

# VERSLAG PROJECT MICROCONTROLLERS

Marieke Louage, Stef Pletinck, Scoutt Verhelle



UNIVERSITEIT GENT  
CAMPUS KORTRIJK

## Inhoudsopgave

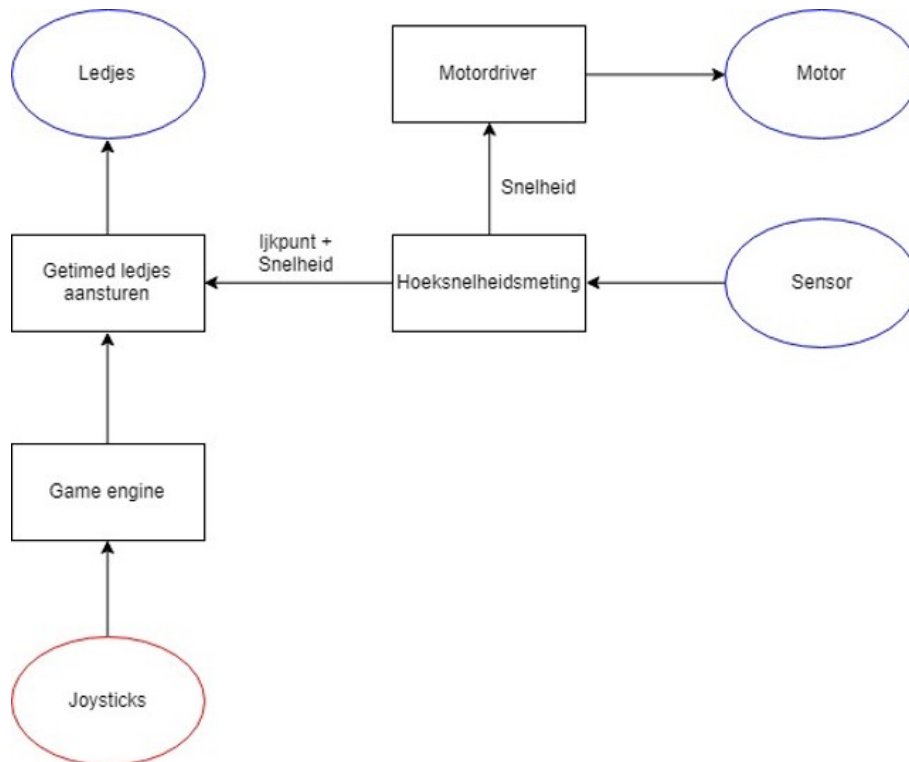
<b>1</b>	<b>Doelstellingen</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Praktische aanpak</b>	<b>2</b>
2.1	Werking display . . . . .	2
2.2	Aansturing LED's . . . . .	3
2.3	Timing LED's . . . . .	4
2.4	Fysieke constructie . . . . .	4
2.5	Aansturing motor . . . . .	4
2.6	Toerenteller schijf . . . . .	5
2.7	Joysticks . . . . .	6
2.8	Game engine . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Problemen</b>	<b>6</b>
3.1	ESC . . . . .	6
3.2	Light bleed . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Taakverdeling</b>	<b>6</b>

## Lijst van figuren

1	Structuur van het microcontrollerprogramma . . . . .	2
2	Schema van de draaischijf . . . . .	3
3	Schema van een led-pakket . . . . .	3
4	Schema van het aansturen van een ledstrip . . . . .	3
5	Controlesignaal ESC . . . . .	5
6	Vermogenssignaal naar de motor . . . . .	5

## Lijst van onafgewerkte taken

Fysieke constructie . . . . .	4
Keuze timers en verder aanvullen . . . . .	4
Info toerenteller . . . . .	5



Figuur 1: Structuur van het microcontrollerprogramma

## 1 Doelstellingen

Doel van deze opgave was het maken van een spel op een microcontroller, specifiek een Dwenguino. Verdere doelen van het vak zijn het leren lezen en interpreteren van datasheets en werken met de taal C. Er werd besloten om een multiplayer spel te maken, voor meer interactiviteit.

Voor de weergave van het spel werden verschillende mogelijkheden overlopen. Een eerste mogelijkheid was het aansturen van een VGA-display, maar door de hoge klokfrequentie van VGA en de daaraan gelinkte problemen werd dit idee snel verworpen.

Een tweede idee was het gebruik van een LED-matrix. De lage resolutie hiervan was echter een groot nadeel, dus werd uiteindelijk gekozen voor een scherm dat gebruik maakt van het principe van een hardeschijfklok.

Het spel zelf vindt plaats in een baan rond de aarde, waar twee ruimteschepen elkaar rond de aarde achtervolgen en proberen neer te schieten.

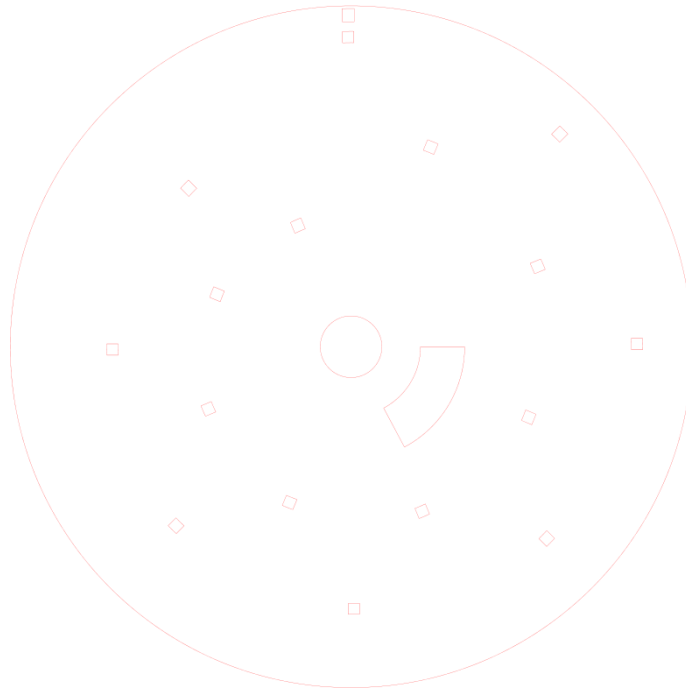
Als invoer van de spelers werd gekozen voor arcade-joysticks. Deze bestaan uit vier microswitches per joystick. Er waren verder nog vele ideeën om het spel verder uit te breiden.

## 2 Praktische aanpak

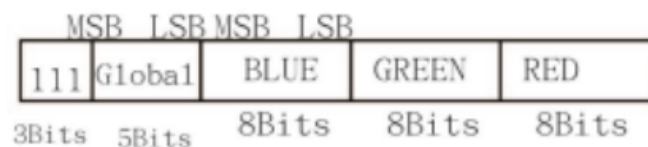
De nodige functionaliteit werd opgedeeld in logische blokken die met elkaar communiceren en op elkaar vertrouwen voor informatie. De bekomen structuur is zichtbaar in figuur 1.

### 2.1 Werking display

Een schijf met gaten draait snel rond over LED's, verspreid in sectoren, zie figuur 2. Door de LED's op de gepaste momenten in en uit te schakelen kan een zeer hoge resolutie bekomen worden rond het middelpunt. In de radiale richting is de resolutie beperkt door het aantal LED's, dit werd



Figuur 2: Schema van de draaischijf



Figuur 3: Schema van een led-pakket

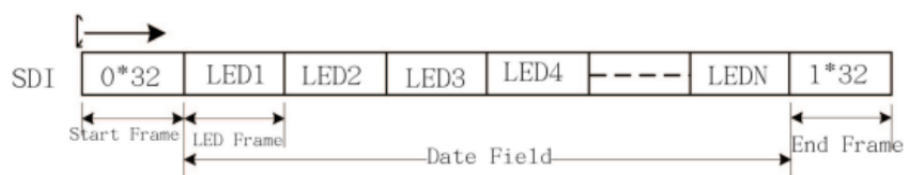
gekozen op 16 om de aansturing werkbaar te houden.

Met deze aanpak is het mogelijk om willekeurig de resolutie te kiezen waarmee de hoek wordt beschreven. Hoe groter deze resolutie, hoe meer pixels. Deze waarde werd gekozen op 1024.

## 2.2 Aansturing LED's

De gebruikte LED's zijn ledstrips van het type APA102. Deze kunnen vrij eenvoudig via SPI data ontvangen. Elke LED krijgt een pakket bestaande uit 32 bits, zie figuur 3. Deze data moet byte per byte en bit per bit verzonden worden over één datalijn, met een kloksignaal.

De ledstrip luistert naar nieuwe commando's na een startpakket bestaande uit 32 0-bits. Vervolgens moet, zoals zichtbaar op figuur 4, een pakket per LED verstuurd worden gevolgd door nogmaals 32 bits om te zorgen dat alle data ver genoeg doorgeschoven is. De waarde van deze bits is onbelangrijk, maar 0 is handig om te voorkomen dat er een LED op volle helderheid wit licht geeft.



Figuur 4: Schema van het aansturen van een ledstrip

Listing 1: Blocking SPI in C

---

```

unsigned char data = {0xAB, 0xCD, 0x12, 0x34};
for (unsigned char i = 4; i > 0; i--) {
    SPDR = data[i];
    while (!(SPSR & _BV(SPIF)))
        ;
}

```

---

Er zijn twee mogelijke manieren om meerdere bytes te versturen over SPI, via een blokkerende **while**-lus en via een interrupt. De eerste aanpak wordt getoond in codevoorbeeld 1.

Het is echter ook mogelijk om een interrupt te ontvangen wanneer een byte is verzonden, om vervolgens een volgende byte te verzenden. Op die manier kan CPU-tijd uitgespaard worden maar dit blijkt zeer lastig foutloos te implementeren. Het spel gebruikt bijgevolg voorlopig nog de *blocking* aanpak.

Het is handig om te weten wat de maximale frequentie is waarmee alle LED's kunnen aangestuurd worden. Hiervoor is het belangrijk te weten dat de microcontroller een werkfrequentie heeft van 16 MHz en er maximaal 1 bit per 2 klokcycli kan verstuurd worden over SPI. Er zijn 16 LED's, dit geeft een maximale frequentie van 15 625 Hz.

## 2.3 Timing LED's

De juiste LED's moeten op correcte momenten aan en uit geschakeld worden om op de juiste plaats op de cirkel pixels op te laten lichten, en niet te lang zodat de pixels geen lijnen worden.

Daartoe wordt voor elk weer te geven object in een snelle lus gecontroleerd of het weer kan gegeven worden. Op de vergelijking van de hoek zit er een lichte marge, zodat elk element zeker wordt weergegeven ook al wordt het scherm niet snel genoeg opnieuw getekend.

Daartoe krijgt de functie zowel de tijd voor één volledige rotatie, als de tijd sinds de schijf het nulpunt is gepasseerd als argumenten. Daaruit kan namelijk de hoek waaronder de schijf staat bepaald worden.

## 2.4 Fysieke constructie

**TODO** De gehele constructie werd ontworpen in het CAD-pakket SIEMENS NX 11 en uitgesneden op een lasercutter, met uitzondering van enkele kleine stukken die ge-3D-print<sup>1</sup> zijn.

Fysieke  
constructie

De draaischijf bestaat uit dunne zwarte ABS, de behuizing uit MDF. De reflectieve achtergrond en tussenschotten achter en tussen de LED's zijn uit een vel wit plastic gesneden.

## 2.5 Aansturing motor

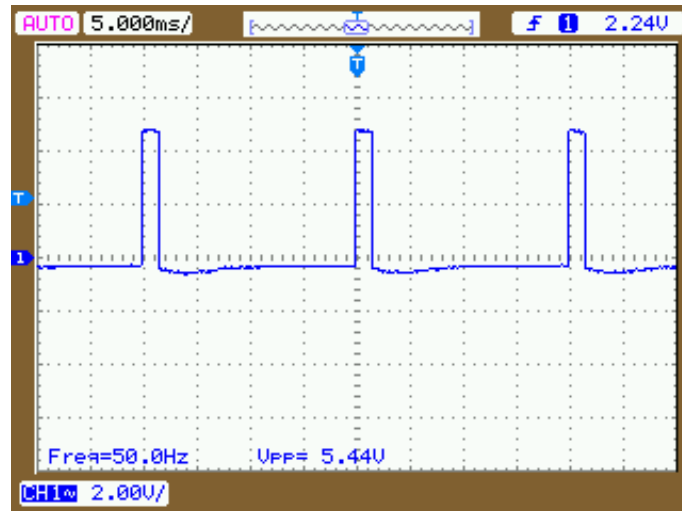
**TODO** De schijf draait rond met behulp van een brushless DC-motor uit een harde schijf. Om deze aan te sturen is een speciale ESC-module<sup>2</sup> nodig.

Keuze ti-  
mers en  
verder  
aanvullen

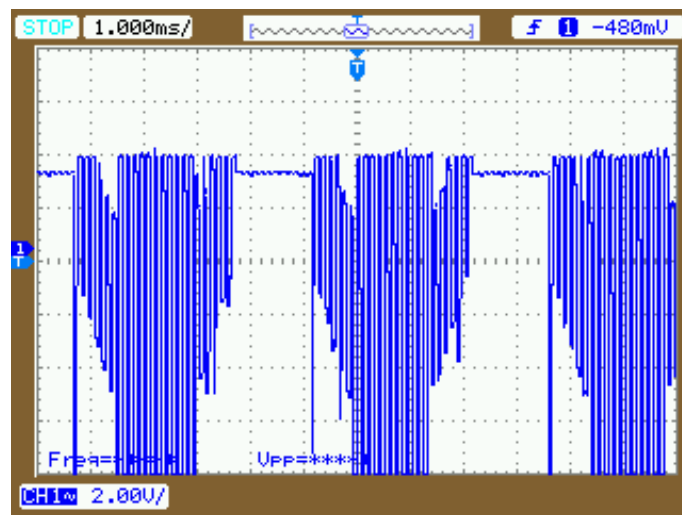
Deze modules zijn ontworpen voor gebruik in quadcopters en verwachten bijgevolg een speciale aansturing. Het nodige signaal is een vorm van PWM, met een frequentie van 50 of 60 Hz en een pulsbreedte tussen 1 en 2 ms. De PWM-modules die ingebouwd zitten in de microcontroller kunnen niet opereren in deze frequenties en pulsbreedtelimieten, het protocol werd dus volledig in software geïmplementeerd. Zie figuur 5 voor een beeld het geproduceerde signaal.

<sup>1</sup>Dit is de correcte spelling volgens het Groene Boekje.

<sup>2</sup>ESC: Electronic Speed Control



Figuur 5: Controlesignaal ESC



Figuur 6: Vermogenssignaal naar de motor

Een extra moeilijkheid is de opstartprocedure van de ESC. De microcontroller moet opgestart zijn en een signaal sturen dat overeen komt met 0% motorvermogen wanneer de ESC stroom krijgt en wordt ingeschakeld. De ESC produceert dan een serie tonen, gevolgd door een langere toon wanneer het signaal herkend wordt. Daarna kan de motor aangestuurd worden en het vermogen verhoogd, liefst langzaam gezien het hoge gewicht van de draaischijf. Uiteindelijk zal de ESC een driefasig signaal naar de motor sturen, zoals zichtbaar in figuur 6.

Deze procedure maakt het moeilijk om microcontroller en ESC op één voeding te laten werken. Door de grote stroom is het ook lastig om bijvoorbeeld de ESC te schakelen met een transistor. Voorlopig moet de ESC manueel in de stekker gestoken worden. De driver wacht daartoe even met het opstarten van de motor, aangezien de stekker pas mag ingeplugd worden wanneer het stuursignaal reeds aanwezig is.

## 2.6 Toerenteller schijf

Op de schijf zit een optische sensor, die registreert wanneer een gaatje passeert. De microcontroller telt nauwkeurig op welk moment dit gebeurt, zodat afgeleid kan worden hoe snel de schijf draait.

**TODO**

Info toe-  
renteller

## 2.7 Joysticks

De beide joysticks zijn relatief eenvoudig om uit te lezen. Ze bestaan telkens uit vier NO schakelaars, één per richting. Aangezien elke joystick op een aparte port van de microcontroller aangesloten is, kan met een simpele NOT operatie en enkele bitshifts een consistente weergave gegenereerd worden, met 1 bit per richting die hoog is wanneer de schakelaar actief is. Hiertoe moeten ook de pullups geactiveerd worden. De driver voor de joysticks controleert ook welke schakelaars sinds de laatste tick actief zijn geworden, en slaat deze apart op.

Enkele gemaksfuncties werden toegevoegd om uit deze bitweergave te bepalen of een gekozen richting actief is.

## 2.8 Game engine

De game engine werkt op een relatief eenvoudig principe. Op regelmatige basis wordt de functie `uint8_t tick(uint16_t time_since_zero)` opgeroepen, deze voert enkele stappen uit:

1. Tick alle entities<sup>3</sup>, entities hebben een `tick()` functie, bijvoorbeeld `player_tick(Player *p)`, die ervoor zorgt dat de entity zich verplaatst volgens zijn snelheid en eventueel reageert op invoer.
2. Controleer voor botsingen, in deze stap wordt getest of er kogels een schip geraakt hebben, en eventueel levens van deze speler worden afgenomen.
3. Check voor het einde van het spel door te controleren of beide spelers nog in leven zijn. Dit bepaalt de returnwaarde van deze functie, `true` wanneer het spel moet verder gaan, anders `false`.

Deze functie wordt aan 30Hz opgeroepen, met behulp van `Timer/Counter0`. De 8-bits resolutie is meer dan genoeg om een vrij groot bereik van mogelijke frequenties te bereiken met de prescaler op de maximale waarde van 1024. Apart daarvan wordt zo snel mogelijk de `render(uint8_t time_since_zero)` functie opgeroepen, die de LED's schakelt.

# 3 Problemen

## 3.1 ESC

Na een eerste poging bleek dat de ESC de motor niet kon laten draaien. De motor gaf wat schokjes en de ESC produceerde niet de gewenste opstarttonen. Na de massakabel van de motor los te maken bleek alles correct te functioneren. Het is onbekend waarom dit een probleem gaf.

## 3.2 Light bleed

Soms lichtten er pixels vaag op die niet moesten oplichten, dit bleek te zijn doordat er soms twee gaten over dezelfde sector hingen, wat mogelijk was omdat de scheiding tussen sectoren bestaat uit dun, reflectief plastic.

Er werd besloten om de verticale resolutie te verlagen, zodat de sectoren op de draaischijf groter worden, maar de sectoren met de LED's ongewijzigd te houden. Een andere optie zou zijn om de wanden tussen de sectoren dikker te maken.

# 4 Taakverdeling

De motordriver werd geschreven door Marieke. Zij schreef ook de code die voor de juiste timing zorgt en de optische sensor uitleest.

De game engine en aansturing van LED's werd gedaan door Stef, net zoals uitlezen van Joysticks en debugfunctionaliteit.

Ontwerp en constructie van de behuizing is door Marieke.

Scoutt was verantwoordelijk voor een deel van het bestand `Pins`, dat bijhoudt welke pins op de microcontroller in gebruik zijn door welk systeem. Hij is ook verantwoordelijk voor commit `142748a`: *Nuttelose comment* (sic.).