



Aansturing Freesmachine

Stage verslag
Sens2Sea

Olaf Goudriaan

Geert Mosterdijk
TINSTG05
Wessel Oele, Renee van Dorn
1071349
2025 - 2026

Contents

1 Context	2
1.1 Het bedrijf	2
1.2 Opdracht	2
1.3 Scope	3
1.4 Mogelijke oplossingen	3
2 Analyse	4
2.1 Huidige situatie	4
2.1.1 Huidige onderdelen	4
2.1.2 Nieuwe onderdelen	5
2.2 Requirements	5
3 Ontwerpen	6
3.1 Tekeningen en diagrammen	6
4 Test Rapport	6
4.1 De kop van de machine moet over drie assen bewegen	6
4.1.1 Acceptatiecriteria:	6
4.1.2 Testopstelling	6
4.1.3 Instructies	6
4.1.4 Verwacht resultaat	7
4.1.5 Waarnemingen	7
5 Aanbevelingen	7
6 Bronnen	7
A Encoder onderzoek	8
A.1 Meet methodes	8
A.2 Encoder soorten	9
B elektrische schemas	11

Voorwoord Dank gaat uit naar alle mensen die hebben meegeholpen aan deze stage. De medewerkers, begeleiders en andere mensen die hebben meegeholpen. Dit was een leerzame periode waarin veel geleerd is.

beter maken?
hoe???

1 Context

1.1 Het bedrijf

De stage heeft plaatsgevonden bij het bedrijf Sens2Sea. Sens2Sea is een klein bedrijf dat gevestigd is op het RDM terrein. Het bedrijf heeft een kavel in het innovation dock. Sens2Sea ontwikkelt radar technologieen voor sectoren zoals de scheepsvaart en andere maritieme sectoren. Het bedrijf wordt geleid door Geert Mosterdijk. Het bedrijf heeft maar een paar medewerkers. Deze zijn gespecialiseerd in hun vakgebieden zoals: elektronica en software. Verder lopen er bij Sens2Sea een aantal studenten stage van verschillende opleidingen. Het bedrijf werkt voor projecten samen met andere bedrijven. Deze bedrijven zijn tevens de stakeholders voor de projecten. Voor dit bedrijf geldt het volgende:

1. Sens2Sea. De opdracht is voor Sens2Sea, dit bedrijf bepaalt welke beslissingen gemaakt worden. Dit bedrijf heeft mensen in dienst die expertise bieden op gebied van elektronica en software. (Hoge invloed en Hoog belang)
2. PKMarine. Dit bedrijf werkt samen met Sens2Sea en bied expertise in regeltechniek. (Hoge invloed, laag belang)
3. CoE HRTech. Dit bedrijf financiert het project. (Lage invloed en hoog belang)

1.2 Opdracht

Sens2Sea is bezig met radar technologie. Radar is een technologie die radiogolven gebruikt om, t.o.v. de positie van de radar, de afstand, snelheid en richting van objecten te bepalen. Radar kan gebruikt worden in goed en slecht weer. Hierdoor is het uitstekend geschikt om objecten te detecteren in sectoren zoals de scheepsvaart. Ook kan radar technologie gebruikt worden om de zeebodem in kaart te brengen en om olievlekken te detecteren.

Sens2Sea is sinds kort bezig FMCW (Frequency Modulated Constant Wave) radar technologie. Hiervoor wilt Sens2Sea parabool antennes gebruiken. Deze antennes zorgen ervoor dat de radiogolven gebundeld worden. Door de bundeling van deze golven worden de signalen versterkt. Dit zorgt ervoor dat het beeld een betere resolutie heeft. Deze antennes zijn niet te verkrijgen in alle maten. Deze zouden custom op maat gemaakt moeten worden. Dit is ten opzichte van standaard geproduceerde maten een stuk duurder. Machines die al op de markt zijn en met een werkgrootte van 4m x 1m x 0.4m, groot genoeg

zijn kosten tienduizenden euro's. Daarp, wil Sens2Sea eigen antennes maken met een eigen 3D freesmachine. Deze opdracht omvat het realiseren van een nauwkeurige aansturing van een 3D freesmachine.

1.3 Scope

Om een freesmachine aan te sturen zijn er al opensource projecten zoals GRBL uitgevoerd. Deze projecten voldoen helaas niet aan de eisen omdat Sens2Sea wil dat de software en hardware makkelijk aanpasbaar is. Bovendien moet de freesmachine over een afstand van 4 meter nauwkeurig kunnen werken. Hiervoor is het van belang de aandrijving van de frees en de positie bepaling van de snijkop gescheiden te houden. Dit is niet het geval met deze opensource software zoals GRBL. Bij deze oplossingen bepaalt het systeem de positie van de kop door de stappen te tellen die de motoren moeten uitvoeren. Een probleem hiervan is dat de motoren een stap kunnen verspringen waardoor de gewenste qualiteit van de vorm van de antenne niet kan worden gegarandeerd. Daarom wil Sens2Sea dat de positie van de snijkop door sensoren wordt bepaald opdat deze kop nauwkeurig kan worden gepositioneerd in zowel de Y als de Z richtingen.

De scope van het project omvat het scheiden van de aandrijving en de positie bepaling van de snijkop. Daarnaast is er sprake van aanpassen of herschrijven van GRBL om deze te laten werken met de sensoren. Ook de hardware aansturen/aansluiten hoort bij de scope.

1.4 Mogelijke oplossingen

Een mogelijke oplossing voor het probleem zouden stappenmotoren met encoder kunnen zijn. Dit zou handig zijn omdat de code van GRBL niet aangepast hoeft te worden. Deze encoders zitten op de achterkant van de encoder en meten of de encoder wel de stap heeft gezet die die moest zetten. Indien hier een fout in zit zal de encoder compenseren.

Dit is voorgelegd aan de opdrachtgever. Maar dat is geen oplossing omdat afhankelijkheid van de fabrikant wordt gemaakt. Dit omdat de fabrikant de encoder bepaald op de motor en hierdoor de nauwkeurigheid van de encoder bepaald. Sens2Sea wilt een systeem dat aan te passen is naar de wensen die op dat moment belangrijk zijn. En indien nodig andere sensoren toevoegen/gebruiken voor de bepaling van de positie van de snijkop.

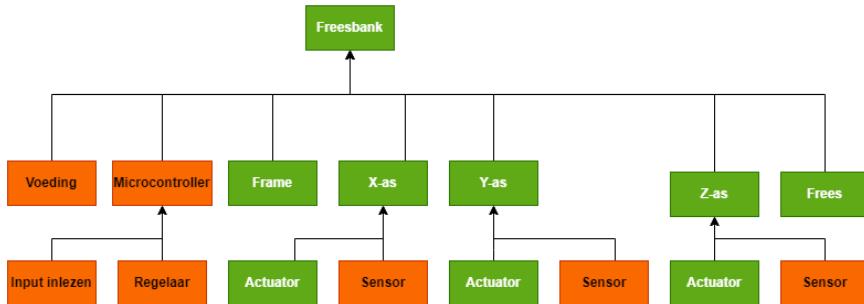


Figure 1: systeem diagram

2 Analyse

2.1 Huidige situatie

De huidige situatie bestaat uit de onderdelen in figuur In groen is aangegeven welke onderdelen al aanwezig zijn. Deze zijn: de motor drivers, motoren het frame en een frees. En in oranje is aangegeven welke onderdelen toegevoegd moeten worden.

figuur

frees valt buiten scope, microstepping buiten scope, verwijzing datasheet?

groote van freesbank

2.1.1 Huidige onderdelen

Frame Het frame is gemaakt van hout. De werkruimte van het frame bedraagt x m in de lengte (X-as), x m in breedte (Y-as) en x m m in hoogte (Z-as). De totale buitenafmetingen van het frame zijn X m bij X m bij X m. langs beide zijden van de lengte-as zijn geleiderails gemonteerd. Hierover beweegt een wagentje. Op deze wagen is een tweede railsysteem bevestigd voor de beweging in de breedte-as. Hierop bevindt zich een tweede wagentje voor de hoogte-as. De hoogte beweging wordt gerealiseerd door middel van een draaiende schroef, waardoor de snijkop gecontroleerd omhoog en omlaag kan bewegen. Aan deze snijkop is een frees gemonteerd. De aandrijving van de lengte- en breedte-as gebeurt met tandriemen. Deze lopen over de volledige lengte van de assen en worden aangedreven door timing pulleys. Dit zijn tandwielen voor tandriemen.

Frees Aan de hoogte-as is een frees bevestigd. Dit is een handfrees die op netstroom werkt.

Motoren De motoren die gebruikt worden zijn NEMA 17 stappenmotoren. Deze motoren werken op 12-36V en mogen maximaal 2A hebben. Deze zitten bevestigd op het frame met brackets. Deze hebben een timing pulley waar de tandriem overheen loopt. De lengte as wordt aangedreven door 2 motoren. De breedte en hoogte assen worden aangedreven door 1 motor.

Drivers De drivers die worden gebruikt voor de motoren zijn DRV8824 drivers. Deze drivers werken op 8.2-45V en mogen maximaal 2.5A hebben op 24V. Deze drivers maken gebruik van een STEP en DIR pin. Door de DIR pin hoog en laag te maken veranderd de polariteit over de aangesloten motor. Door de STEP pin hoog te maken zet de motor een stap. Deze drivers hebben ook de mogelijkheid om te microsteppen. Microsteppen maakt gebruik van sinusvormige stromen om meer nauwkeurigheid en hogere resolutie te krijgen.

2.1.2 Nieuwe onderdelen

Voeding De voeding is niet aanwezig voor het systeem. De microcontroller heeft 5V nodig en kan worden aangesloten op een laptop of powerbrick voor telefoons. De actuatoren hebben meer vermogen nodig en hiervoor wordt een labvoeding gebruikt

lab voeding
gebruik ik,
custom valt
buiten scope

Sensor Uit een interview met de opdrachtgever is gebleken dat de opdrachtgever encoders wilt gebruiken en wilt bevestigen op een getande riem die op het frame is geplakt. Hierdoor kan de getande riem niet uittrekken. De nauwkeurigheid van de encoder is niet het belangrijkste omdat het project gaat over het scheiden van de aandrijving van de frees en positie bepaling van de snijkop. Verder doen de kosten er toe, maximaal 60 euro per encoder. Ook is er belang bij dat de huidige positie opvragen snel kan aangezien een freesmachine een high performance machine is. Er zijn verschillende soorten encoders die verschillend werken. De nauwkeurigheid van een encoder wordt gemeten in Pulses Per Rotation(PPR). Dit geeft aan dat hoe hoger de PPR is de hoger de nauwkeurigheid omdat er meer pulses gegeven worden in dezelfde rotatie. Na het onderzoek zijn de opties voorgelegd aan de opdrachtgever en is er gekozen om een optische incrementele encoder te gebruiken.

Microcontroller Na de keuze voor een encoder is gekomen dat de microcontroller 6 interrupt pinnen nodig heeft. Verder moet deze rond de specificaties zijn als een arduino uno. Dit is omdat opensource oplossingen zoals GRBL gebaseerd zijn op een arduino uno. Hierom is voorgesteld om een arduino mega te gebruiken. Deze microcontroller heeft voldoende rekenkracht voor dit soort applicaties. Hiernaast heeft deze microcontroller ook de benodigde 6 interrupt pinnen voor de 3 verschillende assen. Daarnaast bieden de vele pinnen mogelijkheden om het systeem uit te breiden.

2.2 Requirements

Uit de analyse en aan de hand van meerdere interviews met de opdrachtgever zijn de volgende requirements opgekomen.

Requirement	User story	Acceptatie	soort
De snijkop van de machine moet over de X, Y en Z as kunnen bewegen.	Als opdrachtgever wil ik dat de machine zich over de X, Y en Z as kan bewegen.	Als de kop zich over de X, Y en Z as kan bewegen.	Funct.
De positie van de snijkop moet bepaald worden doormiddel van sensoren.	Als opdrachtgever wil ik dat de machine de positie van de kop bepaald doormiddel van sensoren op de nauwkeurigheid te garanderen.	Als de de positie van de snijkop bepaald word door een sensor.	Funct.
Er kan g-code uitgevoerd worden door de freesmachine.	Als opdrachtgever wil ik een g-code bestand laten uitvoeren door de freesmachine.	Als de machine g-code kan uitvoeren.	Funct.
De code van het prototype moet modulair zijn waardoor gemakkelijk delen vervangen kunnen worden, zoals actuatoren en sensoren.	Als opdrachtgever wil ik gemakkelijk onderdelen kunnen vervangen en toevoegen aan de machine, zonder dat de hele code omgebouwd moet worden.	Als er in de code van de machine componenten toegevoegd, vervangen of verwijderd kunnen worden.	Niet Funct.

3 Ontwerpen

3.1 Tekeningen en diagrammen

Het elektrische schema voor een motor en encoder is te vinden in appendix B. Het schema bevat een arduino uno, DRV8824 stepper driver en een stepper motor. Het tweede schema bevat alle componenten voor 3 assen.

4 Test Rapport

In dit plan worden de eisen/requirements van het prototype gestest om te kijken of ze behaald zijn.

mount encoder iteraties,

Work in progress

4.1 De kop van de machine moet over drie assen bewegen

4.1.1 Acceptatiecriteria:

Deze test is voltooid als de kop van de machine kan bewegen over de 3 bewegingsassen (x, y, z).

4.1.2 Testopstelling

Deze test kan alleen op de machine worden uitgevoerd. Benodigd is:

1. Testopstelling.
2. Handleiding

work in progress

4.1.3 Instructies

1. Volg de handleiding om de machine aan te zetten.
2. Upload een simpel stuk gcode om te machine over alle 3 de assen te laten bewegen.

4.1.4 Verwacht resultaat

Het verwachte resultaat is dat de kop van de machine beweegt naar het punt uit de instructies.

4.1.5 Waarnemingen

waarnemingen
invullen

5 Aanbevelingen

aanbevelingen
toevoegen

6 Bronnen

1. Wikipedia contributors, "Radar," Wikipedia, The Free Encyclopedia (Dutch version). [Online]. Available: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Radar>. Accessed: Jan. 6, 2026.
2. Wikipedia contributors, "Radar," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Radar>. Accessed: Jan. 6, 2026.
3. Wikipedia contributors, "Incremental encoder," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Incremental_encoder. Accessed: Jan. 6, 2026.
4. Wikipedia contributors, "Rotary encoder," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder. Accessed: Jan. 6, 2026.
5. Laumans Techniek, "Encoders voor industriële automatisering," Laumans Techniek. [Online]. Available: <https://www.laumanstechniek.nl/blog/kennisbank-3/encoders-voor-industriële-automatisering-20>. Accessed: Jan. 6, 2026.
6. PBC Linear, "Stepper Motor Support: NEMA 17 Data Sheet," PBC Linear. [Online]. Available: <https://media.pbclinear.com/pdfs/pbc-linear-data-sheets/data-sheet-step.pdf>. Accessed: Jan. 6, 2026.
7. Texas Instruments, "DRV8824 Stepper Motor Controller IC," Datasheet. [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/drive8824.pdf>. Accessed: Jan. 6, 2026.
8. Linear Motion Tips, "Microstepping Basics," Linear Motion Tips. [Online]. Available: <https://www.linearmotiontips.com/microstepping-basics/>. Accessed: Jan. 6, 2026.

9. Dynapar, "Magnetic Encoders," Dynapar Knowledge Center. [Online]. Available: <https://www.dynapar.com/knowledge/encoder-basics/encoder-technology/magnetic-encoders>. Accessed: Jan. 8, 2026.
10. Wikipedia contributors, "Gray code," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Gray_code. Accessed: Jan. 8, 2026.

A Encoder onderzoek

Voor de positie van de snijkop van een freesbank te bepalen zijn verschillende mogelijkheden. Uit een interview met de opdrachtgever is gekomen dat deze encoders wilt gebruiken. Een encoder is een sensor met een roterende as. Als deze as draait zet de encoder de beweging om in elektrische signalen. Hierdoor kunnen microcontrollers de positie, snelheid en richting bepalen. De encoders zijn onderteverdeeld in verschillende soorten: Incrementeel of absoluut. Ook zijn er verschillende meet methodes: Magnetisch of optisch. Er zijn ook encoders die linear zijn, maar daarvan heeft de opdrachtgever aangegeven dat die niet bruikbaar zijn. Bij de keuze moet ook rekening gehouden worden met dat de prijs van een sensor onder de 60 euro moet blijven.

A.1 Meet methodes

Er zijn verschillende manieren om de beweging te meten. Hiervoor zijn optisch en magnetisch de meest gebruikte technologieen. **Magnetisch** Magnetische encoders maken gebruik van een magnetisch veld om de rotatie van de as te bepalen. Dit heeft het voordeel dat deze robuuster zijn. Hiernaast zijn deze ook beter bestand tegen vervuiling, trillingen en extreme omgevingsomstandigheden. Het nadeel is dat sterke magnetische velden metingen van andere sensoren kunnen beïnvloeden. Er zijn ook drie grote groepen magnetische encoders.

1. **Magnetic Gear Tooth Sensor or Pickup**, Deze encoder heeft een magnetische sensor en een ferromagnetische tandwiel. Dit betekent dat het tandwiel in staat is om een magnetisch veld te geleiden. Het voordeel hiervan is dat deze goedkoop zijn, alleen zijn deze gelimiteerd door het aantal tanden. Dit limiteert de resolutie naar 120 of 240 PPR.
2. **Magneto-Resistive**, Deze encoder genereert een sinus golf door weerstand te meten op een wiel met afwisselende magnetische polen of een film met weerstanden. De afwisselende magnetische polen bieden een hogere nauwkeurigheid dan het film met weerstanden. Deze encoders zijn moeilijker om te integreren in een systeem.
3. **Hall-Effect magnetic**, Deze encoder maakt gebruik van het Hall-Effect. De encoder bevat een laag van een halfgeleider materiaal dat verbonden is met een voeding. als

A	B
0	0
1	0
1	1
0	1

Figure 2: Encoder sequentie

een magnetische pool langs de hall-effect sensor komt, word er een hoge voltage gegenereerd. De frequentie en amplitude van de verstoring in het magnetisch veld kan worden gebruikt om de snelheid en verplaatsing te bepalen.

Optisch Optische encoders zijn encoders die gebruik maken van optische signalen om stappen te tellen. Dit doen deze encoders door een schijf met patronen dat vast zit aan de as. Door een lichtsensor worden deze patronen omgezet in elektrische pulsen. Deze sensoren bieden hoge resolutie en nauwkeurigheid. Hierdoor zijn deze encoders goed op plekken waar veel nauwkeurigheid verwacht wordt. Het nadeel van deze sensoren is dat deze gevoeliger zijn voor stof, vuil en trillingen.

A.2 Encoder soorten

Incrementeel, Incrementele encoders genereren pulsen als de as beweegt. Op de schijf zijn er 1 of meerdere rijen met patronen. die rijen heten kanalen en als er 2 of meer kanalen zijn, is het mogelijk om de richting te bepalen. Deze patronen zijn 1/4 patroon van elkaar verschoven. Hierdoor kijg je bij een encoder met 2 kanalen een patroon in de signalen. Dit betekend ook dat deze hetzelfde aantal draden heeft als kanalen. Doordat de encoder een patroon volgt ten opzichte van een referentie punt, moet de microcontroller zelf de positie bijhouden. Hierdoor gaat de positiebepaling verloren als er een stroomonderbreking is.

Het aantal patronen per kanaal bepaalt de nauwkeurigheid. Indien eene encoder meerdere kanalen heeft vergroot de nauwkeurigheid. bij 600 PPR (pulses per rotation) op 1 kanaal, heeft 2 kanalen $600 \times 4 = 2400$ PPR.

Het patroon van de signalen is in graycode. Dit patroon is te zien in figuur x. Graycode is een ander soort binare code dat bij elke increment en decrement 1 bit veranderd. De signalen moet je opvangen met een microcontroller via polling of interrupts. Interrupts zijn handiger omdat er dan geen data verloren kan gaan door een te kleine sample snelheid.

figuur nummer

De signalen moeten worden opgevangen door een microcontroller. Dit kan via polling of interrupts. Interrupts stoppen het programma en voeren hun code uit, hierna kan het programma weer verder gaan. Polling is een manier van input lezen door iedere keer te kijken of de data veranderd is. Interrupts zijn hiervoor beter omdat er bij polling data verloren kan gaan door een te lage sample snelheid. De andere kant is dat een microcontroller maar een bepaald aantal interrupts per seconde kan verwerken.

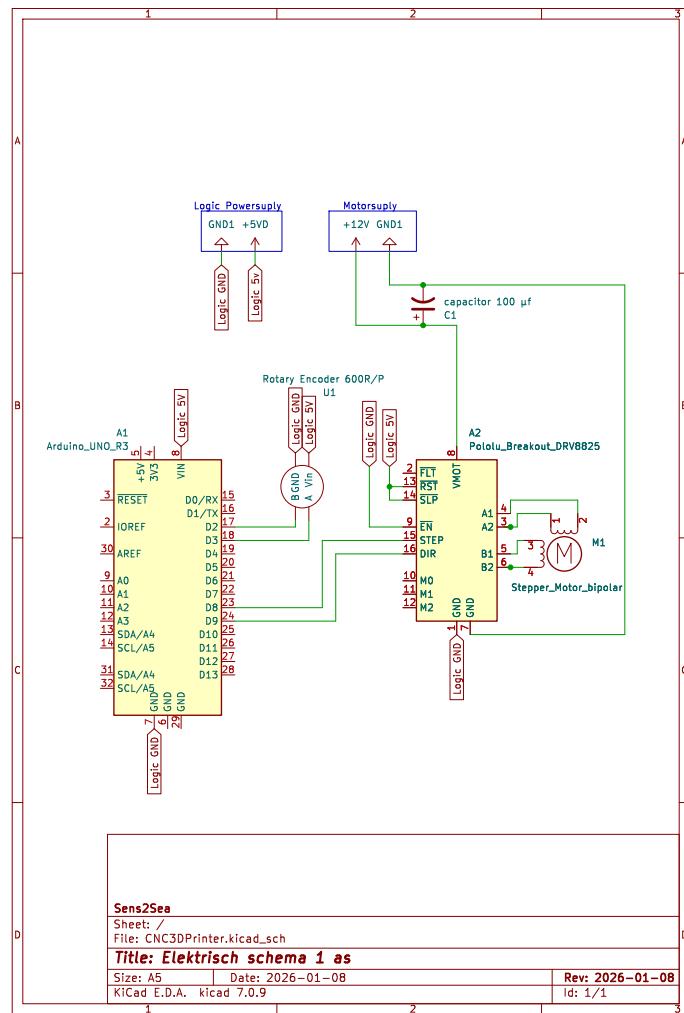
Absolute, Absolute encoders zijn encoders die elke positie op de schijf een unieke code geven. Hierdoor weet de encoder exact waar die zich bevindt in de rotatie. Hierdoor gaat de positie niet verloren als de spanning onderbroken is. Absolute encoders onthouden niet standaard het aantal rotaties die zijn gedaan. Hiervoor zijn multi-turn varianten. Absolute encoders moeten worden uitgelezen met een protocol zoals SPI. Op een Absolute encoder wordt bepaald hoeveel bits er zijn en hoe nauwkeurig de encoder is. Een multi-turn absolute encoder heeft x aantal bits per rotatie en x aantal bits voor het aantal rotaties.

Absolute encoders zijn duurder dan incrementale encoders. Van absolute zijn de multi-turn encoders duurder dan single-turn encoder.

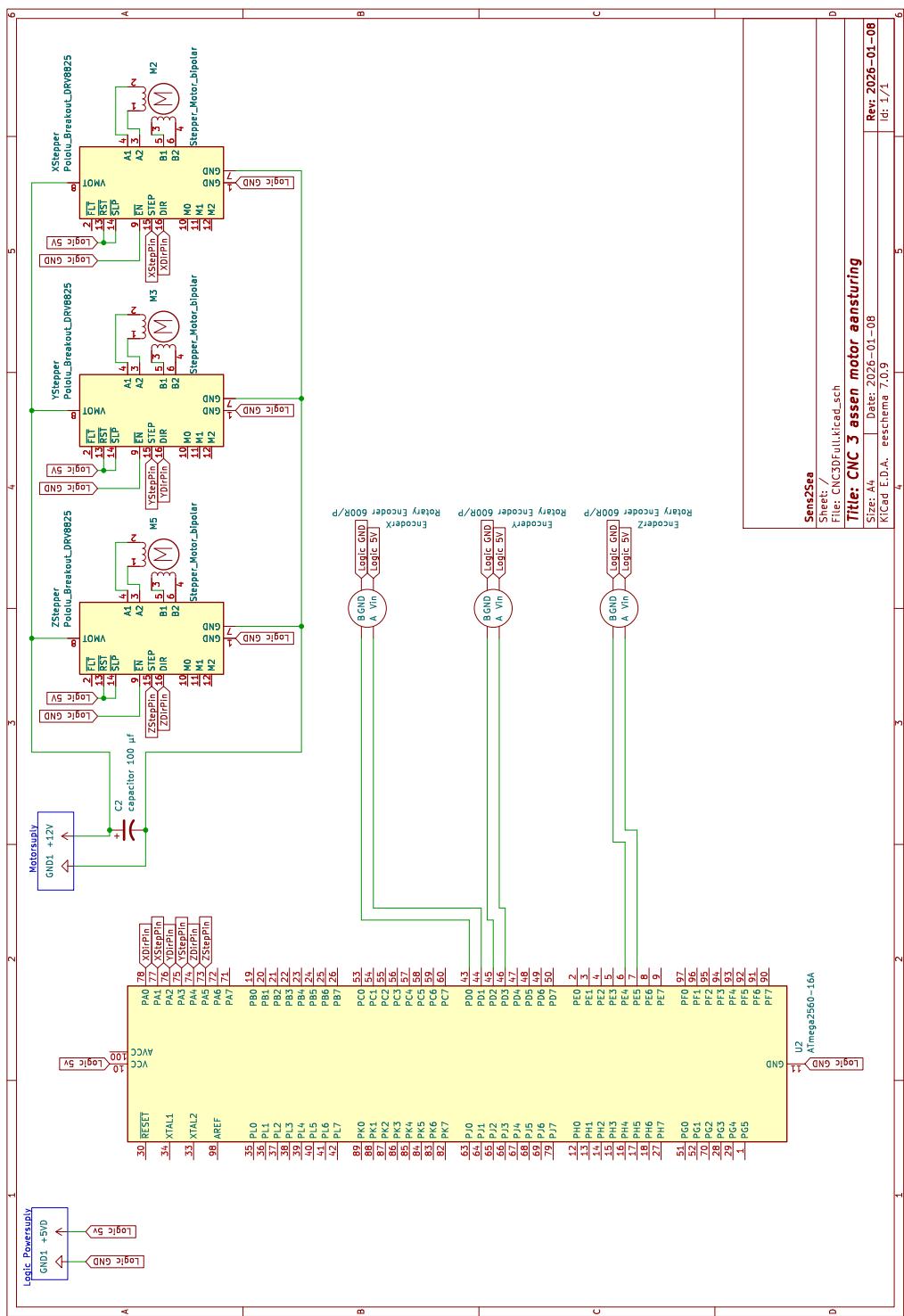
Kosten uitelezen	absolute protocol	Incrementele goedkoper pulsen tellen
positie onthouden zonder stroom	ja	nee

Na de opties voorgelegd te hebben aan de opdrachtgever heeft de opdrachtgever gekozen voor een optische incrementale encoder.

B elektrische schemas



Elektrisch schema 1 as



Elektrisch schema 3 asen

Changelog

Datum	verandering
1-12-2025	Begonnen met stage verslag maken van losse documenten
10-12-2025	Feedback verwerkt van studenten
05-01-2026	Document herordend en analyse verbeterd
06-01-2026	Stakeholders verplaatst, spelling, onderzoek verplaatst/herschreven
08-01-2026	bijlage toegevoegd.