



**ÓSCAR
ROMERO
COLLEGE**

samen bouwen aan je toekomst
techniek en engineering

Elektrische go kart

Eindwerk



Coördinator: De heer J. Van Dingenen

Mentoren: De heer F. Baeten en de heer N. Beddegenoots

Laszlo Uyttersprot

3^{de} graad 2^{de} jaar TSO

6 E-ICT (Elektriciteit-Elektronica)

Óscar Romero College Dendermonde, domein STEM – campus Van Winckel

Schooljaar 2022-2023

Woord vooraf

Mijn naam is Laszlo Uyttersprot en ik zit in het 6de jaar Elektriciteit-Elektronica. Ik heb in de 1ste graad STEM IW gestudeerd en ben dan overgestapt naar Elektronica.

Hierbij toon ik mijn eindwerk, waar zowel elektriciteit, elektronica als mechanica in verwerkt zit. Dit project heeft mij geleerd mechanische oplossingen te vinden.

Ook wil ik graag mijn coördinator Johan Van Dingenen en mijn mentoren Filip Baeten en Nic Beddegenoodts bedanken voor de goede begeleiding.

Inhoud

Woord vooraf	ii
Inleiding	1
Opbouw eindwerk	3
1.1 Mindmap	3
1.2 Blokschema Hardware	4
1.3 Blokschema Software	5
1.4 Onderzoek 3d printer	6
1.4.1 Hardware	6
1.4.2 Software	6
2 Gedetailleerde bespreking hardware componenten	7
2.1 bespreking coponenten	7
2.1.1 TIP120	7
2.1.2 SS49E	8
2.1.3 MCP3008	9
2.1.4 AMS1117-3.3V.....	10
2.1.5 48v 1800w Electric Motor	11
2.1.6 ESP32	12
2.1.7 PCM5102	14
2.1.8 Buck converters	15
2.2 Elektrisch schema	16
2.2.1 berekeningen.....	16
2.2.2 Schema	20
2.3 Pcb ontwerp	21
3 Berekening schatting vermogens	22
3.1 vermogens.....	22
3.2 Batterijen.....	22
4 Software	23
4.1 SPI	23
4.1.1 Werking	23
4.2 I2S	24
4.3 Upload test	25
4.4 Esp32 met wifi (1)	25
4.4.1 Flowchart	25
4.4.2 Testcodes	26
4.4.3 Website	30
4.4.4 Finale code.....	31
4.5 Esp32 met bluetooth (2)	33
4.5.1 library toelichting	33
4.5.2 Finale code.....	34
5 Test en verificatie	35
6 Bestellijst	39
7 Slotwoord	Error! Bookmark not defined.
8 Bibliografie	40
9 Gebruikte datablad informatie	42
9.1 TIP120(darlington transistor).....	42

9.2 SS49E(hall-effect sensor)43
9.3 MCP3008(SAR DAC)44
9.4 AMS1117-3.3V(lineaire spanningsregelaar)46

Inleiding

Een tijd geleden had ik het met een vriend over het plaatsen van een elektrische motor op een winkelkar om hiermee te kunnen racen.

Zo ontstond het idee om als eindwerk "een elektrische go-kart" te maken.

Aangezien ik niet onmiddellijk een winkelkar kon bekomen om daarop nog een ander soort wielen en een stuur te bevestigen, ben ik gegaan voor iets dat deze dingen al heeft, namelijk een standaard go-kart. Deze bouw ik dan om tot een elektrisch voertuig met bluetooth speakers, een snelheidsmeter, led-verlichting en een systeem om de batterij percentages te bekijken via een web-pagina.

Dit project is een combinatie van programmeren, PCB-design en handenarbeid.

De elektronica en motor worden gevoed door vier autobatterijen. De elektronica zelf wordt in een ijzeren kist gestopt waardoor deze beschermd is tegen regen en vuil.

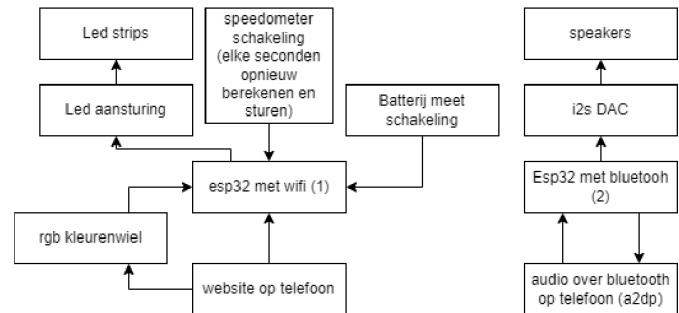
De grootste uitdaging bestaat erin om een geschikte motor te vinden en alle elektronica zo te programmeren zodat alles samen correct werkt, maar evengoed om alle materialen op de go-kart te plaatsen zodat het voertuig nog makkelijk berijdbaar wordt.

Het eindwerk omschrijft stap voor stap de beginfase tot het eindresultaat. Het zal zeker een project met vallen opstaan worden, maar dat zie ik als een hele uitdaging.

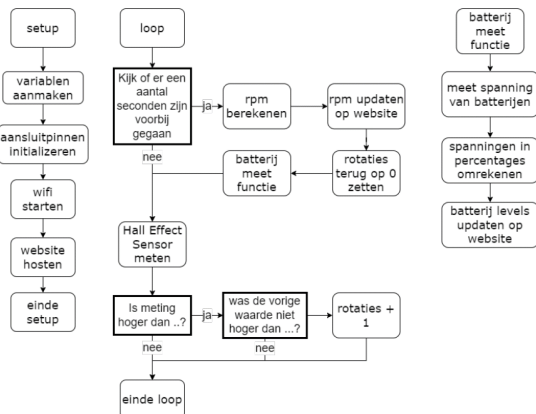
Elektrische go-kart



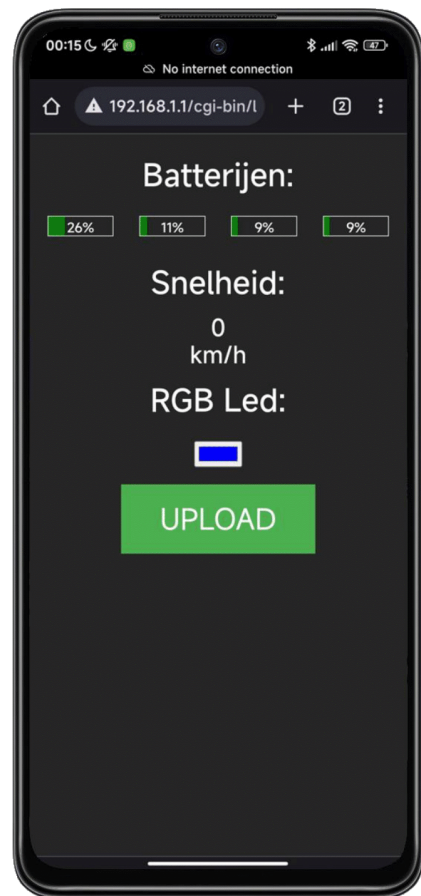
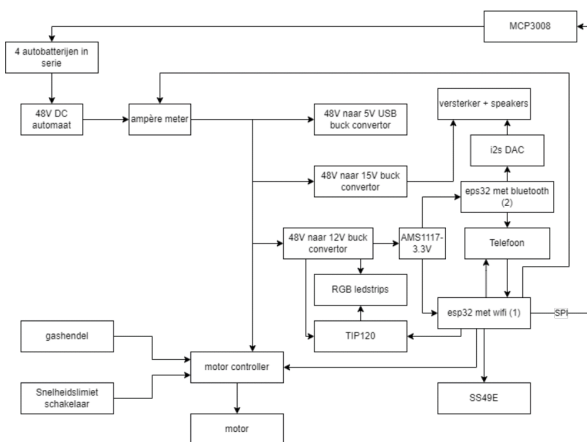
blokschema software



Hardware blokschema



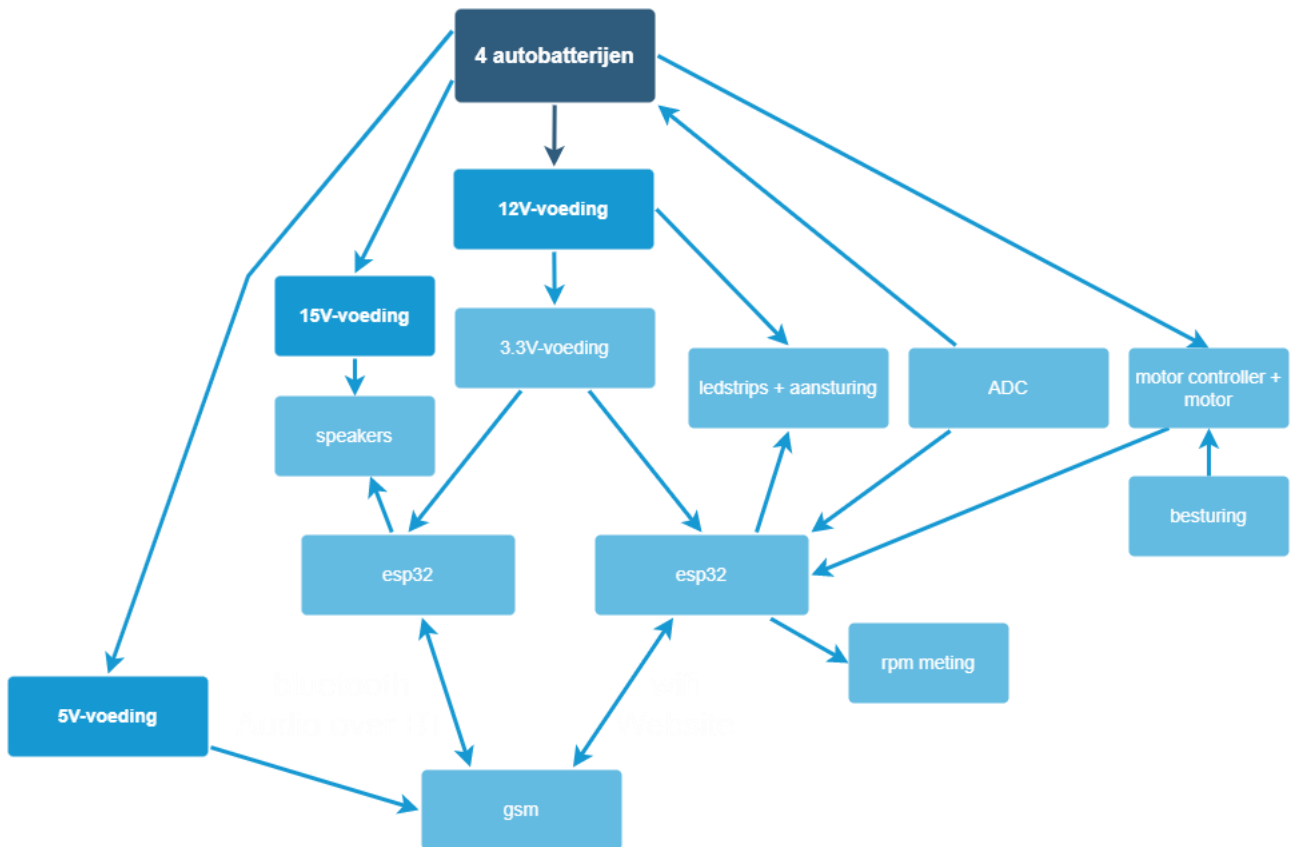
Flowchart software esp32 met wifi



Figuur 1: poster idee

Opbouw eindwerk

1.1 Mindmap

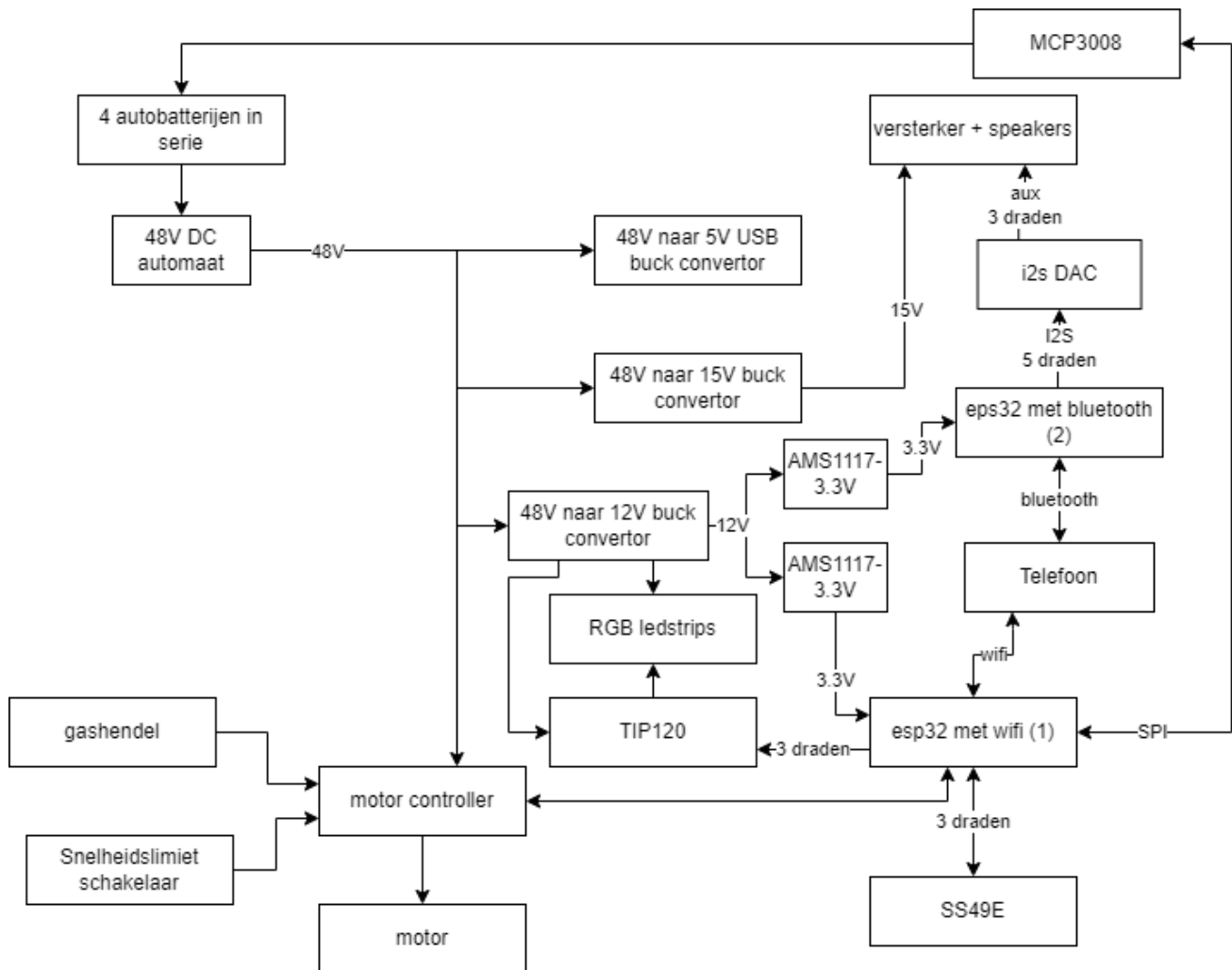


Figuur 2: mindmap

Als voeding gebruik ik 4 autobatterijen, alle spanningen worden hiervan afgetakt. Er zijn 2 esp32's die beide met een gsm kunnen verbinden, 1 met bluetooth voor audio en 1 met wifi voor een website.

Op de website kan je de snelheid, spanning van de batterijen zien en je kan hiermee ledstrips besturen.

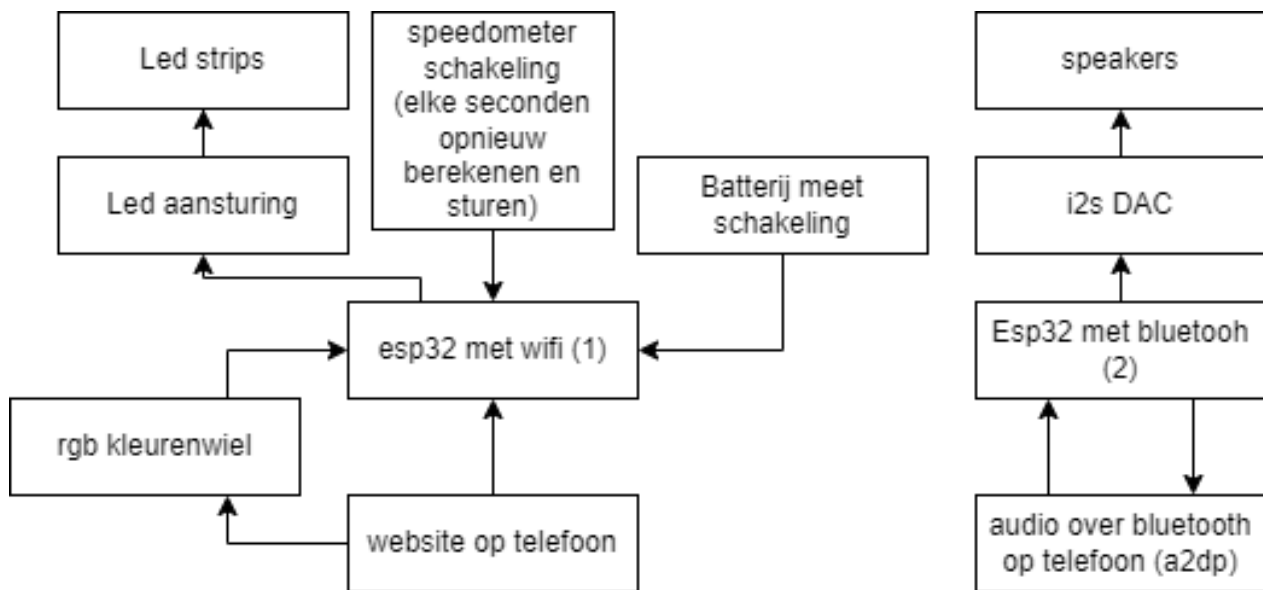
1.2 Blokschema Hardware



Figuur 3: blokschema hardware

De 4 autobatterijen in serie geven ongeveer 48-52v waardoor dit perfect is voor de motor mee aan te sturen. Vanuit die spanning tak ik ook af naar verschillende kleinere spanningen met buck converters. De voedingsspanningen van voor de twee esp32 worden geregeld door een AMS1117-3.3v, die zal 12v verlagen naar 3.3v. Ook zullen de ledstrips die 12V voedingsspanning gebruiken. De MCP3008 is een ADC die door SPI(4 signaal draden), een full duplex seriele interface data stuurt naar de ESP32(1).

1.3 Blokschema Software



Figuur 4: blokschema software

Op een website op uw gsm kan u de percentage van elke batterij zien en rpm van de wielen(en dit ook in km/h).

A2DP(Advanced Audio Distribution Profile) is het bluetooth profiel dat ik gebruik voor audio data naar de esp32 te verzenden dan stuurt hij dit door naar de DAC via een I2S bus.

1.4 Onderzoek 3d printer

Omdat de school 3d printers redelijk wat onderhoud nodig hebben. Ben ik op zoek gegaan naar goede hardware en firmware voor een nieuwe printer.

1.4.1 Hardware

Dit zijn de onderdelen die ik thuis heb:

- Creality Ender 3 Pro
- Creality 3D Z-axis upgrade
- Creality 3D silent mainboard v4.2.7
- Sprite Extruder Pro Kit
- CR Touch Auto Leveling Sensor
- Ender-3 Carborundum Glass Platform 235*235mm

Hoewel deze printer al verouderd is, heb ik de nieuwere modellen gevonden die praktisch alle "upgrades" hebben, en ze hebben zelfs extra functies.

- Ender 3 S1 pro: de duurste in deze lijst maar heeft wel veel extra's.
- Ender 3 S1: goedkopere versie van de pro, ik raad wel aan om het bed te vervangen met glas of een spiegel.
- De ender 3 v2: ook een goede printer(zeker voor de prijs) maar heeft ook niet veel features en moet je ook vaker onderhouden.

Voor mijn printer heeft een dual z-axis maar een klein verschil gemaakt in print kwaliteit maar anderen zeggen dat het bij hun wel een duidelijk verschil maakte.

1.4.2 Software

Voor firmware raad ik aan Marlin te gebruiken. Dit is een opensource project waar je zelf alles kan aanpassen voor jouw eigen printer. Zelfs de firmware die meekomt met elke creality 3d-printer is een aangepaste versie van marlin.

Als je vanop afstand de printer wil kunnen besturen/controleren kan je octoprint installeren op een raspberry pi en deze met een usb kabel aansluiten op de printer.

Dit zijn enkele features:

- Besturing op afstand
- G-code Analyse
- Webcam
- Temperatuur en vooruitgang Monitoring
- Meldingen sturen naar bv. uw GSM
- Multi-Printer Support

Ook is er plugin support. Dit zijn enkele nuttige plugins:

- Octolapse: Maakt timelapses van de print
- Printoid: een app om octoprint makkelijker te gebruiken op GSM
- OctoPrint Anywhere: Maakt het mogelijk om te verbinden zonder port forward

2 Gedetailleerde bespreking hardware componenten

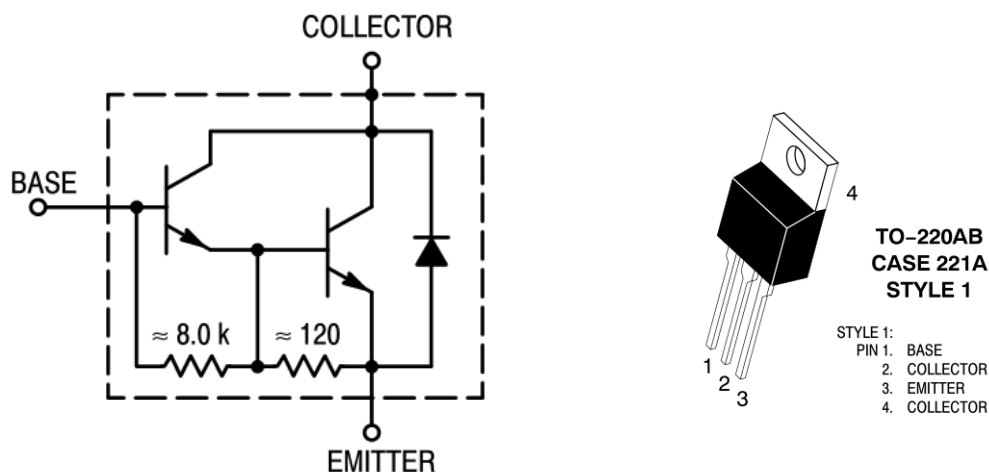
2.1 bespreking componenten

2.1.1 TIP120

2.1.1.1 Specificaties

- NPN darlington transistor
- $H_{fe} = 1000$ -> maar moet /10 als je als schakelaar gebruikt!
- $I_{c(max)} = 5A$
- $U_{ce(max)} = 60V$
- $U_{ce(sat)} = 2V$
- $U_{be(on)} = 2.5V$
- $U_{be(max)} = 5V$

2.1.1.2 Schema



Figuur 5: schema TIP120

2.1.1.3 Werking

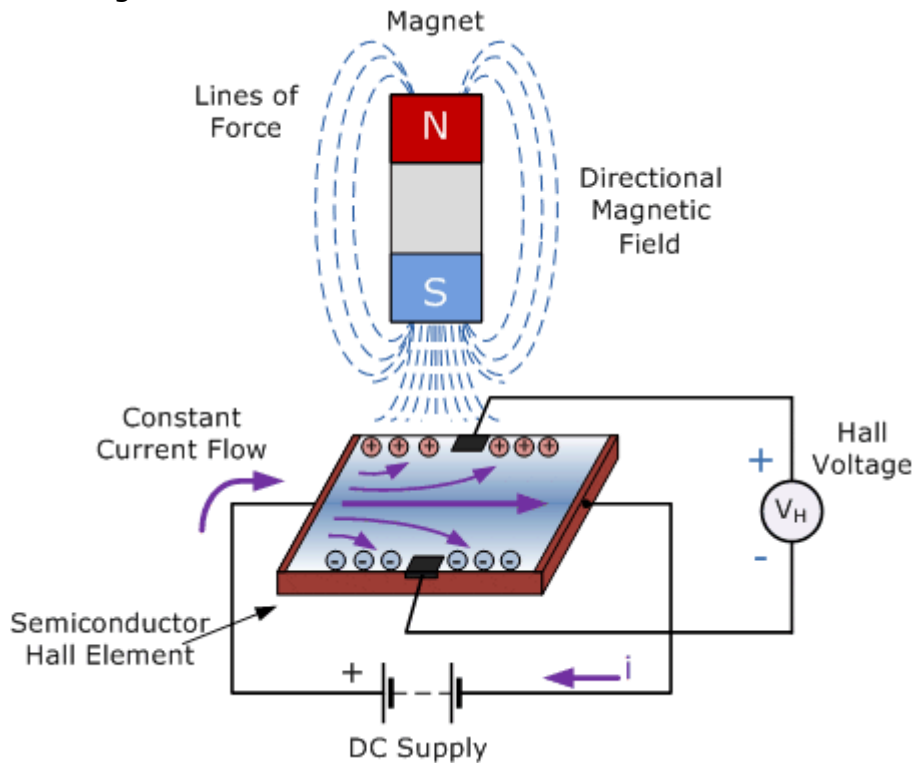
De TIP120-transistor werkt als een elektronische schakelaar. Het heeft drie pinnen: basis, collector en emitter. Wanneer er stroom op de basispin wordt geleverd, wordt de transistor "geactiveerd" en stroom kan stromen tussen de collector en emitter, dit betekent dat het vermogen kan worden aangestuurd door de stroom op de basis. Hierdoor is de TIP120-transistor ideaal voor het aansturen van zware lasten, zoals motors of verlichting.

2.1.2 SS49E

2.1.2.1 Specificaties

- $V_{cc} = 3-6.5V$
- $I_{cc} = 6-10mA$
- Spanningsverandering = $0.95V$

2.1.2.2 Werking



Figuur 6: werking hall effect sensor

Een Hall-effectsensor, zoals de SS49E, is een type elektronische sensor die de magnetische veldsterkte in zijn omgeving meet. Hij werkt volgens het principe van het Hall-effect, dat stelt dat wanneer een magnetisch veld loodrecht op de stroom van een elektrische stroom in een geleider wordt aangelegd, er een spanning wordt gegenereerd loodrecht op zowel het magnetisch veld als de stroom.

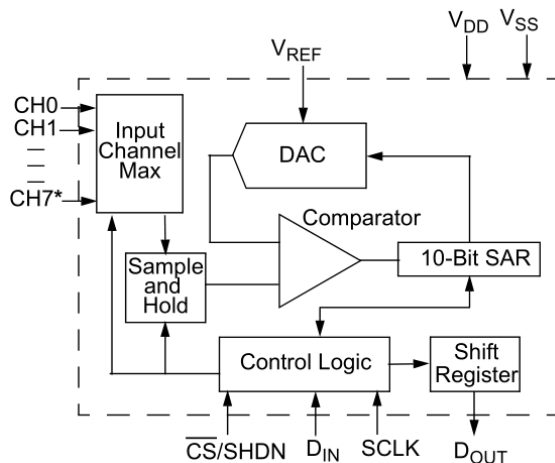
In het geval van de SS49E bestaat de sensor meestal uit een kleine geïntegreerde schakeling (IC) waar een metalen draad doorheen loopt. Wanneer er een magnetisch veld op de draad wordt gezet, wordt er een spanning gegenereerd op het IC, die vervolgens kan worden gebruikt om de sterkte en de richting van het magnetische veld te bepalen.

2.1.3 MCP3008

2.1.3.1 Specificaties

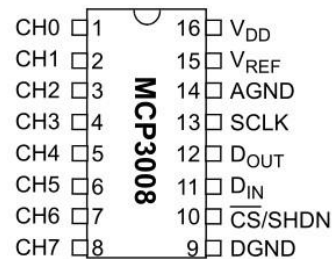
- $V_{CC} = 2.7-5.5V$
- $I_{CC} = 425\mu A$
- 10bit
- $T_{sample} = 1.5 \text{ clock cycles}$
- $C_{sample} = 20pF$

2.1.3.2 Werking



Figuur 7: schema MCP3008

SOIC-16, PDIP-16



MCP3008 is een analog-to-digital converter (ADC) IC. Het is een goedkope 10-bit ADC die gebruikt kan worden om analoge signalen om te zetten in digitale signalen voor verwerking door microcontrollers.

Het heeft 8 ingangskanalen, waardoor hij 8 verschillende analoge signalen tegelijk kan controleren. Hij communiceert met een microcontroller via het SPI-protocol (Serial Peripheral Interface), waardoor hij gemakkelijk kan worden gekoppeld aan microcontrollers zoals de Raspberry Pi of Arduino.

De MCP3008 werkt door de analogeingangsspanning te bemonsteren en om te zetten in een 10-bits digitale waarde. De resolutie van de ADC is evenredig met het aantal bits in de digitale uitgang, waarbij 10 bits een resolutie van 1024 mogelijke waarden oplevert.

De ADC met successive approximation (SAR ADC) om de analogoog-digitaal conversie uit te voeren. SAR ADC's zijn een type ADC die werken door achtereenvolgens het bereik van mogelijke digitale uitgangen te verkleinen om het uiteindelijke conversieresultaat te bepalen.

In een SAR ADC wordt de ingangsspanning vergeleken met een reeks interne referentiespanningen. Het resultaat van elke vergelijking wordt gebruikt om de helft van de mogelijke digitale uitgangen te elimineren, totdat het uiteindelijke resultaat is verkregen. SAR ADC's worden gekenmerkt door hun hoge nauwkeurigheid en snelle conversietijden, waardoor ze zeer geschikt zijn voor een groot aantal toepassingen.

In het geval van de MCP3008 is de SAR ADC geïmplementeerd op een enkele geïntegreerde schakeling, samen met de noodzakelijke componenten voor de interface met een microcontroller via het SPI-protocol. Dit maakt de MCP3008 een compacte en handige oplossing voor toepassingen die analogoog-digitaal conversie vereisen.

2.1.4 AMS1117-3.3V

2.1.4.1 Specificaties

- $V_{ccmax} = 15V$
- $V_{inmin} = 4.6V$
- $V_{out} = 3.2-3.4V$
- $I_{Omax} = 1,1A$

2.1.4.2 Werking

De AMS1117-3.3V is een spanningsregelaar geïntegreerde schakeling vervaardigd door Advanced Monolithic Systems (AMS). Het is een lineaire spanningsregelaar die een vaste uitgangsspanning van 3,3V levert, met een maximale uitgangsstroom van 1A.

Dit is een low-dropout spanningsregelaar, wat betekent dat hij een stabiele uitgangsspanning kan handhaven, zelfs wanneer de ingangsspanning slechts iets hoger is dan de uitgangsspanning. Dit maakt hem zeer geschikt voor gebruik in draagbare apparaten waar de ingangsspanning kan fluctueren.

Het 3V is een eenvoudig te gebruiken spanningsregelaar die slechts enkele externe componenten nodig heeft. Hij beschikt over thermische bescherming om schade door oververhitting te voorkomen.

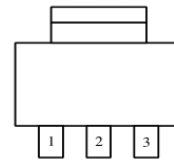
De AMS1117-3,3V wordt veel gebruikt in diverse toepassingen, waaronder microcontrollerprojecten, draagbare apparaten en voedingsschakelingen. Zijn kleine afmetingen en lage kosten maken hem tot een aantrekkelijke oplossing voor een groot aantal toepassingen die een vaste uitgangsspanning van 3,3V vereisen.

PIN CONNECTIONS

3 PIN FIXED/ADJUSTABLE
VERSION

- 1- Ground/Adjust
- 2- V_{OUT}
- 3- V_{IN}

SOT-223 Top View



Figuur 8: pinout AMS1117-3.3V

2.1.5 48v 1800w Electric Motor

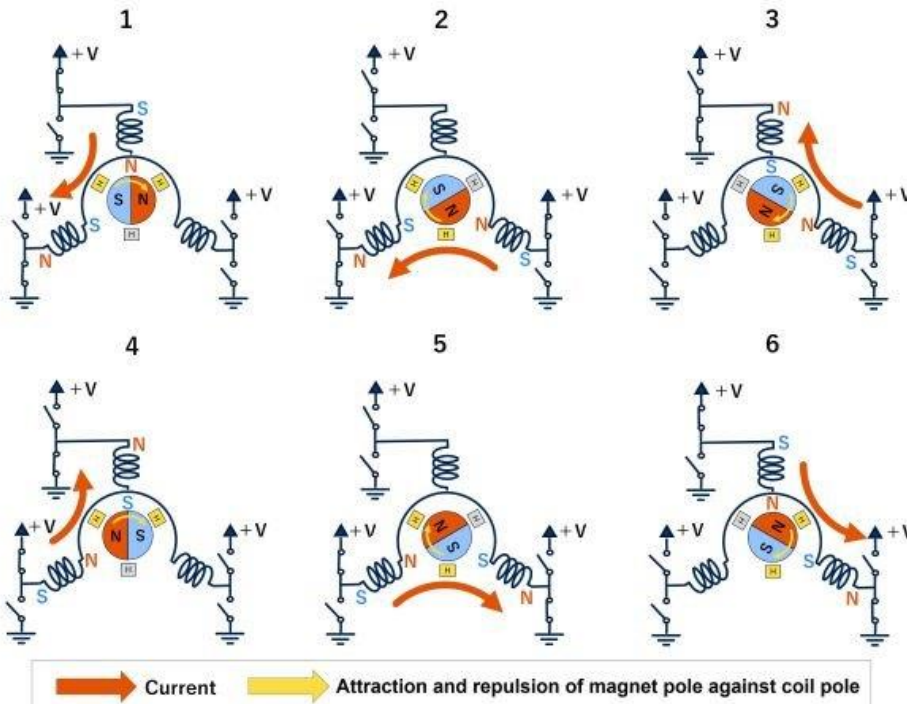
2.1.5.1 Specificaties

- Type: Borstelloze Gelijkstroommotor
- Snelheid: 4500rpm-5200rpm
- Uitgangsvermogen: 1800W
- Spanning: 48V
- Motortandwiel: T8F 9T
- Nominale Spanning: DC 48V
- Huidige Limiet: 32A
- Nominaal Vermogen: 1800w
- Bescherming Onder Spanning: 41V



Figuur 9: foto motor

2.1.5.2 Werking



Figuur 10: visuele presentatie 3fase motor

Een borstelloze gelijkstroommotor (BLDC) maakt gebruik van een rotor met permanente magneet en een reeks vaste wikkelingen in een stator om een roterend magnetisch veld te creëren dat de rotor doet draaien.

In tegenstelling tot een traditionele gelijkstroommotor gebruikt een BLDC-motor geen borstels om het vermogen over te brengen. In plaats daarvan regelt een elektronische regelaar de stroomtoevoer naar de wikkelingen van de motor in een specifiek patroon op basis van de positie van de rotor. Hierdoor ontstaat een reeks pulsen, of een pulsbreedtemodulatiesignaal (PWM), dat de wikkelingen in een bepaalde volgorde van stroom voorziet.

De frequentie en de duur van de pulsen kunnen door de elektronische regelaar worden aangepast om de snelheid en de richting van de motor te regelen, zodat de snelheid en de positie van de motor nauwkeurig kunnen worden geregeld.

2.1.6 ESP32

2.1.6.1 Specificaties

- Processor: Xtensa dual-core 32-bit LX6
- Memory: 520KB SRAM, 448KB ROM en 4MB flash memory
- Connectivity: Wi-Fi 802.11 b/g/n/e/i , Bluetooth v4.2 BR/EDR en BLE
- GPIO pins: 34
- ADC channels: 18
- DAC channels: 2
- I2C interfaces: 2
- UART interfaces: 3
- SPI interfaces: 2
- I2S interfaces: 2
- Vcc: 2.2-3.6V

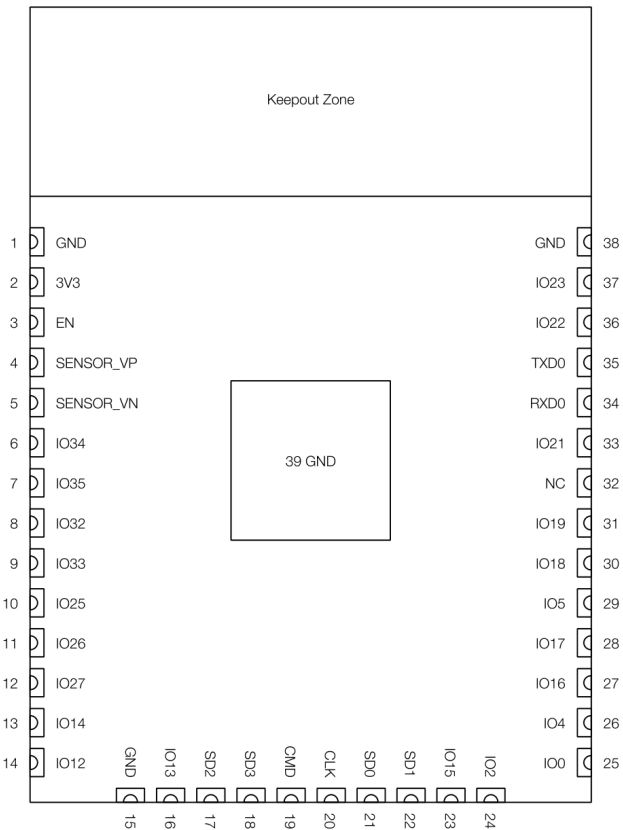
2.1.6.2 Uitleg

ESP32 is een goedkope, energiezuinige system-on-chip (SoC) microcontroller unit (MCU) met geïntegreerde Wi-Fi en Bluetooth mogelijkheden. Het is ontworpen en geproduceerd door Espressif Systems, een Chinees bedrijf gevestigd in Shanghai.

ESP32 is gebaseerd op de Xtensa LX6 processorkern, een dual-core 32-bit microprocessor met een kloksnelheid tot 240 MHz. Hij bevat verschillende randapparatuur zoals aanraaksensoren, temperatuursensoren, analoog-digitaalconverters (ADC's), pulsbreedtemodulatoren (PWM's) en meer.

Een van de belangrijkste kenmerken van de ESP32 is zijn ingebouwde Wi-Fi en Bluetooth, waardoor hij verbinding kan maken met het internet en kan communiceren met andere apparaten. Dit maakt hem ideaal voor diverse toepassingen, zoals IoT-apparaten, slimme huisautomatisering, robotica en meer.

De ESP32 heeft ook een modus voor laag stroomverbruik, waardoor hij ideaal is voor toepassingen op batterijen. Bovendien ondersteunt hij verschillende programmeertalen, waaronder C, C++ en MicroPython, waardoor hij gemakkelijk te programmeren en te gebruiken is voor een breed scala aan projecten.



Figuur 11: esp32 bare module

2.1.6.3 Detailed info

Dit is extra info dat ik onderzocht heb over de ESP32

SPI Pins:

- MOSI: 23
- MISO: 19
- SCK: 18
- SS: 5

Code:

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.print("MOSI: ");
  Serial.println(MOSI);
  Serial.print("MISO: ");
  Serial.println(MISO);
  Serial.print("SCK: ");
  Serial.println(SCK);
  Serial.print("SS: ");
  Serial.println(SS);
}

void loop() {}
```

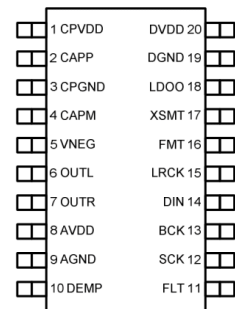
2.1.7 PCM5102

2.1.7.1 Specificaties

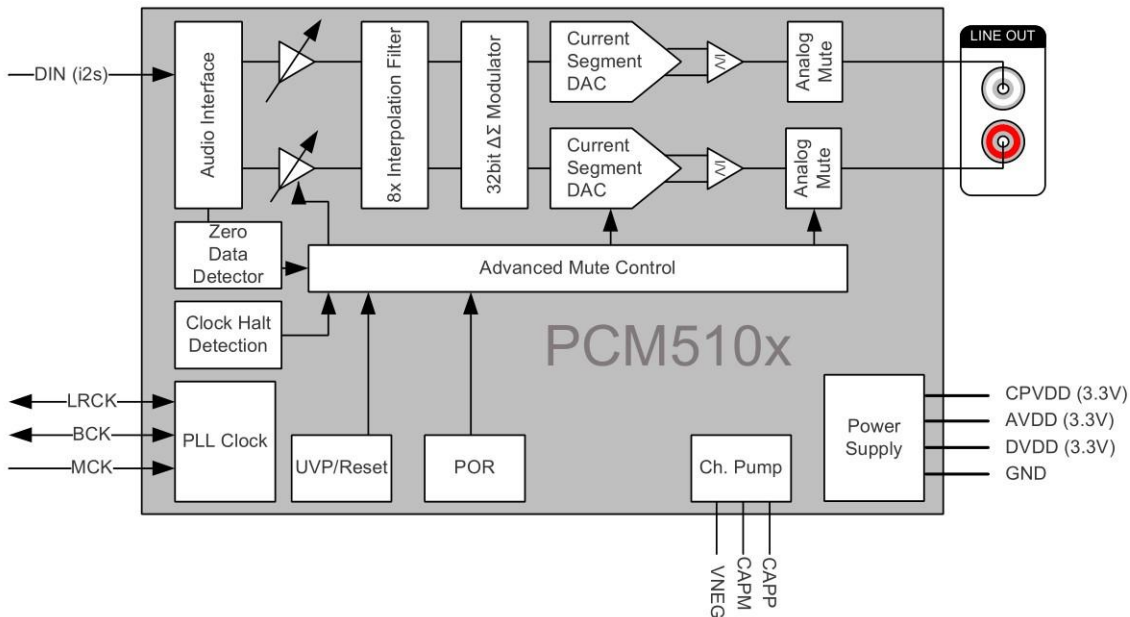
- Sample rate: 16,24,32bit
- Sample frequency: 8-384kHz
- VCC: 3-3.6V

2.1.7.2 Werking

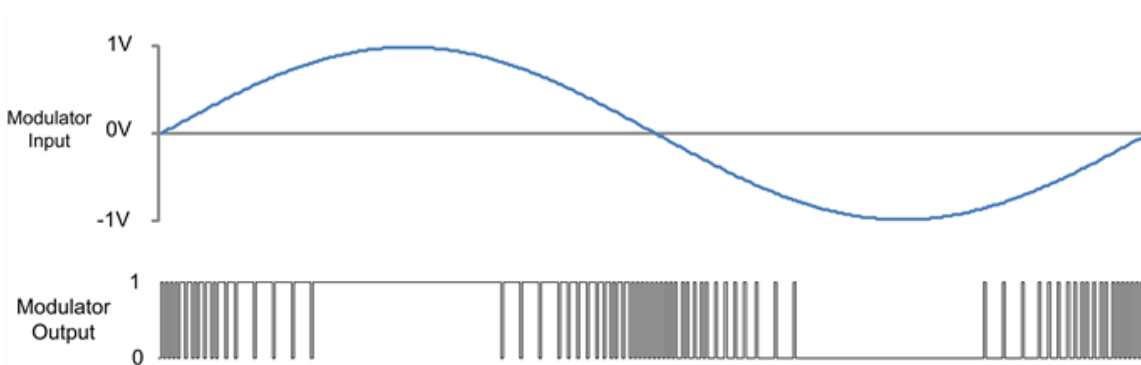
PCM510x (top view)



Figuur 12: pinout PCM5102



Figuur 13: intern schema PCM510x



Figuur 14: ADC signaal

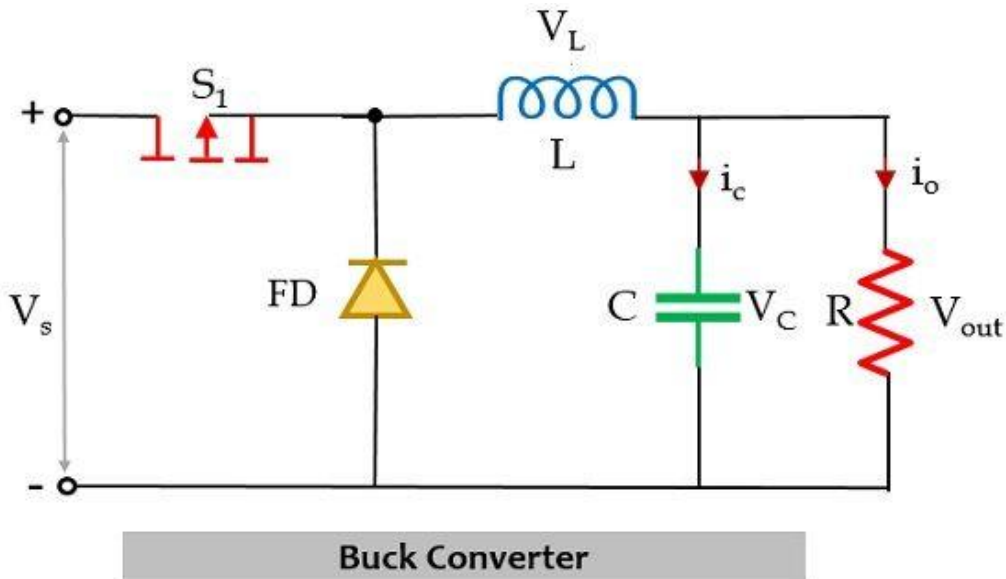
De PCM5102 gebruikt een Delta-Sigma modulator als DAC.

Delta-sigma modulatie is een methode die in digitaal-analoogomzetter (DAC's) wordt gebruikt om digitale signalen naar analogo om te zetten. Hierbij wordt het ingangssignaal met een hoge snelheid oversampled en wordt feedback gebruikt om de uitgang continu aan te passen. Door het ingangssignaal te vergelijken met de huidige uitgang en aanpassingen te maken, wordt een nauwkeurige omzetting van digitaal naar analogo bereikt.

Figuur 11 is een voorbeeld signaal van een ADC maar deze werkt op hetzelfde principe.

2.1.8 Buck converters

2.1.8.1 Werking



Figuur 15: basisschema buck converter

Een buck converter, ook wel step-down converter genoemd, is een type DC-DC converter die een hogere ingangsspanning omzet in een lagere uitgangsspanning. Hij wordt veel gebruikt in elektronische apparaten om de spanning efficiënt te regelen en verschillende componenten van stroom te voorzien. De belangrijkste onderdelen van een buck converter zijn een schakelement (meestal een transistor), een spoel, een diode en een condensator.

Wanneer het schakelement is ingeschakeld, wordt energie opgeslagen in de spoel. Als hij uit is, geeft de spoel de opgeslagen energie via de diode af aan de uitgang en laadt hij de uitgangscapacitor op, waardoor de belasting een constante uitgangsspanning krijgt. Het regelcircuit past de schakeling aan om de gewenste uitgangsspanning te bekomen.

2.2 Elektrisch schema

2.2.1 berekeningen

2.2.1.1 TIP120 basisweerstand

In de datasheet staat dat I_{out} minimum $0.8 \times V_{DD}$ is, maar aangezien de esp niet veel stroom zal leveren is de kans heel klein en rekenen we met $0.9 \times V_{DD}$.

$$U_{out} = 0,9 * 3,3V = 2,97V$$

$$U_b = 2,97V - 2,5V = 0,47V$$

$$I_b = \frac{I_{ce}}{h_{fe}} = \frac{1A}{100} = 0,01A$$

$$R_b = \frac{U_b}{I_b} = \frac{0,47V}{0,01A} = 47\Omega$$

Bij ergste situatie is $U_{out} = 3,3V$ en $U_{be} = 1,8V$:

$$U_b = 3.3V - 1.8V = 1,5V$$

$$I_b = \frac{U_b}{R_b} = \frac{1,5V}{47\Omega} = 0,032A \rightarrow \text{binnen spec van TIP120 en esp32}$$

2.2.1.2 motor torque

Aangezien de specs niet zeggen hoeveel torque de motor heeft, zal ik dit zelf moeten berekenen.

Stel efficiency: 90%

$$P(W) = 0.9 * 1800W = 1620W$$

$$T(Nm) = 9.554140127 * P(W) / N(rpm) = 9.554140127 * 1620W / 4500 = 3,44Nm$$

Dit is een schatting aangezien de efficiency nergens is gegeven.

2.2.1.3 tandwielverhouding

Voor de snelheid van de wagen te berekenen moet ik eerst weten welk tandwiel ik moet gerbuiken.

Gevraagde snelheid: $35km/u = 583.333m/min$

Wiel omtrek = $0,25 * \pi = 0.785m$

Motor rpm : 4500 rotaties/min

Motor tandwiel: 9 of 11 (deze twee komen samen met de motor)

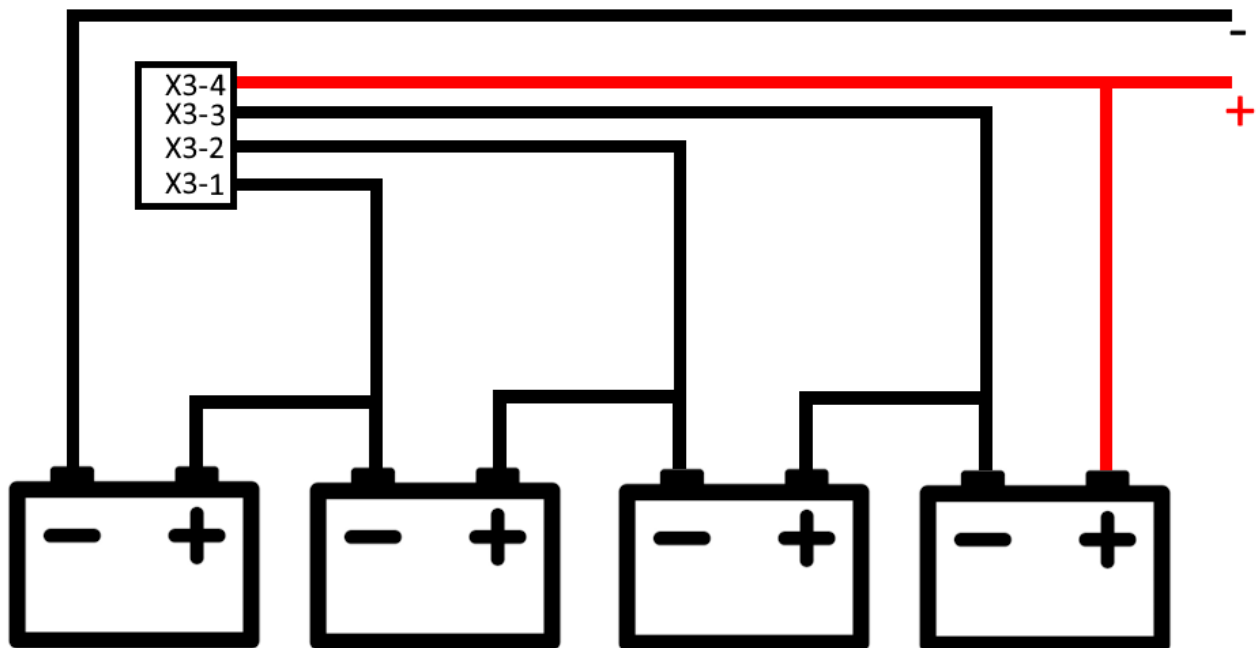
$$A_s \text{ rpm} = \frac{583.333m/min}{0.785m} = 743 \text{ rotaties/min}$$

$$\text{tandwielverhouding} = \frac{N_{motor}}{N_{as}} = \frac{RPM_{as}}{RPM_{motor}} = \frac{743}{4500} \approx \frac{33}{200}$$

$$\text{Bij } N_{motor} = 9 : N_{as} = \frac{9 * 200}{33} = 54$$

Bij $N_{motor} = 11 : N_{as} = \frac{11 * 200}{33} = 66.666 \rightarrow$ ik heb voor deze gekozen omdat ik een tandwiel van 64 tanden heb gevonden.

2.2.1.4 weerstanden spanningsdeler batterij



Figuur 16: aansluitschema batterijen

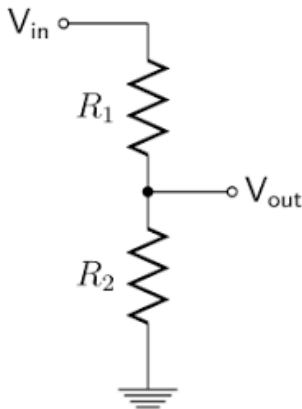
Omdat de ADC op 3.3V werkt moet ik gebruik maken van spanningsdelers. Een nadeel hiervan is dat je altijd de spanning van de vorige batterijen erbij meet. In software ga je deze weer moeten aftrekken.

Batterij 1 max spanning = 13V
Batterij 2 max spanning = 26V
Batterij 3 max spanning = 39V
Batterij 4 max spanning = 52V

De sample time is 1,5x clock cycle -> 1 clock cycle = $1/80\text{mhz} = 12,5\mu\text{s}$
Dus $t_s = 18,75 \mu\text{s}$
 $C_{\text{sample}} = 20\text{pF}$

Volgens een iemand op stackexchange(zie bronnen) moet de impedantie van de gemeten spanning lager zijn dan 1K. Maar omdat ik maar 1 keer sample per seconde kan ik grotere weerstanden gebruiken en een 1µF condensator helpt tegen de spanningsdaling tijdens het laden van de sample condensator. Met behulp van <https://damien.douxchamps.net/elec/resdiv/> bereken ik de spanningsdeler met echte waarden.

$$I_{sample} = \frac{C \cdot U}{t_s} = \frac{20pF \cdot 3.3V}{18,75\mu s} = 3.5\mu A$$



Figuur 17: basisprincipe spanningsdeler

Uit deze schakeling volgt:

$$U_{out} = U_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U_{out}}{U_{in}}$$

Verhoudingen:

Bij batterij 1: $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 510\Omega / 1500\Omega \rightarrow R_2 = 510 \Omega, R_1 = 1500 \Omega$

Bij batterij 2: $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 330\Omega / 2200\Omega \rightarrow R_2 = 330 \Omega, R_1 = 220 \Omega$

Bij batterij 3: $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 360\Omega / 3900\Omega \rightarrow R_2 = 360 \Omega, R_1 = 3900 \Omega$

Bij batterij 4: $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 680\Omega / 10000\Omega \rightarrow R_2 = 680 \Omega, R_1 = 10000 \Omega$

Omdat de gemeten waarden redelijk kunnen veranderen door de tolerantie van de weerstanden, vervang ik de kleinste weerstand met een 1k trimpotentiometer. Hierdoor kan ik preciezer de gewenste spanning bekomen.

Berekening in software:

Omdat je de spanning van de vorige batterijen ook altijd meet moet je deze uit de berekening halen.

Meting 0:

Batterij 1
1/1 van meting

Meting 1:

Batterij 1	Batterij 2
1/2 van meting	1/2 van meting

Meting 2:

Batterij 1	Batterij 2	Batterij 3
2/3 van meting		1/3 van meting

Meting 3:

Batterij 1	Batterij 2	Batterij 3	Batterij 4
3/4 van meting			1/4 van meting

Door kalibratie is de binaire waarde 1023 gelijk aan de maximum spanning.
Hierdoor reken ik met 1023 in plaats van 1024!

Berekening binaire waarde per batterij:

Batterij0 = meting0

Batterij1 = meting1 - meting0 / 2

Batterij2 = meting2 - meting1 * 2 / 3

Batterij3 = meting3 - meting2 * 3 / 4

Limieten:

Batterij0 → 0 ↔ 1023

Batterij1 → 0 ↔ (1023 / 2) = 0 ↔ 512

Batterij2 → 0 ↔ (1023 * 2/3) = 0 ↔ 341

Batterij3 → 0 ↔ (1023 * 1/4) = 0 ↔ 256

Limieten voor batterij percentage:

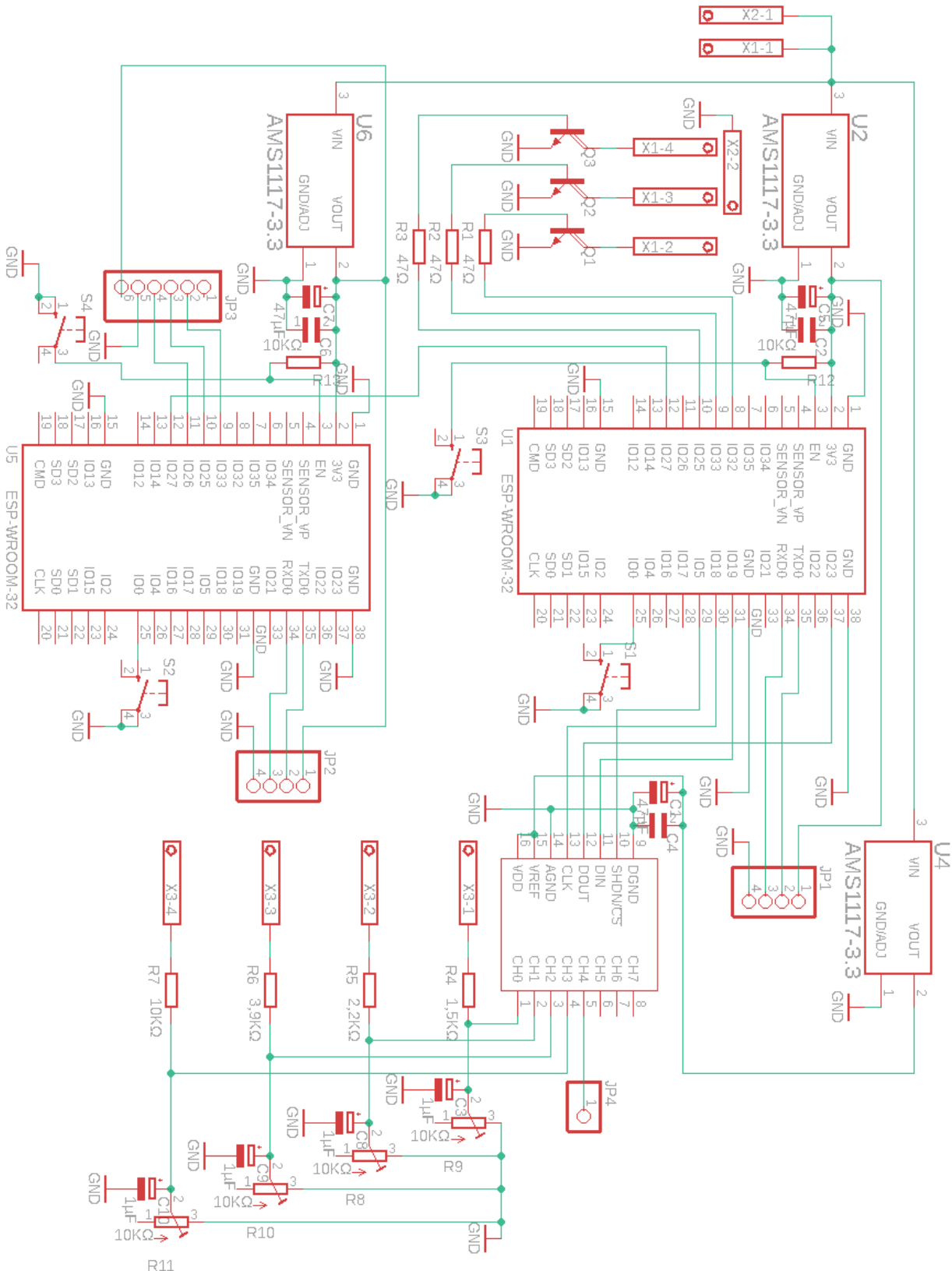
Batterij0 → (1023*12/13) ↔ 1023 = 944 ↔ 1023

Batterij1 → ((1023*25/26) - (1023/2)) ↔ 512 = 472 ↔ 512

Batterij2 → ((1023*38/39) - (1023*2/3)) ↔ 341 = 315 ↔ 341

Batterij3 → ((1023*51/52) - (1023*3/4)) ↔ 256 = 235 ↔ 256

2.2.2 Schema



Figuur 18: elektrisch schema

Dit is het schema dat op de pcb komt.

Bij de aansluitingen voor de meting van de batterijen heb ik geen GND omdat de hele schakeling met die batterijen zijn gevoed en de buck converter heeft geen geïsoleerde GND.

Ook heb ik beide ESP's verbonden aan elkaar via pin 27 zodat ik eventueel nog communicatie tussen beiden kan toevoegen.

3 Berekening schatting vermogens

3.1 vermogens

Onderdelen	Spanning	Stroom	Vermogen
motor controller + motor	48.0V	41.7A	2000.0W
versterker + speakers	15.0V	4.0A	60.0W
usb 5V output max	5.0V	2.0A	10.0W
ledstrips	12.0V	2.0A	24.0W
2 x esp32	3.3V	0.3A	0.8W
Voeding	48,0V	43.6A	2094.8W

Sommige componenten zoals de ADC en DAC zijn verwaarloosbaar door hun zeer kleine vermogens.

3.2 Batterijen

Elke bron geeft verschillende waarden tussen welke spanningen de autobatterijen mogen werken, dus ik veronderstel ongeveer tussen 12-13V is veilig.

Aangezien ik 2^{de} hands batterijen gebruik zullen deze ongeveer 50% van hun capaciteit zijn.

Van die 50% is 20% ongeveer op 12V dus ik gebruik 40% van de originele capaciteit. De kleinste batterij is 45Ah dus die is in werkelijkheid nu 22.5Ah. En als ik niet onder 20% ga zal ik een capaciteit gebruiken van 18ah.

Als de motor constant op 50% van zijn vermogen draait:

$$18\text{Ah} / 21.8 = 0.83\text{h} \rightarrow 50\text{min.}$$

En als ik nieuwe 45ah batterijen gebruik:

$$45\text{Ah} * 0,8 = 36\text{Ah}$$

$$36\text{Ah} / 21.8 = 1.65\text{h} \rightarrow 100\text{min}$$

En nu als de motor 100% van zijn vermogen gerbuikt:

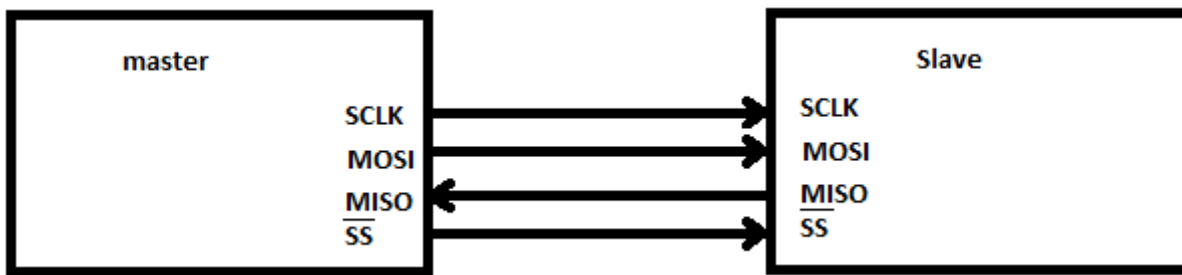
$$36\text{Ah} / 43.8 = 0.82\text{h} \rightarrow 50\text{min}$$

Met nieuwe batterijen kan ik dubbel het vermogen gebruiken en even lang blijven rijden.

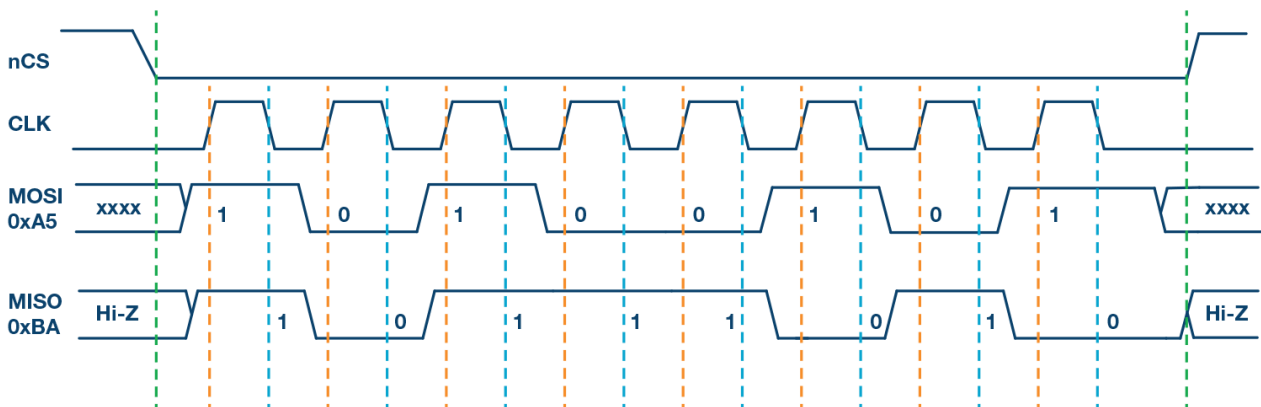
4 Software

4.1 SPI

4.1.1 Werking



Figuur 20: SPI aansluit principe



Figuur 21: SPI signaal

SPI (Serial Peripheral Interface) is een synchroon serieel communicatieprotocol dat wordt gebruikt voor de communicatie tussen microcontrollers en randapparatuur zoals sensoren, schuifregisters en andere geïntegreerde schakelingen.

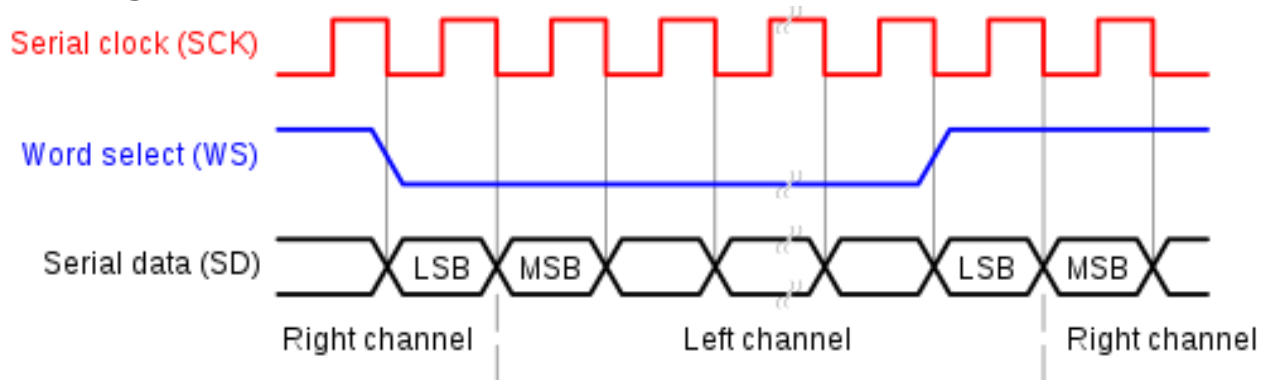
Bij SPI-communicatie worden gegevens tussen twee apparaten verzonden via vier lijnen:

- MOSI (Master Out, Slave In) - De datalijn van de master naar de slave.
- MISO (Master In, Slave Out) - de datalijn van het slave-apparaat naar het master-apparaat.
- SCLK (Serial Clock) - De kloklijn die de gegevensoverdracht tussen het master- en slave-apparaat synchroniseert.
- SS (Slave Select) - De slaveselectielijn, die door het masterapparaat wordt gebruikt om het slaveapparaat te selecteren waarmee moet worden gecommuniceerd.

Het masterapparaat genereert het kloksignaal en regelt de communicatie. In een typische SPI-transactie selecteert de master eerst het slave-apparaat met behulp van de SS-lijn. Vervolgens verzendt het masterapparaat gegevens naar het slaveapparaat via de MOSI-lijn, terwijl het slaveapparaat gegevens naar het masterapparaat verzendt via de MISO-lijn. De SCLK-lijn synchroniseert de gegevensoverdracht. SPI kan in verschillende modi werken, waaronder CPOL (klokpolariteit) en CPHA (klokfase), die de timing van de gegevensoverdracht bepalen.

Kortom, SPI is een snel, eenvoudig en veelgebruikt protocol voor communicatie tussen microcontrollers en randapparatuur.

4.2 I2S



Figuur 22: I2S signaal

I2S (Inter-IC Sound) is een seriële businterfacenorm die wordt gebruikt voor de overdracht van audiogegevens tussen geïntegreerde schakelingen (IC's). Hij wordt vaak gebruikt in consumentenaudiotoepassingen, zoals digitaal-naar-analoogomzetters (DAC's) en audiocodecs.

I2S bestaat uit drie lijnen:

Bit Clock (BCLK) - Het kloksignaal dat de gegevensoverdracht synchroniseert.

Word Select (WS) - Een synchronisatiesignaal dat het begin van een nieuw audiosample aangeeft.

Serial Data (SD) - De datalijn die de audiogegevens draagt.

In I2S-communicatie worden gegevens verzonden als een reeks audiosamples, die elk bestaan uit een aantal bits. De BCLK-lijn wordt gebruikt om de gegevensoverdracht te synchroniseren, en de WS-lijn wordt gebruikt om het begin van een nieuw sample aan te geven. De SD-lijn draagt de eigenlijke audiogegevens.

I2S is ontworpen voor audio-overdracht van hoge kwaliteit en wordt gekenmerkt door zijn lage jitter en ruis, waardoor het geschikt is voor high-fidelity audiotoepassingen. I2S ondersteunt meerdere audiogegevensformaten, waaronder 16-bit en 24-bit audio, en kan meerdere audiokanalen ondersteunen, zoals stereo of 5.1 surround sound.

Kortom, I2S is een gespecialiseerd communicatieprotocol voor de overdracht van hoogwaardige audiogegevens tussen geïntegreerde schakelingen, en wordt veel gebruikt in audiotoepassingen voor consumenten.

4.3 Upload test

Deze code gebruikte ik om uit te zoeken hoe ik code upload naar de esp32 en deze uitvoer.

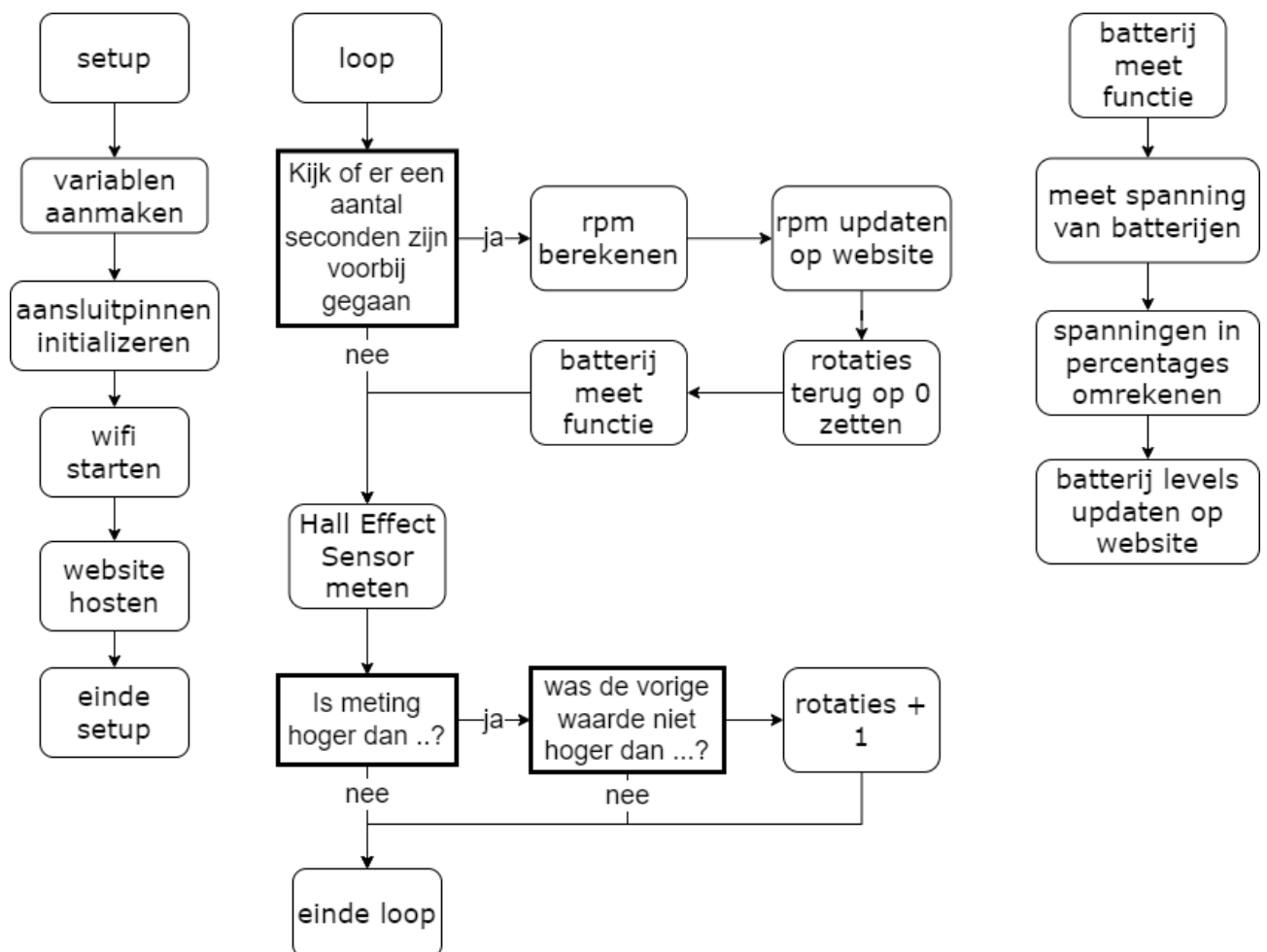
```
#define ONBOARD_LED 2

void setup() {
  pinMode(ONBOARD_LED,OUTPUT);
}

void loop() {
  delay(1000);
  digitalWrite(ONBOARD_LED,HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(ONBOARD_LED,LOW);
}
```

4.4 Esp32 met wifi (1)

4.4.1 Flowchart



Figuur 23: flowchart software esp32 met wifi

4.4.2 Testcodes

Eerst heb ik een simpele website gemaakt om de kleuren van een rgb ledstrip te besturen(site 1.0), deze code is gebaseerd op Example code acces point en website(zie bronnen):

```
// libraries inladen
#include <WiFi.h>
#include "src/website/index.h"

// wifi instellingen
const char* ssid      = "GoKART_WIFI";
const char* password = "123456789";

// zet web server op port 80
WiFiServer server(80);

// variabel om HTTP request op te slaan
String header;

// ledstrip GPIO pinnen
const byte Rpin = 25;
const byte Gpin = 26;
const byte Bpin = 27;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  // RGB pinnen als output zetten
  pinMode(Rpin, OUTPUT);
  pinMode(Gpin, OUTPUT);
  pinMode(Bpin, OUTPUT);
  // Start Acces Point
  WiFi.softAP(ssid, password);
  //print het IP adress
  IPAddress IP = WiFi.softAPIP();
  Serial.print("AP IP address: ");
  Serial.println(IP);
  //start de website
  server.begin();
}

void loop(){
  WiFiClient client = server.available(); // Luister voor inkomende clients

  if (client) { // als er een client verbind,
    String currentLine = ""; // maak string om inkomende data in op te slaan
    while (client.connected()) { // loop terwijl de client verbonden is
      if (client.available()) { // als er data binnenkomt,
        char c = client.read(); // lees een byte in
        header += c; // voeg de byte toe aan de header variable
      }
    }
  }
}
```

```

    if (c == '\n') { // als de byte een newline character is,
        if (currentLine.length() == 0) { // als de lijn leeg is, is het verzoek klaar
            client.println("HTTP/1.1 200 OK"); // HTTP headers starten altijd met een response code
            client.println("Content-type:text/html"); // content-type zodat de client weet wat hij
krijgt
            client.println("Connection: close"); // connection om te zeggen of de verbinding moet
verbonden blijven na het antwoord
            client.println();

            if (header.indexOf("GET /rgb") >= 0) { //als "/rgb" voorkomt in de url
                int begin = header.indexOf("?"); // vind de positie van "?"
                String hexstring = header.substring(begin + 1 , begin + 7); //neem de rgb hex code
                long number = (long) strtol( &hexstring[0], NULL, 16); // zet hex om naar binair
                byte rgb[3] = {
                    255 - (number >> 16), // neem de eerste 4 bits
                    255 - (number >> 8 & 0xFF), // neem de middelste 4 bits
                    255 - (number & 0xFF) // neem de laatste 4 bits
                };

                // stuur de waarden naar de pinnen van de ledstrip
                analogWrite(Rpin,rgb[0]);
                analogWrite(Gpin,rgb[1]);
                analogWrite(Bpin,rgb[2]);
            }
            else if (header.indexOf("GET /") >= 0) {
                // toon de html website
                client.println(html);
                // Het HTTP antwoord eindigt met een lege lijn
                client.println();
            }
            // Breek uit de while loop
            break;
        } else { // als er een new line is, clear de currentLine
            currentLine = "";
        }
    } else if (c != '\r') { // als de byte iets anders is dan carriage return character,
        currentLine += c; // voeg dit toe aan het einde van currentLine
    }
}
}
// Clear the header variable
header = "";
// Close the connection
client.stop();
}
}

```

Voor site 2.0 heb ik de arduino code helemaal herschreven, nu is het compacter en loopt de website op core1(2^{de} core), hierdoor pauzeert de code niet als er iemand de website bezoekt.

```
// libraries inladen
#include <WiFi.h>
#include "src/website/index.h"
#include <Adafruit_MCP3008.h>
#include <AsyncTCP.h>
#include <ESPAsyncWebSrv.h>

// wifi instellingen
const char* ssid = "GoKART_WIFI";
const char* password = "123456789";

// zet web server op port 80
AsyncWebServer server(80);

//kortere naam geven om functie op te roepen.
Adafruit_MCP3008 adc;

// ledstrip GPIO pinnen
const byte Rpin = 32;
const byte Gpin = 33;
const byte Bpin = 25;

// max waarden voor calibratie
const int batvalcalmax[4] = {1007,1008,1011,1013};

String batteryperc;
int speed;
int64_t lastUpdate;
int64_t lastSpeedTimeout;
bool hasPassed = false;
int64_t lastPasTime = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  adc.begin(); // start de hardware interface met de adc
  // RGB pinnen als output zetten
  pinMode(Rpin, OUTPUT);
  pinMode(Gpin, OUTPUT);
  pinMode(Bpin, OUTPUT);
  digitalWrite(Rpin, HIGH);
  // Start Acces Point
  WiFi.softAP(ssid, password);
  delay(100);
  //verander het IP adres
  IPAddress Ip(192, 168, 1, 1);
  IPAddress NMask(255, 255, 255, 0);
  WiFi.softAPConfig(Ip, Ip, NMask);
  server.on("/update", HTTP_GET, [] (AsyncWebServerRequest *request) { // als er
een request binnenkomt met path /batperc
    request->send(200, "text/plain", batteryperc); // stuur de json data naar de
client
  });
  server.on("/rgb", HTTP_GET, [] (AsyncWebServerRequest *request) { // als er
een request binnenkomt met path /rgb
    if (request->hasParam("hex")){ // kijken of de url de gevraagd
parameter heeft
      String hexstring = request->getParam("hex")->value(); // steek
de url parameter in een variabele
      long number = (long) strtol( &hexstring[0], NULL, 16); // zet
hex om naar binair
      byte rgb[3] = {
```

```

        (number >> 16), // neem de eerste 2 hexadecimale
cijfers
        (number >> 8 & 0xFF), // neem de middelste 2
hexadecimale cijfers
        (number & 0xFF) // neem de laatste 2
hexadecimale cijfers
    };
    // stuur de waarden naar de pinnen van de ledstrip
    analogWrite(Rpin,rgb[0]);
    analogWrite(Gpin,rgb[1]);
    analogWrite(Bpin,rgb[2]);
}
});
server.on("/", HTTP_GET, [] (AsyncWebServerRequest *request) { // als er een
request binnenkomt met path /
    request->send(200, "text/html", index_html); // stuur html
});
//start de website
server.begin();
}

void loop(){
    int64_t currentMillis = esp_timer_get_time();
    if (currentMillis - lastUpdate >= 1000000) {
        int sensVal = adc.readADC(4);
        int64_t currentPassTime = esp_timer_get_time(); // de tijd opvragen
        if(sensVal > 520 && !hasPassed) { // als de waarde hoger is dan 520
            if(lastPassTime != 0){ // als de magneet al voorbij is gegaan
                int64_t t = currentPassTime - lastPassTime; // berkenen tijdverschil met
vorige keer
                speed = 3619000/t; // zet dit om naar km/u
            }
            lastPassTime = currentPassTime; // slaag deze tijd op
            hasPassed = true; // zeg dat de magneet voorbij is aan het gegaan
        }
        else if(sensVal < 470) hasPassed = false; // als de de waarde lager is dan
470, zeg dat de magneet voorbij is

        if(currentPassTime - lastPassTime >= 4000000){ // als de magneet niet meer
voorbij is geweest na 4 seconden
            speed = 0; // zet de snelheid op 0
            lastPassTime = currentPassTime; // de tijd opslaan
        }

        int batval[4];
        for(byte i=0; i<4; i++) batval[i] = map(constrain(adc.readADC(i), 0,
batvalcalmax[i]), 0, batvalcalmax[i], 0, 1023);
        byte batperc[4];
        // waarden omvormen naar percentage (voor uitleg, zie verslag)
        batperc[0] = map(constrain(batval[0], 944, 1023), 944, 1023, 0, 100);
        batperc[1] = map(constrain(batval[1] - batval[0]/2, 472, 512), 472, 512, 0,
100);
        batperc[2] = map(constrain(batval[2] - batval[1]*2/3, 315, 341), 315, 341,
0, 100);
        batperc[3] = map(constrain(batval[3] - batval[2]*3/4, 235, 256), 235, 256,
0, 100);
        // data in json formaat opslaan
        batteryperc =
"{\"0\": \""+String(batperc[0])+"\", \"1\": \""+String(batperc[1])+"\", \"2\": \""+St
ring(batperc[2])+"\", \"3\": \""+String(batperc[3])+"\", \"4\": \""+String(speed)+"\
"}";
        lastUpdate = currentMillis;
    }
}
}

```

4.4.3 Website

Site 1.0:

```
<!DOCTYPE html><html>
<!-- html metadata -->
<head><meta name=\ "viewport\ " content=\ "width=device-width, initial-scale=1\ ">
<!-- css style -->
<style>html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin: 0px auto;
text-align: center;}
.button { background-color: #4CAF50; border: none; color: white; padding: 16px
40px; text-decoration: none; font-size: 30px; margin: 2px; cursor: pointer;}
.batteryporc {width:100%; text-align:center;}
.batteryporc div {width: calc(100% / 6); display: inline-block; vertical-align:
top; text-align:center;}
</style></head>
<!-- elements: -->
<!-- percentages van de batterij -->
<body><h1>Batteries:</h1>
<div
class='batteryporc'><div><h1>50%</h1></div><div><h1>50%</h1></div><div><h1>50%</
h1></div><div><h1>50%</h1></div></div>
<input type='color' id='colorpicker' value='#0000ff'>
<p><button onclick='uploadrgb()' class='button'>UPLOAD</button></p>

<script>
function uploadrgb() {loadXMLDoc('/rgb?' +
document.getElementById('colorpicker').value.substring(1));}
function loadXMLDoc(url) {var xhttp = new
XMLHttpRequest();xhttp.onreadystatechange = function() {if (this.readyState == 4
&& this.status == 200) {return this.responseText;}};xhttp.open('GET', url,
true);xhttp.send();}
</script>
</body></html>
```

4.4.4 Finale code

Dit is website 2.0:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta name=\ "viewport\ " content=\ "width=device-width, initial-scale=1\ ">
    <!-- css style -->
    <style>
      html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin: 0px
auto; text-align: center; color: white;}
      body {background-color: #262626;}
      .button { background-color: #4CAF50; border: none; color: white;
padding: 16px 40px; text-decoration: none; font-size: 30px; margin: 2px; cursor:
pointer;}
      #batteryperc {width:100%; text-align:center; margin-bottom: 20px;}
      #batteryperc div {width: 23vw; display: inline-block;}
      #batteryperc div div{ width: 17vw; height: 5vw; position: relative;
border: 0.2vw solid white;}
      #batteryperc div div div{ position:absolute; background-color:
#008000; z-index: -11; width: 0; left: 0; border: none;}
      #batteryperc div div div:after { display: block; position: absolute;
top: 1.5vw; left: 17.5vw; z-index: -11; content: " "; width: 1.5vw; height: 2vw;
background: #ffffff;}
      #batteryperc div div h1{ position:absolute; text-align: center;
left: 0px; width: 100%; margin-top: 0.55vw; font-size: 3.5vw;}
      #speed h2{line-height: 1vh;}
    </style>
  </head>
  <!-- elements: -->
  <!-- percentages van de batterij -->
  <body onload='onPageLoad()' >
    <h1>Batterijen:</h1>
    <div id='batteryperc'>
      <div>
        <div>
          <h1>0%</h1>
          <div></div>
        </div>
      </div>
      <div>
        <div>
          <h1>0%</h1>
          <div></div>
        </div>
      </div>
      <div>
        <div>
          <h1>0%</h1>
          <div></div>
        </div>
      </div>
      <div>
        <div>
          <h1>0%</h1>
          <div></div>
        </div>
      </div>
    </div>
  <!-- snelheid weergeven -->
  <h1>Snelheid:</h1>
  <div id='speed'>
    <h2>0</h2>
    <h2>km/h</h2>
```

```

</div>
<h1>RGB Led:</h1>
<!-- rgb kleur selectie -->
<input type='color' id='colorpicker' value='#0000ff'>
<p><button onclick='uploadrgb()' class='button'>UPLOAD</button></p>
</body>
<script>
    let updateIntervalId = setInterval(checkForUpdates, 2000); // roep functie
op elke 2seconden

    function checkForUpdates() { // als de timer afgelopen is
        updatebatteries(); // update batterij en snelheid percentages
    }

    function uploadrgb() {
        loadXMLDoc('/rgb?hex=' +
document.getElementById('colorpicker').value.substring(1)); // roep functie op
met path en parameters
    }

    function loadXMLDoc(url) {
        var xhttp = new XMLHttpRequest(); // maak nieuw http request
        xhttp.onreadystatechange = function() { // wanner antwoord is ontvangen
            if (this.readyState == 4 && this.status == 200) { // Als er geen
errors zijn
                return this.response; // return de response
            }
        };
        xhttp.open('GET', url, true); // stel request type en path in
        xhttp.send(); // stuur verzoek
    }

    function onPageLoad(){ // als de pagina geladen is
        updatebatteries(); // update batterij en snelheid percentages
    }

    function updatebatteries() {
        var xhttp = new XMLHttpRequest(); // maak nieuw http request
        xhttp.onreadystatechange = function() { // wanner antwoord is ontvangen
            if (this.readyState == 4 && this.status == 200) { // Als er geen
errors zijn
                const data = JSON.parse(this.response); // parse response naar
json
                for (let i = 0; i < 4; i++) { // herhaal 4 keer voor elke
batterij
                    let perc = data[i] + '%'; // voeg percentage toe aan text
document.getElementById('batteryperc').children[i].firstElementChild.firstElemen
tChild.innerHTML = perc; // schrijf text naar html

                document.getElementById('batteryperc').children[i].firstElementChild.getElements
ByTagName('div')[0].style.width = perc; // zet grootte van groene balk
                }
                document.getElementById('speed').firstElementChild.innerHTML =
data[4]; // schrijf snelheid text naar html
            }
        };
        xhttp.open('GET', '/update', true); // stel request type en path in
        xhttp.send(); // stuur verzoek
    }
</script>
</html>

```

Website 2.0 UI:



Figuur 24: website UI

4.5 Esp32 met bluetooth (2)

4.5.1 library toelichting

BluetoothA2DPSink is een library dat het gemakkelijker maakt om het A2DP bluetooth protocol om te zetten in I2S voor naar een externe DAC te sturen.

Dit zijn de settings:

bck_io_num: bit clock output pin
ws_io_num = word select output pin
data_out_num = data output pin
data_in_num = data input pin (wordt niet gebruikt)

Bij het starten van de a2dp sink, geef je de naam dat zichtbaar is voor andere apparaten.

4.5.2 Finale code

De library regelt het enige dat deze esp32 moet uitvoeren dus dit is niet veel code.

```
#include "BluetoothA2DPSink.h"

BluetoothA2DPSink a2dp_sink;

void setup() {
  i2s_pin_config_t my_pin_config = { // settings ingeven
    .bck_io_num = 33,
    .ws_io_num = 26,
    .data_out_num = 25,
    .data_in_num = I2S_PIN_NO_CHANGE
  };
  a2dp_sink.set_pin_config(my_pin_config); // geef config door aan library
  a2dp_sink.start("GoKART_Bluetooth"); // start bluetooth en de a2dp_sink
}

void loop() {}
```

5 Test en verificatie

Originele go-kart:



Figuur 25: originele go-kart

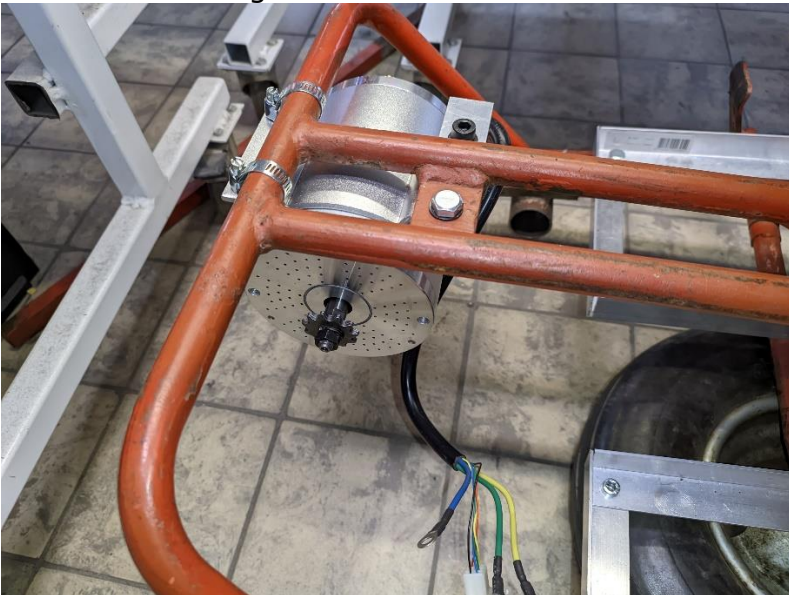
Het ronde stuur is vervangen met een recht stuur zodat de gashendel er op gemonteerd kon worden.



Daarna heb ik met aluminium hoekprofielen een soort rails gemaakt waar de batterijen kunnen op bevestigd worden.

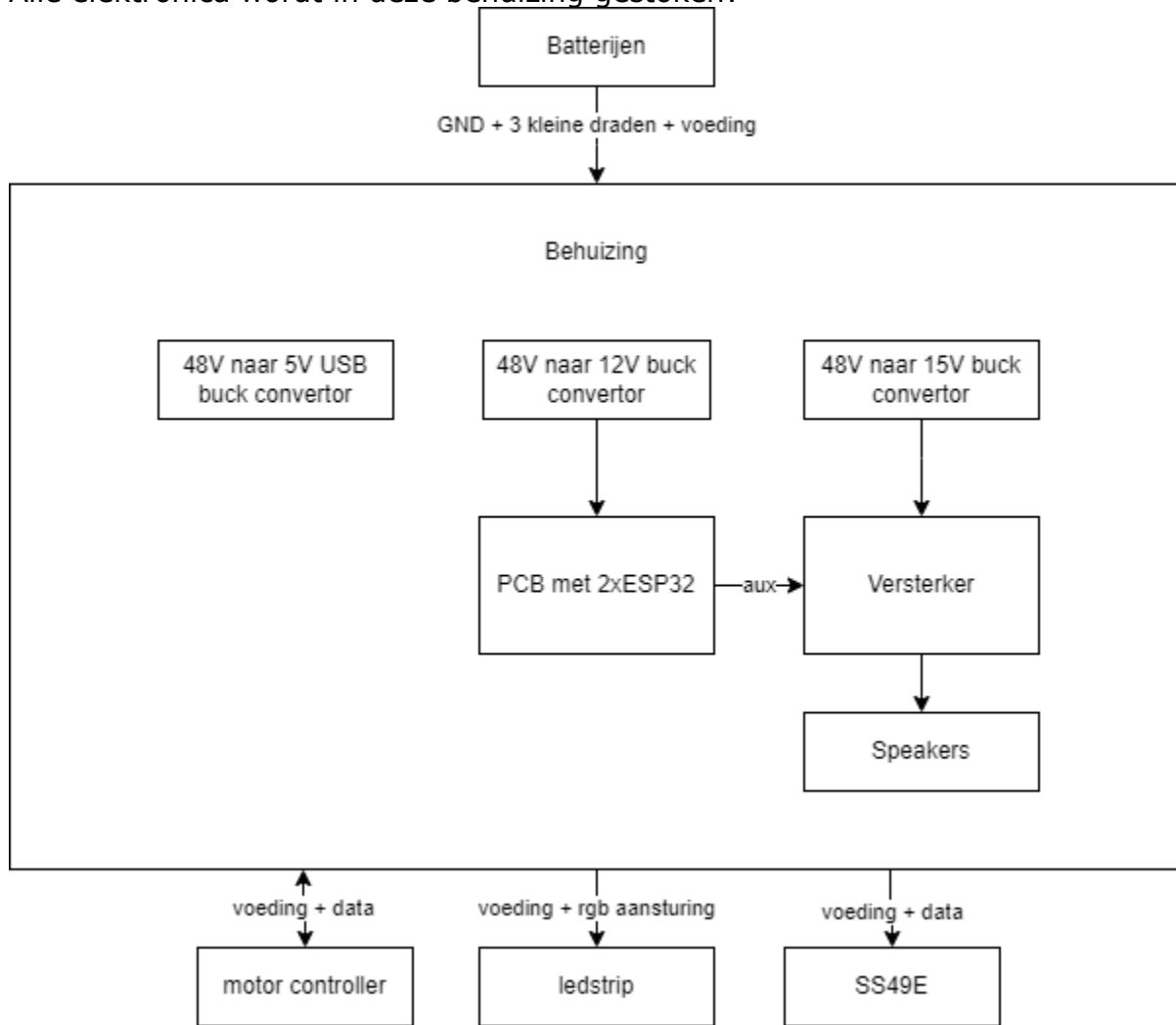


Dan is de motor gemonteerd.



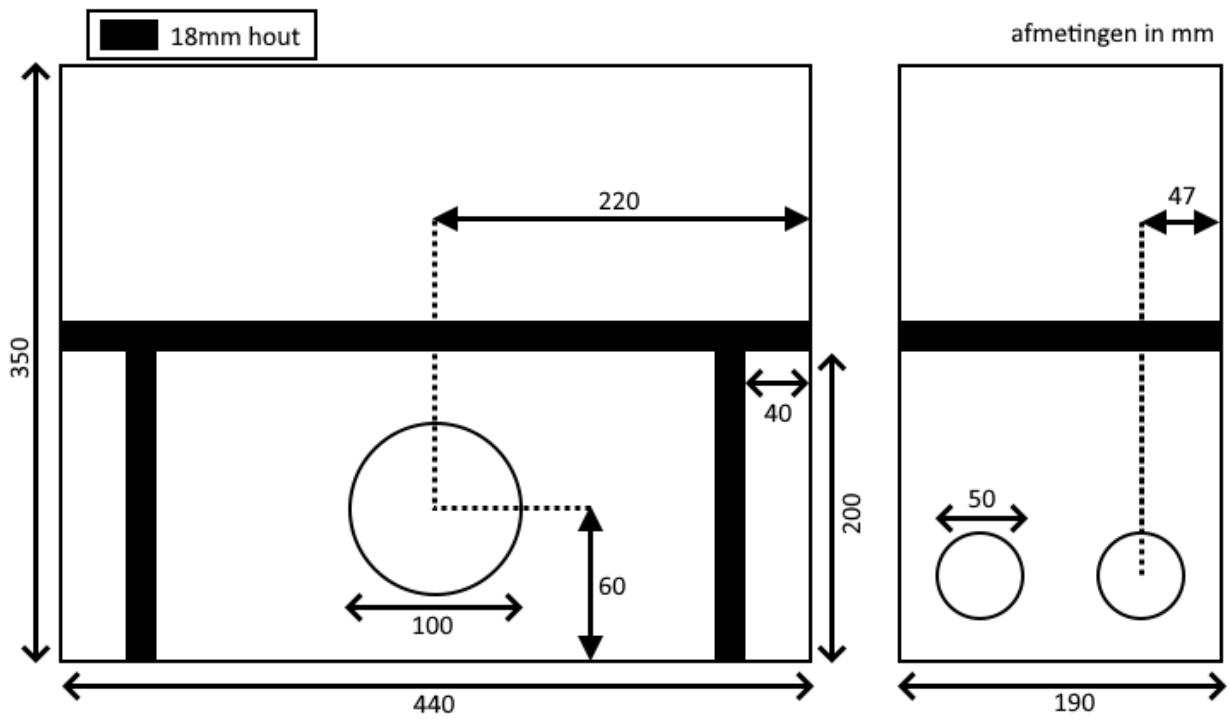
De motor is verbonden met T8F tandwielen en ketting aan het as van de achterste wielen.

Alle elektronica wordt in deze behuizing gestoken:

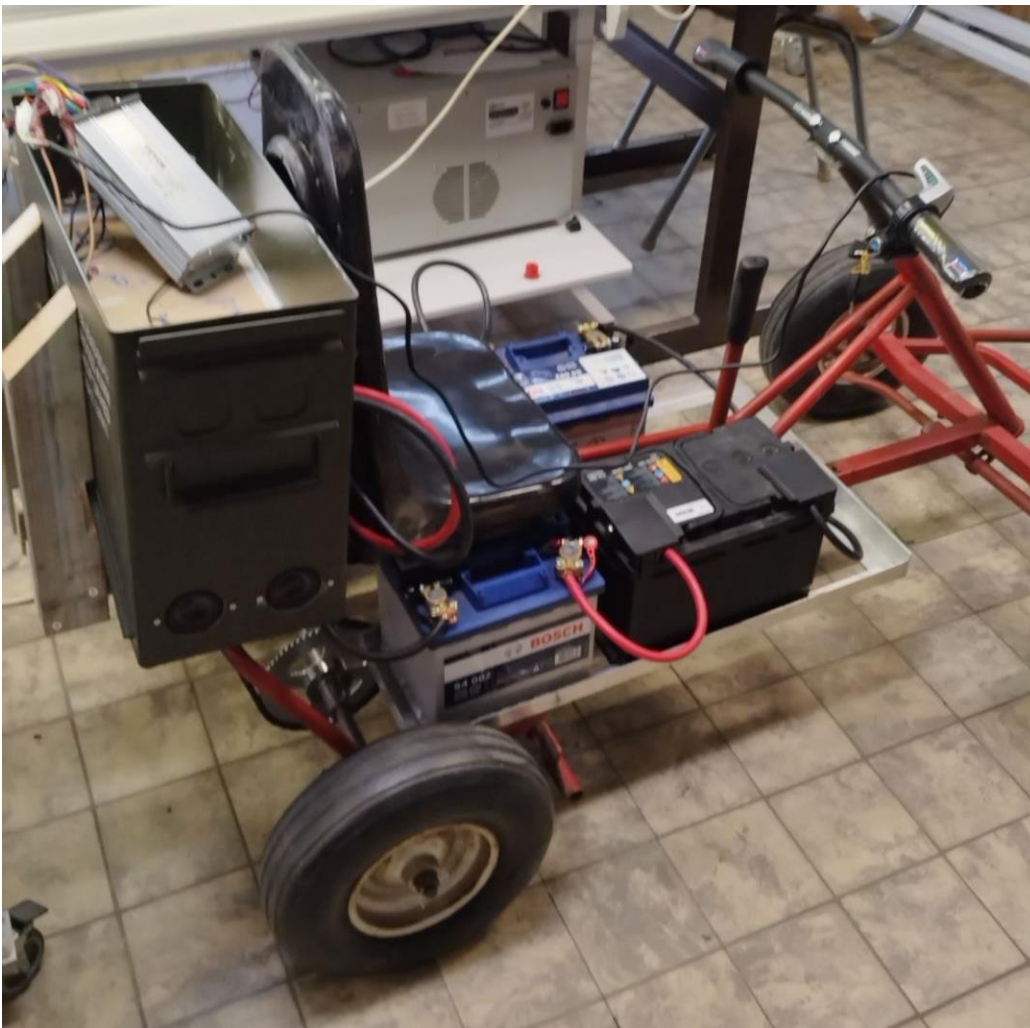


Figuur 26: behuizing go-kart

Dit is een ammunitiedoos van het leger. Ik heb dit gekozen omdat dit sterk, lucht/waterdicht en groot genoeg is om speakers in te bevestigen.



Dit is het eindresultaat:



6 Bestellijst

Component	artikelnummer	Leverancier	aantal	prijs per stuk(inc l btw)	totaal prijs
ESP32 WROOM 4Mb Devkit V1 Board met WiFi Bluetooth en Dual Core processor	OT101-B51	otronic.nl	1	9.89 €	9.89 €
Go kart	/	particulier	1	40.00 €	40.00 €
Rcnun 15-80V Om 12V 2A Step-Down Dc dc Converter	4001122210415	aliexpress.com	1	7.16 €	7.16 €
SS49E x 10	1005003468214330	aliexpress.com	1	1.03 €	1.03 €
Auto Batterij Terminal Connector	1005003535655131	aliexpress.com	4	6.75 €	27.00 €
Diymore Usb Dc-Dc 48V Naar 5V 2A step Down Power Supply Module Buck Converter Stabilizer Board	4000078554004	aliexpress.com	1	1.60 €	1.60 €
Connectors Blote 60 Terminals Lugs draad Koper Kit	1005003443324886	aliexpress.com	1	10.93 €	10.93 €
Mini Digitale Voltmeter Amperemeter Dc 0-100V 50A	33010218601	aliexpress.com	1	2.66 €	2.66 €
100W 6A DC-DC Buck Converter 10-90V Tot 1.5V-60V	1005003071433216	aliexpress.com	1	4.73 €	4.73 €
Dc Mcb 48V Batterij Beschermen Circuit Breaker 2P 50A	1005004131224496	aliexpress.com	1	6.10 €	6.10 €
2000W 48V DC Brushless Motor w/Mounting Bracket E-Scooter E-Motor ON	/	vevor.nl	1	151.99 €	151.99 €
5050 Smd 5M Rgb Led Strip	1005004659046931	aliexpress.com	1	9.06 €	9.06 €
12V auto Batterijen(2dehands)	/	particulier	4	10.00 €	40.00 €
Hoekprofiel 20x20 mm 260cm wit	8711283023878	hubo.be	2	3.99 €	7.98 €
Sam Tapbout met moer M8 40mm verzinkt 20 stuks	5413326213545	hubo.be	1	7.10 €	7.10 €
E-TEN1122 Serie Oranje Rocker Terminal Tuimelschakelaar	32864133645	aliexpress.com	1	1.36 €	1.36 €
10bit Ser. ADC 8Ch SPI DIP16 MCP3008-I/P : Microchip	MCP3008	gotron.be	1	4.32 €	4.32 €
					332.91 €

7 Bibliografie

Werking hall effect sensor (4/02/23):

<https://www.motioncontroltips.com/how-do-hall-effect-sensors-work-where-are-they-used-in-motion-applications/>

SPI uitleg (11/02/23):

https://nl.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface

<https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html>

I2S uitleg (11/02/23):

<https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2S>

Uitleg voltage regulator(11/02/23):

<https://www.britannica.com/technology/voltage-regulator>

Uitleg SAR ADC(11/02/23):

<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-analog-to-digital-converters-the-successive-approximation-reg>

Specs motor(26/02/23):

https://www.vevor.nl/borstelloze-gelijkstroommotor-c_11227/48v-1800w-electric-motor-scooter-go-kart-powerful-advanced-tech-popular-pro-p_010700081791?utm_source=google&utm_medium=cpc&qclid=Cj0KCQiAo-yfBhD_ARIsANr56g4bFlg8GV0rzzS_VHLWCtAoXgO07bpyJu_crOFbaE09hqPCt1TG9MMaAlK2EALw_wcB

Brushless DC uitleg(26/02/23):

<https://us.aspina-group.com/en/learning-zone/columns/what-is/014/>

Omrekenen van vermogen en rpm naar torque(26/02/23):

<https://www.electrical4u.net/calculator/watt-w-to-torque-nm-conversion-calculator/>

Alle datasheets:

<https://www.alldatasheet.com/>

Example code acces point en website(8/03/23):

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-access-point-ap-web-server/>

Max spanningsdeler weerstand voor MCP3008(23/04/23) :

<https://electronics.stackexchange.com/questions/344159/how-to-simulate-analogue-output-sensor-with-mcp3008-adc-can-i-use-a-10k-potenti>

Arduino ESP32 A2DP Bluetooth library(23/04/23):

<https://github.com/pschatzmann/ESP32-A2DP>

Minimum schema esp32(24/04/2023):

<https://thecustomizewindows.com/2019/06/required-circuit-for-bare-minimum-esp32-module/#:~:text=The%20bare%20minimum%20required%20components,TTL%2FUART%20required%20for%20programming.>

Code voor SPI pins te vinden(25/04/2023):

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-spi-communication-arduino/>

Code example AsyncWebserver(25/04/2023):

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-async-web-server-espasyncwebserver-library/>

https://e2e.ti.com/blogs_/archives/b/precisionhub/posts/delta-sigma-adc-basics-understanding-the-delta-sigma-modulator

Uitleg buck convertor(01/06/2023):

<https://electronicscoach.com/buck-converter.html>

8 Gebruikte datablad informatie

8.1 TIP120(darlington transistor)

TIP120, TIP121, TIP122 (NPN); TIP125, TIP126, TIP127 (PNP)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP120, TIP125	TIP121, TIP126	TIP122, TIP127	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	60	80	100	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CB}	60	80	100	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EB}	5.0			Vdc
Collector Current – Continuous – Peak	I_C	5.0 8.0			Adc
Base Current	I_B	120			mAdc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	65 0.52			W W/ $^\circ\text{C}$
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	2.0 0.016			W W/ $^\circ\text{C}$
Unclamped Inductive Load Energy (Note 1)	E	50			mJ
Operating and Storage Junction, Temperature Range	T_J, T_{stg}	–65 to +150			$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction–to–Case	$R_{\theta JC}$	1.92	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction–to–Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

1. $I_C = 1\text{ A}$, $L = 100\text{ mH}$, P.R.F. = 10 Hz, $V_{CC} = 20\text{ V}$, $R_{BE} = 100\ \Omega$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	
OFF CHARACTERISTICS					
Collector–Emitter Sustaining Voltage (Note 2) ($I_C = 100\text{ mAdc}$, $I_B = 0$)	TIP120, TIP125 TIP121, TIP126 TIP122, TIP127	$V_{CEO(sus)}$	60 80 100	– – –	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 30\text{ Vdc}$, $I_B = 0$) ($V_{CE} = 40\text{ Vdc}$, $I_B = 0$) ($V_{CE} = 50\text{ Vdc}$, $I_B = 0$)	TIP120, TIP125 TIP121, TIP126 TIP122, TIP127	I_{CEO}	– – –	0.5 0.5 0.5	mAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 60\text{ Vdc}$, $I_E = 0$) ($V_{CB} = 80\text{ Vdc}$, $I_E = 0$) ($V_{CB} = 100\text{ Vdc}$, $I_E = 0$)	TIP120, TIP125 TIP121, TIP126 TIP122, TIP127	I_{CBO}	– – –	0.2 0.2 0.2	mAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 5.0\text{ Vdc}$, $I_C = 0$)		I_{EBO}	–	2.0	mAdc
ON CHARACTERISTICS (Note 2)					
DC Current Gain ($I_C = 0.5\text{ Adc}$, $V_{CE} = 3.0\text{ Vdc}$) ($I_C = 3.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 3.0\text{ Vdc}$)		h_{FE}	1000 1000	– –	–
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 3.0\text{ Adc}$, $I_B = 12\text{ mAdc}$) ($I_C = 5.0\text{ Adc}$, $I_B = 20\text{ mAdc}$)		$V_{CE(sat)}$	– –	2.0 4.0	Vdc
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 3.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 3.0\text{ Vdc}$)		$V_{BE(on)}$	–	2.5	Vdc
DYNAMIC CHARACTERISTICS					
Small–Signal Current Gain ($I_C = 3.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ MHz}$)		h_{fe}	4.0	–	–
Output Capacitance ($V_{CB} = 10\text{ Vdc}$, $I_E = 0$, $f = 0.1\text{ MHz}$) TIP125, TIP126, TIP127 TIP120, TIP121, TIP122		C_{ob}	– –	300 200	pF

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

2. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$

8.2 SS49E(hall-effect sensor)

Solid State Hall-effect Sensors Economical Linear Position Sensor

SS49E/SS59ET Series

OPERATING CHARACTERISTICS ($V_s = 5.0\text{ V}$, $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C}$ TO $85\text{ }^\circ\text{C}$, EXCEPT WHERE NOTED)

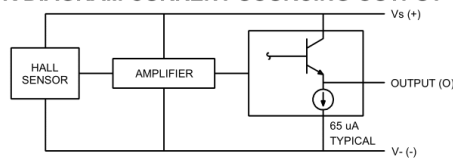
Supply Voltage (Vdc)		3.0 to 6.5
Supply Current (mA) @ 25 °C	Typ.	6
	Max.	10
Output Current (mA)	Min. ($V_s > 3.0\text{ V}$)	1.0
	Typ. ($V_s > 3.0\text{ V}$)	1.5
Output Voltage (mV/G)	Min.	1.0
	Typ.	1.4
	Max.	1.75
Null @ 0 gauss, 25 °C (Vdc)	Min.	2.25
	Typ.	2.50
	Max.	2.75
Output Voltage Span (Vdc)	Min.	1.05 to ($V_s - 1.05$)
	Typ.	0.95 to ($V_s - 0.95$)
Magnetic Range (Gauss)	Min.	± 650
	Typ.	± 1000
Linearity (% of Span)		-0.7
Output Type		Linear, Sourcing
Magnetics Type		Analog
Response Time (μs)		3
Sensitivity (mV/Gauss) @ 25 °C	Min.	1.0
	Typ.	1.4
	Max.	1.75
Operating Temperature		$-40\text{ }^\circ\text{C}$ to $100\text{ }^\circ\text{C}$ [$-40\text{ }^\circ\text{F}$ to $212\text{ }^\circ\text{F}$]
Temperature Error (%/°C)		
Null Drift	Min.	-0.10
	Max.	0.10
Sensitivity Drift	$\geq 25\text{ }^\circ\text{C}$ Min.	-0.15
	$\geq 25\text{ }^\circ\text{C}$ Max.	0.05
	$< 25\text{ }^\circ\text{C}$ Min.	-0.04
	$< 25\text{ }^\circ\text{C}$ Max.	0.185

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

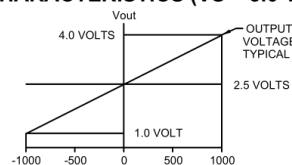
Supply Voltage (V_s)	-0.5 Vdc to 8.0 Vdc
Output Current	10 mA
Storage Temperature	$-55\text{ }^\circ\text{C}$ to $165\text{ }^\circ\text{C}$ [$-67\text{ }^\circ\text{F}$ to $329\text{ }^\circ\text{F}$]

*Absolute maximum ratings are the extreme limits the device will withstand without damage to the device. However, the electrical and mechanical characteristics are not guaranteed as the maximum limits (above recommended operating conditions) are approached, nor will the device necessarily operate at absolute maximum ratings.

BLOCK DIAGRAM CURRENT SOURCING OUTPUT



TRANSFER CHARACTERISTICS ($V_s = 5.0\text{ VDC}$)



8.3 MCP3008(SAR DAC)

MCP3004/3008

Electrical Characteristics: Unless otherwise noted, all parameters apply at $V_{DD} = 5V$, $V_{REF} = 5V$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$, $f_{SAMPLE} = 200$ kSPS and $f_{SCLK} = 18 \cdot f_{SAMPLE} = 3.6$ MHz. Unless otherwise noted, typical values apply for $V_{DD} = 5V$ and $T_A = +25^{\circ}C$.

Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Power Requirements						
Operating Voltage	V_{DD}	2.7	—	5.5	V	
Operating Current	I_{DD}	—	425	550	μA	$V_{DD} = V_{REF} = 5V$
		—	287	—		$V_{DD} = V_{REF} = 3.3V$, $f_{SAMPLE} = 130$ kSPS
		—	216	—		$V_{DD} = V_{REF} = 2.7V$ $f_{SAMPLE} = 75$ kSPS D_{OUT} unloaded for all cases
Standby Current	I_{DDs}	—	0.005	2	μA	$CS = V_{DD} = 5.0V$

- Note 1:** This parameter is established by characterization and not 100% tested.
2: See graphs that relate linearity performance to V_{REF} levels.
3: Because the sample cap will eventually lose charge, effective clock rates below 10 kHz can affect linearity performance, especially at elevated temperatures. See [Section 6.2 "Maintaining Minimum Clock Speed"](#), "Maintaining Minimum Clock Speed", for more information.
4: This parameter specification applies to industrial temperature grading device option ($-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$).
5: This parameter specification applies to automotive grade 1 device option ($-40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$).

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = +2.7V$ to $+5.5V$, $V_{SS} = GND$.						
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Temperature Ranges						
Specified Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
Operating Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
Storage Temperature Range	T_A	-65	—	+150	$^{\circ}C$	
Thermal Package Resistances						
Thermal Resistance, 14L-PDIP	θ_{JA}	—	70	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 14L-SOIC	θ_{JA}	—	108	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 14L-TSSOP	θ_{JA}	—	100	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 16L-PDIP	θ_{JA}	—	70	—	$^{\circ}C/W$	
Thermal Resistance, 16L-SOIC	θ_{JA}	—	90	—	$^{\circ}C/W$	

MCP3004/3008

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings †

V_{DD} 7.0V
 All Inputs and Outputs w.r.t. V_{SS} - 0.6V to $V_{DD} + 0.6V$
 Storage Temperature-65°C to +150°C
 Ambient temperature with power applied.....-65°C to +150°C
 Soldering temperature of leads (10 seconds) +300°C
 ESD protection on all pins
 CDM: $\leq 2kV$ at -40°C to +125°C
 HBM: $\leq 4kV$ at -40°C to +125°C

†

† **Notice:** Stresses above those listed under “Absolute Maximum Ratings” may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics: Unless otherwise noted, all parameters apply at $V_{DD} = 5V$, $V_{REF} = 5V$, $T_A = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$, $f_{SAMPLE} = 200$ kps and $f_{SCLK} = 18 * f_{SAMPLE} = 3.6$ MHz. Unless otherwise noted, typical values apply for $V_{DD} = 5V$ and $T_A = +25^\circ C$.

Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Conversion Rate						
Conversion Time	t_{CONV}	—	—	10	clock cycles	
Analog Input Sample Time	t_{SAMPLE}	—	1.5	—	clock cycles	
Throughput Rate	f_{SAMPLE}	—	—	200	kpsps	$V_{DD} = V_{REF} = 5V$ $V_{DD} = V_{REF} = 3.3V$ (Note 1) $V_{DD} = V_{REF} = 2.7V$
		—	—	130	kpsps	
		—	—	75	kpsps	
DC Accuracy						
Resolution		—	10	—	bits	
Integral Nonlinearity	INL	—	± 0.5	± 1	LSB	
Differential Nonlinearity	DNL	—	± 0.25	± 1	LSB	No missing codes over temperature
Offset Error	OS_{ER}	—	0.87	± 1.5	LSB	-40°C to +85°C (Note 4)
		—	0.87	± 1.95	LSB	-40°C to +125°C (Note 5)
Gain Error	G_{ER}	—	0.06	± 1.0	LSB	
Dynamic Performance						
Total Harmonic Distortion	THD	—	-76	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V@1$ kHz
Signal-to-Noise and Distortion	SINAD	—	61	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V@1$ kHz
Spurious Free Dynamic Range	SFDR	—	78	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V@1$ kHz
Reference Input						
Voltage Range		0.25	—	V_{DD}	V	Note 2
Current Drain		—	100	150	μA	During operation Idle state, $CS = V_{DD} = 5V$
		—	0.001	3	μA	

- Note 1:** This parameter is established by characterization and not 100% tested.
2: See graphs that relate linearity performance to V_{REF} levels.
3: Because the sample cap will eventually lose charge, effective clock rates below 10 kHz can affect linearity performance, especially at elevated temperatures. See [Section 6.2 “Maintaining Minimum Clock Speed”](#), “Maintaining Minimum Clock Speed”, for more information.
4: This parameter specification applies to industrial temperature grading device option (-40°C to +85°C).
5: This parameter specification applies to automotive grade 1 device option (-40°C to +125°C).

8.4 AMS1117-3.3V(lineaire spanningsregelaar)

AMS1117

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Power Dissipation	Internally limited
Input Voltage	15V
Operating Junction Temperature	
Control Section	-40°C to 125°C
Power Transistor	-40°C to 125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C

Soldering information

Lead Temperature (25 sec)	265°C
Thermal Resistance	
SO-8 package	$\phi_{JA} = 160^{\circ}\text{C/W}$
TO-252 package	$\phi_{JA} = 80^{\circ}\text{C/W}$
SOT-223 package	$\phi_{JA} = 90^{\circ}\text{C/W}^*$

* With package soldering to copper area over backside ground plane or internal power plane ϕ_{JA} can vary from 46°C/W to >90°C/W depending on mounting technique and the size of the copper area.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Electrical Characteristics at $I_{OUT} = 0$ mA, and $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified.

Parameter	Device	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Reference Voltage (Note 2)	AMS1117	$I_{OUT} = 10$ mA $1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$	1.232	1.250	1.268	V
			1.2125	1.250	1.2875	V
Output Voltage (Note 2)	AMS1117-1.5	$V_{IN} = 3V$	1.478	1.500	1.522	V
			1.455	1.500	1.545	V
	AMS1117-1.8	$V_{IN} = 3.3V$	1.773	1.800	1.827	V
			1.746	1.800	1.854	V
	AMS1117-2.5	$V_{IN} = 4V$	2.463	2.500	2.537	V
			2.425	2.500	2.575	V
	AMS1117-2.85	$V_{IN} = 4.35V$	2.808	2.850	2.892	V
			2.7645	2.850	2.9355	V
	AMS1117-3.3	$V_{IN} = 4.8V$	3.251	3.300	3.349	V
			3.201	3.300	3.399	V
	AMS1117-5.0	$V_{IN} = 6.5V$	4.925	5.000	5.075	V
			4.850	5.000	5.150	V
Line Regulation	AMS1117	$1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$		0.015	0.2	%
				0.035	0.2	%
	AMS1117-1.5	$1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$		0.3	5	mV
				0.6	6	mV
	AMS1117-1.8	$1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$		0.3	5	mV
				0.6	6	mV
	AMS1117-2.5	$1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$		0.3	6	mV
				0.6	6	mV
	AMS1117-2.85	$1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$		0.3	6	mV
				0.6	6	mV
	AMS1117-3.3	$1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$		0.5	10	mV
				1.0	10	mV
	AMS1117-5.0	$1.5V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12V$		0.5	10	mV
				1.0	10	mV
Load Regulation (Notes 2, 3)	AMS1117	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 1.5V, 10mA \leq I_{OUT} \leq 0.8A$		0.1	0.3	%
				0.2	0.4	%
	AMS1117-1.5	$V_{IN} = 3V, 0 \leq I_{OUT} \leq 0.8A$		3	10	mV
				6	20	mV
	AMS1117-1.8	$V_{IN} = 3.3V, 0 \leq I_{OUT} \leq 0.8A$		3	10	mV
				6	20	mV
	AMS1117-2.5	$V_{IN} = 5V, 0 \leq I_{OUT} \leq 0.8A$		3	12	mV
				6	20	mV

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Electrical Characteristics at $I_{OUT} = 0$ mA, and $T_J = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

Parameter	Device	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Load Regulation (Notes 2, 3)	AMS1117-2.85	$V_{IN} = 4.35\text{V}, 0 \leq I_{OUT} \leq 0.8\text{A}$		3 6	12 20	mV mV
	AMS1117-3.3	$V_{IN} = 4.75\text{V}, 0 \leq I_{OUT} \leq 0.8\text{A}$		3 7	15 25	mV mV
	AMS1117-5.0	$V_{IN} = 6.5\text{V}, 0 \leq I_{OUT} \leq 0.8\text{A}$		5 10	20 35	mV mV
Dropout Voltage ($V_{IN} - V_{OUT}$)	AMS1117-1.5/-1.8/-2.5/-2.85/-3.3/-5.0	$\Delta V_{OUT}, \Delta V_{REF} = 1\%, I_{OUT} = 0.8\text{A}$ (Note 4)		1.1	1.3	V
Current Limit	AMS1117-1.5/-1.8/-2.5/-2.85/-3.3/-5.0	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 1.5\text{V}$	900	1,100	1,500	mA
Minimum Load Current	AMS1117	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 1.5\text{V}$ (Note 5)		5	10	mA
Quiescent Current	AMS1117-1.5/-1.8/-2.5/-2.85/-3.3/-5.0	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 1.5\text{V}$		5	11	mA
Ripple Rejection	AMS1117	$f = 120\text{Hz}, C_{OUT} = 22\mu\text{F}$ Tantalum, $I_{OUT} = 1\text{A}$, $(V_{IN} - V_{OUT}) = 3\text{V}, C_{ADJ} = 10\mu\text{F}$	60	75		dB
	AMS1117-1.5/-1.8/-2.5/-2.85	$f = 120\text{Hz}, C_{OUT} = 22\mu\text{F}$ Tantalum, $I_{OUT} = 1\text{A}$, $V_{IN} = 4.35\text{V}$	60	72		dB
	AMS1117-3.3	$f = 120\text{Hz}, C_{OUT} = 22\mu\text{F}$ Tantalum, $I_{OUT} = 1\text{A}$ $V_{IN} = 4.75\text{V}$	60	72		dB
	AMS1117-5.0	$f = 120\text{Hz}, C_{OUT} = 22\mu\text{F}$ Tantalum, $I_{OUT} = 1\text{A}$ $V_{IN} = 6.5\text{V}$	60	68		dB
Thermal Regulation	AMS1117	$T_A = 25^\circ\text{C}, 30\text{ms}$ pulse		0.008	0.04	%W
Adjust Pin Current	AMS1117	$I_{OUT} = 10\text{mA}, 1.5\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12\text{V}$		55	120	μA μA
Adjust Pin Current Change	AMS1117	$I_{OUT} = 10\text{mA}, 1.5\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12\text{V}$		0.2	5	μA
Temperature Stability				0.5		%
Long Term Stability		$T_A = 125^\circ\text{C}, 1000\text{Hrs}$		0.3	1	%
RMS Output Noise (% of V_{OUT})		$T_A = 25^\circ\text{C}, 10\text{Hz} \leq f \leq 10\text{kHz}$		0.003		%
Thermal Resistance Junction-to-Case		All packages			15	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Parameters identified with **boldface type** apply over the full operating temperature range.

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics. The guaranteed specifications apply only for the test conditions listed.

Note 2: Line and Load regulation are guaranteed up to the maximum power dissipation of 1.2 W for SOT-223, 2.2W for TO-252 and 780mW for 8-Lead SOIC. Power dissipation is determined by the input/output differential and the output current. Guaranteed maximum power dissipation will not be available over the full input/output range.

Note 3: See thermal regulation specifications for changes in output voltage due to heating effects. Line and load regulation are measured at a constant junction temperature by low duty cycle pulse testing. Load regulation is measured at the output lead $\sim 1/8''$ from the package.

Note 4: Dropout voltage is specified up to 0.8A load. For currents over 0.8A dropout will be higher

Note 5: Minimum load current is defined as the minimum output current required to maintain regulation. When $1.5\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 12\text{V}$ the device is guaranteed to regulate if the output current is greater than 10mA.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		VALUE	UNIT
Supply Voltage	AVDD, CPVDD, DVDD	-0.3 to 3.9	V
Digital Input Voltage		-0.3 to 3.9	
Analog Input Voltage		-0.3 to 3.9	
Operating Temperature Range		-25 to 85	°C
Storage Temperature Range		-65 to 150	

THERMAL CHARACTERISTICS

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
θ_{JA}	Theta JA	High K		91.2		°C/W
Ψ_{JT}	Psi JT			1.0		
Ψ_{JB}	Psi JB			41.5		
θ_{JC}	Theta JC	Top		25.3		
θ_{JB}	Theta JB			42.0		

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

All specifications at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $AV_{DD} = CPV_{DD} = DV_{DD} = 3.3\text{V}$, $f_S = 48\text{kHz}$, system clock = $512 f_S$ and 24-bit data unless otherwise noted.

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
	Resolution		16	24	32	Bits
Data Format (PCM Mode)						
	Audio data interface format		I ² S, left justified			
	Audio data bit length		16, 24, 32-bit acceptable			
	Audio data format		MSB First, 2's Complement			
$f_S^{(1)}$	Sampling frequency		8		384	kHz
	System clock frequency		64, 128, 192, 256, 384, 512, 768, 1024, 1152, 1536, 2048, or 3072 f_{SCK} , up to 50Mhz			
Digital Input/Output						
Logic Family: 3.3V LVCMOS compatible						
V_{IH}	Input logic level		0.7×DV _{DD}			V
V_{IL}			0.3×DV _{DD}			
I_{IH}	Input logic current	$V_{IN} = V_{DD}$	10			μA
I_{IL}		$V_{IN} = 0\text{V}$	-10			
V_{OH}	Output logic level	$I_{OH} = -4\text{mA}$	0.8×DV _{DD}			V
V_{OL}		$I_{OL} = 4\text{mA}$	0.22×DV _{DD}			

(1) One sample time t_s defined as the reciprocal of the sampling frequency. $t_s = 1/f_S$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

All specifications at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $AV_{DD} = CPV_{DD} = DV_{DD} = 3.3\text{V}$, $f_S = 48\text{kHz}$, system clock = $512 f_S$ and 24-bit data unless otherwise noted.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Power Supply Requirements					
DV _{DD}	Digital supply voltage	Target DV _{DD} = 3.3V			
AV _{DD}	Analog supply voltage	3.0	3.3	3.6	VDC
CPV _{DD}	Charge-pump supply voltage	3.0	3.3	3.6	
I _{DD}	DV _{DD} supply current at 3.3V ⁽⁵⁾	f _S = 48kHz	7	12	mA
		f _S = 96kHz	8		
		f _S = 192kHz	9		
I _{DD}	DV _{DD} supply current at 3.3V ⁽⁶⁾	f _S = 48kHz	8	13	mA
		f _S = 96kHz	9		
		f _S = 192kHz	10		
I _{DD}	DV _{DD} supply current at 3.3V ⁽⁷⁾		0.5	0.8	mA
I _{CC}	AV _{DD} / CPV _{DD} Supply Current ⁽⁵⁾	f _S = 48kHz	11	16	mA
		f _S = 96kHz	11		
		f _S = 192kHz	11		
I _{CC}	AV _{DD} / CPV _{DD} Supply Current ⁽⁶⁾	f _S = 48kHz	22	32	mA
		f _S = 96kHz	22		
		f _S = 192kHz	22		
I _{CC}	AV _{DD} / CPV _{DD} Supply Current ⁽⁷⁾	f _S = n/a	0.2	0.4	mA
	Power Dissipation, DV _{DD} = 3.3V ⁽⁵⁾	f _S = 48kHz	59.4	92.4	mW
		f _S = 96kHz	62.7		
		f _S = 192kHz	66.0		
	Power Dissipation, DV _{DD} = 3.3V ⁽⁶⁾	f _S = 48kHz	99.0	148.5	mW
		f _S = 96kHz	102.3		
		f _S = 192kHz	105.6		
	Power Dissipation, DV _{DD} = 3.3V ⁽⁷⁾	f _S = n/a (Power Down Mode)	2.3	4.0	mW

- (5) Input is Bipolar Zero data.
- (6) Input is 1kHz -1dBFS data
- (7) Power Down Mode