

Project: Laser kalibratie systeem



Periode: 23-2-26/ 15-5-26
Hogeschool Thomas More Geel
Elektronica-ICT: Cloud & cybersecurity
Mathias Boeckx

Introductie

Beste

Vriendelijk bedankt om de tijd te nemen dit document door te nemen.

Dit document dient om te laten zien waar mijn stage bij Absolem engineering in Turnhout over gegaan heeft. Ook heb ik het opgemaakt om te dienen als leidraad voor het kalibreren van lasersystemen, gebruikt bij Absolem engineering.

Het document begint met het projectcharter. Hier vindt u terug voor wie dit project is gemaakt, wat de scope ervan is, en wat het doel van dit project is. Daarna komt de uitleg over het kalibreren van lasersystemen, dit om aan te tonen welke stappen het project zal automatiseren. Daarna komt de werking van het project. Hoe verder u leest doorheen dit document, hoe gedetailleerder de uitleg wordt. Aan het einde zijn nog enkele tests toegevoegd. Dit om de basisfunctionaliteit aan te tonen en welke moeilijkheden er nog zijn binnen in het project.



Inhoudstabel

1	Introductie.....	1
2	Inhoudstabel	2
3	Analyse.....	3
3.1	Kalibratie systemen	3
4	Kalibratie	5
4.1	Het belang van 2D kalibratie.....	5
4.2	Het belang van 3D kalibratie.....	6
4.3	Procedure 2D kalibratie	8
4.4	Procedure 3D kalibratie	12
5	Hardware.....	13
5.1	Beacon CU-16.....	13
5.2	Matrix	16
6	Software	20
6.1	Gebruikte software	20
6.2	Ontwikkelde software	21
7	Conclusie	22
7.1	Resultaat	22
7.2	Bruikbaarheid.....	22
7.3	Moeilijkheden.....	22
8	Tests & metingen.....	23
8.1	Meting_1: Matrix2*2 gevoeligheid	23
8.2	Meting_2: Beacon module meetpatroon	24
9	Literatuurlijst	26

3 Analyse

3.1 Kalibratie systemen

Omdat er verschillende systemen zijn om lasers te kalibreren start dit project met een onderzoek wat de mogelijkheden zijn. Met Absolem zelf is al besproken dat hun voorkeur uitgaat naar de Newson Beacon-CU16. Dit systeem is makkelijk te integreren in hun bestaande infrastructuur. Toch is het interessant om te beginnen met een onderzoek hierrond met de reden dat er misschien systemen zijn die meer beantwoorden aan de vraag. Systemen die misschien onafhankelijk werken van producenten en makkelijk te integreren zijn, of dat een eigen ontwikkelde systeem het mogelijk maakt eigen features toe te voegen.

3.1.1 Newson Beacon-CU16

Omschrijving:

De Newson Beacon-CU16 is het systeem geprefereerd door Absolem. Dit systeem is makkelijk te integreren in hun bestaande laser infrastructuur. Werkt met een zelf te ontwerpen en fabriceren matrix van fotodiodes.

Geschatte planning:

Week 1: onderzoek, planning en voorbereiding

Week 2: verder onderzoek naar de werking en benodigdheden van gekozen methode

Week 3-5: ontwikkelen en testen van matrix voor fotodiodes

Week 6-9: integreren in bestaande structuur

Week 10: aflevering werkend product

3.1.2 SFC 600

Omschrijving:

De Raylase Scan Field Calibrator (SFC) 600 is een toestel specifiek ontworpen voor Raylase lasers. Het toestel is een scanner dat een gelaserd oppervlak kan inscannen om de kalibratiegegevens direct in te voeren in Raylase software.

Geschatte planning:

Week 1: onderzoek, planning en voorbereiding.

Week 2: bestellen product.

Week 3: testen van werking product.

3.1.3 Eigen ontwikkelde hardware

Omschrijving:

De volledige hardware zelf ontwikkelen is een optie. Op 13 weken een product ontwikkelen dat werkt is zeker doenbaar. Het product zou vergelijkbaar zijn als de Newson Beacon-CU16.

Geschatte planning:

Week 1: onderzoek, planning en voorbereiding

Week 2: verder onderzoek naar de werking en benodigdheden van gekozen methode

Week 3-5: ontwikkelen en testen van matrix voor fotodioden

Week 6-9: ontwikkelen van software om kalibratie te berekenen

Week 10-12: opzetten van simpele GUI om kalibratie te vereenvoudigen

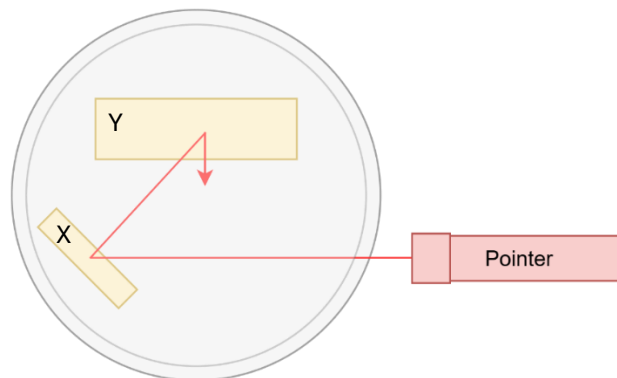
Week 13: aflevering werkend product

3.1.4 Conclusie van de analyse

Door de merk gebonden architectuur van de meeste andere Kalibratie systemen is de meest voor de hand liggende oplossing het kiezen van de Beacon-CU16. Dit omdat het merk Newson al geïntegreerd zit in de systemen gebruikt bij Absolem. Aangezien de matrix die nodig is voor de kalibratie niet verkocht wordt en zelf gefabriceerd moet worden is het achteraf aanpassen van de controller (indien nodig) ook een optie. Dit om bijvoorbeeld niet afhankelijk te zijn van de fabrikant en de matrix te kunnen gebruiken voor andere merken/systemen of om het inbouwen van de matrix te versoepelen.

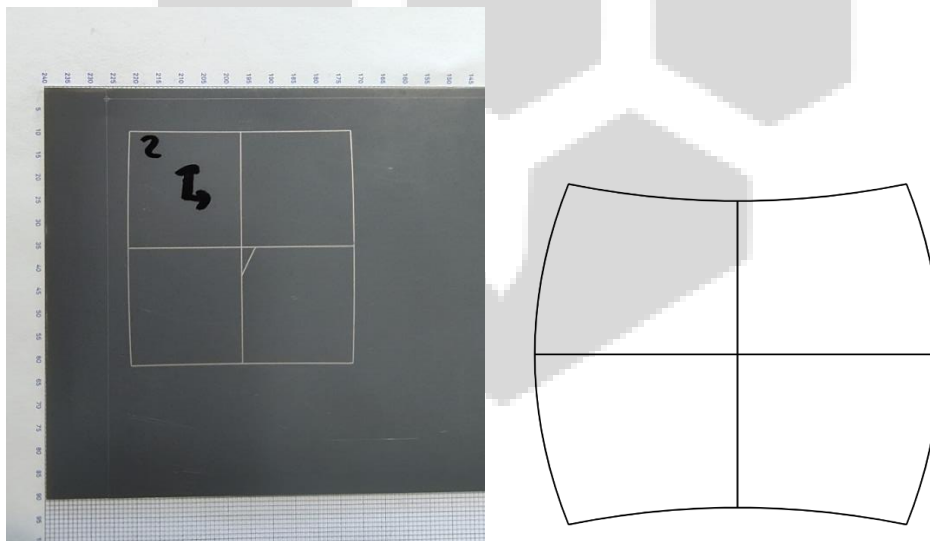
4 Kalibratie

4.1 Het belang van 2D kalibratie



Figuur 1: Reflectie van de laser

Een lazersysteem werkt (meestal) doormiddel van reflectie. Als de laser geactiveerd wordt, weerkaatst deze in een X en een Y spiegel. Deze spiegels kunnen doormiddel van rotatie ervoor zorgen dat de laserstraal gecontroleerd kan bewegen om te markeren, lassen of snijden. Hierna passeert de laser een lens die ervoor zorgt dat het licht wordt gebundeld. Doordat de spiegels die gebruikt worden voor de beweging licht bolvormig zijn, schiet een laser die niet gekalibreerd is geen rechte lijnen, maar gebogen lijnen die de vorm van de spiegels weergeven.



Figuur 2: Patroon zonder kalibratie

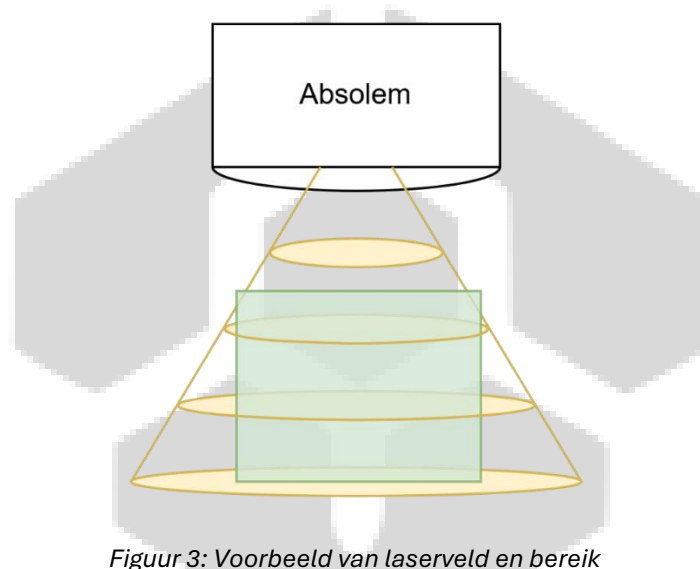
Doormiddel van kalibratie kunnen we ervoor zorgen dat het systeem rekening houdt met deze offset en deze compenseert met een extra beweging. Zo wordt een rechte lijn op de x as getekend door ook een kleine roterende beweging met de y as te maken.

4.2 Het belang van 3D kalibratie

Als een 3D veld nodig is voor een project, moet het lasersysteem hier ook voor gekalibreerd worden. Het gebruiken van een 3D veld voegt twee extra componenten toe om rekening mee te houden. Enerzijds moeten we ervoor zorgen dat doorheen het 3D veld, de 2D velden overeenkomen. Anderzijds moet er rekening gehouden worden met het brandpunt van de laser dat zich doorheen het 3D veld beweegt.

4.2.1 Het belang van 3D veldkalibratie

De 3D veldkalibratie (kalibratie van het 3D laserveld) moet ervoor zorgen dat alle 2D meetpunten op dezelfde X- en Y-positie staan op de verschillende hoogtes (verschillende Z-coördinaten). Dit is belangrijk omdat afstanden op verschillende hoogtes hetzelfde moeten betekenen. Tekeningen worden in millimeter doorgegeven aan het lasersysteem, en de kalibratie zorgt ervoor dat 10mm op elke hoogte dicht mogelijk 10mm benadert.

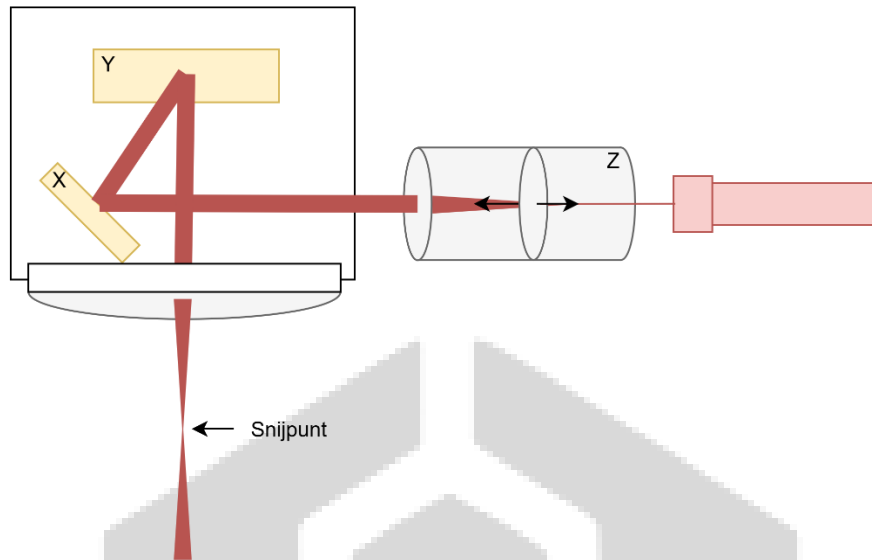


Figuur 3: Voorbeeld van laserveld en bereik

Deze kalibratie is nodig omdat de laser vanuit 1 punt gereflecteerd wordt. Hierdoor is de gehele vorm van het 3D veld geen rechte kubus maar een kegel zoals afgebeeld op figuur 3. Software in het lasersysteem is voorzien op deze afwijking, maar kan zonder kalibratie niet de exacte X- en Y-posities bepalen doorheen het 3D veld.

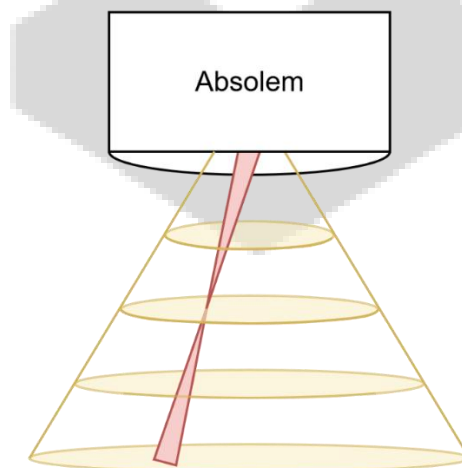
4.2.2 Het belang van 3D snijpunt kalibratie

Het snijpunt van het lasersysteem is de plaats waar de lichtbundel van de laserstraal het meest in focus is. Op dit punt is snijden, lassen of graveren het meest precies en het meest effectief. Het snijpunt aanpassen doorheen de hoogte gebeurt door een extra set lenzen. De afstand tussen deze lenzen zorgt ervoor dat de laserstraal dikker of dunner wordt gemaakt (zie figuur 4) waardoor het snijpunt verschuift doorheen de hoogte.



Figuur 4: reflectie met Z-as

Bij normale of goedkopere lenzen zou het snijvlak bol staan, maar omdat gewerkt wordt met lenzen specifiek ontworpen voor lasersystemen wordt dit vlak recht getrokken zoals in figuur 5.



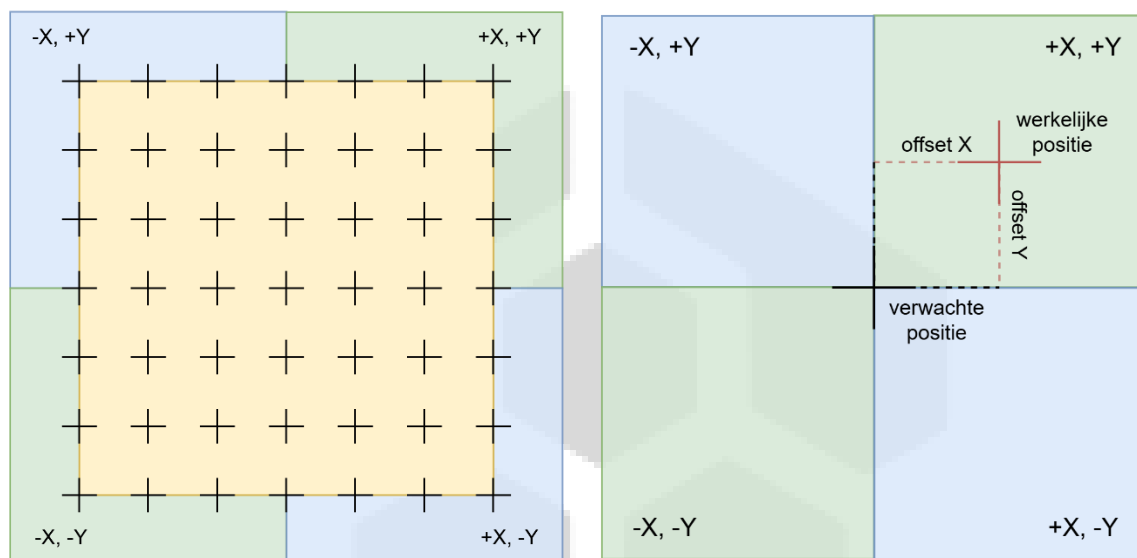
Figuur 5: laserveld

4.3 Procedure 2D kalibratie

4.3.1 Algemene procedure

Een 2D kalibratie van een lasersysteem gebeurt door een patroon te graveren met de laser, dit op te meten en het verschil (de offset) in te geven in een document. Dit document (figuur 7) kan daarna geüpload worden in de scanner software, deze houdt een bestand bij waar de verschillende afwijkingen in worden opgeteld en verdeeld over het laserveld.

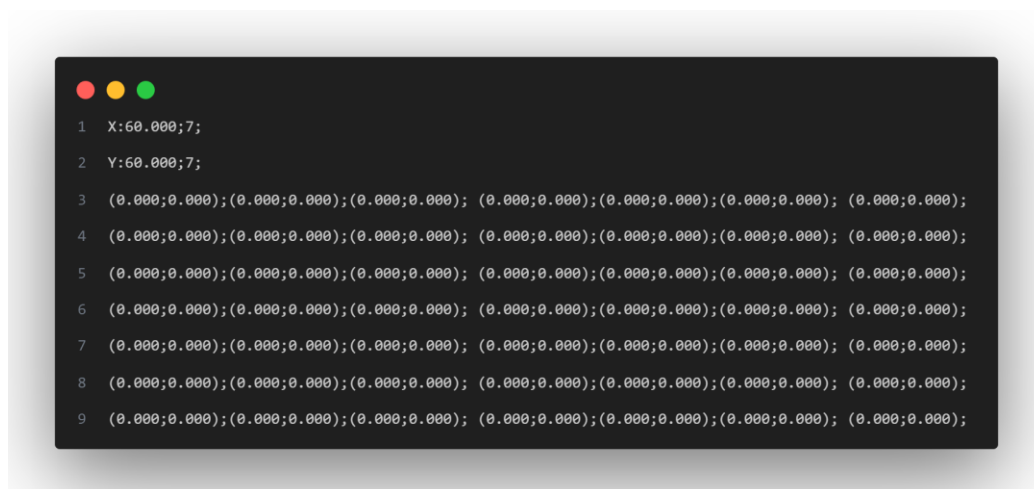
De linker afbeelding in figuur 6 toont het patroon dat nodig is om het hele laserveld te kalibreren. Dit patroon bestaat uit kruizen verdeeld over het laserveld (het gele vlak) en wordt gegraveerd met de laser. Een laserveld is opgedeeld in een coördinatenveld en bestaat uit een X-as en een Y-as. Het middelste kruis duidt het nulpunt aan, de rechter afbeelding in figuur 6 laat zien hoe dit gebeurt.



Figuur 6: 2D kalibratie patroon (links volledig veld & rechts aparte apertuur)

De offset die nodig is om de scanner te kalibreren is deze tussen de verwachte positie en de werkelijke positie per kruis, zoals afgebeeld op de rechter afbeelding in figuur 6. De offset moet gemeten worden in de X- en Y-as, met als nulpunt de verwachte positie. Als de verwachte positie $-20x, 20y$ is, en de werkelijke positie $-17x, 23y$, is de offset $3x, 3y$. Moest de werkelijke positie $-23x, 20y$ zijn, zou de offset $-3x, 3y$ zijn.

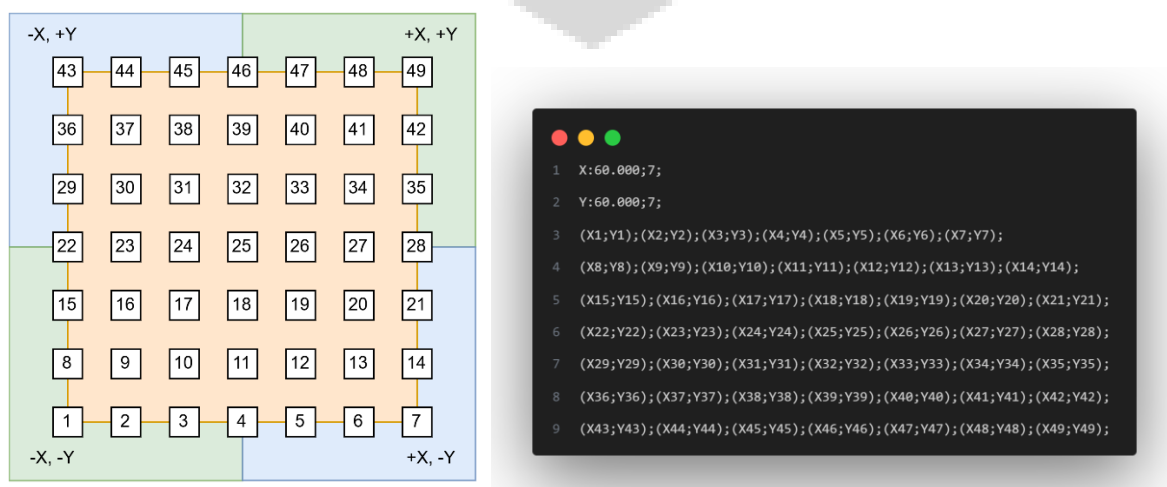
Om de afwijkingen uiteindelijk in de scanner software te uploaden moeten we deze data in een specifieke structuur in een document ordenen. Deze structuur werkt als volgt:



Figuur 7: kalibratie document

Data in het document wordt gescheiden doormiddel van een puntkomma. De eerste lijn duidt op de X-as, na de dubbelpunt komt de grote van het te kalibreren veld in millimeter, in dit geval 60mm. Daarna het aantal meetpunten die verdeelt staan over de lengte van de X-as. In het voorbeeld komt de eerste lijn dus overeen met de X-as die 60mm lang is en waarover 7 meetpunten (linker afbeelding van figuur 7: de kruizen) verdeelt staan. Omdat de afstand tussen elk meetpunt gelijk moet zijn, zou in dit voorbeeld de afstand tussen de meetpunten 10mm zijn. Moest het kalibratieveld 120mm groot zijn, zou elk meetpunt 20mm uit elkaar moeten staan. Lijn 2 duidt hetzelfde aan voor de Y-as. Uit lijn één en twee moet een matrix worden opgesteld die begint op de volgende lijn. Elk meetpunt wordt weergegeven aan de hand van een X- Y-paar dat tussen haakjes staat. X, Y en de volgende meetpunten worden gescheiden door een puntkomma. De opbouw van één meetpunt in de matrix is dus (X-OFFSET; Y-OFFSET). Afwijkingen moeten worden ingegeven in millimeter en kunnen tot 3 tekens na de komma worden ingevoerd.

Een belangrijk punt bij het opmaken van het document is dat het eerste meetpunt op regel 3 op de werkelijke matrix links onderaan ligt. Van hieruit wordt verder gewerkt naar rechts en van onder naar boven. De afbeeldingen op figuur 8 verduidelijken de volgorde die gehanteerd dient te worden om de offset data in het document in te voeren.



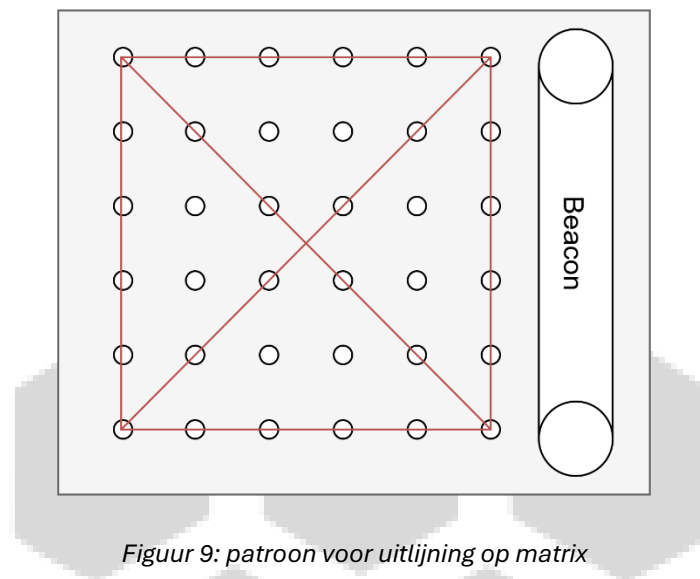
Figuur 8: nummering van patronen op kalibratieveld en in kalibratie document

4.3.2 Procedure met Beacon systeem

Het Beacon systeem is ontworpen om deze procedure te automatiseren. Het lasersysteem wordt door middel van USB verbonden met de computer en de Beacon module wordt geconnecteerd via bluetooth.

Hierna moet het configuratie bestand ingevuld worden. Hier kan gekozen worden via welk systeem met de laser gecommuniceerd wordt, met welke snelheid de laser moet bewegen, enzovoort....

De matrix moet gecentreerd in het laserveld worden geplaatst, hiervoor kan de uitlijningsfunctie gebruikt worden. Deze tekent het kalibratieveld met de hoeken verbonden door een X zoals in figuur 9. Door deze uit te lijnen met de aperturen en het kruispunt in het midden te plaatsen kan de matrix uitgelijnd worden met het lasersysteem.



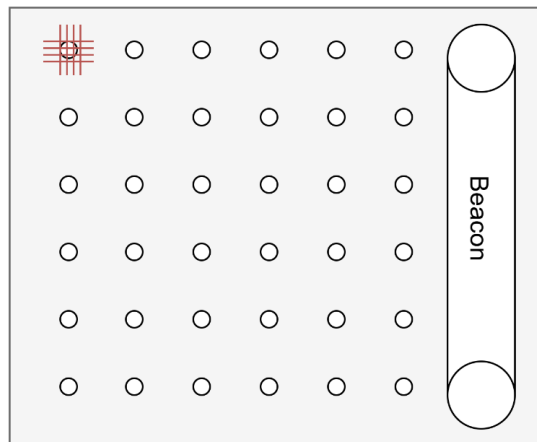
Figuur 9: patroon voor uitlijning op matrix

Als alles verbonden is en de matrix staat gepositioneerd in het midden van het laserveld, kan de kalibratie gestart worden. Als het kalibratiescript loopt en er enkel 2D gekalibreerd moet worden, is het werk van de operator zo goed als gedaan. Het Beacon systeem doet de kalibratie automatisch met de volgende stappen:

Eerst leest de python software achter het Beacon systeem het configuratiedocument. Hieruit leidt het systeem af hoe groot het te kalibreren oppervlak is, hoeveel aperturen er in 1 rij staan, op welke manier er met de lasercomponent gecommuniceerd moet worden, enzovoort.... Dan wordt de laser gestart en geconfigureerd. Het programma selecteert doormiddel van verschillende arrays de eerste apertuur en de bijhorende sensor. Daarna wordt een start signaal gestuurd naar de Beacon module. Deze vraagt aan het programma een patroon te laseren om de eerste apertuur te vinden.

De Beacon module heeft geen weet van hoeveel aperturen er zijn en werkt telkens met één apertuur tegelijk. De python software zorgt ervoor dat de locatie van deze apertuur en het te scannen patroon overeenkomt met de matrix en zorgt dat de Beacon module de juiste sensor heeft geselecteerd alvorens de individuele kalibratie per apertuur te starten.

Als de juiste sensor is geselecteerd, en de kalibratie is gestart, vraagt de Beacon het scanpatroon aan. Dit patroon dient om de apertuur te vinden binnen een aanpasbaar zoekveld zoals in figuur 10.



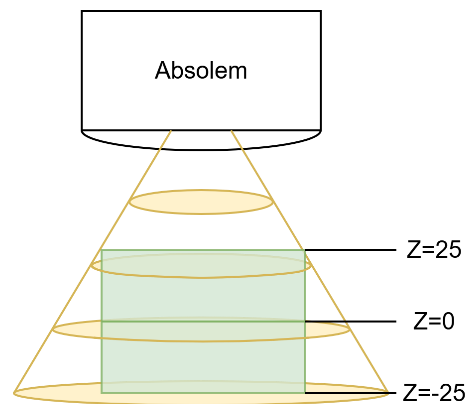
Figuur 10: zoekpatroon op matrix

Als de apertuur geraakt wordt door de laser, verlicht deze de hele donkere ruimte achter de apertuur. Hierdoor kan de fotodiode meten dat de apertuur geraakt wordt, voor hoelang de laser door de apertuur schijnt en hoe intens de verlichting is. Na een paar lijnen te markeren over de apertuur kan de Beacon module bepalen hoever van het van de markering de apertuur is. Deze offset wordt eerst opgeslagen in een matrix in de python software om op het einde van de kalibratie geschreven te worden naar een document en geüpload te worden in de software van het lasersysteem.

Als het eerste punt is gekalibreerd, word van links naar recht en van boven naar onder de rest van de aperturen afgegaan, de kalibratie wordt geüpload en indien er meerdere keren gevraagd zijn, doorloopt het Beacon systeem het kalibratieproces nogmaals.

4.4 Procedure 3D kalibratie

4.4.1 Veldkalibratie



Figuur 11: kalibratieveld met Z-as aanduiding

Om een 3D veldkalibratie (kalibratie van het laserveld) uit te voeren wordt een 2D kalibratie uitgevoerd, maar op verschillende hoogtes. Deze extra dimensie (de hoogte) wordt aangeduid als de Z-as. Het nulpunt van de Z-as is het middelpunt van deze as. Als de Z-as 50mm is, is het laagste punt op deze as -25mm en het hoogste punt 25mm zoals aangeduid op figuur 11.

De eerste kalibratie moet gebeuren op het nulpunt. Dit om ervoor te zorgen dat de afwijkingen gelijk verdeeld liggen naar boven en beneden. Het kalibratie document dat geüpload moet worden ziet er bijna hetzelfde uit dan dat van een 2D kalibratie, enkel is er de Z as en waarde aan bijgevoegd (zie figuur 12).

```
1 X:50.000;6;  
2 Y:50.000;6;  
3 Z:0  
4 (-0.175;-0.807);(0.246;-0.656);(0.015;-0.506);(-0.046;-0.301);(-0.221;-0.090);(-0.181;0.097);  
5 (-0.334;-0.489);(0.138;-0.332);(-0.023;-0.243);(-0.065;-0.178);(-0.246;0.021);(-0.370;0.086);  
6 (-0.293;-0.001);(0.116;-0.017);(-0.179;-0.020);(-0.200;0.030);(-0.264;0.054);(-0.451;0.082);  
7 (-0.376;0.343);(0.077;0.321);(1.669;0.258);(-0.178;0.216);(1.697;0.174);(-0.506;0.129);  
8 (-0.393;0.644);(0.021;0.541);(-0.025;0.413);(-0.248;0.313);(-0.317;0.172);(-0.543;0.246);  
9 (0.700;1.169);(-0.003;0.955);(-0.345;0.796);(-0.281;0.588);(-0.484;0.407);(-0.478;0.218);  
10
```

Figuur 12: kalibratiedocument met Z-as

5 Hardware

5.1 Beacon CU-16

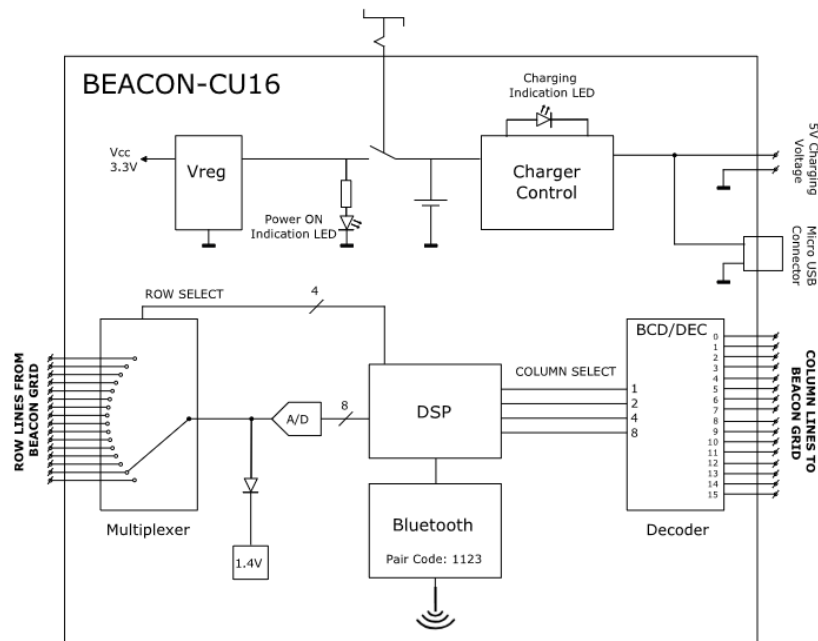


Figuur 13: Beacon module

De Beacon CU-16 module is een kalibratie apparaat. Het geeft een startpunt om individuele punten in een matrix te kalibreren zonder hier een eigen systeem voor te moeten voorzien. Deze module beschikt over een API-interface waardoor deze gebruikt kan worden in eigen ontwikkelde software. Er kunnen 16 rijen en 16 kolommen verbonden worden via de 37-pins SUB-D stekker. Dit maakt het mogelijk om tot 256 schakelingen aan te sturen met één module.

5.1.1 Werking:

Schematisch:



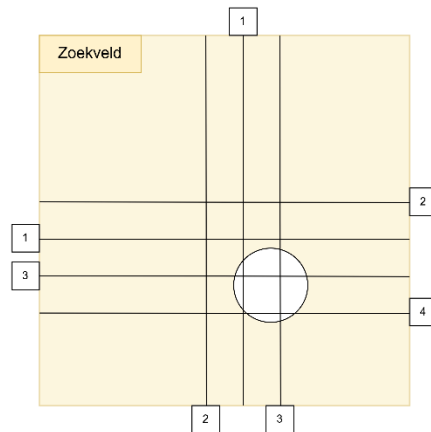
Figuur 14: Beacon module, elektrisch schema

Hoofddonderdelen:

- DsPIC33FJ128MpC804: digitale signaal verwerker (DSP)
- ADG706B: multiplexer
- AD823A: operationele versterker (OpAmp)

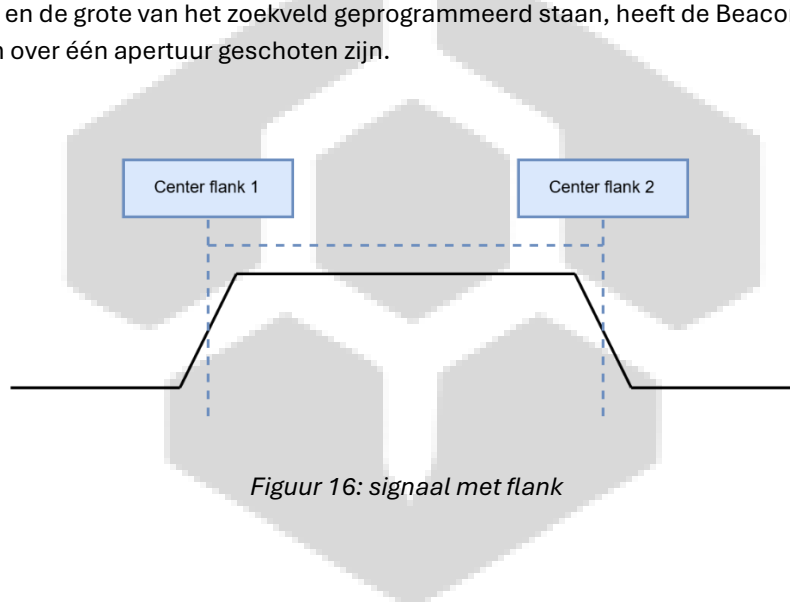
De schematische werking van de Beacon module is volgens figuur 14. De Digitale Signaal Processor (DSP) zorgt voor de sturing van de module. Deze zorgt ervoor dat wanneer de matrix geconnecteerd is, er één sensor geselecteerd wordt. Hiervoor maakt de DSP-chip gebruik van een ingebouwd register. De geselecteerde sensor wordt door de DSP-chip voorzien van voeding en voor de uitlezing van het signaal maakt de Beacon module gebruik van een referentiespanning van 1.4v en een multiplexer die met parallelle communicatie aangestuurd wordt door de DSP-chip.

Om de offset van één enkele apertuur te vinden vraagt de Beacon module aan het lasersysteem om een specifiek patroon te schieten. Dit patroon is variabel en duurt totdat de Beacon module heeft kunnen berekenen waar de apertuur in het patroonveld staat.



Figuur 15: zoekveld enkele apertuur

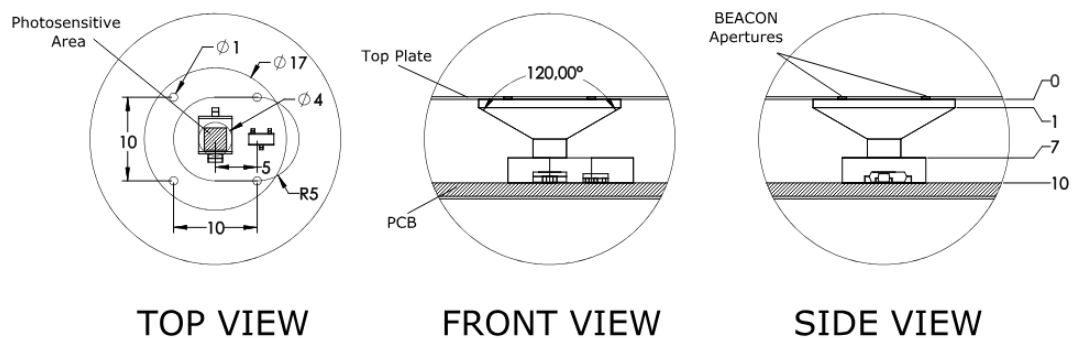
De exacte wiskunde die gebruikt wordt in de Beacon module is buiten de scope van dit project. De omschrijving van de werking van de module is dat, wanneer de laser over het apertuur schiet, er een signaal ontstaat met twee flanken zoals op figuur 16. Het midden van deze flanken wordt gebruikt om op een exacte manier de lengte van het signaal te kunnen berekenen. Omdat in de Beacon module de diameter van de aperturen en de grote van het zoekveld geprogrammeerd staan, heeft de Beacon module genoeg info als er 2 lijnen over één apertuur geschoten zijn.



Figuur 16: signaal met flank

5.2 Matrix

De matrix die nodig is voor de kalibratie wordt niet bij de module geleverd. Deze wordt ook niet door Newson geproduceerd en zal dus zelf aangemaakt moeten worden. De matrix bestaat uit 3 lagen. De eerste laag is een geperforeerde plaat van 0.25 mm, De tweede laag is een dikkere aluminiumplaat van 10 mm met zogenaamde “dark rooms” en de derde laag is een “printed circuit board” (pcb) met de fotodiodes op.

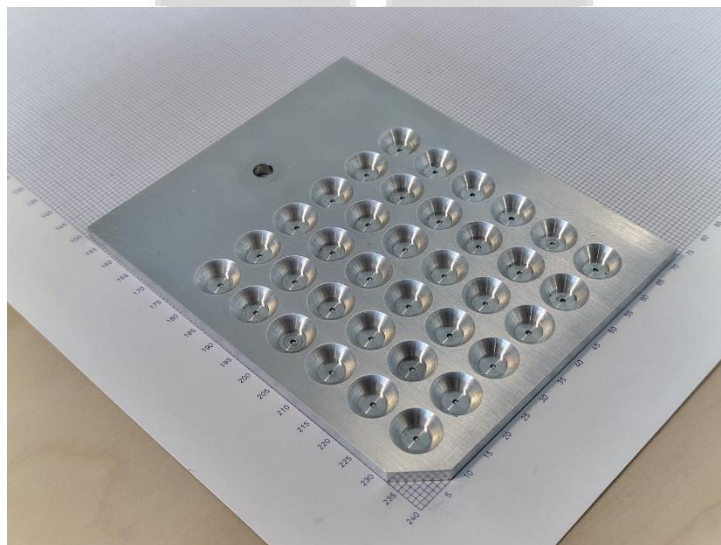


Figuur 17: matrix enkele sensor

5.2.1 Aperturen:

De aperturen staan op een afstand van 10 mm van elkaar.

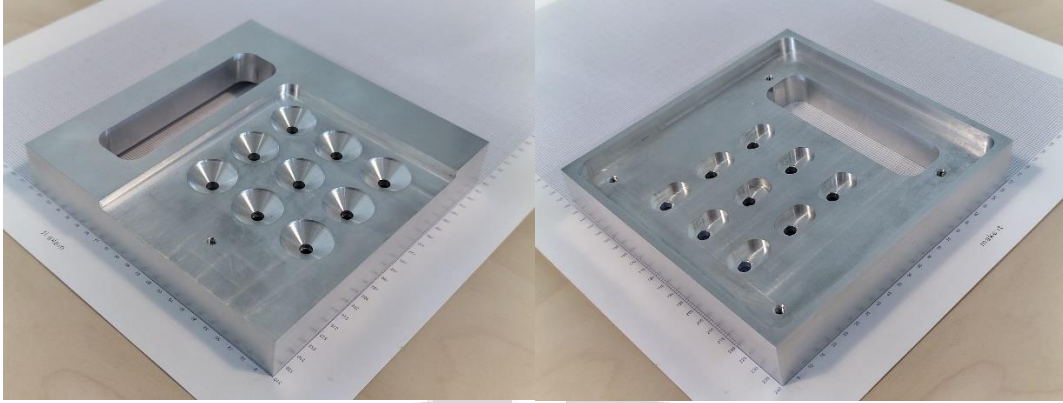
De 3mm plaat is tot een dikte van 0.25 mm gefreesd om zo veel mogelijk licht van de laserbundel door te laten. Deze werkmethode is gekozen om de matrix zelf te kunnen frezen om het proces sneller te laten verlopen. Indien mogelijk zal de eindversie bestaan uit een 0.25 mm ijzeren plaat.



Figuur 18: aperturen laag

5.2.2 Darkrooms:

De darkrooms zijn kamers waar de fotodiode afgescheiden wordt van normaal daglicht. Dit om te voorkomen dat de metingen hierdoor beïnvloed worden. Aan de bovenkant bevindt zich een conisch gat om de laser lichtbundel die door de aperturen schijnt, te weerkaatsen zodat deze op de fotodiode gereflecteerd wordt en gemeten kan worden. Hierdoor wordt de fotodiode ook beschermd van de directe laser straal, die de fotodiode zou kunnen beschadigen.

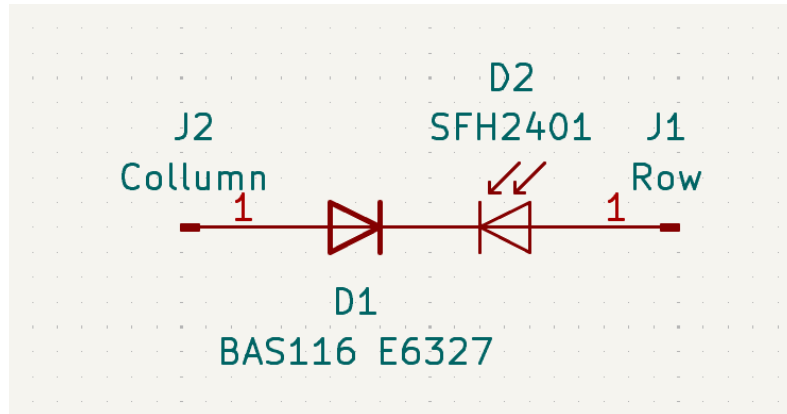


Figuur 19: donkere kamers, boven- en onderkant

5.2.3 Printplaat

De printplaat moet bestaan uit één of meerdere schakelingen en een 37-pins SUB-D stekker (vrouwelijk exemplaar). Aanbevolen is om een matrix te maken met 256 schakelingen. Hiermee kunnen grote en kleine velden gekalibreerd worden. Voor het project zijn kleinere versies gemaakt om sneller tests te kunnen uitvoeren en te onderzoeken tot op welke nauwkeurigheid gekalibreerd kan worden.

Schakelingen



Figuur 20: enkele sensor schematisch

Elke schakeling bestaat uit één BAS116 diode en één SFH2401 diode. De voeding van deze schakeling wordt voorzien aan de anode van de BAS116 diode, loopt naar de kathode van de SFH2401 fotodiode, en dan terug naar de negatieve pool van de voeding. Deze schakeling kan in een matrix opgebouwd worden met meerdere schakelingen per rij en kolom doordat de stroom wordt tegengehouden bij de niet geselecteerde schakelingen (schakelingen waar rij en kolom niet samen actief zijn) doormiddel van diodes en het signaal enkel passeert waar de rij en kolom wel samen actief zijn.

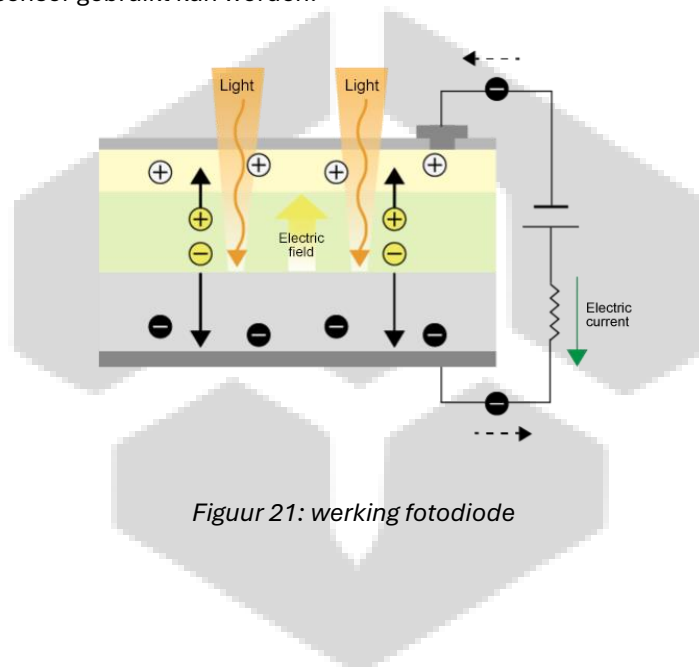
BAS116

De BAS116 is een diode met een zeer lage lekstroom. Lekstroom is de stroom die doorgelaten wordt in de omgekeerde richting van een diode. Een lage lekstroom is nodig om de integriteit van het signaal niet te verstoren. Moest de diode een hogere lekstroom hebben zou de lekstroom van naburige diodes meegenomen worden in het uiteindelijke signaal. Omdat lekstroom sterk afhankelijk is van temperatuur, zou dit het meetresultaat onbetrouwbaar maken.

SFH2401

De SFH2401 fotodiode is een PIN type fotodiode. Dit wil zeggen dat deze uit een positieve, intrinsieke en negatieve laag bestaat. De afkorting komt dus ook van de opbouw van deze diode, Positief Intrinsiek Negatief. De intrinsieke laag die kenmerkend is voor de PIN type diode zorgt voor een groter oppervlak om lichtinval op te vangen. Door de energie van het licht in de intrinsieke laag worden de atomen in deze neutrale laag energiek waardoor de elektronen in de valentieband naar de geleidingsband worden geleid. Hierdoor ontstaan gaten in de valentieband van deze atomen die op hun beurt andere elektronen aantrekken en er een spanning ontstaat tussen de anode en de kathode van de fotodiode.

Als deze fotodiode aangesloten wordt met de anode van de fotodiode naar de positieve pool van een voeding en de kathode naar de min pool van een voeding, heeft de fotodiode weinig nut. De stroom loopt door de fotodiode met weinig verschil bij activering. De fotodiode wordt pas nuttig als deze in omgekeerde polariteit wordt aangesloten, oftewel met de anode van de fotodiode aan de min pool van een voeding, en de kathode van de diode aan een plus pool van een voeding (zie onderstaande afbeelding). Hierdoor wordt de stroom tegengehouden (op een kleine lekstroom na) en pas doorgelaten bij activering van de fotodiode. De stroom die doorgelaten wordt is lineair evenredig aan de lichtintensiteit waardoor de fotodiode als lichtsensor gebruikt kan worden.



Figuur 21: werking fotodiode

6 Software

6.1 Gebruikte software

Door de samenstelling van dit project heb ik verschillende omgevingen moeten gebruiken. Er is een mechanisch gedeelte, een elektronisch gedeelte en een software gedeelte in dit project ingewerkt. Voor elk onderdeel is een verschillende omgeving nodig.

6.1.1 Mechanisch ontwerp

Voor het mechanisch ontwerp is Inventor van Autodesk gebruikt. De reden hiervoor is omdat Absolem hier zelf mee werkt en dit de omgeving is die goed gekend is door de medewerkers van het bedrijf die hier dagelijks mee werken.

Inventor was voor mij een leerproces. Normaal maak ik gebruik van Fusion360, omdat dit pakket eenvoudiger in gebruik is, lichter om te draaien en makkelijk aan te komen. Inventor is een zwaardere en complexere omgeving, gericht op professionals die uitgebreide en complexe industriële tekeningen maken en deze moeten omvormen tot 2D tekening.

6.1.2 Elektronisch ontwerp

Voor elektrische schema's en pcb-design is Kicad gebruikt. Kicad is opensource "Electronic Computer-Aided design" tool met uitgebreide en goede functionaliteit. Er zijn simpelere opties zoals EasyEDA, maar deze hangen vast aan bepaalde bedrijven en leveranciers. Kicad is een gratis tool die ook professioneel ondersteunt en gebruikt wordt door bedrijven zoals CERN.

6.1.3 Softwareontwikkeling

Voor software zijn veel verschillende tools beschikbaar, elk met zijn eigen voor- en nadelen. De taal die gebruikt wordt voor dit project is Python. Tools die hiervoor kunnen dienen zijn VScode, Thonny, PyCharm, De meest voor de hand liggende tool is PyCharm. Dit omdat deze tool gebruikt wordt bij Absolem bij de programmeurs. Zelf heb ik gekozen voor VSodium. Deze tool is ook opensource en een fork van VScode, maar dan zonder ingebouwde telemetrie. De reden achter deze beslissing is omdat ik deze tool goed ken en ook graag in andere programmeertalen schrijf dan enkel python. Nog een pluspunt is dat deze tool is ook veel lichter in gebruik dan PyCharm.

6.2 Ontwikkelde software

Alle software geschreven voor het project is in Python.

6.2.1 Kalibratie software

Maakt gebruik van:

- Kalibratie driver
- Beacon driver
- Laser driver

Het hoofdsript is verantwoordelijk voor het initialiseren en configureren van de kalibratie class, de laser driver class en de Beacon class.

Kalibratie class

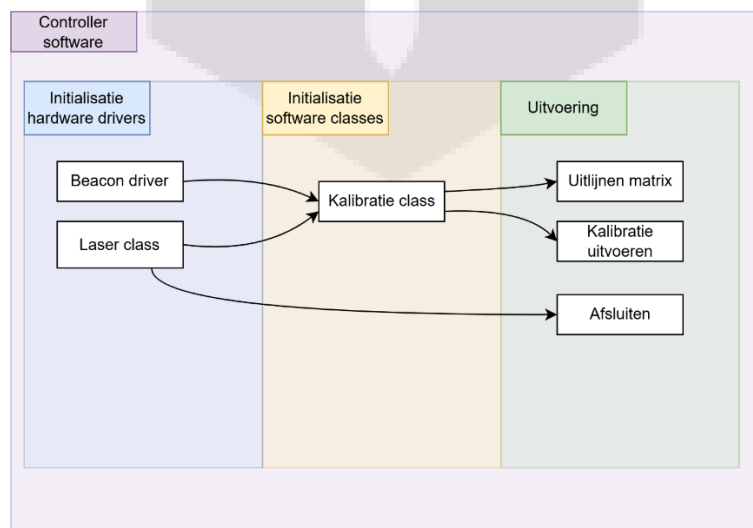
De kalibratie class zorgt ervoor dat de Laser driver class en de Beacon class met elkaar in verbinding staan. Na het initialiseren van de Laser driver class en de Beacon class zouden deze minimaal gebruikt moeten worden en verloopt de kalibratie procedure via de kalibratie class.

Laser driver

De Laser driver is voorzien door de programmeurs van Absolem. Deze dient om met een bestaande c++ library, voorzien door de laser fabrikant, te kunnen communiceren in python. Dit doormiddel van API's in de library op te roepen. Hierdoor wordt software ontwikkelen voor deze lasers makkelijker, efficiënter en meer uniform. De Python class voorziet methods om via seriële communicatie (USB) met de laser te verbinden en commando's te kunnen versturen en reacties te ontvangen.

Beacon driver

De Beacon driver wordt gebruikt om met de Beacon module te communiceren. In tegenstelling tot de laser driver communiceert de Beacon driver doormiddel van een draadloze Bluetooth communicatie.



Figuur 22: Schematische werking kalibratiesoftware

7 Conclusie

7.1 Resultaat

Het resultaat van dit project is een werkende proof of concept. Om een uiteindelijk product uit te werken vraagt meer tijd, tests en middelen. Hiervoor moet het resultaat van de kalibraties nog verder onderzocht worden en moeten de moeilijkheden verder opgelost worden.

Technische tekeningen die klaar zijn voor productie met een werkveld van 310mm zijn mee afgeleverd bij de overdracht van dit project.

7.2 Bruikbaarheid

De matrix van de proof of concept heeft 36 aperturen over een veld van 50mm op 50mm. Dit is het maximum werkveld van de afgeleverde proof of concept.

Wat duidelijk bewezen is voor het einde van het project is het kalibreren van lasers werkend in het infrarood spectrum. Hiervoor is de matrix geschikt omdat de sensor die gebruikt wordt het gevoeligste is voor deze golflengte. Deze kalibratie kon herhaaldelijk gebeuren en dat het resultaat elke kalibratie verbeterde is duidelijk door de vermindering van de afwijking. De uiteindelijke nauwkeurigheid die deze kalibratie uiteindelijk aflevert moet nog verder onderzocht worden.

7.3 Moeilijkheden

De moeilijkheid bij het verderzetten van dit project is de werking met lasers in het groene spectrum. Deze wordt wel goed opgevangen door de sensor, maar de Beacon module heeft moeite met het berekenen van de offset in dit spectrum. Ook brengt de laser gebruikt bij deze kalibratie schade aan de matrix, wat de werking bemoeilijkt.

8 Tests & metingen

8.1 Meting_1: Matrix2*2 gevoeligheid

Omschrijving:

Meting om de gevoeligheid van de fotodiode in kaart te brengen.

Apparatuur:

- Beacon cu-16 module
- Matrix 2*2 proof of concept matrix
- Multimeter:

Resultaat:

Laser	Golflengte	Vermogen (W)	Sensorwaarde (max 255)	Spanning J1 (V)	Spanning J2 (V)
Onbelast	/	/	1	1,31	3,4
Pointer: groen	520	0,001	1	1,36	3,4
Pointer: rood	635	0,001	20	1,48	3,4

Conclusie:

Meting toont aan dat de gevoeligheid van de sensor veel zwakker is voor de golflengte van de groene pointer dan voor de golflengte van de rode pointer. Dit geeft aan dat er problemen kunnen ontstaan wanneer een laser met een groene golflengte gekalibreerd moet worden.

8.2 Meting_2: Beacon module meetpatroon

Omschrijving:

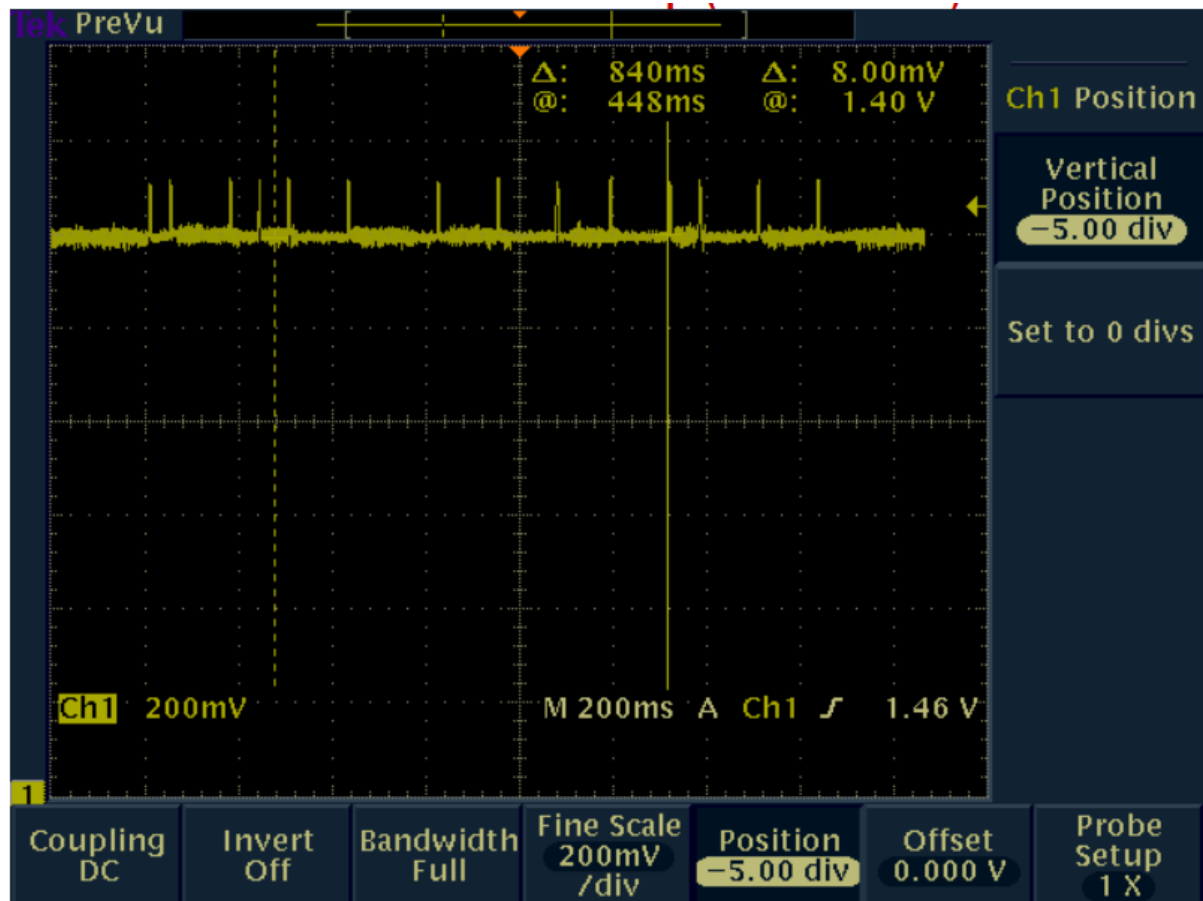
Meting op de 2*2 proof of concept matrix.

Matrix aangesloten op Beacon CU-16 module doormiddel van kabels gesoldeerd op de pcb en aangesloten op een subD-37 uitbreek module.

Apparatuur:

- Beacon cu-16 module
- Matrix 2*2 proof of concept matrix
- Oscilloscoop: TDS3034B

Resultaat:



Duur 1 piek: = gemiddeld 4 ms

Voeding (column, j2): 3,4V

Meting donker (row, j1): 1,31V

Meting piek (row, j1): 1,48V

Piek patroon:

Piek	Tijd op scope (ms)	Tijd berekend (ms)	Verschil met vorige (ms)
1	-659	0	0
2	-616	43	43
3	-487	172	129
4	-424	235	63
5	-361	298	63
6	-234	425	127
7	-42	617	192
8	85,2	744,2	127,2
9	212	871	126,8
10	327	986	115
11	453	1112	126
12	516	1175	63
13	644	1303	128
14	771	1430	127

Conclusie

Bevestigt de werking van de eerste proof of concept van de matrix en de integriteit van het signaal doorheen de PCB. Geeft ook een beeld hoe het signal eruit zou moeten zien en kan gebruikt worden als referentie bij verdere metingen.

Wanneer echt gekalibreerd word zou de piekduur wel korter moeten zijn (tussen 1ms en 10ms).

9 Literatuurlijst

Boeken:

Fitzpatrick, M. (2022). *Create GUI applications with Python & Qt6*. Martin Fitzpatrick.

Matthes, E. (2023). *Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming* (3rd ed.). No Starch Press.

Scott, H. (2016). *Designing electronics that work*. Hunter Scott.

Sierra Circuits. (z.d.). *PCB stack-up*. <https://www.protoexpress.com/blog/pcb-stack-up/>

IPC. (z.d.). *IPC standards*. <https://www.ipc.org/standards>

Links

<https://www.newson.be/doc.php?id=Beacon-CU16>

<https://techtimes.dexerials.jp/en/photonics/three-types-of-photodiodes/>

