

# Scriptie – Swashplateless Helicopter

## Bachelorproject MCT

Jonah De Clerck  
Maker

Juni 2024

# Voorwoord

Dit project is het resultaat van mijn verlangen om mijn vaardigheden in 3D-design en -printing te verbeteren. Hoewel ik al lange tijd geïnteresseerd ben in drones en radiogestuurde UAV, heb ik recent een nieuwe passie ontdekt voor 3D-printing. Tijdens mijn stage bij Antistatic kreeg ik de kans om deze nieuwe interesse verder te verkennen en te combineren met mijn bestaande kennis. Deze scriptie toont mijn inzet en doorzettingsvermogen om mijn vaardigheden in deze innovatieve technologieën te ontwikkelen.

Daarom wil ik graag mijn stagementoren Lenny Schanzer en Nuno Hauters bedanken voor het bieden van de nodige faciliteiten om een project zoals dit uit te voeren, alsook de interesse en aanmoediging wat mij enorm gesteund heeft tijdens de gehele doorloop van dit project.

Het proces van onderzoek en ontwikkeling in deze scriptie heeft me niet alleen technische vaardigheden bijgebracht, maar ook geleerd hoe belangrijk het is om nieuwsgierig en vastberaden te blijven in het leren van nieuwe dingen. Deze ervaring heeft mijn passie voor technologie verder aangewakkerd en mijn ambitie versterkt om bij te dragen aan innovatieve projecten in de toekomst.

Ik hoop dat het lezen van deze scriptie net zo inspirerend is als het voor mij was om eraan te werken.

Jonah

Antwerpen, juni 2024

# 1 Inhoudstafel

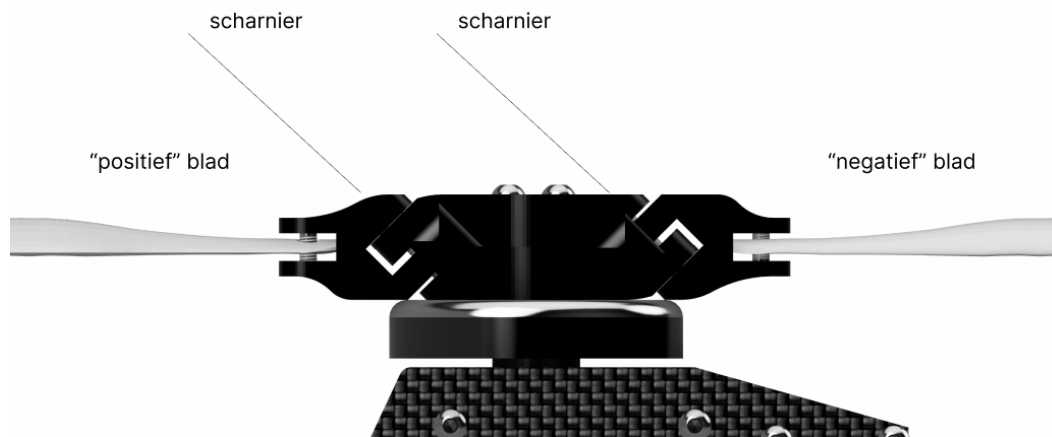
<b>1 Inhoudstafel .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Projectomschrijving .....</b>	<b>2</b>
2.1.1 Projectduiding .....	2
2.1.2 Projectkeuze .....	6
<b>2.2 Projectmotivatie .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Projectuitvoering.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Project concretisering .....</b>	<b>11</b>
<b>3 Projectconclusie .....</b>	<b>20</b>
<b>4 Bijlagen .....</b>	<b>21</b>
4.1 Google drive.....	21
4.2 3D objecten.....	21
4.3 Code .....	21
4.3.1 Main .....	21
4.3.2 Tests .....	21
4.3.2.1 PWM dummy.....	21
4.3.2.2 PWM reader .....	21
4.3.2.3 as5047 reader .....	21
4.3.2.4 Mixer functie.....	21
4.3.3 Schematische Voorstellingen.....	22
4.3.3.1 Main code.....	22
4.3.3.2 Madgwick filter .....	22
4.3.4 Drehmflight.....	22
4.3.4 Roll-Pitch Mixer Functie .....	22
4.3 Elektronica .....	23
4.3.1 Elektrisch Schema .....	23
4.3.2 Componenten.....	24
4.4 Fotoalbum.....	26
<b>5 Codekaart.....</b>	<b>27</b>

## 2.1 Projectomschrijving

### 2.1.1 Projectduiding

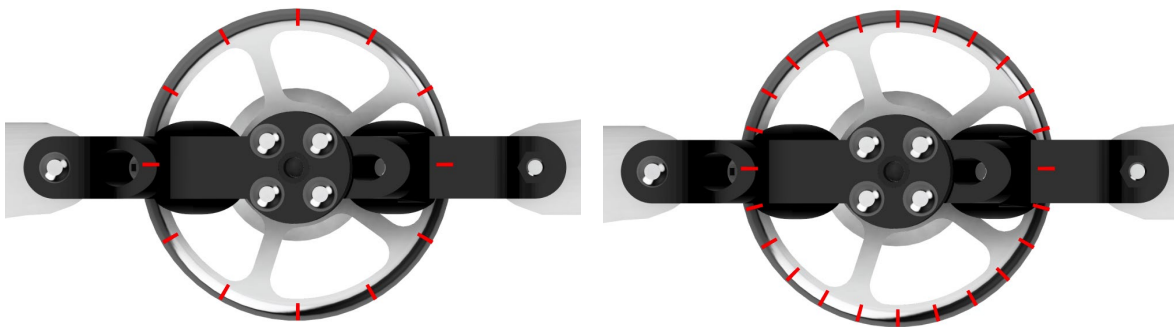
Het doel van dit project is om te experimenteren met het concept van een swashplateless UAV (unmanned aerial vehicle) dat aan de hand van slechts 2 actuatoren volledige controle heeft over de 6 vrijheidsgraden. Dit concept is het resultaat van een onderzoeksproject van James Paulos, onder begeleiding van Prof. Mark Yim aan de universiteit van Pennsylvania, en steunt op de recente evoluties in brushless motor aansturingen, teweegebracht door de stijging in populariteit van fpv drones. Omdat drones baat hebben bij een snellere updatefrequentie dan de gebruikelijke 50Hz voor servo's en esc (electronic speed controllers) voor radiobestuurde helikopters, vliegtuigen, auto's boten,... Motorsturingprotocollen voor drones werken op een veel frequentie, zo hanteert Dshot600 bijvoorbeeld een updatefrequentie van 37.5KHz.

Een updatefrequentie hoger dan het aantal toeren per seconde van de motor, wil zeggen dat we de snelheid van de motor kunnen aanpassen op een sub-rotatie schaal, we willen namelijk genoeg resolutie aan aanpasbare punten in snelheid bekomen, dat we, door onze propellerbladen individueel en symmetrisch te laten scharnieren, creëren we een positief, en negatief blad, dat voor positieve en negatieve luchtdruk kan zorgen, we kunnen, door een differentiatie in rotatiesnelheid, als resultaat van de traagheidswet beide bladen doen "achterblijven" dit zorgt ervoor dat ze scharnieren rond hun as, en een een grotere of kleinere "angle of attack" aannemen.



omdat we voor UAV met hardware vergelijkbaar met dat van het model van James Paulos rekenen op gemiddeld 5000 toeren per minuut, is de standaard 50 Hz dus niet genoeg, dit loste James in 2014, voor de vermelde vooruitgang in motorsturingen op door zelf een esc (electronic speed controller) te bouwen die aan zijn eisen voldeed.

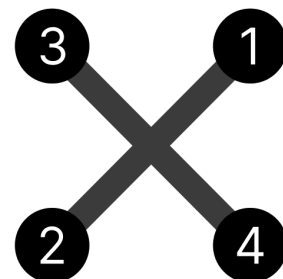
De frequentie waarmee we de motor kunnen aansturen is van cruciaal belang voor dit concept, het verhogen van de frequentie zorgt er namelijk voor dat we een grotere resolutie krijgen in mogelijke posities waar we de motor kunnen laten differentiëren in snelheid, hoewel de theoretische minimale vereiste een resolutie van 4 punten is, direct corresponderende met roll en pitch, die elk een positieve en negatieve zin hebben, zien we dat in de praktijk dit niet genoeg is, aangezien we zelden of nooit uitsluitend een roll of pitch input te verwerken krijgen, daarom streven we naar een hogere resolutie opdat we een roll en pitch commando van de piloot kunnen combineren.



Omdat de hoofdmotor verantwoordelijk zal zijn voor throttle, pitch en roll controle, zullen we, net zoals bij een “quadcopter” drone, een motor mixer moeten definiëren. Een motor mixer omschrijft de relatie tussen een motor en de controleassen van het UAV.

Zo kunnen we bijvoorbeeld de mixer van een klassieke drone met 4 actuatoren omschrijven aan de hand van volgende tabel en schema.

1	-1	1	1	<b>Motor 1</b>
1	1	-1	1	<b>Motor 2</b>
1	1	1	-1	<b>Motor 3</b>
1	-1	-1	-1	<b>Motor 4</b>
<b>thrust</b>	<b>roll</b>	<b>pitch</b>	<b>yaw</b>	

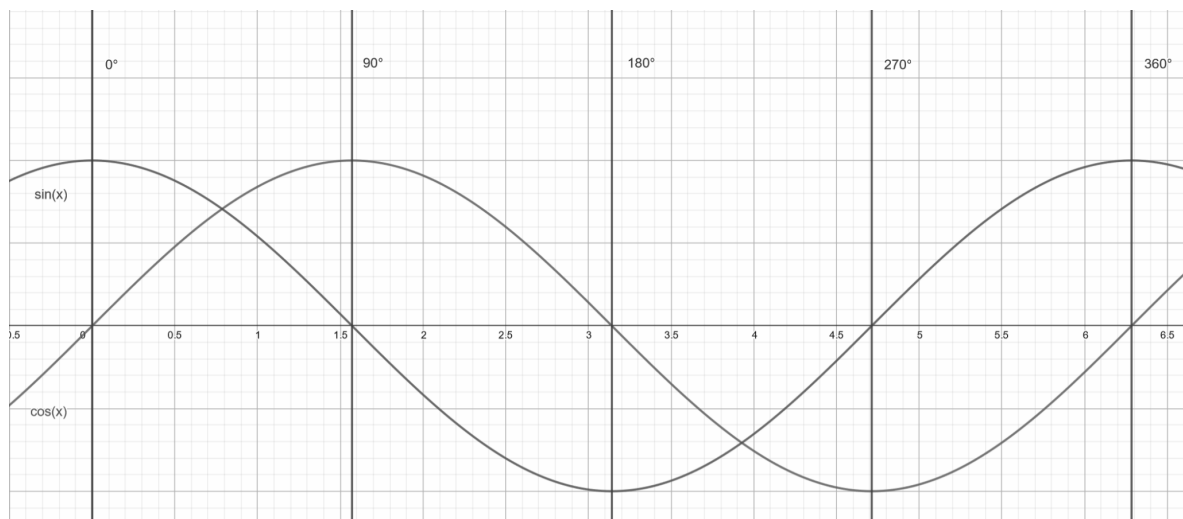


In het geval van een helikopter met digitale tuimelschijf, introduceren we een variabele in de mixer, namelijk de rotatie van de motor, de schematische voorstelling van de mixer ziet er dan als volgt uit, we stellen de rotatie van de motor voor als  $x$

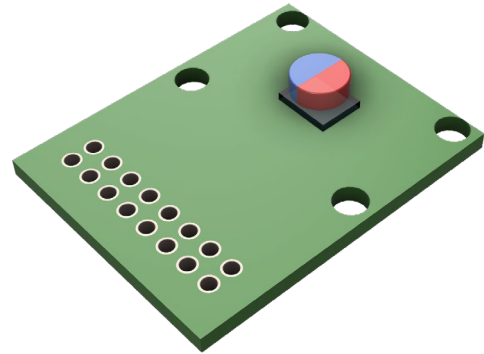
1	$1 \cdot \sin(x)$	$1 \cdot \cos(x)$	0	<b>Motor 1</b>
0	0	0	1	<b>Motor 2</b>
<b>thrust</b>	<b>roll</b>	<b>pitch</b>	<b>yaw</b>	



We maken hier gebruik van een sinus- en cosinus functie omdat dit nooit plots grote differentiaties aan snelheid teweeg zal brengen en. als we  $\sin(x)$  en  $\cos(x)$  grafisch voorstellen waarbij  $x$  gelijk is aan de rotatie van de motor, en we ter visualisatie de volledige  $360^\circ$  ofwel  $2\pi$  onderverdeeld in kwarten voorstellen op de grafiek, zien we dat de functies eenzelfde periode en amplitude hebben, maar met  $\frac{1}{2}\pi$  of  $90^\circ$  verschoven zijn langs de x-as. Zoals ook de roll en pitch-as  $90^\circ$  van elkaar verschillen.



Om de positie van de motor op te meten, maken we gebruik van een magnetische encoder, deze maakt gebruik van een diametraal gemagnetiseerde magneet en een sensor die dit magnetisch veld kan meten, aan de hand van dit magnetisch veld kan de positie van de magneet bepaald worden. Er zijn tal van sensoren die volgens dit principe werken, maar verschillen in resolutie, maximale rotatiesnelheid van de magneet en signaalfrequentie, zo heeft de meest populaire magnetische encoder, de AS5600 een 12-bit resolutie ofwel 0,087 graden, een maximale rotatiesnelheid van 2000 rpm en een signaalfrequentie van 400 KHz tot 1 MHz, via het I2C communicatieprotocol. met een resolutie van 14-bit of 0,02 graden,, de AS5047 sensor kan de magneet ook aan hoge rotatiesnelheden afmeten, tot 28000 rotaties per minuut, waardoor deze, in combinatie met een signaalfrequentie van 2 MHz via SPI communicatieprotocol geschikt is voor dit UAV.



## 2.1.2 Projectkeuze

Mijn persoonlijke motivatie om onderzoek te doen naar dit onderwerp is hoofdzakelijk te wijten aan eigen interesse, ik groeide op in een familie gepassioneerd door radiogestuurde helikopters en vliegtuigen, en heb daardoor van jongs af aan een basis aan kennis en vaardigheden \*opgedaan die mij bij dit project geholpen hebben, Ik maakte, zoals velen in deze hobby in 2016 een aftakking naar FPV drones, welke mij altijd gefascineerd hebben door hun fysieke eenvoudigheid, maar software complexiteit, de beginperiode van drone racing heeft mij probleemoplossend denken in een stroomversnelling aangeleerd, het huidige aanbod aan videomateriaal op youtube, door kanalen zoals [Joshua Bardwell](#) en [Chris Rosser](#), dat uitleg of oplossingen bied, was een luxe die toen nog niet beschikbaar was, met uren scrollen op forums tot gevolg.

### #design

Omdat ik MCT begonnen was met de bedoeling het “maker” traject te volgen, maar dit afgeschaft werd halverwege mijn opleidingstraject, probeer ik waar mogelijk, “maker” elementen toe te voegen aan mijn studies, zo liep ik stage bij Antistatic, een 3D-printing en modeling agency, waar ik mijn CAD (computer aided design) vaardigheden versterkte, dit in een meer esthetische dan functionele context, omdat deze verwachting niet voldaan was, richtte ik mij op het bachelorproject als een kans om CAD design binnen een technische context te ervaren, dit was een uitstekende aanvulling voor mijn stage, wat ik deels tegelijkertijd deed als dit bachelorproject, om het voordeel van “en masse” 3d printing voor het prototypen van het project niet te verliezen.

### #solve, #care

Naast het voordeel van minder mechanische complexiteit, kan deze toepassing ook een oplossing zijn voor de steeds strengere wetgevingen in verband met UAV, zo is er de laatste jaren sprake van strengere veiligheidsmaatregelen voor UAV met een MTOW (maximum takeoff weight) hoger dan 250 gram, de nood aan slechts 2 actuatoren zorgt ervoor dat een swashplateless UAV een lagere MTOW kan bereiken dan zijn tegenhanger. De reductie in productiekost en onderhoud die dit model teweegbrengt kan ook een pluspunt zijn in grootschalige applicaties.



## #research

In tegenstelling tot andere UAV, is er voor dit concept geen of weinig informatie te vinden op een aantal academische onderzoeksdocumenten na, zeker als we zoeken naar plannen of code om het concept zelf uit te proberen, daarom leek het mij een interessante uitdaging om met het weinige aan informatie ter beschikking aan de slag te gaan en door middel van eigen onderzoek dit project tot een goed einde trachten te brengen.

Ook zie ik dit project als een opportuniteit om te experimenteren met FDM 3D printing, omdat dit een snelle productiemethode is versnelt dit het prototyping process enorm, ook kan gebruik gemaakt worden van verschillen in vulvolumes om voor elk onderdeel de juiste balans te kunnen maken tussen sterkte en gewicht.



## 2.2 Projectmotivatie

Zoals vermeld bij 2.1.2 projectkeuze, is kan mijn motivatie voor dit project samengevat worden tot, het willen uitdagen van mezelf, voortbouwende op de basis aan CAD design vaardigheden die ik opdeed tijdens mijn stage bij Antistatic, een 3D modeling en printing agency, wat ook deels betrokken zal zijn bij dit project onder de vorm van materiaalvoorziening, zowel het aanwezige materiaal hoofdzakelijk bestaande uit 3D printers en filament, als materiaal dat specifiek voor dit project aangekocht zal worden. Om van de beschikbare 3D printers gebruik te maken zonder tijd van mijn stageperiode te compromitteren, besloot ik om op woensdagen, wanneer Antistatic gesloten is ook aanwezig te zijn, alsook na het verloop van de stagetermijn, hoofdzakelijk in functie van mijn bachelorproject.

### Must have

Mijn motivatie zijnde meer ervaring op te doen rond technisch tekenen, eist dat de minimale output voor dit project een correct parametrisch CAD model is, dat tot een fysiek model omgezet kan worden via 3D printing. Actief onderzoek naar de werking van swashplateless UAV verwacht ik uit te voeren in functie van het trachten dergelijk UAV ook daadwerkelijk te realiseren. Op vlak van software

### Could have

In tegenstelling tot flight control software voor drones zoals het populaire betafight, is de software voor dit project leesbaar en mits een basis aan kennis van c++ kan men eigen functionaliteit toevoegen, zo kan bijvoorbeeld in plaats van een SBUS ontvanger, een raspberry pi of dergelijke gebruikt worden om controle commando's te emuleren, de raspberry pi kan interfacen met een camera, of andere sensoren die het toestel automatische vluchtoefeningen kunnen laten uitvoeren zoals landingen of vooraf gedefinieerde trajectvluchten.

### Won't have

Ondanks dat ik geen werkende proof of concept kan voorstellen, zie ik, dit project tot een goed einde komen, al zal hiervoor wel een langere tijdsperiode nodig zijn. Ik had geanticipeerd dat dit project meer termijn nodig had dan gebruikelijk, zowel door de moeilijkheidsgraad van het concept als de niet te vermijden downtimes wachtende op besteld materiaal, maar de hoeveelheid aan problemen en de tijd om deze te overkomen reikte ver uit boven mijn verwachtingen.

## 2.3 Projectuitvoering

### 16 Februari - 15 Maart

In anticipatie van lange levertermijnen, gestart met het online bestellen van de nodige componenten.

Code tests schrijven voor beschikbare componenten om hun functionaliteit beter te kunnen integreren in het geheel alsook te verifiëren dat de componenten de verwachte specificaties ook echt beamen (precisie, frequentie). Omdat initieel het plan was de ESC aan te sturen met PWM signalen, schreef ik stukjes code, zowel voor het “sending” als “receiving” standpunt. (zie bijlagen [4.2.2.1](#), [4.2.2.2](#) en [4.2.2.3](#))

Eerste versie van het scharnierend rotorhoofd, weinig marge voor speling, maar niet vlot scharnierend genoeg, daarom begonnen aan een alternatief met geïntegreerde kogellagers en schroefdraad.

Het oorspronkelijke plan was om een microcontroller verantwoordelijk te stellen voor het uitlezen van de magnetische encoder en het mixen van het hoofdmotor signaal. Een typische moderne UAV flight controller biedt een PID controller en IMU functionaliteit aan het systeem. Dit idee bleek moeilijker dan verwacht door het gebrek aan volledig aanpasbare motor mixer bij software zoals getest zijnde, Betaflight, Inav, Rotorflight en FalcoX

### 16 Maart - 15 April

Stuksgewijs ontwerpen en prototypen in volgorde van belang van het onderdeel. 3D printing zorgde hier voor het grootste voordeel, ik kon in de tijdspanne van een dag een 4-tal iteraties van een onderdeel prototypen, in werkelijkheid minder aangezien veel fouten in een model al in CAD ontdekt worden en dus niet als aparte iteratie vermeld zijn.

Drehmflight ontdekt als oplossing voor de limitatie die conventionele flight controller software oplegde, deze software dan ook als meest geschikte kandidaat voor dit project beoogd, en deze volledig geanalyseerd om de werking ervan te begrijpen aan de hand van een schematische voorstelling van de code en algoritmen (zie bijlage [4.2.3.1](#) en [4.2.3.2](#)).

## **16 April - 15 Mei**

Eerste complete test, de hoofdmotor werkte niet naar behoren, door de lage snelheidsconstante, uitgedrukt in Kv, van de motor worden er spoelen in de stator, of “stappen” overgeslagen, een fenomeen dat we ook bij stappenmotoren zien, dit uit zich problematischer bij brushless motoren door hun lagere resolutie in motorpolen. Meerdere ESC (electronic speed controller) en motoren getest, daaruit bleek, zoals verwacht dat motoren met een hogere snelheidsconstante wel functioneren naar behoren wanneer aangestuurd door moderne “4 in 1” drone ESC, gebruiken we echter een oudere “standalone” ESC zien we het probleem met de motor met lagere snelheidsconstante verdwijnen.

Integratie van de nodige functionaliteit in de code. Door de code goed geanalyseerd te hebben kan ik eigen inbreng doen volgens dezelfde codeerstijl en werkmethode reeds aanwezig in de bestaande code.

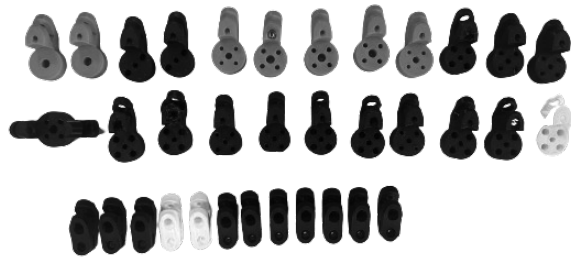
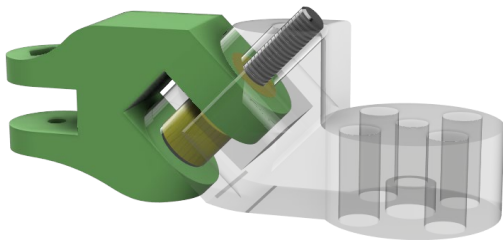
## **16 Mei - 15 Juni**

Implementatie van de werkende motor en ESC combinatie. Uit testen bleek dat, in tegenstelling tot wat de documentatie van de ESC vermeld, deze ESC niet de nodige signaalfrequentie heeft om de functie te bieden die ervan verwacht wordt, door de naderende deadline heb ik daarom besloten om, in functie van het bachelorproject niet verder te proberen dit probleem te verhelpen, maar de resterende tijd te gebruiken om de bereikte resultaten in detail te kunnen beschrijven.

## 2.4 Project concretisering

Bij het ontwerpen van de onderdelen heb ik verschillende iteraties doorlopen, en deze zijn gedocumenteerd in de tijdlijn van de Fusion Archive (F3D) bestanden. Het proces van het tekenen van dit model weerspiegelt mijn leerproces. In de vroege stadia van het ontwerpproces waren mijn tekeningen minder parametrisch en dus minder aanpasbaar. Naarmate ik meer ervaring opdeed, begon ik echter steeds meer parametrische CAD-technieken toe te passen, wat resulteerde in meer flexibele en aanpasbare onderdelen in latere iteraties.

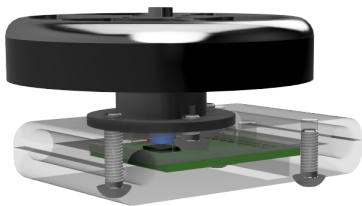
Het rotorhoofd is het meest essentiële onderdeel van dit concept, daarom kreeg het ook alle voorrang tijdens het ontwerpproces, van dit onderdeel maakte ik dan ook het meeste iteraties, startende met een simpel ontwerp, scharnierende rond een m3x20 schroef, hierbij gebruikte ik marges om deze schroef in het onderdeel zelf te schroeven, zonder nood voor een moer. Al snel bleek dat deze constructie niet voldoende vlot scharnierde, rekening houdende met de middelpuntvliedende kracht die het scharnieren zal hinderen naarmate de rotatiesnelheid van de motor toeneemt, hierdoor moest ik de marges vergroten, waardoor er wel een moer geïntegreerd moest worden om de schroef in te verankeren. Door de dunne muren die veel kracht moeten weerstaan van dit onderdeel, printte ik dit onderdeel in een hoge involconcentratie. Ook deze versie van het rotorhoofd had wat te veel kracht nodig om te scharnieren, daarom integreerde ik voor de laatste iteratie kogellagers in beide scharnierende onderdelen, wat een enorme verbetering teweegbracht.



De vereisten voor de montage van de motor en magnetische encoder waren bijzonder complex. Aan de ene kant moest de motor stevig aan het toestel bevestigd worden, terwijl aan de andere kant de magnetische encoder, die groter is dan het montagevlak van de motor, zich precies onder de motor moest bevinden. Dit vereiste een grondig ontwerpproces voor dit onderdeel.

De iteraties van dit ontwerp verschillen hoofdzakelijk in marges, de positionering van gaten voor schroeven, de uitsparing voor de magnetische encoder en kabels, evenals de afstand tussen de magneet en de sensor. Tegelijkertijd heb ik geprobeerd om dit onderdeel zo klein mogelijk te houden, omdat dit direct invloed heeft op de totale grootte en dus het gewicht van het UAV.

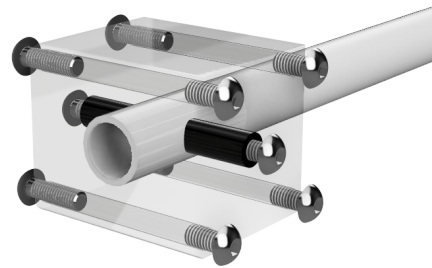
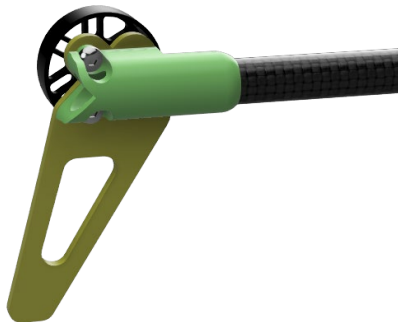
Na een eerste print van dit model werd duidelijk dat er een gebrek aan sterkte was. Als reactie hierop heb ik besloten om dit onderdeel opnieuw te printen met een PLA-CF filament, dat bekend staat om zijn verhoogde sterkte en duurzaamheid. Deze aanpassing resulteerde in een robuuster en betrouwbaarder onderdeel dat voldeed aan de eisen van de montage.



Bij het ontwerp van de staartmontage lag de focus voornamelijk op gewichtsreductie. Aangezien dit onderdeel het verst verwijderd is van het zwaartepunt van het toestel, heeft het een aanzienlijke invloed op de handeling van de pitch-as en de algemene balans van het UAV. Het is essentieel dat het zwaartepunt zich net onder de hoofdrotor bevindt. Daarom heb ik het aantal schroeven dat wordt gebruikt voor de montage van de staartmotor teruggebracht van de oorspronkelijke 4 naar 2. Deze reductie is gerechtvaardigd omdat de staartrotor geen grote kracht hoeft uit te oefenen.

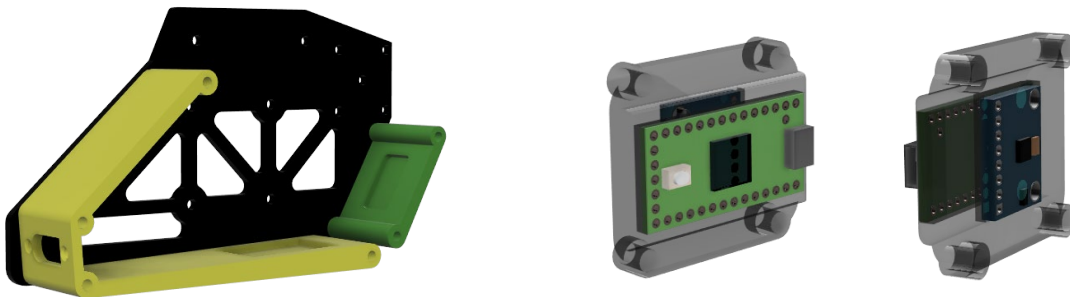
Om extra contactoppervlak te bieden aan de motor en te voorkomen dat de staartrotor de grond raakt, is een staartvin toegevoegd. Om de staartmontage stevig aan het toestel te bevestigen, schuift deze in een kubus die is gemonteerd met een x-patroon. Om te voorkomen dat de staart uit de kubus wordt getrokken en om rotatie te voorkomen, wordt de staart vergrendeld met een m3x30 aluminium spacer.

Vanwege de specifieke dimensies van de staartconstructie zijn deze onderdelen volledig ingevuld geprint. De kubus is geprint met een standaard invulvolume van 30%, wat zorgt voor een optimale verhouding tussen gewicht en sterkte van het onderdeel.



Het frame bestaat uit twee identieke platen, die het geheel samenvoegen. Een 30x30 montagepatroon, zoals gebruikelijk bij drone componenten, voorziet het gebruik van de ESC en de flight controller die oorspronkelijk gebruikt ging worden. Om de teensy en IMU te monteren op ditzelfde patroon, heb ik een houder ontworpen die in flexibel TPU is geprint. Dit is gedaan om vibraties naar de IMU te minimaliseren.

De resterende frame componenten bestaan uit "plaatjes" die het profiel van het frame sluiten. Deze plaatjes bieden ook montagemogelijkheden voor de ontvanger, BEC (battery eliminator circuit), LiPo Batterij, en XT-60EW-M connector. Elk van deze componenten is zorgvuldig ontworpen en geplaatst om de functionaliteit en stabiliteit van het frame te optimaliseren, terwijl ook rekening wordt gehouden met het gebruiksgemak en de toegankelijkheid van de verschillende componenten tijdens montage en onderhoud.





Het oorspronkelijk plan voor dit UAV was het gebruikmaken van een conventionele drone flight controller, met ingebouwde IMU. De teensy microcontroller zorgt voor de nodige berekeningen aan de hand van de motorpositie, en de gestabiliseerde motor commando's die de flight controller voorziet. Dit vereist echter een configuratie voor de flight controller die niet conventioneel is. Helikoptermixers in de mainstream softwarepakketten zoals betaflight, rotorflight, inav en falcoX zijn uitsluitend voorzien op helikopters met een tuimelschijf. Aangezien deze helikopters gebruik maken van collective pitch, het scheiden van motor rotatiesnelheid en output van de rotor, door het veranderen van pitch van de hoofdrotor. Dit zorgt ervoor dat de hoofdmotor aan een constante snelheid kan draaien. 3 servo's zorgen door simultaan te bewegen voor collective pitch. Dit zorgt ervoor dat, als we dergelijke mixers zouden gebruiken, de signalen voorzien door de flight controller ook commando's bevatten voor collective pitch. Het filteren van deze output zou heel wat problemen met zich meegeven, dus zocht ik naar een alternatief. De hoge graad aan aanpassingsmogelijkheden nodig voor dit project, vond ik bij Drehmflight, een c++ softwarepakket specifiek ontworpen voor VTOL (vertical take-off and landing) UAV waar leesbaarheid, en aanpasbaarheid centraal staan. Drehmflight maakt ook gebruik van de teensy microcontroller, en interfaced met een mpu6050 of mpu9250 IMU.

Voor afstandsbesturing voorziet Drehmflight enkele opties, namelijk Sbus en PPM. Sbus of Serial bus is een protocol dat tot 16 signalen multiplexed over een enkele signaalkabel. De kanalen worden in software terug opgesplitst. Omdat het concept van een kabel per kanaal in mijn hoofd zat door de manier waarop bij het oorspronkelijke idee de flight controller en teensy met elkaar verbonden zijn, koos ik hier eerst voor een PPM ontvanger. Later leerde ik dat de ontvangers die ik gebruik voor andere UAV, de team blacksheep tracer nano ontvanger, niet alleen hun eigen protocol (CRSF) kunnen interpreteren, maar ook Sbus. Dit maakte deze ontvanger een betere keuze en daarom besloot ik het Sbus protocol te gaan gebruiken in plaats van PPM.



In Drehmflight worden motorcommando's verzonden via het Oneshot125-protocol of via PWM, waarbij de motor als een servo wordt behandeld. Voor PWM wordt een Arduino servo library gebruikt. Dit is bijzonder handig omdat we voor de staartmotor bidirectioneel moeten werken. Een positief yaw-commando moet de staartmotor met de klok mee laten draaien, terwijl een negatief commando tegen de klok in draait. Daarom programmeren we de ESC die verantwoordelijk is voor de staartmotor als een bidirectionele ESC.

Dit betekent ook dat de neutrale positie van de motor verandert. Binnen een bereik van 0 tot 256 ligt het neutrale punt in het midden, op 128. Dit is in tegenstelling tot wanneer we niet bidirectioneel zouden werken, waar het neutrale punt op 0 zou liggen. Het is belangrijk om hiermee rekening te houden in de software om de juiste aansturing van de motor te garanderen.

Omdat de ESC reeds gebruikt was in een drone, had deze nog een andere configuratie dan nodig voor dit project, dit zorgde voor conflict bij het testen met de Oneshot125 functionaliteit van de code, er stond namelijk Bluejay firmware op de ESC, wat geen Oneshot125 kan interpreteren. Dit uitte zich in geen reactie van de ESC op de gestuurde signalen, daarom vroeg ik hulp op een forum, waar men mij op de hoogte bracht van dit compatibiliteitsprobleem.

Today, 03:59 AM

#1654

jonahdeclerck

Registered User

**Help needed with 4in1 esc**

Hi, I've been trying to get dRehmflight to work with a 4in1 esc, but haven't gotten it to work, I'm not sure what the issue exactly is, the bootup sequence completes (including the last 2 beeps signifying that the fc has control over the esc) , then restarts, this time without the last 2 beeps.

as for the wiring, I'm taking the gnd and vbat from the esc and running it into a 5v regulator, and and i've wired the m3 and m4 pads to the teensy esc calibration also does the same thing, so I assume it's just not calibrating the esc.


could this be because I had previously installed bluejay in the esc?

Today, 08:23 AM


#1655

NickRehm

Certified Nerd



Quote:

Originally Posted by **jonahdeclerck**   
*Hi, I've been trying to get dRehmflight to work with a 4in1 esc, but haven't gotten it to work, I'm not sure what the issue exactly is, the bootup sequence completes (including the last 2 beeps signifying that the fc has control over the esc) , then restarts, this time without the last 2 beeps.*

*as for the wiring, I'm taking the gnd and vbat from the esc and running it into a 5v regulator, and and i've wired the m3 and m4 pads to the teensy esc calibration also does the same thing, so I assume it's just not calibrating the esc.*

*could this be because I had previously installed bluejay in the esc?*

bluejay supports multishot and dshot, but not sure about oneshot125

Daarnaast bood de analyse van de codestructuur ook inzicht in welke delen van de code mogelijk overbodig waren voor mijn specifieke toepassing. Dit was vooral belangrijk gezien het feit dat de oorspronkelijke code voorzien was voor VTOL UAV, terwijl mijn behoeften anders waren.

**SETUP**

- acquisition**: Information is transferred to the AD\_CONVERTER via the parallel bus (16 channels) and the serial bus (1 channel).
- AD\_CONVERTER**: Converts the analog signal to digital (16 channels).
- MUX**: Multiplexes the digital signal (16 channels).
- POSTPROCESSING**: Processes the digital signal (16 channels).

**LOOP**

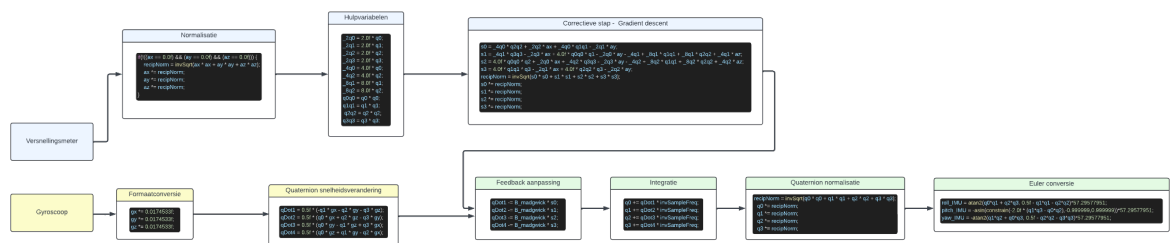
- RAW\_DATA**: Raw data from the AD\_CONVERTER (16 channels).
- PREPROCESSING**: Preprocessing of the raw data (16 channels).
- CALIBRATION**: Calibration of the data (16 channels).
- CORRECTION**: Correction of the data (16 channels).
- COMPARISON**: Comparison of the data (16 channels).
- ANALYSIS**: Analysis of the data (16 channels).
- RESULTS**: Results of the analysis (16 channels).
- POSTPROCESSING**: Postprocessing of the results (16 channels).
- RESULTS**: Results of the postprocessing (16 channels).
- RESULTS**: Results of the postprocessing (16 channels).
- RESULTS**: Results of the postprocessing (16 channels).
- RESULTS**: Results of the postprocessing (16 channels).

Het Madgwick-filter, gebruikt in de code voor dit UAV, en ontwikkeld door Sebastian Madgwick, is een algoritme dat wordt gebruikt om de oriëntatie van een object, zoals in dit geval een UAV, te schatten op basis van gegevens van een inertiael meetsysteem, zoals een gyroscoop, versnellingsmeter en magnetometer. Het doel van het Madgwick-filter is om nauwkeurig de oriëntatie van het object te berekenen, zelfs in omgevingen waar sprake is van beweging en magnetische interferentie.

KdG  
Karel de Grote  
Hogeschool

In de kern van het Madgwick-filter ligt een proces van sensorfusie, waarbij de gegevens van de verschillende sensoren worden gecombineerd om een betrouwbaardere schatting van de oriëntatie te verkrijgen dan mogelijk zou zijn met een enkele sensor. Het algoritme past ook adaptieve filteringstechnieken toe om de nauwkeurigheid van de schatting te verbeteren en om te gaan met eventuele fouten in de sensordata.

Kortom, het Madgwick-filter biedt een robuuste en nauwkeurige methode om de oriëntatie van een object te schatten op basis van gegevens van een inertiael meetsysteem, wat essentieel is voor een betrouwbare navigatie en besturing van UAV. Daarom maakte ik ook een schematische voorstelling voor de implementatie van dit algoritme.



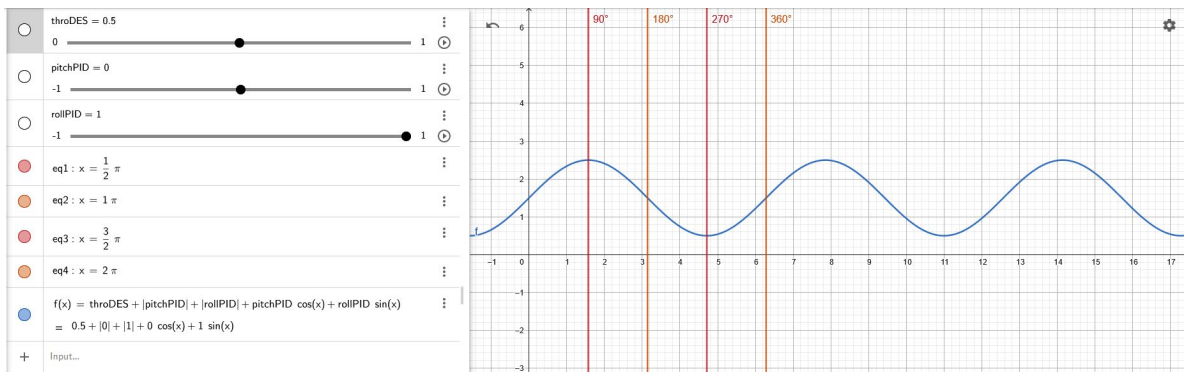
<https://drive.google.com/file/d/1T3l115XKPUvHbcjllTmFtws7OQ9-HA3/view?usp=sharing>

Om de mixerfunctie, zoals beschreven in [2.1.1 Projectduiding](#), van het project te verifiëren, heb ik deze voorgesteld met behulp van een online grafische plotter tool, GeoGebra. Met deze tool kon ik vrij experimenteren met de functie en een duidelijke visualisatie krijgen van de output in relatie tot verschillende variabelen, zoals Roll, Pitch, Throttle en de positie van de motor.

Bij het bekijken van de grafische voorstelling zag ik een fout in mijn oorspronkelijke aanpak van het opstellen van de mixer. Elke waarde voor Roll en Pitch, behalve nul, die tussen -1 en 1 liggen, resulteerde in een commando voor de motor dat halftijds kleiner was dan nul. Dit betekende dat de motor niet geleidelijk zou vertragen zoals verwacht. Bovendien kon een negatief Roll- of Pitch-commando de Throttle-waarde negatief beïnvloeden, wat tot een daling van het toestel zou leiden.

Dit probleem kon ik oplossen dankzij de visualisatie die GeoGebra bood. Door de absolute waarden van Roll en Pitch toe te passen voordat ze werden toegevoegd in de functie, net zoals bij de Throttle-waarde, kreeg ik een grafiek die nooit onder nul ging. Hierdoor zou de motor, tenzij de Throttle-waarde nul is, nooit het commando krijgen om volledig stil te staan. Dit betekent dat het toestel niet meer zou dalen wanneer het een negatieve waarde krijgt voor Roll of Pitch.

De interactieve grafiek van deze mixerfunctie is beschikbaar via de link bij [4.2.4 Roll-Pitch Mixer Functie](#). Het gebruik van GeoGebra heeft me geholpen om de mixerfunctie te optimaliseren en potentiële problemen te identificeren voordat ze zich voordeden tijdens de implementatie in de werkelijke software.



### 3 Projectconclusie

Een belangrijke ontdekking die ik tijdens dit project deed, was het belang van efficiënt projectbeheer. Aanvankelijk had ik moeite om een overzicht te behouden van de verschillende bestanden en iteraties. Maar naarmate ik meer vertrouwd raakte met het programma, leerde ik hoe ik verschillende bestanden kon importeren in het "hoofd" project. Dit stelde me in staat om een betere structuur aan te brengen en een duidelijker overzicht te behouden van mijn ontwerpvoortgang.

Deze leerervaring heeft niet alleen mijn vaardigheden als ontwerper verbeterd, maar heeft ook mijn begrip van parametrisch CAD en projectbeheer versterkt. Het heeft me geleerd om systematischer te werken en om efficiënter om te gaan met complexe ontwerpprocessen. Dit alles heeft bijgedragen aan de succesvolle ontwikkeling van het uiteindelijke ontwerp.

Voor het elektronica-onderdeel verliep het project met enkele uitdagingen. Ondanks mijn eerdere ervaring met soortgelijke componenten, bleek de compatibiliteit van de verschillende onderdelen een onverwachte hindernis. Ik ging ervan uit dat de componenten goed zouden samenwerken, maar dit bleek niet altijd het geval te zijn.

Deze situatie benadrukte het belang van vroegtijdig en grondig testen van alle componenten, zelfs als je er al ervaring mee hebt. Dit inzicht zal me in toekomstige projecten helpen om nog nauwkeuriger te werk te gaan en mogelijke problemen tijdig te identificeren en op te lossen. Ondanks deze uitdagingen heb ik waardevolle lessen geleerd die mijn vaardigheden in het omgaan met elektronica en projectbeheer verder hebben versterkt.