln können zu jeder montageposition drei winkel bestimmt werden, welche (die vorwärtstransformation darsteleln).

## Annäherung

Unter verwendung der errechneten Toolkoordinaten können im folgenden die Winkel für jeden antrieb angenähert werden. Hierzu wird der winkel der untersten blockes leicht im positiver richtung variiert und anschließend die darau resultierende neue toolposition bestimmt. Um (festzustellen) , ob die variation des aktuellen winkels zu einer annäherung an die zielkoordinaten geführt hat wird sowohl vor, als auch nach der winkeländerung die distanz zwichen dern toolkoordinaten und den zielkoordinaten ermittelt. Ich die neue distanz kleiner als die alte so hat sich der roboter dem ziel angenähert und der winkelö wird erneut in die gleiche richtung variiert. Dieser vorgang wird wiederholt solange sich der roboter annähert. Entfernt sich der roboter wieder wird ist das zwischenzeitliche optimum erreicht und es wird mit dem nächsten winkel fortgefahren. Nachdem auch der winkel des letzten blockes angenähert wurde wird wieder mit dem ersten angefangen. Daducht nähert sich die Toolposition mit jeden durchlauf näher an die vorgegebenen zielkoordinaten an.

Letztlich wurde sich für eine numerische annäherugn entschieden. Dies wird möglich, da es wesentlich einfacher ist aus gegebenen Winkeln die koordinaten des Tools zu berechne als andersherrum.

Für das berechnen der Toolkoordinaten aus gegebenen Winkeln muss der Aufbau des Roboters bekannt sein. Dies bedeutet, dass neben den Physikalischen Ausdehnungen der Blöcke in Länge und Breite sowie den aktuellen Winkel der Antriebe auch die Position und der Montagewinkel bekannt sein müssen. Hierzu wurden die folgenden Bedingungen und Regeln aufgestellt:

- das Koordinatensystem steht immer im Flansch.

- Die Z-Achse zeigt in Richtung der Antriebsbewegung.

- Die X-Achse zeigt entlang der Länge des Blockes.

- Um von einem Block zum anderen zu gelangen wird erst das Koordinatensystem gedreht

- in der Reihenfolge Alpha (X) - Beta (Y) - Gamma (Z)

- anschließend wird das Koordinatensystem in den Flansch verschoben (X/Y/Z).

Unter anwendung dieser Regeln können zu jeder montageposition drei winkel bestimmt werden, welche (die vorwärtstransformation darsteleln).

## Abbruchbedinungen

Die Abbruchbedingungen werden benötigt, da das im vorherigen Kapitel beschriebene Vorgehen zunächst endlos läuft, selbst wenn die vorgegeben Koordinaten vom Roboter garnicht erreicht werden können. Daher stellt die erste Bedingung eine Art Timeout dar. Nachdem in einer gewissen Anzahl von Durchläufen alle Winkel des Roboters angenähert wurden und der Roboter aber dennoch die Zielkoordinaten nicht erreicht hat kann davon ausgegangen werden, dass die Position allgemein nicht erreichbar ist. In diesem Fall wird die Berechnung unterbrochen.

Alternativ kann die Berechnung auch unterbrochen werden, wenn die Toolpositipon der gesuchten Zielposition entspricht. Da diese jedoch nicht berechnet, sondern angenähert wird, wird die Zielposition nie exakt erreicht. Daher muss eine akzeptierbare Toleranz angegeben werden, bei deren Unterschreitung der Distanz von Tool- und Zielkoorinaten die Position als erreicht gilt.

# Bewegungsfunktionen

Um dem benutzer eine einfacherer verwendung des Systems zu ermöglichen wurden auch verschuiedene bewegungsfunktionen implementiert. Die funktionen werden über den USB-Handler aufgerufen und sind somit direckt vom benutzer erreichbar.

## PTP

Bei einer PTP werden zunächst über die Kinematikfunktion die benötigten winkel für die neue Position berechnet Duchr das berechenn der Winkel ist prinzipiell bereits eine Point-To-Point bewegung realisiert. Um die bewegung mit unterschiedlichen beschwindigkeiten abfahren zu könne werden zusätzlich 100 gleichmäßige zwischenschritte berechnet. (abblaufplan)

## LIN

Um auch eine Linearbewegung zu ermöglichen wird zuerst die strecke zwischen start und endpunkt linear in 100 teilabschnitte unterteilt. Erst danach werden über die Kinematikfunktion die winkel für jede neue zwischenposition ermittelt. Auch hier wird anschließend der Timer aktiviert in dem (…)

## Timer

Der eigendtliche teil der bewegungne wird in der Timerfunktion erledigt. Hier weredn im festen rythmus die neuen zwischneschritte errechnet. Da jede bewegung in 100 schritten vollendet wird kann über die geschwindigkeit des timers die dauer für eine bewegung definiert werden.

# GUI

Um die Blöcke so unabhängig wie möglich von einem PC System zu machen wurde dementsprechend auch nur eine minimalistische Grafische Oberfläche entwickelt. Die GUI besteht aus zwei Programmfenstern. In dem einen wird die Kontrolloberfläche dargestellt und in dem anderen ist die Dreidimensionale Simulation der Blöcke. Wird ein oder eine Kette von Blöcken über UBS an den PC angeschlossen. Kann der passende virtuelle COM-Port ausgewählt werden. Sind die Beiden Systeme miteinander verbinden wir von dem Computer ein Initialisierungskommando gesendet, welches dem Masterblock mitteilt das der Computer auf Daten wartet. Hat der Masterblock dieses Kommando erhalten startet die Blockinterne Konfiguration. Nach Abschluss sendet der Masterblock die gesammelten Daten über USB zum Computer. Die Daten bestehen aus einer Reihe von Informationen:

* Die Anzahl der montierten Blöcke
* Die jeweiligen geometrischen Dimensionen
* Der jeweilige Montagewinkel zur Basis oder dem vorherigen Block
* Der jeweiligen momentanen Achsenauslenkung
* Die jeweiligen Maximalstellungen des Aktors
* Den Blocktypen: Linear, Rotation oder ggf. Endeffektor (in der Arbeit nicht implementiert)

Mithilfe dieser Information erstellt der Computer eine dreidimensionale Darstellung des physikalischen Systems dar. Nachträglich kann die Basisorientierung noch manuell verändert werden, da der Energiesockel nicht unbedingt mit der realen Basismontage einhergeht.

Ist die Konfiguration der Blöcke abgeschlossen sendet der Masterblock die Winkeldaten an den Computer. Nach dem Erhalt der Winkeldaten berechnet das Programm über eine Vorwärtskinematik die momentane Roboterstellung und stellt diese Virtuell dar.

Das GUI Hauptmenü besteht aus drei hauptabschnitten. Zum einen der Auswahl des Virtuellen COM-Ports. Diese Auswahl zeigt alle am Computer vorhandenen COM-Ports an und aktualisiert die Liste automatisch bei Veränderung. Sobald ein Port ausgewählt wird, startet im Hintergrund die Initialisierungssequenz. Als nächstes ist im unteren Bereich die Eingabe und Ausgabe der Kommunikation zwischen Computer und Blöcken zu sehen. Bei der Ausgabe kann zudem auch manuell ein Befehl gesendet werden. Das unterste Element ist für Debugging zwecke und stellt keinen Nutzen für den Endnutzer dar.

Der mitunter wichtigste Teil der GUI ist die Eingabe von Koordinaten zu dem sich der Roboter bewegen soll. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten:

* Die manuelle Eingabe der X,Y und Z Koordinaten
* Das Einstellen der Koordinaten mit einem Schieberegler
* Das Hochladen einer Excel Datei mit einer Liste von Koordinatenpunkten.

# Rückblick auf die Studienarbeit

## Irgendwas, was gut funktioniert hat

## Und evtl etwas, was nicht geklappt hat

# Genutzte Programme

## PCB Design Software - CadSoft EAGLE 6

Beschreibung

## GUI Design Software – Processing 2

Beschreibung

## ARM Mikrokontroller Programmierumgebung- Coocox

Beschreibung

## 3D – CAD Program – CATIA V5R19

Beschreibung

# Zusammenfassung und Ausblick

Hier Text einfügen…

# Literaturverzeichnis

1. **Nachtigall, W.** *Bionik.* 2007.

2. **Hesse, Stefan.** *Grundlagen der Handhabungstechnik.* 2010.

# Anhang

## Anleitung Datenblatt1 5.1

## Anleitung Datenblatt2 5.2