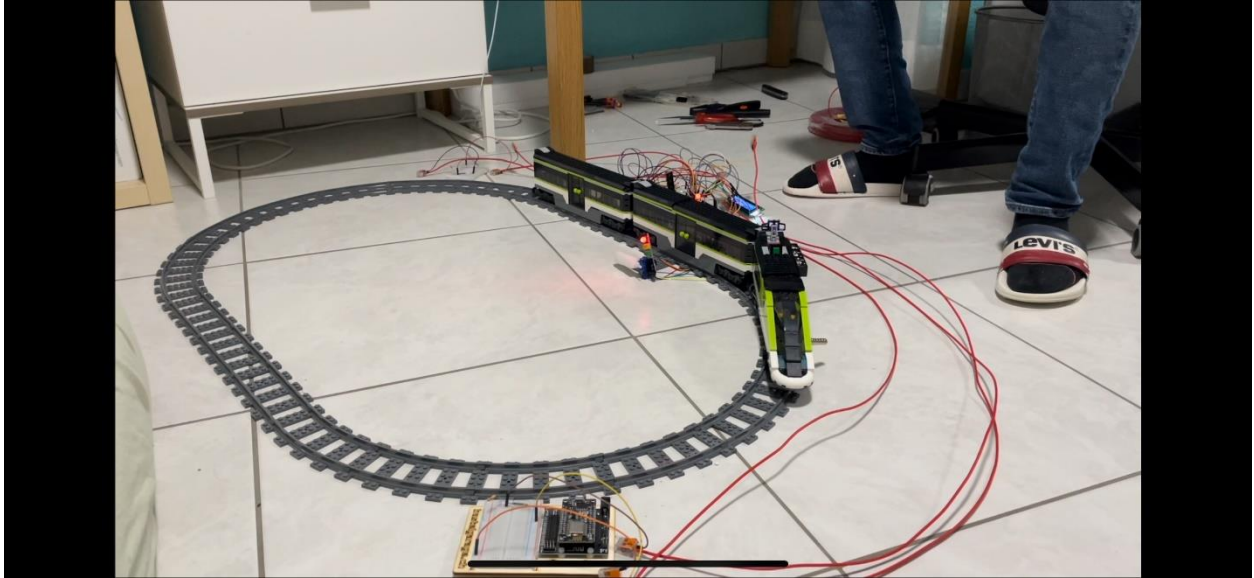


# Ampelsteuerung mittels (Arduino)



## Projektarbeit 2024

Auftraggeberschaft: TEKO Zürich  
Autorin: Ivan Bartsch  
Dozent: Christian Meier  
Ort, Datum: Zürich, 22.01.2024

### Autor

Ivan Bartsch  
Holzacherweg 16b  
8303 Bassersdorf  
+41 76 690 44 29  
[Ivan.bartsch@edu.teko.ch](mailto:Ivan.bartsch@edu.teko.ch)

### Dozent

Christian Meier  
Teko Zürich  
[Christian.meier@edu.teko.ch](mailto:Christian.meier@edu.teko.ch)

### Auftraggeber

Teko Zürich  
Christian Meier  
Europastrasse 18  
8152 Glattbrugg  
043 305 23 37

Glattbrugg 2024

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>Organisation</b>	
1.1	<u>Terminplan</u>	3-4
1.2	<u>Pflichtenheft Aufgabenstellung</u>	5
2	<b>SW-Engineering</b>	
2.1	<u>Elektronik-Schema</u>	6-7
2.2	<u>Fluss-Diagramm sämtlicher SW-Module</u>	8
2.3	<u>SW-Regeln</u>	9
2.4	<u>3th-party-Code-Fragmente-Quellenverzeichnis</u>	10-14
3	<b>Inbetriebnahme / Technologie-Features</b>	
3.1	<u>Inbetriebnahme-, Test-Protokoll &amp; Datenblätter</u>	15-18
3.2	<u>SOLL- / IST Abgleich mit Pflichtenheft</u>	19

# 1 Organisation

## 1.1 Terminplan

### 18.12.2023

Ich habe mit der Themenauswahl gestartet. Am selben Abend habe ich die ersten Produkte für mein Projekt angeschafft. Bei der Bastelgarage habe ich folgende Materialien bestellt:

1. 3x Power Pro Micro Servo 9G / SG90
2. 4x Reedschalter / Kontakt Magnetschalter
3. 8x 8x5mm Neodym Scheibenmagnet

Die Bauteile waren nicht sehr teuer. Deswegen dachte ich mir, dass ich lieber zu viel Material bestelle als zu wenig. Das Pflichtenheft habe ich auch an diesem Abend geschrieben.

### 19.12.2023

Da ich gar keine Lego mehr besitze, habe ich mich als erstes auf den Weg in den Laden Smyths gemacht. In Smyths habe ich mir den Personen Schnellzug gekauft. Anschliessend habe ich Zuhause den Schnellzug zusammen gestellt, wofür ich fast 3 Stunden benötigte, was ich nicht gedacht hätte.

### 20.12.2023

Anfangs funktionierte der Ultraschallsensor äußerst zuverlässig. Leider stellte sich jedoch am selben Abend heraus, dass er zu 90% eine Entfernung von 0 cm anzeigte. Es spielte keine Rolle, wie weit ich mich vom Sensor entfernte, er funktionierte nicht mehr wie erwartet. Im Seriellen Monitor wurde mir gelegentlich der Zustand 1 und manchmal der Zustand 0 angezeigt. Daher entschied ich mich dazu, noch folgende Produkte zu bestellen:

1. 3x Ultraschall Distanzmesser HC-SR05
2. 4x 7mm LED Mini Ampel

Ich dachte vielleicht ist der Ultraschallsensor defekt und Ampeln brauchte ich ohnehin sowieso noch mehr.

### 23.12.2023

Glücklicherweise hatte ich noch die Reed-Schalter zur Hand, also entschied ich mich, den Ultraschallsensor gegen den Reed-Kontakt auszutauschen. Leider funktionierte das Ausgeben des Zustandes "0" oder "1" auch hier nicht. An diesem Tag habe ich mein erstes Schema für die Version 1 erstellt.

### 28.12.2023

Heute habe ich Änderungen an Version 5 vorgenommen. Leider funktioniert der Reed-Kontakt immer noch nicht. Allerdings habe ich jetzt die Code-Zeile `#include <Servo.h>` aus der Config-Datei ins Hauptprogramm verschoben. In der Config-Datei sollen nur die wichtigsten Dinge enthalten sein. Die Ampelsteuerung funktioniert momentan nur zeitgesteuert und nur mit einem Reed-Kontakt.

### 08.01.2024

Hier baute in den LCD-Display in den Code mit rein.

17,18,19.01.2024

Während dieser Tage habe ich verschiedene Ansätze mit mehreren Reed-Kontakten ausprobiert, bis ich letztendlich einen Programmierer um Hilfe fragen musste, um den Fehler zu finden. Außerdem musste ich alle Reed-Kontakte in meiner Steuerung einbauen und korrekt anschließen. Ich habe bei vielen Dingen mehr Zeit benötigt als zu Beginn gedacht. Allerdings stellte sich heraus, dass ich für die Präsentation gar keine Zeit aufwenden musste. Wir mussten nur unser Projekt kurz vorführen und keine Präsentationsfolien erstellen, wie ich ursprünglich gedacht hatte.

Terminplan

Projekttitel

Projektstart

Projektende

Projektleiter

Ampelsteuerung (Arduino)

19.12.2023

22.01.2024

Ivan Bartsch

## 1.2 Pflichtenheft Aufgabenstellung

Ich hatte zunächst geplant, ein Projekt mit einem RFID-Leser zu realisieren, bei dem ich einen kleinen Tresor nachgebaut hätte. Allerdings kam mir dabei der Gedanke, dass ich dabei zu wenig Freiheit für kreative Ideen gehabt hätte. Aus diesem Grund habe ich mich stattdessen für eine Ampelsteuerung mittels Arduino entschieden. Bereits zu Beginn war für mich klar, dass ich Arduino auswählen wollte, da es am einfachsten ist und wir dies auch in der Schule am meisten behandelt haben.

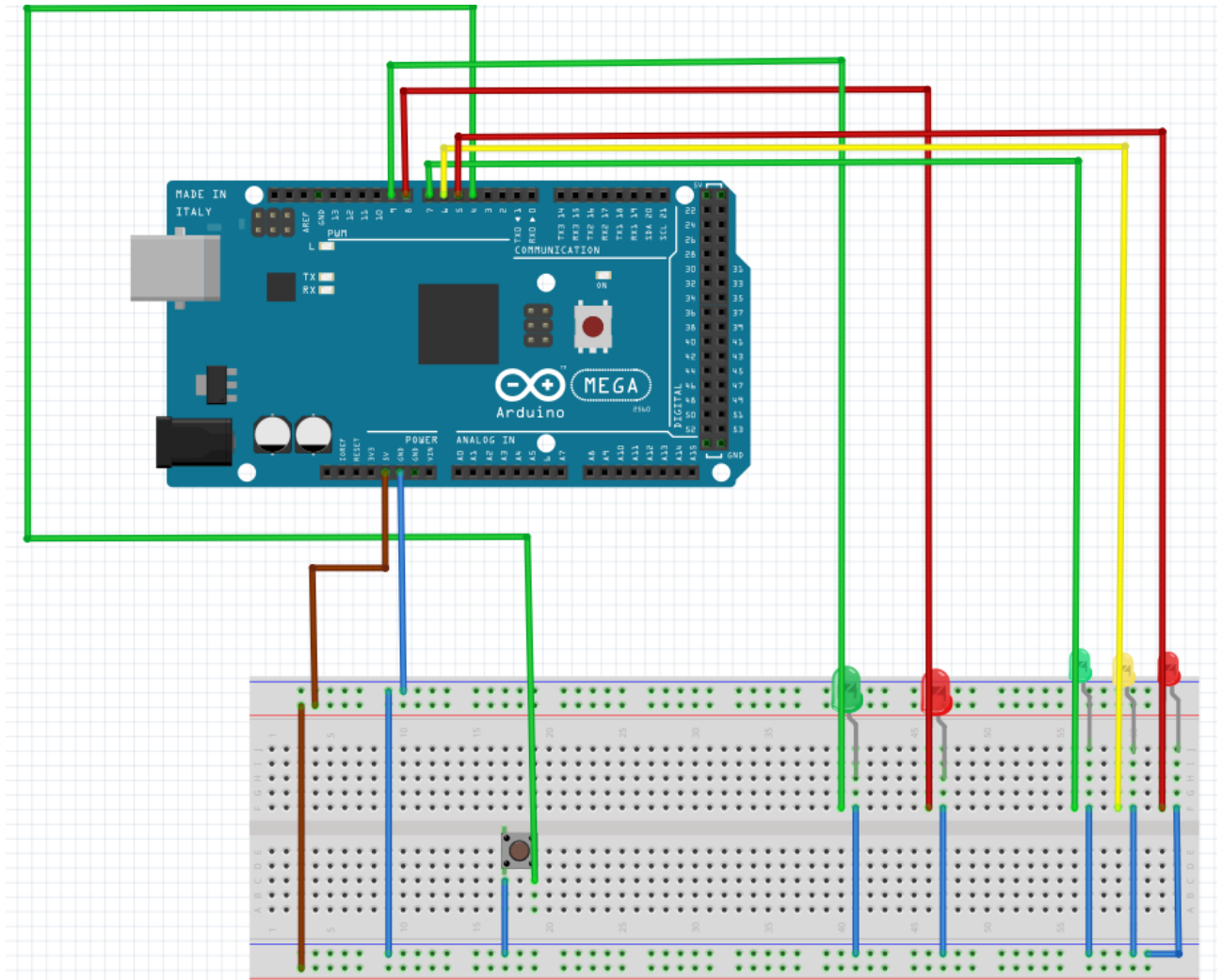
Da ich als kleiner Junge gerne mit Lego gespielt habe und nun bei den VBZ arbeite, wollte ich gerne etwas mit Lego zusammenbauen. Am besten wäre ein Modell mit einem Tram gewesen, jedoch gab es dies leider nicht im Laden. Deshalb kaufte ich stattdessen einen Schnellzug.

Ziel: Mein Ziel ist es, mithilfe von Arduino ein Ampelsystem zu entwickeln. Solange der Zug außer Reichweite ist, sollen die Ampeln für die Autofahrer grün leuchten, die Barrieren geöffnet sein und gleichzeitig die Ampel für den Zug rot leuchten. Sobald der ferngesteuerte Zug in Reichweite kommt, soll ein Signalton ertönen. Danach wechselt die Ampel für die Fahrzeuge zunächst auf gelb und dann auf rot. Anschließend sollten beide Barrieren schließen. Erst dann wechselt die Ampel des Zuges von rot auf grün. Nachdem der Zug durchgefahren ist, wird die Ampel des Zuges wieder rot und die Ampeln für die Autos wechseln zuerst auf gelb und dann wieder grün. Zum Schluss öffnen sich die Barrieren erneut.

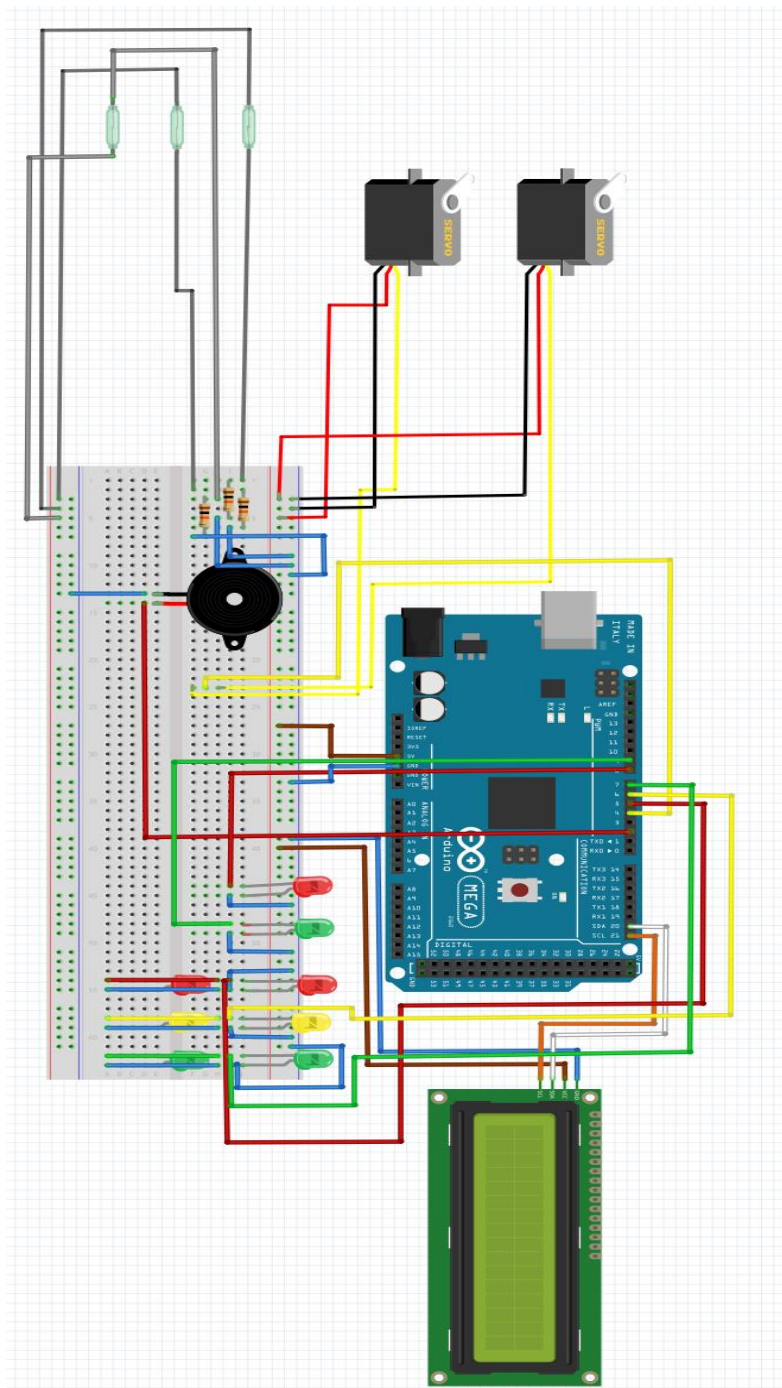
## 2 SW-Engineering

## 2.1 Elektronik Schema

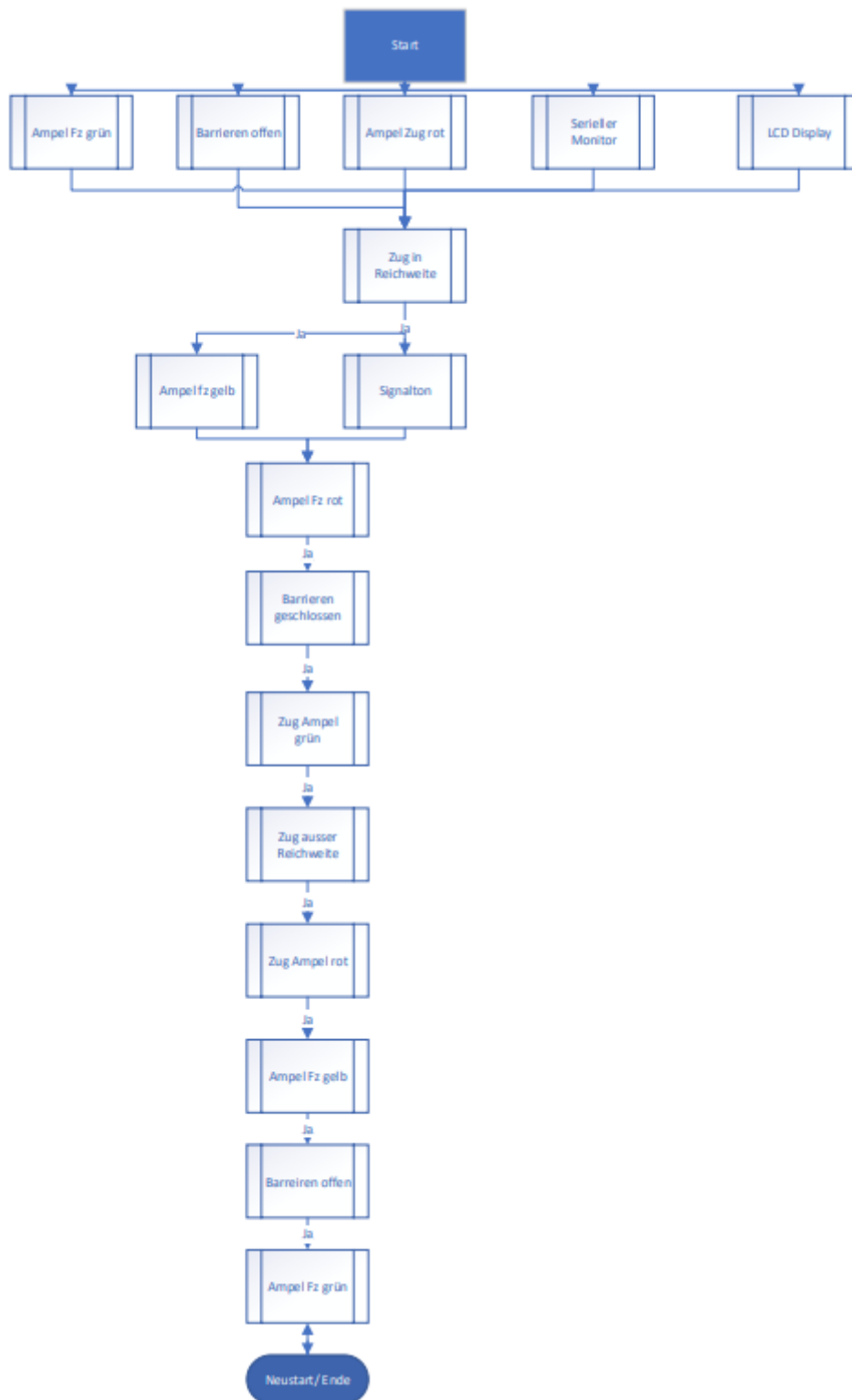
## Version 1



## Version 11



## 2.2 Fluss-Diagramm sämtlicher SW-Module





## 2.3 SW-Regeln

In der Config-Datei steht wer den Code geschrieben hat, das Datum, an dem ich begonnen habe, diese Version zu schreiben und um welche Version es sich handelt.

Unterhalb habe ich die Ein- und Ausgänge einem Pin des Mikrocontrollers zugewiesen. Außerdem habe ich dem Magnetstatus den Wert 0 zugewiesen, was bedeutet, dass keine Spannung anliegt und somit der Wert = 0 ist, wenn der Reed-Kontakt offen ist.

Im Hauptprogramm habe ich zuerst alle erforderlichen Bibliotheken eingebunden und noch weitere Dinge definiert.

Im void setup habe ich die Ein- und Ausgänge definiert, dem Servo einen Pin zugewiesen - leider konnte ich dies nicht in der Config-Datei hinzufügen -, die Grundposition der Steuerung gestartet und den Seriellen Monitor gestartet.

Im void loop-Teil habe ich mit dem LCD-Display begonnen, danach den Status der Reed-Kontakte ausgelesen und im Seriellen Monitor angezeigt. Zum Schluss habe ich die 3 Phasen der Reed-Kontakte der Reihe nach abgearbeitet.

## 2.4 3th-party-Code-Fragmente-Quellenverzeichnis

Das allermeiste habe ich aus dem Buch «Arduino lernen».

Im Buch wie auch im Arduino Forum habe ich mich intensiv mit der Thematik beschäftigt und viel dabei gelernt.

Arduino lernen:

- 4.4 Gleichzeitiges Licht- und Tonsignal
- 4.6 Eine Ampel programmieren (Sketch Nr.3)
- 4.14 Servomotor ansteuern
- 4.15 LCD Display mit I2C Schnittstelle (Sketch Nr.1)

Ich konnte für den spezifischen Reed-Kontakt, den ich hatte, kein Datenblatt finden.

Allerdings fand ich auf dieser Webseite nützliche Informationen: <https://arduino-de.site/reed-sensor/>

Bei meiner zweiten E-Mail-Anfrage konnte ich noch nicht alle Fehler beheben und bat daher einen Programmierer, sich kurz meinen Code anzuschauen. Beim Überprüfen stellte er fest, dass ich die Startposition der Ampel, also bevor der Zug in Reichweite ist, im Loop-Teil habe. Stattdessen sollte sie im Setup-Teil platziert werden.

Hier hatte ich 2 mal einen Technischen Support per E-Mail mit der Firma Bastelgarage.

### - 1. Frage

Guten Tag

Mein Ziel ist es, mit dem Mikrocomputer Funduino MEGA2560, dass wenn ich mit dem Magnet beim Reed Kontakt(Pin7) bin, dass sich dieser Reed Kontakt schliesst und es beim Seriellen Monitor den Zustand 1 angezeigt, was auch wunderbar funktioniert. Ich habe 2 Reed Kontakte parallel geschaltet(Pin11). Leider wird bei mir bei diesem einem immer nur der Zustand 1 angezeigt egal wie ich diesen anschliesse, wenn ich die Reed Kontakte vertausche, geht immer noch der beim Pin7, auch habe ich den Pin11 durch alle anderen Digitalen Pins ausgetauscht und auch im Programm angepasst. Ich habe es mit 3V und 5V ausprobiert. Zusätzlich habe ich bei beiden Reed Kontakten einen 10kOhm widerstand eingebaut, aber auch ohne Widerstand funktioniert es nicht wie gewünscht. Könnten Sie mir vielleicht weiterhelfen.

### Reed Kontakt - Artikel Nr. 420323

```
int magnet1=11;  
int magnet2=7;
```

```
void setup()  
{  
  pinMode(magnet1, INPUT); // Pin7 ist ein Eingang.  
  pinMode(magnet2, INPUT); // Pin11 ist ein Eingang.  
}
```

```
void loop () // Das Hauptprogramm beginnt.  
{  
  Serial.begin (9600); // Serielle Kommunikation startet, damit man sich später die Werte am Seriellen Monitor  
  anschauen kann.  
  Serial.print("Magneiteins_Zustand:  ");
```

```
if(digitalRead(magnet1) == HIGH)
```

```

{
  Serial.print(1);
}
else
{
  Serial.print(0);
}
Serial.println("Magneiteins_Zustand:  ");

if(digitalRead(magnet2) == HIGH)
{
  Serial.print(1);
}
else
{
  Serial.print(0);
}

delay(5000);
}

```

Freundliche Grüße  
Ivan Bartsch

## - 1. Antwort

Hallo Ivan,

Besten Dank für deine Anfrage.

Es scheint, dass du Probleme mit der Erkennung der Zustände deiner Reed-Kontakte in deinem Arduino-Projekt hast. Lass uns das Problem Schritt für Schritt analysieren.

1. **Verdrahtung prüfen:** Stelle sicher, dass beide Reed-Kontakte korrekt angeschlossen sind. Da du sagst, dass der Austausch der Kontakte keinen Unterschied macht, scheint das Problem eher in der Verdrahtung oder der Konfiguration des Pins 11 zu liegen.
2. **Pull-up oder Pull-down Widerstände:** Du hast bereits 10kOhm Widerstände verwendet, was gut ist. Es ist wichtig zu verstehen, ob diese als Pull-up oder Pull-down Widerstände fungieren. Normalerweise benötigt man bei Reed-Kontakten Pull-up Widerstände, die den Pin normalerweise auf HIGH halten und auf LOW gehen, wenn der Magnet in der Nähe ist.
3. **Code-Überprüfung:**
  - Dein Code sieht grundsätzlich in Ordnung aus, aber es gibt eine wichtige Sache zu beachten: Die `Serial.begin(9600);` Anweisung sollte im `setup()` und nicht im `loop()` stehen. Wenn `Serial.begin()` in jedem Loop-Durchlauf aufgerufen wird, kann das zu Problemen in der seriellen Kommunikation führen.
  - Die Pins sind möglicherweise falsch benannt, da du in deinem Kommentar angibst, dass Pin7 magnet1 und Pin11 magnet2 ist, aber in deinem Code ist es umgekehrt. Stelle sicher, dass die Benennung konsistent mit deiner Verdrahtung ist.
4. **Hardware testen:**
  - Teste jeden Reed-Kontakt einzeln mit einem einfachen Code, um sicherzustellen, dass beide funktionieren.
  - Überprüfe auch, ob es ein Problem mit dem Pin 11 des Funduino MEGA2560 gibt, indem du einen anderen digitalen Pin verwendest.
5. **Debugging:**
  - Füge im Code `Serial.println`-Anweisungen hinzu, um zu überprüfen, ob das Programm die if-Anweisungen wie erwartet erreicht.
  - Überprüfe, ob die Magnetstärke ausreichend ist, um die Reed-Kontakte zu aktivieren.

Hier ist eine leicht modifizierte Version deines Codes:

```

int magnet1 = 11; // Pin für ersten Reed-Kontakt
int magnet2 = 7; // Pin für zweiten Reed-Kontakt

```

```

void setup() {
  pinMode(magnet1, INPUT);
  pinMode(magnet2, INPUT);
  Serial.begin(9600); // Starte die serielle Kommunikation einmal im Setup
}

void loop() {
  Serial.print("Magnet1 Zustand: ");
  if (digitalRead(magnet1) == HIGH) {
    Serial.print(1);
  } else {
    Serial.print(0);
  }
  Serial.print(" Magnet2 Zustand: ");
  if (digitalRead(magnet2) == HIGH) {
    Serial.print(1);
  } else {
    Serial.print(0);
  }
  Serial.println(); // Füge einen Zeilenumbruch hinzu
  delay(5000); // Warte 5 Sekunden
}

```

Versuche diese Änderungen und sieh nach, ob es eine Verbesserung gibt. Wenn das Problem weiterhin besteht, könnte es an einem Hardwaredefekt liegen, entweder am Reed-Kontakt selbst oder am Funduino MEGA2560 Board. In diesem Fall wäre es ratsam, die Komponenten mit einem Multimeter zu testen oder sie, wenn möglich, auszutauschen, um die Quelle des Problems zu identifizieren.

Mit freundlichem Gruss,

Alf

Alf Müller

bastelgarage.ch  
purecrea gmbh

## - 2. Frage

Hallo Alf

Ich hätte noch mal eine Frage.

### Beschreibung Code 1: **Code Version 9**

Ich habe einen Zug mit 1 Reed Kontakt und sobald der den Reed Kontakt schliesst, passiert mit den Ampeln und dem Servo Motor genau das, was ich will. Der Code funktioniert genau wie gewünscht.

### Beschreibung Code 2: **Code Version 10.2**

Ich habe 3 Reed Kontakte und sobald der erste Reed Kontakt schliesst, soll nur der Befehl nach der Zeile:

if (magnetstatus1 == HIGH) ausgeführt werden.

Sobald dieser Befehl ausgeführt worden ist kann der 2. if Befehl folgen und wenn auch dieser ausgeführt worden ist, kann der 3. und letzte if Befehl ausgeführt werden.

Ich bekomme keine Fehlermeldung und auch die Reed Kontakte zeigen im Seriellen Monitor den Zustand 1 oder 0 an genau so wie sie sollten. Leider aber funktioniert mein Programm nicht wie oben beschrieben, sondern macht irgendwelche Befehle durcheinander.

Meine Vermutung ist, dass ich bei den 3 if Befehlen irgendetwas mit dem Abstand nicht richtig mache, leider finde ich aber nicht raus, was ich falsch mache. Für deine Hilfe wäre ich dir sehr dankbar.

## - 2. Antwort

Hallo Ivan,

Basierend auf deiner Beschreibung scheint es, dass du mit dem zweiten Code Probleme hast, die Reihenfolge der Ausführung der if-Anweisungen zu kontrollieren, wenn mehrere Reed-Kontakte betätigt werden.

Ein Hauptproblem könnte sein, dass dein aktuelles Design im loop-Teil des Programms alle if-Anweisungen nacheinander überprüft, ohne zu berücksichtigen, ob eine vorherige Bedingung bereits erfüllt wurde. Das bedeutet, dass, wenn mehrere Reed-Kontakte zur gleichen Zeit aktiv sind, alle zugehörigen if-Anweisungen fast gleichzeitig ausgeführt werden könnten, was zu unerwünschten Effekten führt.

Um dies zu korrigieren, könntest du ein Stufenkonzept verwenden, bei dem das Programm durch verschiedene Phasen (Stufen) fortschreitet, basierend darauf, welche Reed-Kontakte aktiviert wurden. Hier ist ein Vorschlag, wie du deinen Code umstrukturieren könntest:

1. Füge eine Variable hinzu, um die aktuelle Phase zu speichern. Zum Beispiel `int phase = 0;`
2. Ändere deine if-Anweisungen so, dass sie zusätzlich überprüfen, ob die korrekte Phase erreicht ist. Zum Beispiel, wenn `phase == 0` und `magnetstatus1 == HIGH`, führe den ersten Block aus und setze dann `phase = 1;` usw.

3. Stelle sicher, dass jede Phase erst nach Abschluss der vorherigen Phase erreicht werden kann.

Hier ist ein Beispiel für den Anfang deines loop-Teils, um dieses Konzept zu veranschaulichen:

```
void loop () {
```

```

// ... bisheriger Code ...

magnetstatus1 = digitalRead(Magnet1);
magnetstatus2 = digitalRead(Magnet2);
magnetstatus3 = digitalRead(Magnet3);

// Phase 1
if (phase == 0 && magnetstatus1 == HIGH) {
    // ... Code für Magnet 1 ...
    phase = 1; // Wechsel zur nächsten Phase
}

// Phase 2
if (phase == 1 && magnetstatus2 == HIGH) {
    // ... Code für Magnet 2 ...
    phase = 2; // Wechsel zur nächsten Phase
}

// Phase 3
if (phase == 2 && magnetstatus3 == HIGH) {
    // ... Code für Magnet 3 ...
    phase = 0; // Zurücksetzen auf Phase 0 oder eine andere geeignete Phase
}

// ... Rest deines Codes ...
}

```

Mit freundlichem Gruss,

Alf

Alf Müller

bastelgarage.ch  
 purecrea gmbh  
 Talstrasse 4  
 4586 Kyburg-Buchegg  
<https://www.bastelgarage.ch>

### 3 Inbetriebnahme / Technologie-Features

#### 3.1 Inbetriebnahme- & Test-Protokoll

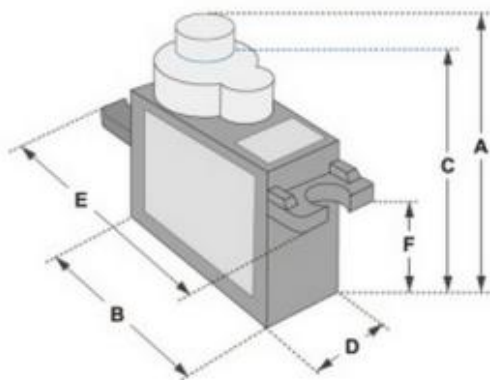
Inbetriebnahme - Protokoll		erfüllt	nicht erfüllt	Mängel
Geschwindigkeit				
1 & 2	Bei einem Notstopp des Zuges öffnen die Barrieren des Bahnübergangs nicht.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1 & 2	Bevor die Barrieren schliessen wurden die Ampeln der Fahrzeuge auf rot gestellt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1 & 2	Damit die Anlage immer funktioniert liegen in unmittelbarer Nähe Ersatz Batterien.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1 & 2	Sobald der Zug in unmittelbarer Nähe des Bahnübergangs ist ertönt ein Akustisches Signal.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Bemerkungen:</b> Dieser Zug darf höchstens mit der 2. Geschwindigkeitsstufe des Zuges fahren. Ansonsten ist die richtige Funktion der Anlage nicht mehr gewährleistet.				
Alles erfüllt. <input checked="" type="checkbox"/> ← Sobald hier ein Kreuz steht, unterschreiben & Datei ablegen.				
Mängel beheben <input type="checkbox"/>				
Datum/Unterschrift				
18.01.2024 / J. <i>[Signature]</i>				

# SERVO MOTOR SG90

# DATA SHEET



Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.

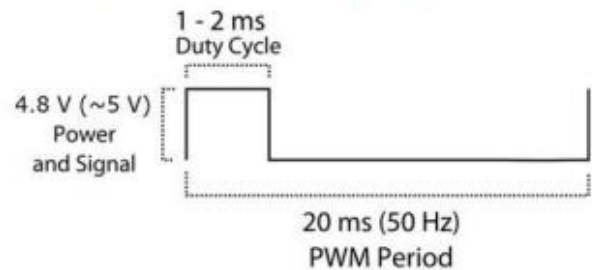


## Dimensions & Specifications

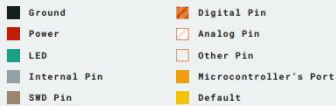
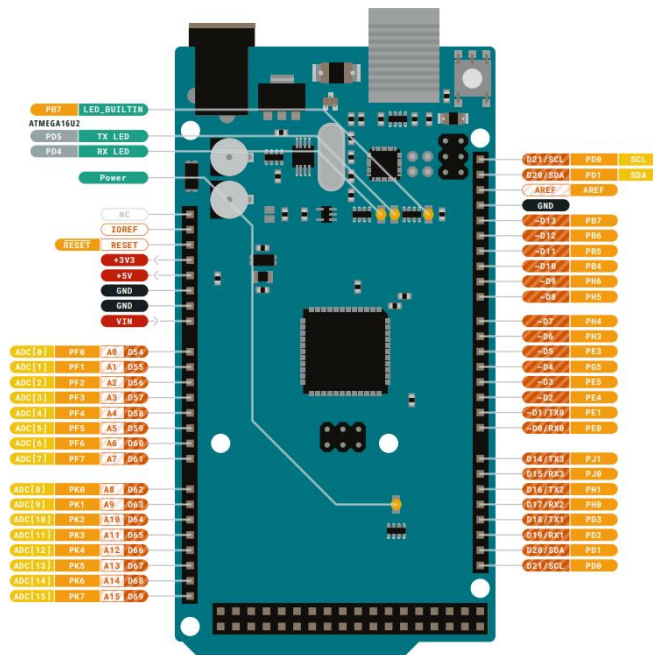
A (mm) : 32
B (mm) : 23
C (mm) : 28.5
D (mm) : 12
E (mm) : 32
F (mm) : 19.5
Speed (sec) : 0.1
Torque (kg-cm) : 2.5
Weight (g) : 14.7
Voltage : 4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.

PWM=Orange (⏏)  
Vcc=Red (+)  
Ground=Brown (-)







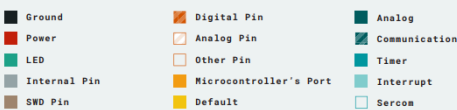
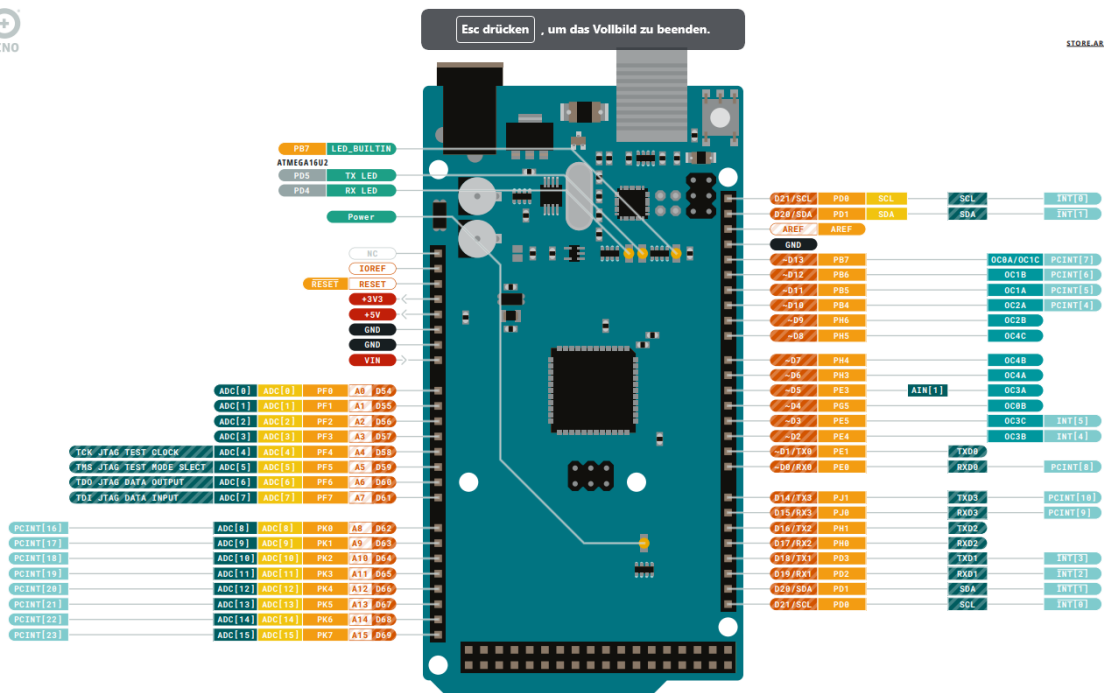
▲ MAXIMUM current per I/O pin is 20mA  
▲ MAXIMUM current per +3.3V pin is 50mA

VIN 6-20 V input to the board.

ARDUINO.CC  
Last update: 16/12/2020



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1868, Mountain View, CA 94042, USA.



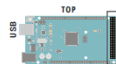
▲ MAXIMUM current per I/O pin is 20mA  
▲ MAXIMUM current per +3.3V pin is 50mA

VIN 6-20 V input to the board.

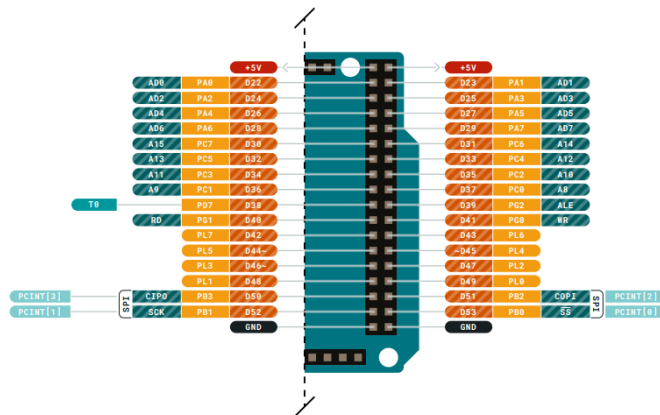
ARDUINO.CC  
Last update: 16/12/2020



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1868, Mountain View, CA 94042, USA.



## Digital pins D22-D53



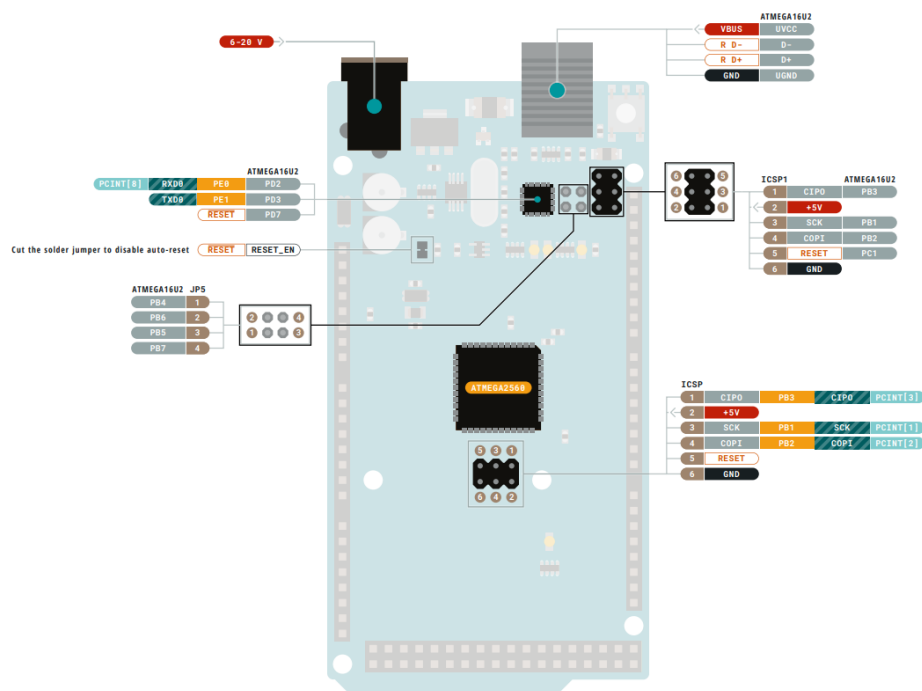
Ground	Digital Pin	Analog
Power	Analog Pin	Communication
LED	Other Pin	Timer
Internal Pin	Microcontroller's Port	Interrupt
SWD Pin	Default	Sercom

**MAXIMUM** current per I/O pin is 20mA  
**MAXIMUM** current per +3.3V pin is 50mA

**VIN** 6-20 V input to the board.  
 NOTE: CIP0/COP1 have previously been referred to as MISO/MOSI



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1888, Mountain View, CA 94042, USA.



Ground	Digital Pin	Analog
Power	Analog Pin	Communication
LED	Other Pin	Timer
Internal Pin	Microcontroller's Port	Interrupt
SWD Pin	Default	Sercom

**MAXIMUM** current per I/O pin is 20mA  
**MAXIMUM** current per +3.3V pin is 50mA

**VIN** 6-20 V input to the board.  
 NOTE: CIP0/COP1 have previously been referred to as MISO/MOSI



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1888, Mountain View, CA 94042, USA.

### 3.2 SOLL-/ IST- Abgleich mit Pflichtenheft

← Reihenfolge	← Ziel erreicht	Soll - Zustand	← Reihenfolge	IST - Zustand
	✓	Ampelsystem mittels Arduino		Ampelsystem mittels Arduino
1		Zug ausser Reichweite	1	Zug ausser Reichweite
2	✓	Ampel für Fahrzeuge grün	2	Ampel für Fahrzeuge grün
3	✓	Barrieren offen	2	Barrieren offen
4	✓	Ampel für Zug rot	2	Ampel für Zug rot
5	✓	Zug in Reichweite Signalton	2	Serieller Monitor zeigt den Zustand
6	✓	Ampel für Fahrzeuge gelb	2	des jeweiligen Reed Kontakt an
7	✓	Ampel für Fahrzeuge rot	2	LCD Display zeigt etwas
8	✓	Barrieren geschlossen	3	Zug in Reichweite Signalton
9	✓	Ampel für Zug grün	3	Ampel für Fahrzeuge gelb
10	✓	Zug ausser Reichweite	4	Ampel für Fahrzeuge rot
11	✓	Ampel für Zug rot	5	Barrieren geschlossen
12	✓	Ampel für Fahrzeuge gelb	6	Ampel für Zug grün
13	✓	Ampel für Fahrzeuge grün	7	Zug ausser Reichweite
14	✓	Barrieren offgeschlossen	8	Ampel für Zug rot
			9	Ampel für Fahrzeuge gelb
			10	Barrieren offen
			11	Ampel für Fahrzeuge grün

#### Mängel / Bemerkungen

Wie man sieht wurden alle Ziele erreicht nur mit der Reihenfolge dachte ich Anfangs, dass es keine Schritte gibt die gleichzeitig stattfinden. Da die Zielvorgabe schlicht formuliert worden ist wurde sie übertroffen.

#### Datum / Unterschrift

18.01.2024 / J. 