

2016 • 2017  
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

## Masterthesis

Opbouwen van meetopstelling voor het karakteriseren van OLEDs  
naar lichtopbrengst en efficiëntie

PROMOTOR :  
Prof. dr. ir. Wim DEFERME  
ing. Frank APPAERTS

COPROMOTOR :  
dr. ir. Jeroen DRIJKONINGEN  
Ing. Inge VERBOVEN

## Stef Wynants

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE-3590 Diepenbeek  
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt



2016 • 2017

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

## Masterthesis

Opbouwen van meetopstelling voor het karakteriseren van OLEDs  
naar lichtopbrengst en efficiëntie

**PROMOTOR :**

Prof. dr. ir. Wim DEFERME  
ing. Frank APPAERTS

**COPROMOTOR :**

dr. ir. Jeroen DRIJKONINGEN  
Ing. Inge VERBOVEN

## Stef Wynants

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT





## Woord vooraf

Tijdens mijn masterproef op het IMO-IMOMECE werkte ik aan het maken van een testopstelling voor het automatiseren van het uitmeten van OLEDs. Hierbij is er gezocht naar een nieuw hardware design, maar ook de software moest aangepast worden. Bij dit werd ik geholpen door doctoraat studenten en andere medewerkers van het IMO-IMOMECE. Bij hen kon ik steeds terecht met mijn vragen. Dit heeft mij een beter zicht gegeven over hoe men data moet verwerken voor onderzoek naar nieuwe materialen.

De masterproef heeft mijn kennis in het programmeren van LabVIEW versterkt. Ik heb ook het belang ingezien van gestructureerd werken en duidelijke communicatie. Dit was een leerrijke ervaring om mee te nemen in mijn verdere toekomst.

Daarom wil ik mijn dank betuigen aan de mensen die betrokken waren met mijn masterproef. Als eerste wil ik mijn externe copromotor Dr. Ir. Jeroen Drijkoningen bedanken om mij bij deze proef te begeleiden met zijn kennis en steun. Ten tweede wil ik mijn externe promotor Prof. Dr. Ir. Wim Deferme bedanken voor de opvolging van mijn masterproef. Ook wil ik mijn interne promotor Ing. Frank Appaerts bedanken voor zijn technisch advies en met het begeleiden. Als laatste wil ik externe copromotor Ing. Inge Verboven bedanken voor haar inzicht en hulp.

Tot slot wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor hun steun en het nalezen van mijn masterproef.



# Inhoud

Woord vooraf .....	1
Lijst van figuren .....	5
Verklarende woordenlijst .....	7
Abstract .....	9
Abstract in English .....	11
1 Inleiding .....	13
1.1 Situering .....	13
1.2 Probleemstelling .....	13
1.3 Doelstellingen .....	14
2 Literatuur .....	15
2.1 OLED .....	15
2.1.1 Wat is een OLED .....	15
2.1.2 Structuur van een OLED .....	15
2.2 Prestaties OLED .....	17
2.2.1 Licht eenheden .....	17
2.2.2 Externe en interne kwantum efficiëntie .....	18
2.3 Integratie bol ( <i>integrating sphere</i> ) .....	19
2.4 Technieken in de industrie voor het meten van lichtopbrengst/efficiëntie van OLEDs .....	20
2.5 Voorstel Europese richtlijnen voor het uitmeten van een OLED .....	20
3 Materiaal en methode .....	23
3.1 Inleiding .....	23
3.1.1 Huidige opstelling .....	23
3.1.2 Analyse vorig voorstel .....	24
3.2 Voorstel nieuwe opstelling .....	25
3.2.1 Hardware .....	25
3.3 Software .....	29
3.3.1 Avasoft .....	30
3.3.2 LabVIEW .....	32
4 Resultaten .....	33
4.1 Bespreking werking van de hardware .....	33
4.1.1 Multiplexer .....	34
4.2 Bespreking werking van de software .....	35

4.2.1	Setup.....	35
4.2.2	Selectie .....	38
4.2.3	Meting .....	41
4.3	Effectief gemeten OLEDs en de vergelijking met de oude opstelling .....	44
5	Besluit.....	47
	Literatuurlijst.....	48
	Bijlagen .....	50
	Bijlage A :Guide for using the program .....	50
	Bijlage B : Changing the position of the integrating sphere .....	55
	Bijlage C: Guide to change the dll.....	58
	Bijlage D : How the program works .....	60

## Lijst van figuren

Figuur 1: structuur OLED [7].....	16
Figuur 2: Lumen en Candela [10] .....	17
Figuur 3: Relatie tussen lumen,lux en candela [11] .....	18
Figuur 4: Integratie bol [13] .....	19
Figuur 5: Oude opstelling [17] .....	23
Figuur 6 Voorgesteld design JPVW [16] .....	24
Figuur 7: Eerste design en oude houder van de integratie bol.....	25
Figuur 8 :3D-printer prusia i3 [19].....	26
Figuur 9: 5 op 5 cm OLED designs [20] .....	26
Figuur 10: 1op 1inch OLED designs [20].....	27
Figuur 11: 5cm design.....	27
Figuur 12: 1 inch design top emitting.....	27
Figuur 13: Houder integratie bol .....	28
Figuur 14: Houder met kabel houder .....	28
Figuur 15: schema multiplexer.....	29
Figuur 16 : Beweging assen 3D-printer .....	33
Figuur 17: 1 inch en 5cm houders .....	34
Figuur 18: houder 1 inch voor x-as .....	34
Figuur 19: Volledige setup interface .....	35
Figure 20: Interface com poorten en spanning .....	36
Figuur 21: interface weerstanden .....	36
Figuur 22: Interface voor andere opties.....	37
Figuur 23: Interface voor file/folder locatie .....	37
Figuur 24: Interface voor Avantes.....	38
Figuur 25: bewegingsmethode automatisch .....	39
Figuur 26: bewegingsmethode 4 kwadrant.....	40
Figuur 27: bewegingsmethode handmatig.....	40
Figuur 28: Interface voor de metingen .....	42
Figuur 29: Flowchart voor beter overzicht van het programma .....	43
Figuur 30: Irradiance vergelijking LabVIEW en Avasoft.....	44
Figuur 31: Gemiddelde waardes van de A/D telling .....	45
Figuur 32: Deviatie van het gemiddelde van de A/D telling.....	45





## Verklarende woordenlijst

**Organisch:** Hierbij worden chemische verbindingen bedoeld waarvan een molecuul minstens uit een koolstof-en een waterstofatoom bestaat.

**Polymeer:** een molecuul dat bestaat uit identieke delen die aan elkaar zijn gekoppeld in een sequentie.

**DLL:** Een Dynamic-link library is een bibliotheek die functies bevat die door meerdere applicaties kunnen worden gebruikt zonder de interne code te moeten kennen.

**Microstepping:** een manier om een stappenmotor vloeiender te laten bewegen. Ook zorgt het voor een beter resolutie [1]



## Abstract

De onderzoeksgroep Functional Materials Engineering (FME), gesitueerd in het Instituut voor Materiaal Onderzoek (IMO-IMOMEK) van de UHasselt, voert onderzoek naar het afzetten van innovatieve materialen in toepassingen zoals sensoren en actuatoren. Drop-on-demand inkjet printen, zeefdrukken en ultrasoon spraycoaten worden ingezet om bijvoorbeeld Organische Lichtgevendende Diodes (OLEDs) te printen in allerhande ontwerpen. Het doel van deze thesis is om een geautomatiseerde testopstelling met bijbehorende software te ontwerpen om de lichtopbrengst en efficiëntie van OLEDs beter te kunnen karakteriseren.

Eerst wordt een analyse gemaakt van de bestaande opstelling met de gebruikte software en een eerder automatiseringsvoorstel. Hieruit blijkt dat bij beide maar één OLED ontwerp is geïmplementeerd voor de opstelling. Verder gebruikt de huidige opstelling omslachtige software bij het instellen van relevante parameters. Ook gebeurt de effectieve meting manueel voor elke te meten waarde. Daarom wordt onderzocht hoe dit in één programma kan. Om meerdere ontwerpen van OLEDs uit te meten is voor een nieuwe XYZ opstelling gekozen.

Dankzij de nieuwe opstelling en interface, gebeurt het uitmeten van OLEDs nu efficiënter en automatisch. De meetfouten van manuele acties worden vermeden en reproduceerbare metingen zijn mogelijk. Door deze meetopstelling wordt de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid verhoogd. Tenslotte is de meetdataset beschikbaar binnen één programma zodat dataverwerking sneller toegankelijker en eenvoudiger wordt.



## Abstract in English

The research group Functional Materials Engineering (FME), located in the UHasselt Institute for Materials Research (IMO-IMOMEC), conducts research into the disposition of innovative materials in applications such as sensors and actuators. Drop-on-demand inkjet printing, screen printing and ultrasonic spray coatings are used to print, for example, Organic Luminous Diodes (OLEDs) in all designs. The purpose of this thesis is to design an automated test setup with associated software to better characterize the light output and efficiency of OLEDs.

First, an analysis of the existing setup with the used software and an earlier automation proposal is made. This shows that in both, only one OLED design has been implemented for the setup. Furthermore, the current setup uses cumbersome software when setting relevant parameters. Also, the effective measurement is done manually for each value to be measured. Therefore, it is investigated how this can be done in one program. To measure multiple designs from OLEDs, a new XYZ setup has been selected.

Thanks to the new setup and interface, OLED measurement is now more efficient and automatic. The measurement errors of manual actions are avoided and reproducible measurements are possible. This measurement arrangement increases reliability and accuracy. Finally, the measurement data set is available within one program so data processing becomes faster and easier.



# 1 Inleiding

## 1.1 Situering

De onderzoeksgroep FME (Functional Materials Engineering) die in het IMO-IMOMECE (Institute for Materials Research – Institute for Materials Research in MicroElectronics) is gevestigd, doet onderzoek naar print- en coatingtechnieken voor een breed spectrum van functionele materialen op een groot aantal verschillende substraten voor state-of-the-art toepassingen. De onderzoeksgroep realiseert onderzoek in een 3-tal gebieden:

1) Onderzoek naar het printen van functionele materialen. Bij dit breed spectrum van functionele materialen, zoals geleidende nanodeeltjes, moleculaire voorloper materialen, organische, kras en slijtvaste materialen. Deze functionele materialen worden gemengd in een geschikte formule voor het printen en coaten. De eigenschappen van deze inktten worden in samenwerking met andere onderzoeksgroepen in het IMO-IMOMECE gekarakteriseerd.

2) Het afzetten van deze functionele materialen op verschillende substraten (glas, papier, textiel, folie) met behulp van print- en coattechnieken zoals DoD (drop-on-demand) inkjet printen, zeefdrukken en ultrasonisch spray coating worden bestudeerd. De uiteindelijke eigenschappen worden bepaald met behulp van karakterisatie technieken voor opto-elektronische, thermische en mechanische onderzoeken, zelfs op nanoschaal. Afhankelijk van de gebruikte functionele materialen, de print/coat technieken en het gekozen substraat, moet er een andere nabehandeling (thermisch, laser of flash sinteren) worden gebruikt.

3) Het toepassen van deze functionele materialen, die zijn afgezet in apparaten met de bovengenoemde technieken. Samen met de andere onderzoeksgroepen aan het IMO-IMOMECE, wordt er onderzoek gedaan naar het opschalen van organische elektronica (zonnecellen, lichtgevende apparaten) voor industriële toepassingen. Verder worden in samenwerking met het onderzoeksinstituut Flanders Make functionele coatings voor additieve vervaardiging en andere werkstukken ontworpen en ontwikkeld, vooral voor en in samenwerking met de industrie in Vlaanderen. [2]

## 1.2 Probleemstelling

Voor het karakteriseren van OLEDs (Organic Light Emitting Diode) wordt op dit moment gebruik gemaakt van een opstelling waar men handmatig de OLED moet opleggen en verschuiven. Ook moet er steeds op de computer data handmatig opgeslagen worden. Doordat dit handmatig gedaan wordt en er met twee verschillende programma's wordt gewerkt is de kans op data verlies en foutieve metingen groter. Omdat er momenteel maar één type houder is kan er maar één ontwerp worden uitgemeten. Recente vorderingen in het onderzoek noden ons er echter toe om verschillende designs van OLEDs, zowel in grootte als in vorm, uit te meten. Dit wil zeggen dat de opstelling die op dit moment wordt gebruikt voor het karakteriseren van OLEDs niet optimaal is en nood heeft aan een aantal cruciale aanpassingen.

De opdracht van deze proef is om dit te versnellen door automatisering van de opstelling waardoor de meting eventueel zonder toezicht kan gedaan worden. De opstelling zal er voor zorgen dat de meting steeds op dezelfde manier gebeurt. Daardoor kunnen er meer metingen gebeuren, en kan men meer data verkrijgen. Zo kunnen er sneller aanpassingen worden gedaan en kan de efficiëntie verhoogt worden.



### 1.3 Doelstellingen

De doelstelling is het ontwerpen van een automatische testopstelling die de verschillende designs van OLEDs kan karakteriseren. Deze opstelling moet dezelfde resultaten en resolutie weergeven als de oude opstelling.

Dit wordt mogelijk gemaakt door verschillende modules te ontwerpen waar de OLEDs inpassen. Wanneer er nieuwe designs zijn van OLEDs die niet in de bestaande modules passen of kunnen worden aangesloten moet alleen de module veranderd worden.

De opstelling voor het uitmeten van de OLED mag ook niet te groot worden omdat deze in een glovebox systeem zit met andere opstellingen. Daarom is het best om de opstelling kleiner te houden als 45\*45\*45cm.

Er moet voor gezorgd worden dat het uitmeten van de OLEDs kan gebeuren in één programma

## 2 Literatuur

### 2.1 OLED

#### 2.1.1 Wat is een OLED

Een OLED is een halfgeleider lichtbron die bestaat uit 5 lagen waarvan minstens drie lagen (organisch) materiaal: de elektronen transport laag, de gaten transport laag en de lichtgevende laag. Deze lagen bevinden zich tussen de twee elektrode lagen: de anode en de kathode.

Wanneer een spanning wordt aangelegd tussen kathode en anode zal de lichtgevende laag licht uitstralen ten gevolge van een elektrische stroom. Deze laag bevindt zich tussen twee elektrodes waarvan tenminste één elektrode transparant is. De kleur van een OLED is afhankelijk van het organisch materiaal dat gebruikt wordt als lichtgevende laag. [3]

Er zijn verschillende types van OLEDs. Een onderverdeling van deze types gebeurt aan de hand van de richting waarin het licht wordt uitgekoppeld: BEOLED (bottom emitting OLED) en TEOLED (top emitting OLED). Een OLED wordt geclassificeerd als BEOLED wanneer het licht door de transparante of semi-transparante laag komt van de onderste elektrode en het substraat. Dit wil dus zeggen dat het licht aan de substraat kant van de OLED uitgekoppeld wordt en de contacten voor de aansluiting aan de bovenkant liggen. Een OLED wordt geclassificeerd als TEOLED wanneer aan de kant waar een bedekkende laag is aangebracht (om de OLED te beschermen) het licht wordt uitgekoppeld. Hierbij is de kant die licht uitgekoppeld ook de kant waar de aansluitingen zijn. [4]

#### 2.1.2 Structuur van een OLED

**Kathode:** is een geleider die elektronen injecteert wanneer er een elektrische stroom vloeit door de OLED. Deze laag is meestal opgebouwd uit een bimetaal zoals Ca/Al .

**Elektronen Injectie laag:** Deze laag zorgt voor een betere transportbalans van elektronen voor een betere efficiëntie.

**Elektronen transport laag:** Deze laag zorgt voor een hogere mobiliteit van de elektronen. [5]

**aten blokkerings laag:** Deze laag houdt de gaten tegen die naar de kathode gaan zodat er een betere stroomefficiëntie is.

**Lichtgevende laag:** deze laag is opgebouwd uit organische moleculen op basis van koolstofwaterbindingen. Deze emitters kunnen polymeren of kleine moleculen zijn.

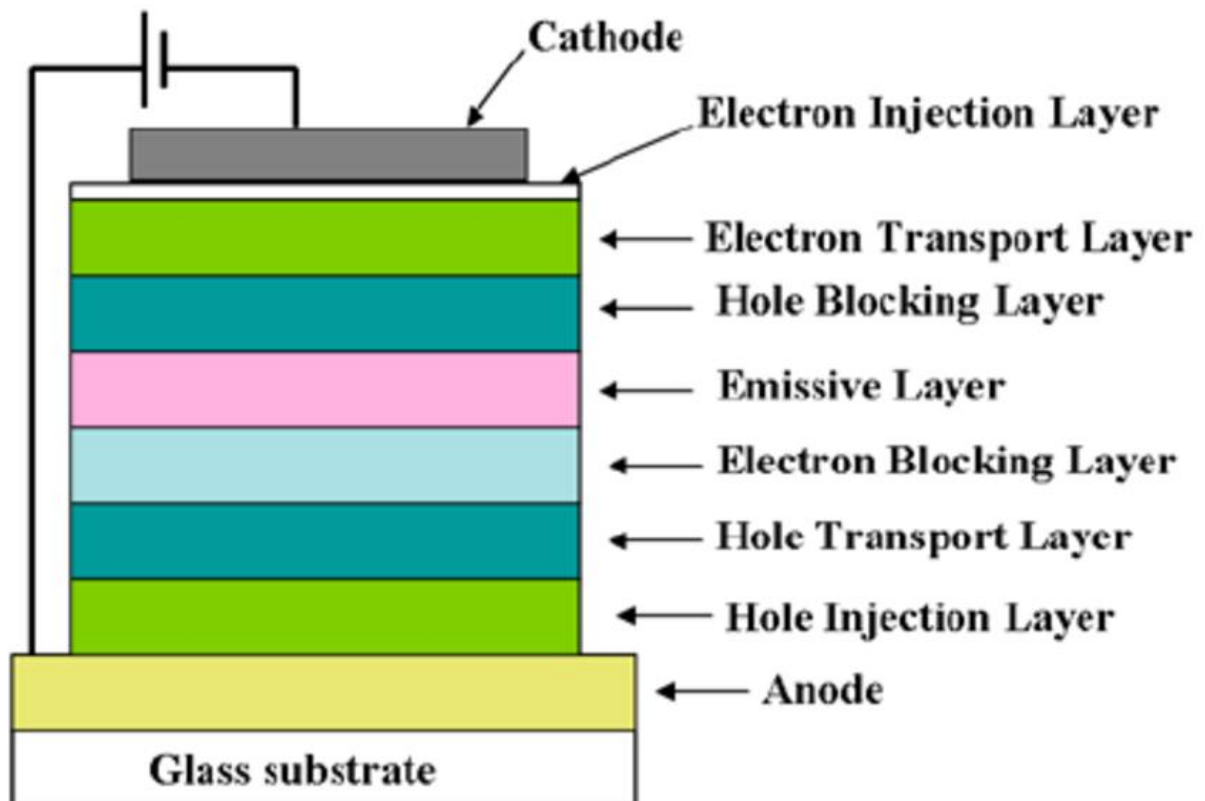
**Elektronen blokkerings laag:** Deze laag houdt de elektronen tegen die naar de anode gaan zodat er een betere stroomefficiëntie is.

**Gaten transport laag:** Deze laag zorgt voor een hogere mobiliteit van de gaten. [5]

**Gaten injectie laag:** Deze laag zorgt voor een betere transportbalans van gaten voor een betere efficiëntie. [6]

**Anode:** De anode die dikwijls gebruikt wordt is indium tin oxide (ITO). Dit materiaal is transparant voor visueel licht en geleid genoeg om te gebruiken als electrode.

**Substraat:** het substraat dat vaak wordt gebruikt is glas maar kan ook een plasticfolie, papier of textiel zijn.



*Figuur 1: structuur OLED [7]*

## 2.2 Prestaties OLED

### 2.2.1 Licht eenheden

In het algemeen zijn er twee categorieën voor het meten van licht: radiometrische metingen en eenheden, en fotometrische metingen en eenheden. Het grote verschil tussen deze twee meetmethodes is dat bij fotometrische metingen en eenheden alleen het licht wordt gemeten dat de mens kan zien. Bij radiometrische metingen en eenheden wordt over alle golflengtes gemeten, zowel het visueel licht als het niet zichtbaar licht. Bij de opstelling worden er fotometrische metingen gedaan. [8]

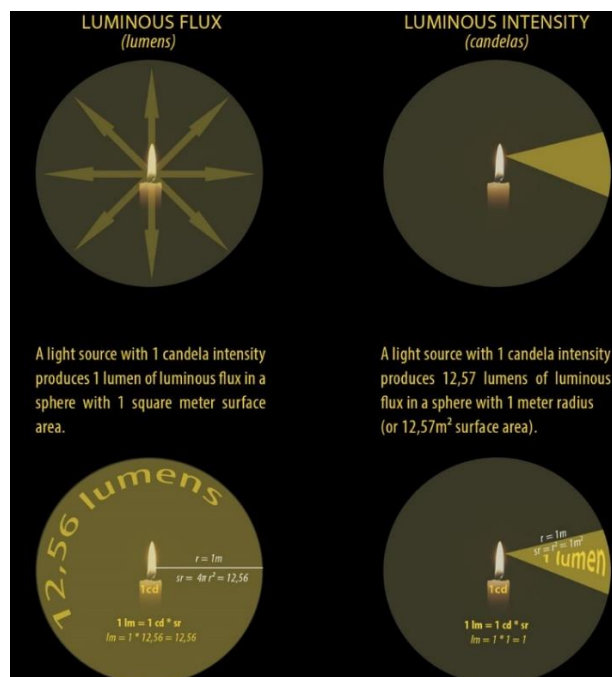
Een meting van licht hangt af van welke grootheden worden gemeten. Zoals lichtsterkte, lichtstroom, lichtrendement, verlichtingssterkte, luminantie en lichtenergie. Hieronder staat een korte uitleg over de eenheden die in de software worden gebruikt bij het meten van de OLEDs.

#### Lichtsterkte (cd)

De lichtsterkte ( $I$ ) die als eenheid candela heeft is voor het meten van lichtintensiteit (lichtsterkte). Candela is afkomstig van het Latijnse woord voor kaars. De eenheid heeft een lange en gecompliceerde geschiedenis. Nu wordt deze gedefinieerd als de luminous intensiteit van een lichtbron die licht geeft op één enkele frequentie van 540 Terahertz (THz) met een vermogen van  $1/683$  watt per steradiaal of  $18,3988$  milliwatt over een complete bol gecentreerd op de lichtbron. [9]

#### Lichtstroom (lm) (luminous flux)

De lichtstroom ( $\Phi$ ) die als eenheid lumen heeft is een afgeleide eenheid en wordt gemeten door de hoeveelheid licht flux die wordt geproduceerd door een lichtbron of wordt waargenomen. De intensiteit wordt gemeten in candela. Eén lumen geeft de totale licht flux uitgezonden in 1 steradiaal met een intensiteit van 1 candela.  $lm = sr \cdot cd$ . Wanneer dus een lichtbron in alle richtingen een uniforme lichtsterkte van 1 cd uitstraalt zal deze  $4\pi$  lumen zijn. [9]

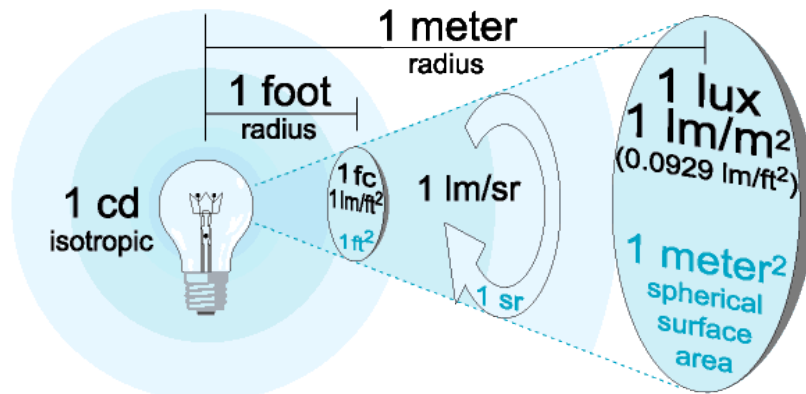


Figuur 2: Lumen en Candela [10]

### verlichtingssterkte (lx)(lm/m<sup>2</sup>)

De verlichtingssterkte(E) die als eenheid lux heeft is voor het meten van verlichting van een oppervlakte. Eén lux is gedefinieerd als een verlichting van 1 lumen per vierkante meter.

Aangezien de verschillende licht eenheden, is het nuttig om te denken dat licht afkomstig van een punt schijnt op een oppervlak. De intensiteit van de lichtbron is gemeten in candela, de totale licht flux in beweging wordt gemeten in lumen en de hoeveelheid licht ontvangen per vierkante meter is gemeten in lux. [9]



Figuur 3: Relatie tussen lumen, lux en candela [11]

### Lichtrendement (lm/W)(luminous efficacy, lumosity)

Lichtrendement is de verhouding tussen de lichtstroom(lumen) en het gebruikte vermogen(Watt) lm/W. [9]

### Chromaticiteit

Chromaticiteit is de kwaliteit van een kleur zoals gedefinieerd door zijn kleurentint, verzadiging en helderheid. Deze worden weergegeven met twee parameters x en y. [9]

#### 2.2.2 Externe en interne kwantum efficiëntie

De meest geaccepteerde definitie voor externe kwantum efficiëntie ( $\eta_{\text{ext}}$ ) is de verhouding tussen het aantal fotonen uitgestraald door de OLED in de kijkrichting ten opzichte van het aantal elektronen dat geïnjecteerd is in de OLED. Ook kan de externe kwantum efficiëntie gedefinieerd worden als de verhouding tussen het totaal aantal fotonen uitgestraald door de OLED in alle richtingen ten opzichte van het aantal elektronen geïnjecteerd. Deze definitie is minder handig voor verlichting en displays en is veel moeilijker om accuraat te meten ten opzichte van  $\eta_{\text{ext}}$  maar deze definitie wordt wel het meeste gebruikt.

OLEDs stralen typisch licht uit in het half gebied dat aan één kant van het OLED metalen contact ligt(meestal de kathode). Een groot deel van het licht kan geleid worden (waveguided) door het substraat (glas of plastic) en de organische lagen waardoor deze uiteindelijk uit de zijkant van het

substraat komen. Dus de totale hoeveelheid licht die wordt uitgestraald door de OLED is hoger dan het licht uitgestraald in de kijkrichting. Dit leidt tot een efficiëntie gebaseerd op het totaal uitgezonden licht dat tot vier keer groter kan zijn dan  $\eta_{ext}$ .

De interne kwantum efficiëntie ( $\eta_{int}$ ) is de verhouding tussen het totaal aantal fotonen gegenereerd in de OLED ten opzichte van de totale hoeveelheid geïnjecteerde elektronen. Dit geeft dus aan dat de interne en externe efficiëntie verschillen door de fractie van het licht gekoppeld uit de structuur in de kijkrichting( $\eta_c$ ).

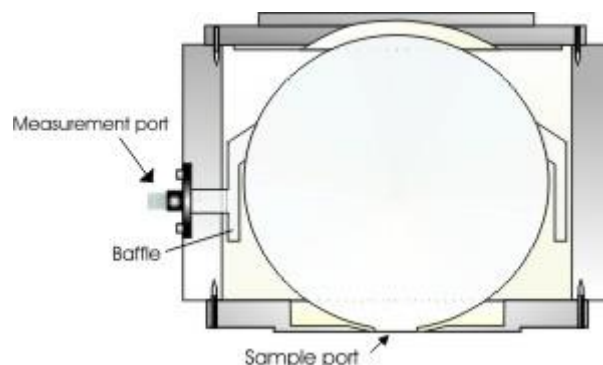
$$\eta_{ext}(\lambda) = \eta_{int} * \eta_c$$

Wanneer  $\eta_{int}$  wordt berekend met behulp van de vergelijking ontstaat er een dubbelzinnigheid. Doordat een foton die wordt uitgestraald in de structuur terug kan worden geabsorbeerd en soms terug kan worden uitgezonden met een langere golflengte door de organische laag. Een ander probleem dat zich kan voordoen is dat  $\eta_c$  misschien varieert met de OLED zijn aanstuurspanning (en dus ook stroom), kijkhoek, en met de locatie en breedte van het uitgestraalde gebied. [12]

### 2.3 Integratie bol (*integrating sphere*)

Een integratiebol werkt als een licht verzamelaar. Er wordt in het IMO-IMOMEC gebruik gemaakt van een integratie bol van Avantes: de AvaSphere-50. Deze heeft een interne diameter van 50mm en sample poort diameter van 10mm. De externe afmetingen van de AvaSphere-50 zijn: hoogte 60mm en diameter 69,5mm. Dit is dus een Integratie bol waarbij de te meten sample uitwendig zit en het licht via de sample poort in de bol gaat. Omdat de integratie bol zo klein is kan hij gemakkelijk gebruikt worden in een glovebox. Ook zijn kleinere Integratie bollen meer efficiënte verzamelaars van licht doordat fotonen minder weerkaatsen dan in een grote bol. Een nadeel is dat men geen variatie in de hoek van de instraling kan testen doordat uitwendig licht ook zou binnenvallen.

Het verzamelde licht kan gebruikt worden als een meetbron of als diffuse belichting. Het basisprincipe is dat het licht binnenkomt via de sample poort dan gereflecteerd wordt op het sterk Lambertiaans oppervlak van de bol en gelijkmatig verspreidt wordt over de binnenkant van de bol(fig. 4). Achter een beschermde meetpoort die onafhankelijk is van de hoekeigenschappen van de sample poort, is een glasvezelkabel die het gehomogeniseerd lichtsignaal verzamelt en doorvoert naar de spectrometer. De bescherming voorkomt dat rechtstreekse reflecties niet in de glasvezel kunnen komen. [13]



Figuur 4: Integratie bol [13]

De binnenkant van de integratie bol is gemaakt van een hoog reflectief diffusie materiaal PTFE. Dit zorgt voor meer dan 96% reflectie in het golflengte gebied van 250-2500nm. Wanneer men metingen wil doen in het infrarood gebied wordt het gecoat met fijn neergeslagen goud. [13]

## 2.4 Technieken in de industrie voor het meten van lichtopbrengst/efficiëntie van OLEDs

Eén van de methodes hoe een OLED in de industrie wordt gemeten is met behulp van een spectrumradiometer en een bol van Ulbricht. De bol goniometrie dient er voor om de totale lumen te meten met behulp van de spectrumradiometer. Ook wordt dit over een langere tijd gedaan om te kijken hoe de OLED stabiliseert in een bepaalde tijd en hoe deze degradeert na een werking van 1000 h en langer.

Ook kijkt men naar de degradatie van de OLED in verloop van tijd, er wordt dan naar de efficiëntie en naar de kleur degradatie in het lichtgevend vlak gekeken. Dit is iets wat in tegenstelling tot een gewone led alleen bij een OLED gebeurt.

Er wordt bijkomend ook aandacht besteed aan hoe de temperatuur invloed heeft op de chromaticiteit en spanning. Om accurate metingen te verkrijgen moet de omgevingstemperatuur stabiel worden gehouden. Ook wordt de positie van de OLED veranderd om te kijken of dit invloed heeft op de lumen. Bij het verplaatsen van de OLED kan men zo ook een stralingspatroon bekomen. [14]

## 2.5 Voorstel Europese richtlijnen voor het uitmeten van een OLED

Om OLED-lichtrendement metingen bij verschillende laboratoria en plaatsen te kunnen vergelijken, is het zeer belangrijk om de verschillende operationele parameters te rapporteren. Deze parameters zijn de volgende.

Als er een uitkoppelings-structuur is gebruikt, moet dit worden vermeld. Digitale informatie is voldoende, het speciale type van de uitkoppelings-structuur moet niet vermeld worden. Een halve bol lens of een macro-extractor is verboden om te gebruiken.

Het moet worden gerapporteerd als de zijemissie wordt onderdrukt met behulp van zwarte tape. Voor transparante OLEDs, moet de emissie van beide kanten worden gemeten.

De gebruikte stroom moet worden gerapporteerd bij voorkeur onder constante DC aandrijving. De gebruikte stroom moet worden gekozen in een manier waardoor de resulterende luminantie in voorwaartse directie in een bereik van 1000 tot 2000 cd/m<sup>2</sup> is. Dit bereik omvat een breed spectrum van licht applicaties. Afwijkingen moeten gerapporteerd worden.

Als een speciale golfvorm wordt gebruikt voor het aansturen moet de duty cycle, de amplitude en de gemiddelde waarde over de tijd worden gerapporteerd.

De grootte van het actieve lichtoppervlak moet worden vermeld. Ook de diameter van de integratie bol en de langste lengte van de OLED moet worden vermeld. Bij een vierkantige OLED zal dit de diagonaal zijn. Dit geeft een indicatie van de meetnauwkeurigheid. De meetfout moet ook worden vermeld.

De gebruikte spanning of het vermogen moet worden gerapporteerd, bij voorkeur beide waardes.

Het resulterende lumen moet worden gerapporteerd als een absolute waarde.

De omgevingstemperatuur moet ingesteld zijn op 25°C +/- 1°C

Verdere, informatie over de kleurtemperatuur zou vermeld moeten worden. Bij witte kleur moet de kleurtemperatuur enkel gegeven worden als een kleurweergave index kan worden vastgesteld, d.w.z. als de CIE coördinaten zich in de Planck corridor bevinden. Als dit niet van toepassing is, dienen alleen de CIE coördinaten worden vermeld.

Als laatste kan het lichtrendement worden berekend. [15]





## 3 Materiaal en methode

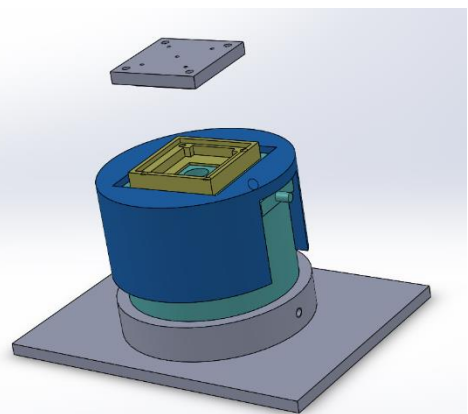
### 3.1 Inleiding

#### 3.1.1 Huidige opstelling

Voor het onderzoeken hoe de nieuwe testopstelling het best zou werken is eerst gekeken naar wat er op dit moment gebruikt wordt en naar een eerder automatiseringsvoorstel. [16]

In de huidige opstelling wordt er gebruik gemaakt van een spectrometer, een integratie bol en een Keithley sourcemeter.

De opstelling die op dit moment wordt gebruikt is zeer eenvoudig. Er wordt gebruik gemaakt van een integratie bol waarbij de OLED handmatig op de integratie bol wordt gelegd. Omdat er op dit moment maar 1 houder is voor 1 type OLED ( de vier kwadrant OLED) moet deze na iedere meeting handmatig verschoven worden en moet de kabel die ieder kwadrant apart van spanning voorziet worden uitgetrokken en de juiste terug worden ingestoken. Omdat dit allemaal onder stikstof atmosfeer wordt gedaan moet men iedere keer terug zijn handen in de glovebox steken. Er wordt dus veel tijd verloren met het veranderen van de kwadranten bij deze opstelling.



*Figuur 5: Oude opstelling [17]*

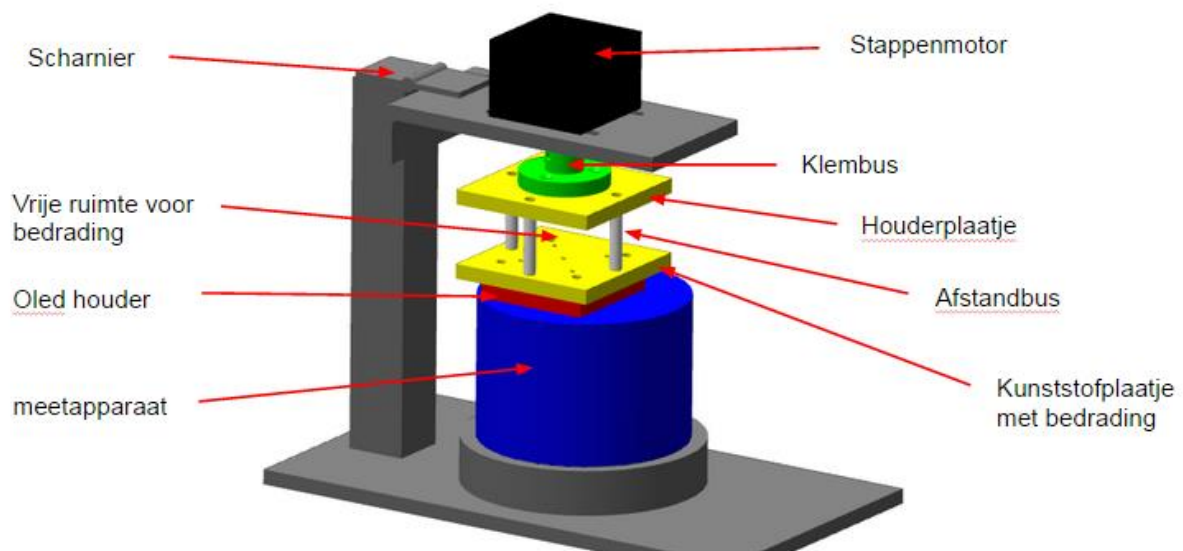
Ook in de software verliest men veel tijd. Er wordt gebruik gemaakt van LabVIEW omdat men zo gemakkelijk de Keithley kan aanspreken voor een spanning te sturen en de stroom te meten, op te slaan en te visualiseren. Omdat de spectrometer niet geïntegreerd is met de LabVIEW software wordt er in het software programma bij iedere 1 V stap gestopt zodat men alle bestanden kan opslaan die men nodig heeft van de spectrometer software.

### 3.1.2 Analyse vorig voorstel

Bij het eerder automatiserings voorstel is men alleen gaan kijken naar de OLED met 4 kwadranten. Het is een opstelling die gebruik maakt van een stappenmotor die de OLED houder draait. Dit is een goed voorstel als men met OLEDs werkt die als één geheel getest moeten worden of als er enkel aan de buitenkant een lichtgevend vlak is. Maar als er een OLED design is waarbij bijvoorbeeld het in een 3 op 3 structuur is kan het vlak in het midden niet worden opgemeten zonder de integratie bol of de OLED houder te verschuiven. Om te kunnen wisselen tussen de kwadranten wordt er gebruik gemaakt van relais. Die worden aangestuurd via de software om zo te kunnen wisselen tussen welk kwadrant licht geeft.

Deze opstelling heeft als voordeel dat ze eenvoudig is waardoor er minder problemen kunnen ontstaan. Ook is ze zeer compact wat belangrijk is omdat dit in een glovebox moet staan met andere opstellingen. Nog een voordeel is dat er maar één bewegend onderdeel is dat stuk kan gaan.

Een nadeel hier is dat er wordt gedraaid over de integratie bol waardoor deze kan worden beschadigd. Een ander probleem is dat wanneer de opstelling zou blijven doordraaien dit kan leiden tot slechte connecties of breuken in de kabels. Nog een nadeel is dat bij dit ontwerp maar naar één OLED design is gekeken waardoor men in de problemen komt als er later meer ingewikkelde designs getest moeten worden.



*Figuur 6 Voorgesteld design JPVW [16]*

Er was wel een voorstel om de software samen te brengen tot één programma maar zover zijn ze niet geraakt.

## 3.2 Voorstel nieuwe opstelling

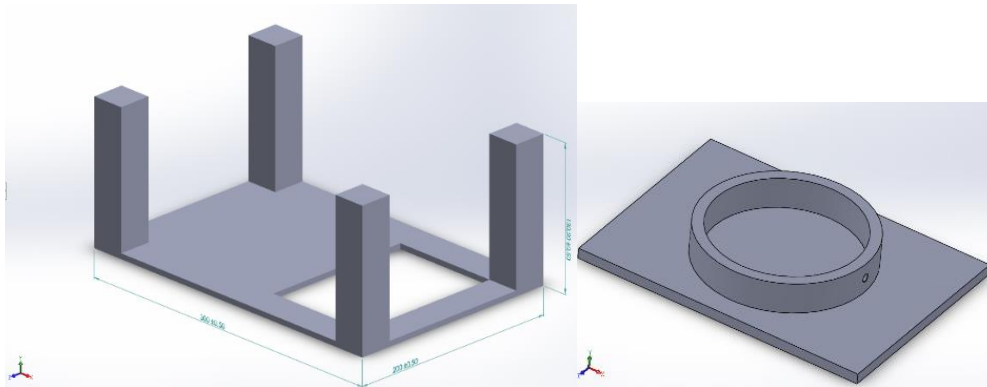
Als eerste stap is het de bedoeling om de opstelling te veranderen en houders te maken zodat meerdere type OLEDs kunnen getest worden. De opstelling die nu wordt voorgesteld is om gebruik te maken van een xyz-tafel die er voor zorgt dat men de OLEDs kan bewegen naar de gewenste positie. De z-beweging zorgt er voor dat er veilig over de integratie bol kan worden bewogen. Omdat in de toekomst misschien andere patronen worden gebruikt is een xyz-beweging beter. Het lichtgevende vlak kan dan altijd boven de integratie bol bewegen.

### 3.2.1 Hardware

#### 3D-printer

Ook zal er zoals in het eerder voorstel een multiplexer gebruikt worden. Die ervoor zorgt dat alle kwadranten ineens kunnen aangesloten en apart aangestuurd worden in de software. Er zijn ook verschillende houders voor de verschillende type OLEDs. Deze passen in een houder die aan de x-as bevestigd is. Wanneer er dan een ander design van OLED wordt gebruikt dat niet in een bestaande houder past moet er een nieuw ontwerp worden gemaakt dat in de x-as houder past.

Omdat er een xyz-beweging gaat gebruikt worden is mijn eerste voorstel om lineaire geleiders te gebruiken. De lineaire geleiders zouden bevestigd worden op een statief waarin plaats is voor de voetplaat. Die al gemaakt was zodat de integratie bol recht kan staan en men de opstelling later zou kunnen veranderen.



*Figuur 7: Eerste design en oude houder van de integratie bol*

Omdat ik niet genoeg kennis heb om dit zelf te maken, de kost niet te groot mag zijn en dit meer tijd in beslag zou nemen is er naar een andere oplossing gezocht. Omdat men nog steeds een xyz-beweging wil gebruiken is er uiteindelijk gekozen voor een 3D printer die wordt gebruikt als xyz-tafel. Dit omdat de kost van een volledige xyz-tafel veel te groot is en de precisie die er op dit moment nodig is voor de verschillende type OLEDs niet groter is dan 1 mm. Als er later nauwkeuriger moet gewerkt worden moet de 3D printer worden aangestuurd met behulp van microstepping in plaats van met de g-code die nu wordt gebruikt. Als men microstepping gebruikt kan men nauwkeurig zijn tot 0.2mm. Wanneer er dan later nog nauwkeuriger moet gewerkt worden kan men de 3D-printer nog altijd gebruiken voor het printen van prototypes. [18]

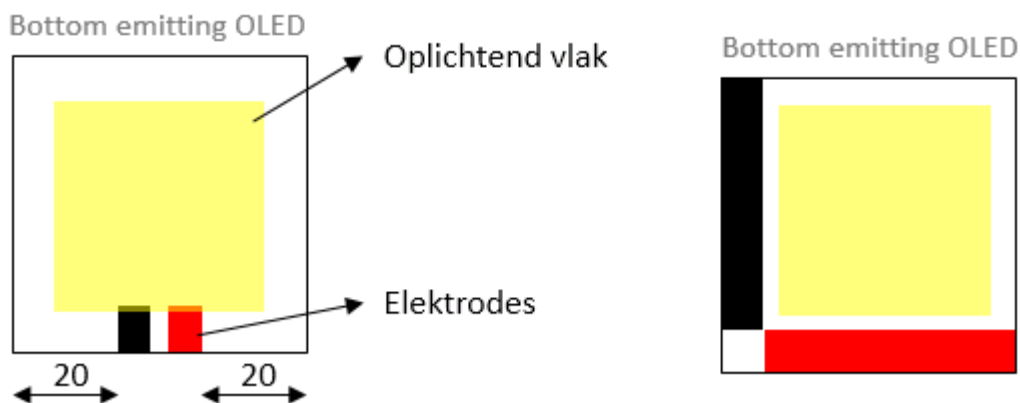


*Figuur 8 :3D-printer prusia i3 [19]*

Ook moet in de nieuwe opstelling de temperatuur worden gemeten zodat deze kunnen voldoen aan het voorstel van de Europese richtlijnen voor het uitmeten van OLEDs.

### Houders

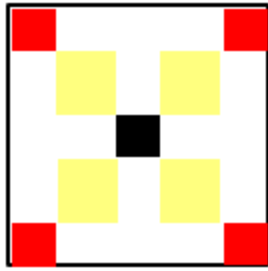
Voor de OLEDs moeten er nog andere houder designs gemaakt worden. Zowel voor de (5 x 5) cm OLEDs als voor één van de (1 x 1) inch OLEDs. Omdat bij beide OLEDs van 5 cm het lichtgevend oppervlak zich aan de onderkant bevindt BEOLED kan dit in één houder worden gedaan. De connectie met de elektrodes zal met behulp van veercontacten gedaan worden. Deze bevinden zich aan de bovenkant van de houder. Dit gebeurt al bij de houder van de 4 kwadrant OLED. Wel moet in het design rekening worden gehouden met de positie van de elektrodes van de twee OLED designs zodat er geen kortsluiting ontstaat. Dit zal worden opgelost met de multiplexer die ieder veercontact apart kan aansturen.



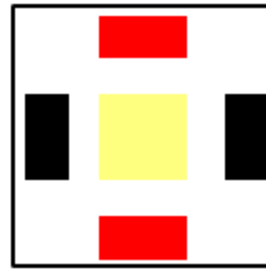
*Figuur 9: 5 op 5 cm OLED designs [20]*

Zoals hierboven vermeld moet er voor de 4 kwadrant OLED geen houder worden gemaakt. Omdat bij de tweede 1 inch OLED het lichtgevende oppervlak en de elektrodes zich aan de bovenkant bevinden moet er voor de TEOLED een andere houder gemaakt worden. Voor het design van de TEOLED moet ervoor gezorgd worden dat er elektrisch contact kan gemaakt worden met de elektrodes. Om de licht inval van buitenaf tegen te houden moet de onderkant vlak zijn. Dit kan door het elektrisch contact naar de bovenkant of zijkant van de houder te geleiden.

Bottom emitting OLED



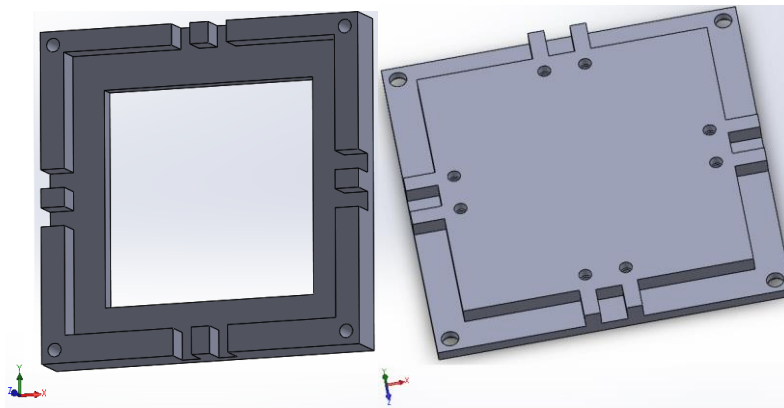
Top emitting OLED



*Figuur 10: Top inch OLED designs [20]*

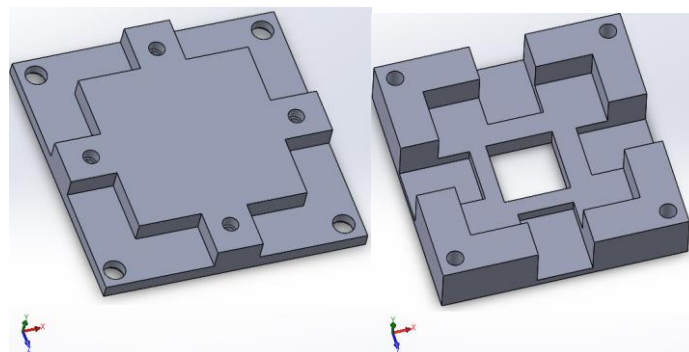
## Ontwerpen

Voor het ontwerpen van de houders is er naar de houder van de 4 kwadrant OLED gekeken zodat er een idee is hoe de connectie met de elektrodes wordt gemaakt. Dit wordt door veercontacten die connectie maken met de elektrodes gedaan en er voor zorgen dat de OLED vast ligt in de houder. De designs voor de 5cm BEOLED gaan het zelfde principe gebruiken als de 4 kwadrant OLED houder. Bij het nieuwe design zijn er meerdere veercontacten gebruikt zodat er niet moet worden gekeken hoe de OLED wordt geplaatst in de houder. Ook nieuwe OLED designs kunnen deze gebruiken.



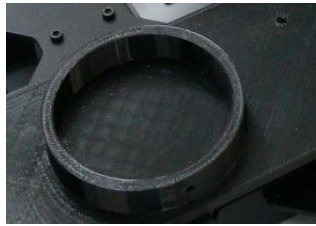
*Figuur 11: 5cm design*

Alleen bij de TEOLED moet er naar een ander design worden gezocht. Omdat hier de elektrodes aan de zelfde kant liggen als het licht uitstralende vlak. Daarom zijn er 4 uitkepingen waarin een elektrisch geleidend materiaal ligt. Dit zorgt er voor dat de veercontacten aan de bovenkant aangesloten kunnen worden voor de spanning/stroom.



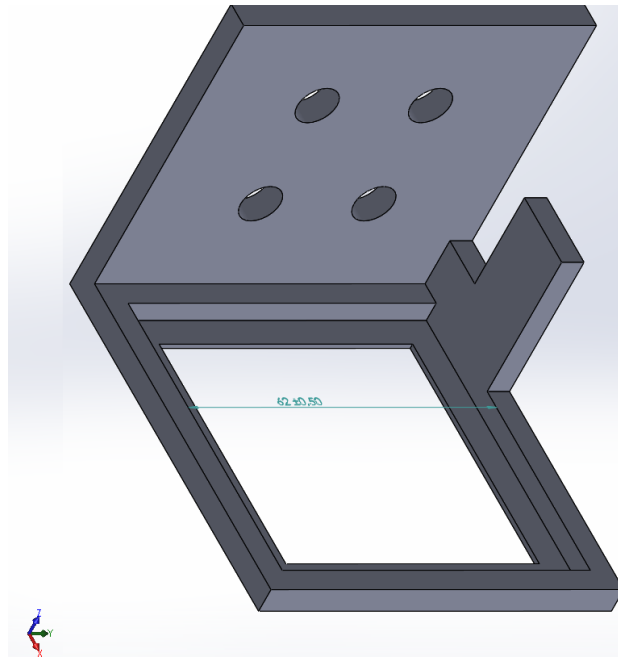
*Figuur 12: 1 inch design top emitting*

Bij 3D printen moet men rekening houden dat men genoeg tolerantie toelaat. Omdat bij het printen de PLA verder uitkomt dan het design. Men moet zeker een tolerantie toelaten wanneer men een cirkel laat printen omdat deze eigenlijk als een veelhoek zal geprint worden.



*Figuur 13: Houder integratie bol*

Tijdens het testen van de nieuwe opstelling samen met de houders is er een probleem opgetreden. De kabels van de houders naar de multiplexer zorgen er voor dat de houder niet blijft liggen dit kan worden verholpen door de houder die op de x-as zit aan te passen. Hierbij wordt ook de houder zelf steviger en wordt de uitkeping gebruikt om de kabels tegen te houden.

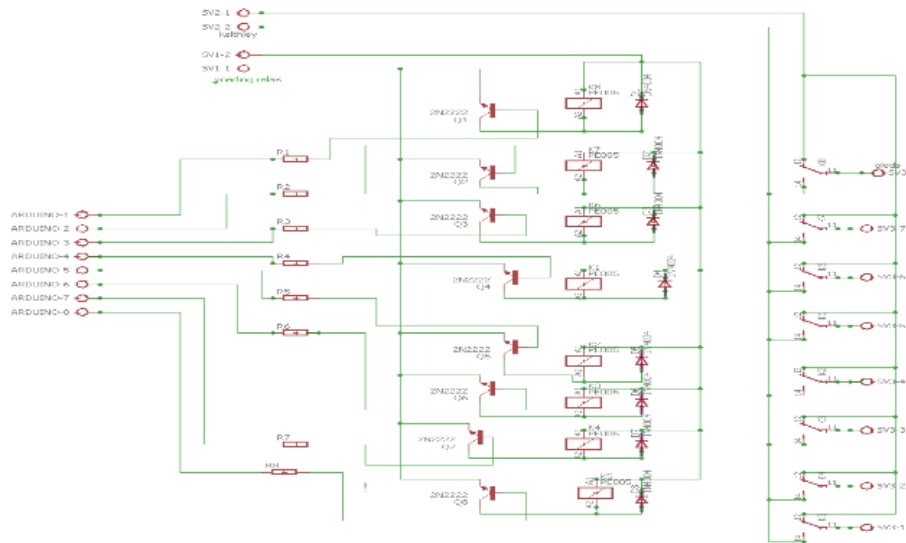


*Figuur 14: Houder met kabel houder*

## Aansturing

De aansturing van de OLEDs wordt gedaan via een schakeling die wordt aangestuurd vanuit LabVIEW met behulp van een Arduino. De schakeling zorgt er voor dat er bij de 4 kwadrant OLED automatisch kan gewisseld worden tussen de kwadranten. Hierdoor moeten er geen aansluitingen aan de Keithley verwisseld worden. Dit zal ook verder worden gebruikt bij de andere ontwerpen. Hierbij zal deze alle combinaties afgaan van de aansluitingen waarbij dan een weerstand wordt gemeten. Wanneer deze boven de ingestelde waarde valt zal deze stoppen en verder gaan in het programma. Wanneer een weerstand onder de ingestelde waarde wordt gemeten en alle mogelijkheden zijn afgegaan zal er een pop-up verschijnen die zegt dat de OLED slecht is aangesloten of dat er kortsluiting is.

Met behulp van de Arduino wordt een transistor aangestuurd die op zijn beurt de relais zal laten schakelen. Ook staat er nog een vrijlooptdiode zodat de transistor niet stuk gaat door het aan en uit schakelen van de relais.



*Figuur 15: schema multiplexer*

Dingen waar op moet gelet worden wanneer er gebruik wordt gemaakt van een pcb(printed circuit board) die gefreesd is en waarbij enkel het koper rond de banen weg is gedaan:

- Zorg dat de banen breed genoeg zijn
- De soldeer pads groter zijn
- En de uitgefreesde lijn dubbel zo breed is.

Wanneer niet aan deze punten wordt gedacht kom je sneller in de problemen omdat er langs de uitgefreesde baan nog altijd een geleidend vlak is. Wanneer er dan soldeertin over de gefreesde lijn vloeit maak je veel sneller kans op kortsluiting. Dit zou geen probleem zijn wanneer er een soldeermasker op de pcb wordt aangebracht. Ook het desolderen en hersolderen op een pcb die uitgefreesd is moet zeer voorzichtig gedaan worden omdat hierbij de baantjes loskomen. Dit komt doordat de hechting tussen de koper en tin sterker is dan de hechting tussen de koper en de sterk isolerende drager.

### 3.3 Software

Als tweede stap zal de software veranderd worden zodat alles met 1 programma gemeten kan worden. Dit zal worden gedaan met LabVIEW omdat hierin al vele functies zijn die in het bestaande programma worden gebruikt. Ook omdat de spectrometer gemakkelijk kan worden aangesproken via LabVIEW.

Maar eerst moet er gekeken worden hoe de spectrometer software werkt zodat dit kan toegepast worden in het LabVIEW programma.



### 3.3.1 Avasoft

De software voor het besturen en uitlezen van de spectrometer is Avasoft. Hierin kunnen verschillende type metingen gebruikt worden. Met deze software wordt in de toepassing de *absolute instraling meting* gebruikt. De software geeft de A/D telling per golflengte weer waaruit dan de lichtstroom, lichtsterkte, x, y, z, X, Y, Z, u, v, purity, kleurtemperatuur en instraling kan worden berekend. Deze data wordt bijgehouden om later het lichtrendement te berekenen.

Om een meting te doen moet eerst het experiment gestart worden. Dan moet er een donkere meting gedaan worden. Dit is een meting waarbij het lichtgevend sample niet wordt aangestuurd. Omdat de detector thermisch gevoelig is zal deze een kleine stroom meten die dan door de software wordt aanzien als lichtinval [21]. Deze meting wordt dan gebruikt om de instraling te berekenen met de volgende functie.

$$\text{Inttimefactor} = (\text{CalInttime}/\text{CurInttime})$$

$$\text{Instraling Intensity} = \text{Inttimefactor} * ((\text{ScopeData}(i) - \text{DarkData}(i))/\text{IntensityCal}(i))$$

Waarbij:

ScopeData(i) = de gemeten A/D telling op pixel i

DarkData(i) = de donkere data op pixel i, deze wordt in de software opgeslagen

IntensityCal(i) = dit is de kalibratie waarde op pixel i dit is voor iedere Avantes anders

CalInttime = de integratie tijd die gebruikt is bij het kalibreren

CurInttime = de integratie tijd die wordt gebruikt bij het meten

of

$$\text{Instraling Intensity} = \text{ADCFactor} * \text{Inttimefactor} * ((\text{ScopeData}(i) - \text{DarkData}(i))/\text{IntensityCal}(i))$$

De waarde van de ADCFactor is 0.25 wanneer de 16bit ADC gebruikt wordt en 1 wanneer de 14bit ADC gebruikt wordt. [22]

De donkere data wordt ook van de metingen afgetrokken, als deze optie wordt aangezet, zodat deze geen invloed heeft op de metingen van de A/D telling

Wanneer de A/D telling gesatureerd is tijdens de metingen moet de integratie tijd verlaagd worden zodat er een juiste meting kan worden bekomen. Het verlagen gebeurt bij de metingen met een factor 2 en moet handmatig worden aangepast.

Nadat de instraling is berekend wordt de lichtsterkte en lichtstroom ook berekend met behulp van volgende formules.

$$\Phi_v = 683.002 * \int_0^{\infty} y(\lambda) * \Phi_e, \lambda(\lambda) d\lambda$$

Waar:

- $\Phi_v$  is de luminous flux, in lumen;
- $\Phi_{e,\lambda}$  is de spectral radiant flux, in Watt per nanometer;
- $y(\lambda)$ , ook gekend als  $V(\lambda)$ , is de luminosity function, dimensieloos;
- $\lambda$  is de golflengte, in nanometer.

Waarbij de waarden van CIE(1924) Photopic luminosity function worden gebruikt voor  $V(\lambda)$  [23] en de lichtsterkte

$$E = \frac{\Phi_v}{A}$$

Waar A de oppervlakte van de fiber doorsnede is.

Voor de colorimetrie parameters zoals:

- chromaticiteits coördinaten  $x, y, z$
- tristimulus X, Y, Z
- CIE1960 UCS kleur coördinaten u en v
- kleur temperatuur

Wordt gebruik gemaakt van volgende formules

$$X = k * \sum i_\lambda * x_\lambda \quad Y = k * \sum i_\lambda * y_\lambda \quad Z = k * \sum i_\lambda * z_\lambda$$

waar:

k = constant (=  $1/(\sum y_\lambda) = 0.00934$ )

i = Spectraal instraling op de golflengte

x, y, z = CIE 1931 of 1964 standaard geobserveerde waarde (2 of 10 graden hoek) op de golflengte. [23] [22]

$$x = \frac{X}{(X+Y+Z)} \quad y = \frac{Y}{(X+Y+Z)} \quad z = \frac{Z}{(X+Y+Z)}$$

De tristimulus waarden X, Y en Z en de spectraal instraling worden berekend in het golflengte bereik van 380 nm tot 780 nm, met een 1 nm interval .

De CIE1960 UCS kleur coördinaten u en v worden berekend door:

$$u = \frac{4x}{-2x+12y+3} \quad v = \frac{6y}{-2x+12y+3}$$

De vergelijking die wordt gebruikt voor het berekenen van de kleurtemperatuur is empirisch en veronderstelt een zwart straler:

$$p = ((x-0.332)/(y-0.1858))$$

$$\text{kleur temperatuur} = 5520.33 - (6823.3 * p) + (3525 * p^2) - (449 * p^3). \quad [22]$$

### 3.3.2 LabVIEW

Er wordt geprogrammeerd in LabVIEW omdat:

- er een voorbeeld code is voor het aansturen van de spectrometer [24]
- er al een deel van de code in LabVIEW geprogrammeerd is
- er gemakkelijker een grafische interface kan gemaakt worden
- de Arduino gemakkelijk kan worden aangestuurd in LabVIEW

Het LabVIEW programma dat op dit moment gebruikt wordt dient er enkel voor om de Keithley aan te sturen via rs232. Voordat de Keithley wordt aangestuurd moet de poort en een bestand geselecteerd worden zodat de spanning en stroom kunnen worden bijgehouden. Ook moet de begin-, eind-, stap- en lichtinterval spanning worden ingesteld. Dit gaat verder gebruikt worden in ons programma alleen het opslaan gebeurt automatisch.

Verder wordt er een stuk geschreven voor het aansturen van de X, Y, Z – beweging en het aansturen van de multiplexer. Er wordt gebruik gemaakt van een voorbeeld in LabVIEW [24] van de spectrometer waar de nodige aanpassingen in worden gedaan.

In het voorbeeld programma voor het aansturen van de spectrometer wordt enkel de A/D telling weergegeven en worden er geen berekeningen gemaakt. Er moeten hierbij dus aanpassingen gemaakt worden zodat de volledige data set kan worden berekend. Dit wordt met behulp van formules die bij de Avasoft software in de help functie staan gedaan. Met behulp van deze formules was er een stukje code geschreven in LabVIEW. Maar tijdens het testen kwamen er zeer afwijkende resultaten uit. Daarom is er voor gekozen om een module bij te kopen van Avasoft die de berekeningen doet met behulp van een DLL. Met deze DLL kan men alle berekeningen doen die ook in de Avasoft software zit voor *absolute irradiance*. Maar omdat deze niet gebruikt worden zijn deze niet in het Labview programma toegevoegd.

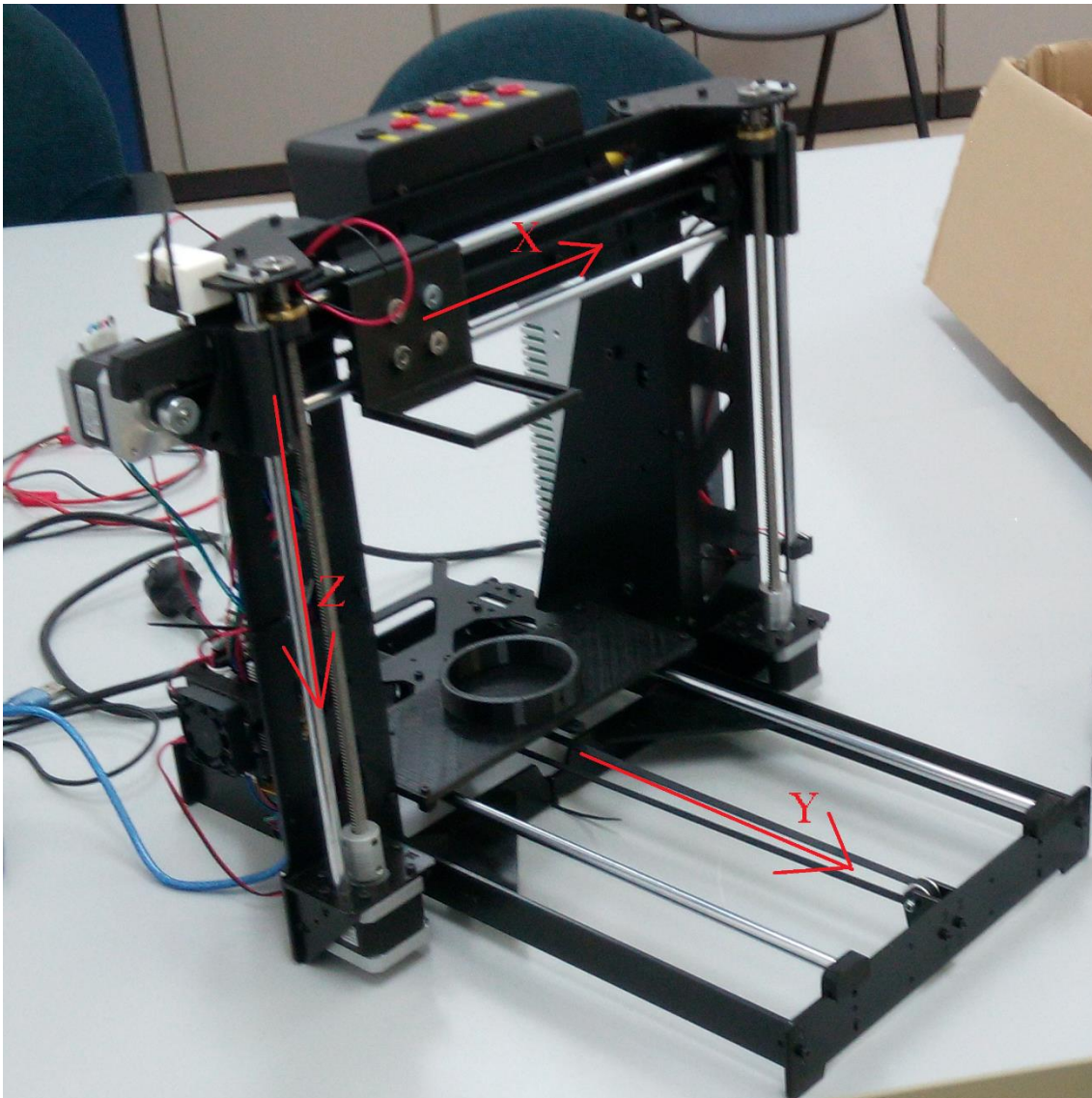
Voor het aansturen van de 3D-printer wordt er serieel gecommuniceerd met LabVIEW. Wanneer men dus een stuk wil 3D printen wordt het volledige ontwerp omgezet naar G-codes die dan worden uitgevoerd opeenvolgend. Omdat er altijd naar vaste punten wordt bewogen is de G-code in een VI( virtueel instrument) geprogrammeerd. [18]

Het aansturen van de multiplexer gebeurt met behulp van LIFA ( LabVIEW Interface for Arduino) waardoor er in LabVIEW VI's beschikbaar zijn voor het aansturen van de Arduino.

## 4 Resultaten

### 4.1 Bespreking werking van de hardware

Er werd voor een 3D-printer mechanisme gekozen voor de xyz-beweging. Waarbij de extruder en hotbed niet worden gebruikt. Wel wordt de temperatuursensor van het hotbed gebruikt om de omgevingstemperatuur te meten van de glovebox. Waar de extruder zou bevestigd zijn is nu de houder bevestigd waarin de 5 cm OLED houder past en een tussen houder waarin de 1 inch houders in passen. De houder zal kunnen bewegen in de x- en z-richting. De integratie bol staat op de y-as bevestigd en zal dus in y-richting kunnen bewegen. De 3D-printer zal dus beide bewegen om metingen te kunnen doen. De 3D printer zal dan ook via LabVIEW aangestuurd worden zodat dit samen met alle andere software in één programma zit. Er zou een eenvoudiger design kunnen gemaakt worden waarbij alleen een XY-beweging nodig is. Het is belangrijk dat de hoogte altijd juist is ingesteld omdat de OLED houder moet bewegen over de integratie bol en er geen lichtinval is van buitenaf.

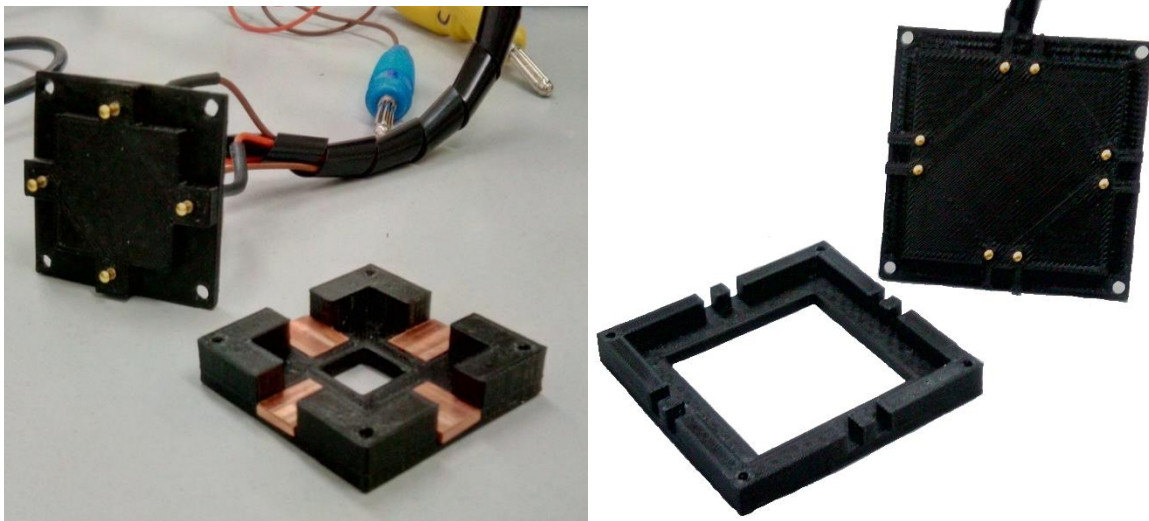


*Figuur 16 : Beweging assen 3D-printer*

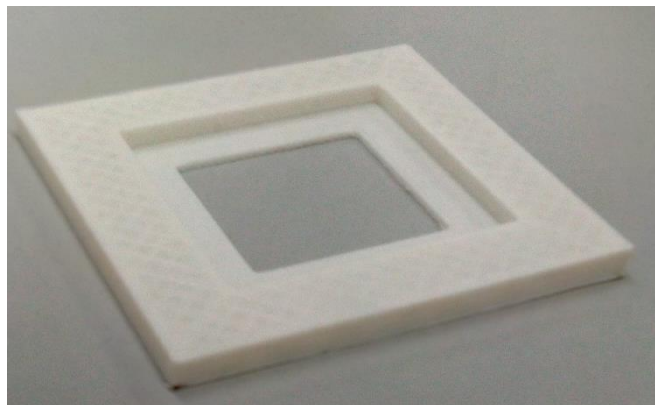
#### 4.1.1 Multiplexer & houders

De multiplexer zorgt ervoor dat de elektrodes in één keer aangesloten kunnen worden en deze softwarematig kunnen worden gewisseld. Hierdoor kan men later ook andere aanpassingen doen voor de aansturing als men OLEDs met meerdere lichtgevende vlakken tegelijk wil laten oplichten.

De houders zijn gemaakt met behulp van 3D-printing zodat er snel aanpassingen kunnen gedaan worden en de kost laag blijft. Wel moet er hierbij opgelet worden wanneer deze worden gebruikt in een glovebox omdat er geen lucht langzaam mag ontsnappen omdat dit de samples in de box kan aantasten. De houder waar de houders met de OLED in liggen is ook geprint hierbij moet men oppassen omdat deze niet heel stevig is. Men kan hier bij latere versies verstevigingen bij aanbrengen zodat het steviger is of men zou deze uit volle plastic of aluminium kunnen laten maken.



*Figuur 17: 1 inch en 5cm houders*



*Figuur 18: houder 1 inch voor x-as*

## 4.2 Bespreking werking van de software

### 4.2.1 Setup

In het begin van het programma zijn er 3 tabbladen waar de keuze is tussen setup, selectie en meting. Tijdens de metingen kan men tussen de tabbladen wisselen om bijvoorbeeld de spectrometer opties te bekijken. Of om te kijken bij welk kwadrant de meting bezig is.

The screenshot displays the 'Setup' tab of a software interface. It is organized into several sections:

- Hardware Selection:** Includes '3D printer' (set to 'Arduino mega 3D') and 'Multiplexer' (set to 'arduino multiplexer').
- Voltage Settings:** 'Start Voltage (V)' is -1, 'End Voltage (V)' is 7, and 'dV (V)' is 0.1. 'Number of datapoints' is set to 60.
- Resistance Settings:** 'Lowest resistance (Ohm)' is 10, and 'Highest resistance (Ohm)' is 1E+7.
- Measurement Parameters:** 'Keithley' is selected, with 'Keithley 2401 RS232 PORT' and 'COM4' chosen. 'Other' settings include 'Outcoupling Enhancement' (OFF), 'adjustment factor' (1), and 'Adjustment factor' (0).
- Integration and Area:** 'integrating sphere area(cm²)' is 0,785398 and 'OLED Light emitting area(cm²)' is 0.
- Advanced Settings:** Includes 'Detector', 'Nr Of Pixels' (0), 'FPGA Version', 'ASS216 FW Version', 'ASS216 Dll Version', 'Status', 'Start pixel' (0), 'Stop pixel' (0), 'Integration time [ms]' (0,00), 'Integration delay [ns]' (0), 'Number of averages' (0), 'Saturation detection' (0), and 'Nr Of Scans' (0). An 'Advanced' button is visible.
- File Path:** A 'file path' field and a 'Path for Data' button with a folder icon.

At the bottom left, it says 'Tab Control 3'.

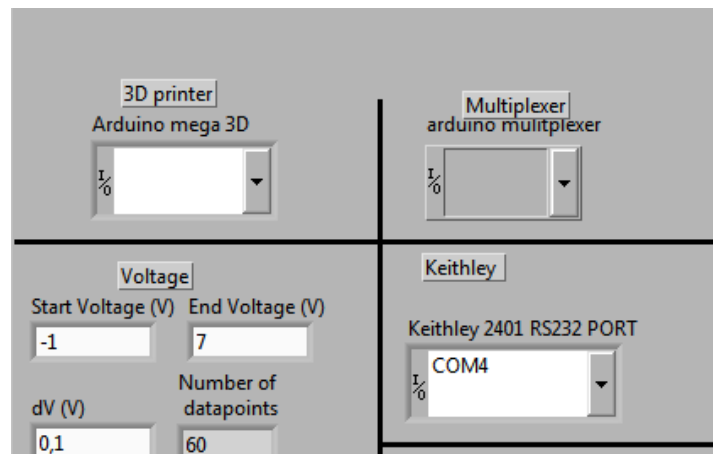
Figuur 19: Volledige setup interface

### Com poort

In het setup menu moeten de connecties voor de Keithley, multiplexer en de 3D-printer gekozen worden.

### Spanning

Ook tussen welke twee spanningen de meting moet gebeuren en de spanningsstap waarmee de spanning verhoogt. Ten opzichte van de oude software moet de meetinterval niet worden ingesteld. Omdat bij deze software een meting wordt uitgevoerd bij iedere spanningsverhoging.

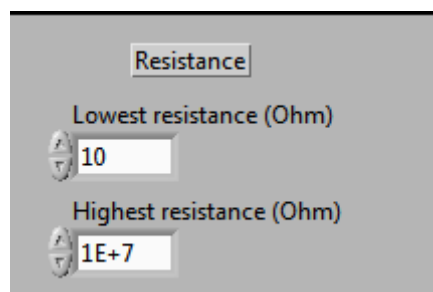


Figuur 20: Interface com poorten en spanning

### Weerstand

Verder kan men de waardes veranderen van de weerstanden. Deze worden enkel gebruikt wanneer men automatische detectie laat doen in het selectie tabblad. Wanneer de weerstand van de OLED tussen deze twee waardes ligt zal de software verder gaan met uitmeten. Als dit niet zo is zal er een pop-up venster verschijnen dat zegt "dat de connectie niet goed is of de OLED stuk is". Ook zou men hiermee kunnen detecteren of de OLED stuk is omdat de weerstand van een OLED die werkt hoger zal zijn dan van één die stuk is. Dit automatisch detecteren zit niet in de software omdat de weerstand ook afhangt van verschillende parameters zoals:

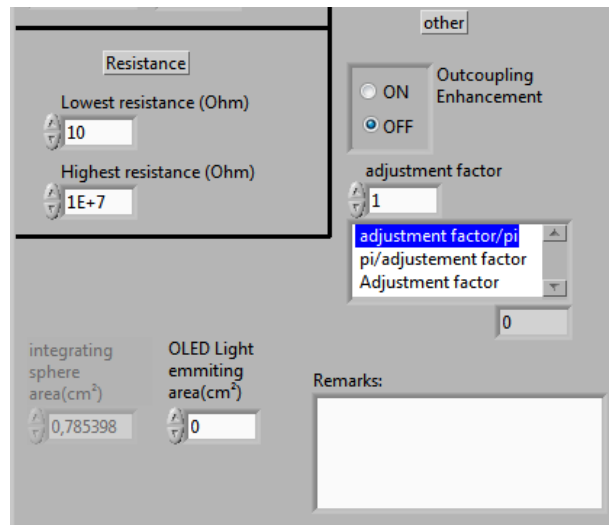
- de grootte van het lichtgevend oppervlak
- de laag diktes van de OLED
- de verschillende lichtgevend materialen.



Figuur 21: interface weerstanden

### Bijkomende opties

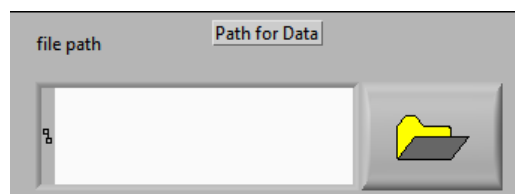
Bij *other* moet men verschillende opties ingeven en selecteren zoals: de correctiefactor (adjustment factor), de oppervlakte van het lichtgevend vlak, Of er een uitkoppellefficiëntie verbetering is en de opmerkingen. Alle waarden en de gekozen factor komen bij de opmerkingen in de data file.



Figuur 22: Interface voor andere opties

### Locatie voor data

Men moet ook een map selecteren waarin de metingen opgeslagen worden. In deze map zal er dan automatisch een nieuwe map worden gemaakt voor iedere nieuwe dag dat er een meting gebeurt. In de map van de dag waarop een meting gebeurt wordt nog een map gemaakt met de tijd. In deze map wordt dan de data opgeslagen in een aantal files. Eén file voor de spanning, stroom, watt, lumen x, y, z, X, Y, Z ...; waarbij bij iedere nieuwe spanning er een nieuwe regel wordt weggeschreven. De andere files zullen iedere keer dezelfde type data hebben maar voor iedere gemeten spanning zal dit worden opgeslagen in een nieuwe file. Dit omdat het de data is voor de grafieken die te zien zijn in het meting tabblad.



Figuur 23: Interface voor file/folder locatie



## Avantes

Voor de spectrometer zijn de basis opties naar buiten gebracht zodat men deze altijd kan wijzigen. Deze moeten niet ingevuld worden omdat deze waarden uit het EEPROM geheugen van de spectrometer worden gelezen. Verder is er nog een knop waarbij de geavanceerde opties getoond worden zodat deze kunnen worden aangepast.

The screenshot shows the 'Avantes' software interface. At the top, there is a title bar with the text 'Avantes'. Below this, the interface is divided into two columns of input fields. The left column contains: 'Detector' (empty), 'Nr Of Pixels' (0), 'FPGA Version' (empty), 'AS5216 FW Version' (empty), 'AS5216 DII Version' (empty), and 'Status' (empty). The right column contains: 'Start pixel' (0), 'Stop pixel' (0), 'Integration time [ms]' (0,00), 'Integration delay [ns]' (0), 'Number of averages' (0), 'Saturation detection' (0), and 'Nr Of Scans' (0). Below these fields is a button labeled 'Advanced' with a green play icon. At the bottom of the interface, there are several large, empty rectangular boxes, likely placeholders for data or additional controls.

Figuur 24: Interface voor Avantes

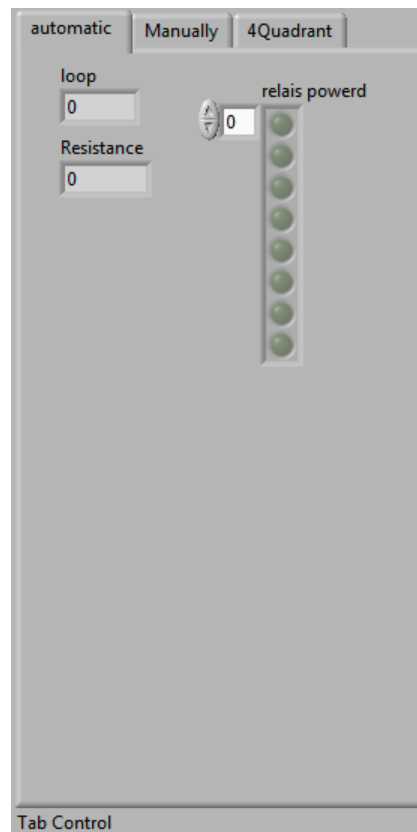
### 4.2.2 Selectie

Wanneer deze instellingen gedaan zijn gaan we naar het volgende tabblad *selection* hier wordt de keuze tussen automatisch detecteren van de aansluiting, handmatig selecteren van de aansluiting en de 4 kwadrant OLED gedaan. Zodat de software weet welke beweging het moet uitvoeren. Wanneer we de selectie voor het bewegen hebben gemaakt moet er op de start *measurement* knop gedrukt worden waardoor het programma start.

Het eerste wat het programma zal doen is kijken of er een connectie kan gemaakt worden met de 3D-printer, multiplexer, Keithley en Avantes. Als dit zo is zal het programma zeggen dat alle connecties in orde zijn. Nadat er op de oké knop is gedrukt zal het bewegen en uitmeten beginnen. Wanneer er een probleem is met de connectie zal dit ook getoond worden. Nadat er op oké is gedrukt zal het programma afsluiten.

## Automatisch

Bij het automatisch detecteren wordt er een case afgelopen waarbij de verschillende aansluitingen worden aangestuurd en uitgemeten met behulp van de Keithley. Wanneer we dit doen kunnen we zien welke weerstandswaarde wordt gemeten, in welke case hij zit en welke relais geschakeld is. Zoals eerder al is vermeld zal deze de weerstand meten tussen de positieve en negatieve electrode. Wanneer hij de juiste aansluiting heeft gevonden zal het programma verder gaan en de OLED bewegen naar de integratie bol tot dat deze boven de sample poort staat.

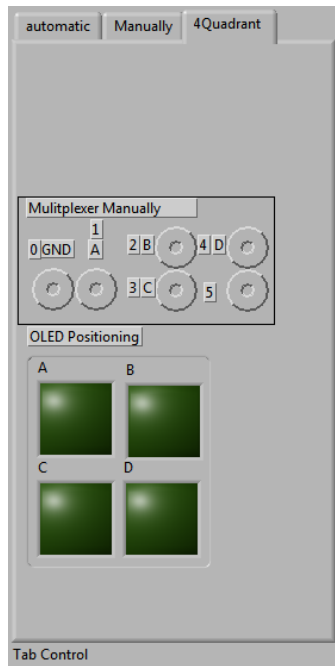


Figuur 25: bewegingsmethode automatisch

Hierna zal deze beginnen met het aansturen van de spanning en het meten van de stroom met de Keithley. Ook zal de spectrometer worden aangestuurd. Voordat de spanning verhoogt wordt zal de software een donkere meting doen. Deze meting wordt dan gebruikt om verdere berekeningen te doen voor de andere grootheden. Dan wordt deze data opgeslagen en wordt de Keithley weer aangesproken voor het verhogen van de spanning en gebeurt alles opnieuw, behalve het meten van de donkere data, totdat we de ingestelde spanning bereikt hebben. Dan wordt de OLED terug naar de beginpositie gebracht zodat we de volgende OLED kunnen uitmeten.

## 4Kwadrant

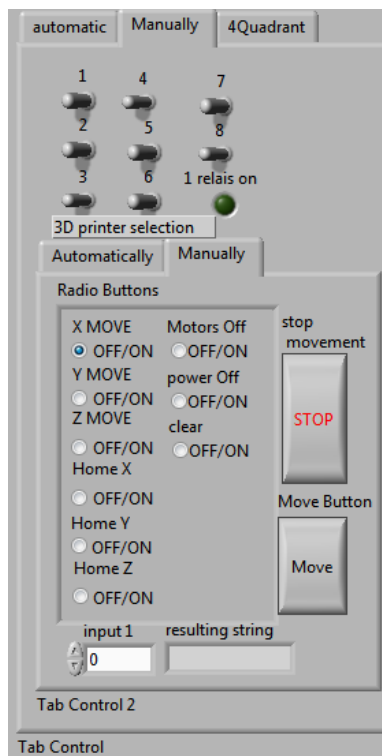
Bij de vier kwadrant OLED zal er dus geen meting worden gedaan om te kijken of deze zijn aangesloten. Hier wordt verondersteld dat deze juist zijn aangesloten zoals staat aangegeven in het tabblad. Tijdens het meten van de OLED zal deze na 1 volledige cyclus het volgende kwadrant over de sample poort bewegen. Dit zal worden herhaald voor alle kwadranten. Hierna zal de meting stoppen en zal alles terug naar de beginpositie worden gebracht. (zie fig26.).



Figuur 26: bewegingsmethode 4 kwadrant

### Handmatig

Wanneer we voor de handmatige methode kiezen is de software zo ingesteld dat er maar één relais van de multiplexer kan worden aangestuurd. Dit zodat we geen kortsluiting kunnen maken. Wanneer dit gedaan is kunnen we gewoon verder gaan met het uitmeten. We kunnen hier ook kiezen om de OLED handmatig te laten bewegen zodat nieuwe designs kunnen uitgemeten worden. Natuurlijk is dit op eigen risico. Wanneer dit design vaker wordt gemaakt zal men een extra stuk software moeten bij schrijven zodat men dit niet steeds handmatig moet doen.



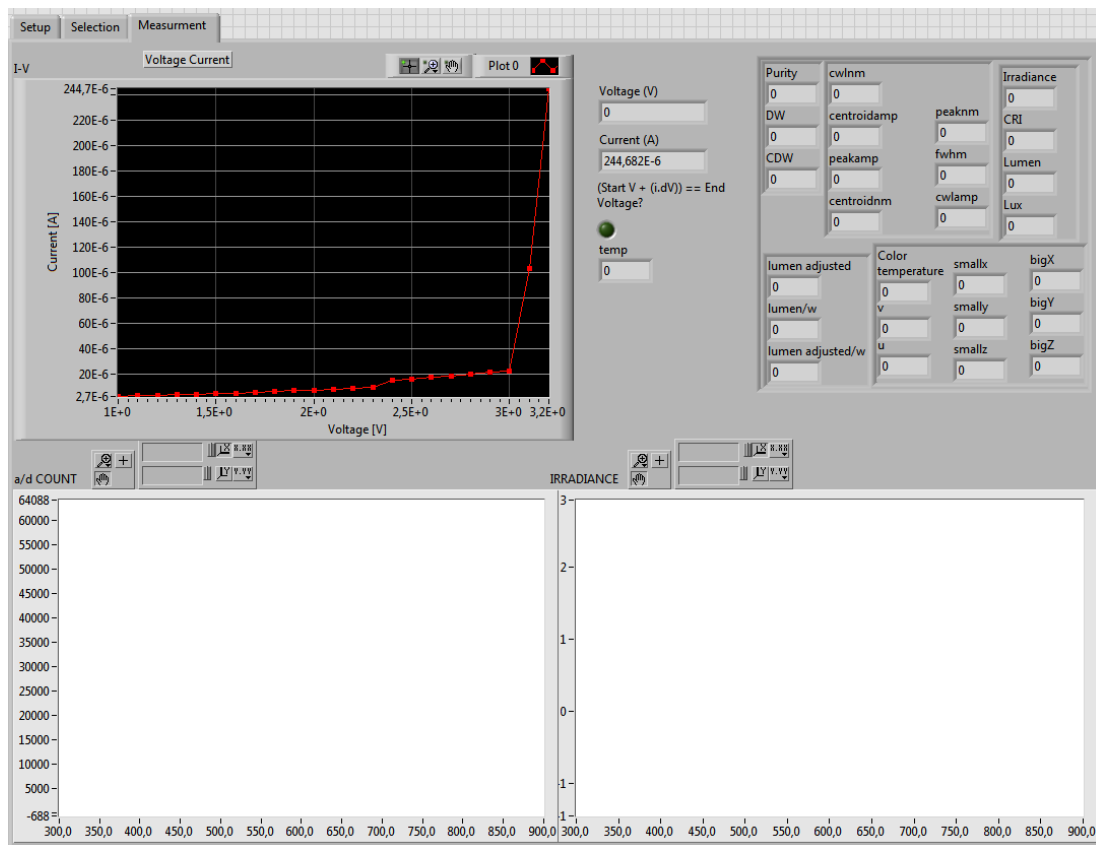
Figuur 27: bewegingsmethode handmatig

### 4.2.3 Meting

Om een beter zicht te hebben van de A/D telling en instraling staan er grafieken waarop we kunnen aflezen in welke golflengte we licht detecteren.

Verder staat er een grafiek met de spanning en stroom die ook in de vorige versie van de software aanwezig was. Ook is er een cluster met de data die de waardes tijdens de metingen tonen. Deze bestaan uit:

- Irradiance in  $\mu\text{watt}/\text{cm}^2$
- Dominant Wavelength (DW) in nm
- Complementary Dominant Wavelength (CDW) in nm
- Purity in %
- X, Y, Z ,x ,y, z, u, v
- Colortemperature in kelvin
- Illuminance ( lux) in lumen/ $\text{m}^2$
- Luminous flux (lumen) in lumen
- Wavelength for peak with highest intensity (peaknm) in nm
- Intensity for peak with highest intensity (peakamp) in  $\mu\text{watt}/\text{cm}^2$
- Full Width Half Max for peak with highest intensity (fwhnm) in nm
- Center Wavelength for peak with highest intensity (cwlnm) in nm
- Intensity at Center Wavelength (cwlamp) in  $\mu\text{watt}/\text{cm}^2$
- Centroid Wavelength (centroidnm) in nm
- Intensity at Centroid Wavelength (centroidamp)  $\mu\text{watt}/\text{cm}^2$
- CRI is de CIE Color Rendering Index
- Lumen adjusted in lumen
- Lumen/w in lumen /watt
- Lumen adjusted/w in lumen /watt



Figuur 28: Interface voor de metingen

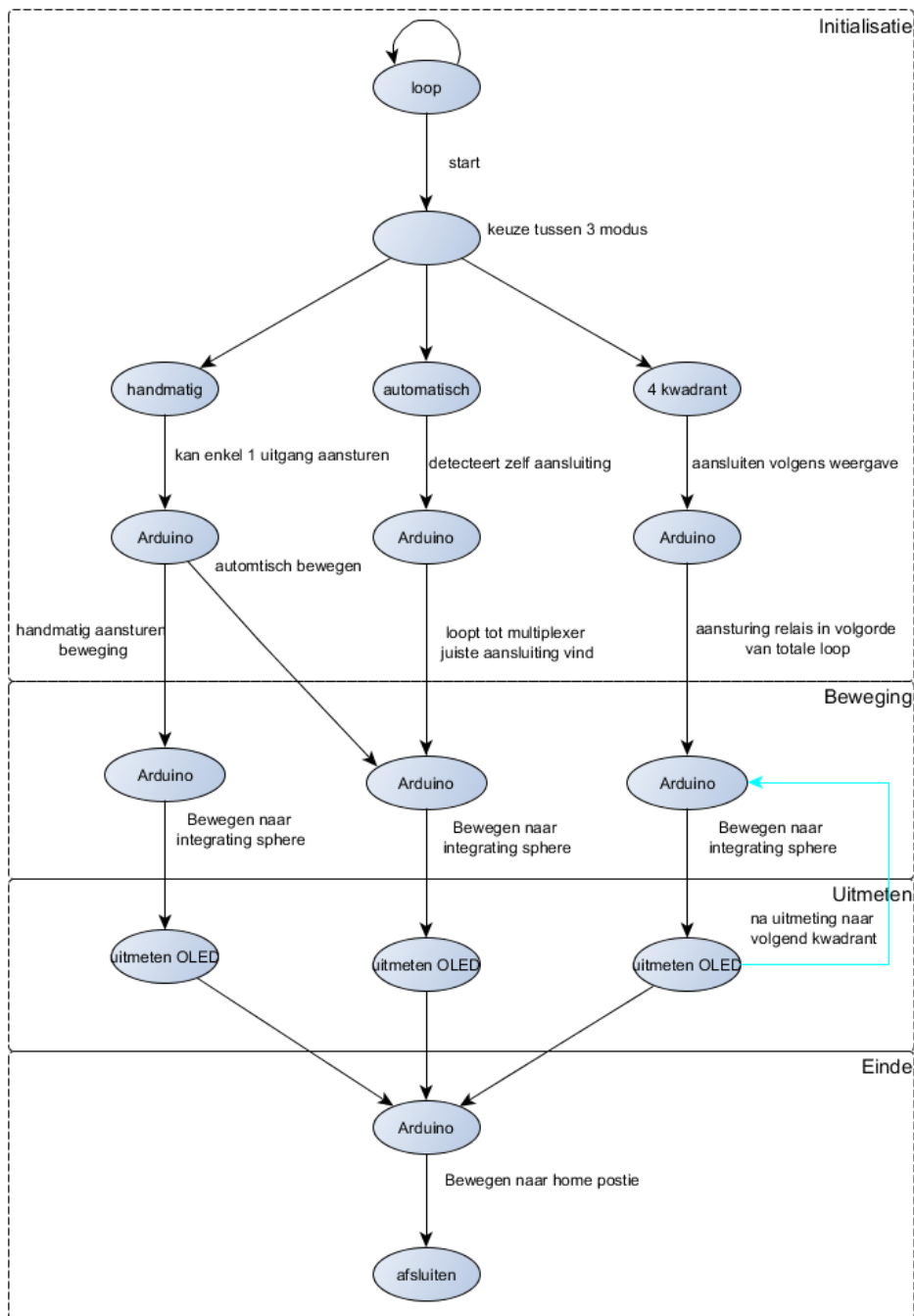
Hieronder staat een flowchart waarin die een beter overzicht geeft over hoe de software verloopt. Wanneer er in LabVIEW op run wordt gedrukt zal het programma starten. Dan kan men alle setup gegevens ingeven en de methode voor beweging kiezen. Terwijl men dit doet zit de software in een lus totdat er op de start knop wordt gedrukt.

Afhankelijk van de methode voor het bewegen gaat hij bij de optie automatisch, zoeken naar een aansluiting tussen de ingestelde weerstandswaardes. Wanneer hij deze gevonden heeft en alle connecties zijn gemaakt wordt een pop-up weergegeven om te zeggen dat alles goed is en zal de opstelling beginnen met bewegen.

Bij de 4 kwadrant methode gaat de software er van uit dat de OLED juist is aangesloten en zal hij naar het eerste kwadrant bewegen. Bij handmatig moet men zeggen aan welk relais de positieve elektrode is aangesloten en moet men de keuze maken tussen handmatig bewegen of automatisch bewegen. Bij de keuze automatisch zal hij direct beginnen met bewegen naar de integratie bol

Bij handmatig moet men zelf de OLED naar de integratie bol bewegen en moet men een knop indrukken om te zeggen dat de OLED in positie staat.

Nadat de OLED boven de integratie bol is zal de software beginnen met het uitmeten tussen de ingestelde spanningen. Wanneer de eindspanning is bereikt zal hij de OLED terug naar de beginpositie brengen. Bij de 4 kwadrant methode zal de OLED verschoven worden naar het volgende kwadrant en begint het uitmeten opnieuw totdat alle kwadranten zijn uitgemeten en zal hij terug naar de beginpositie gaan.



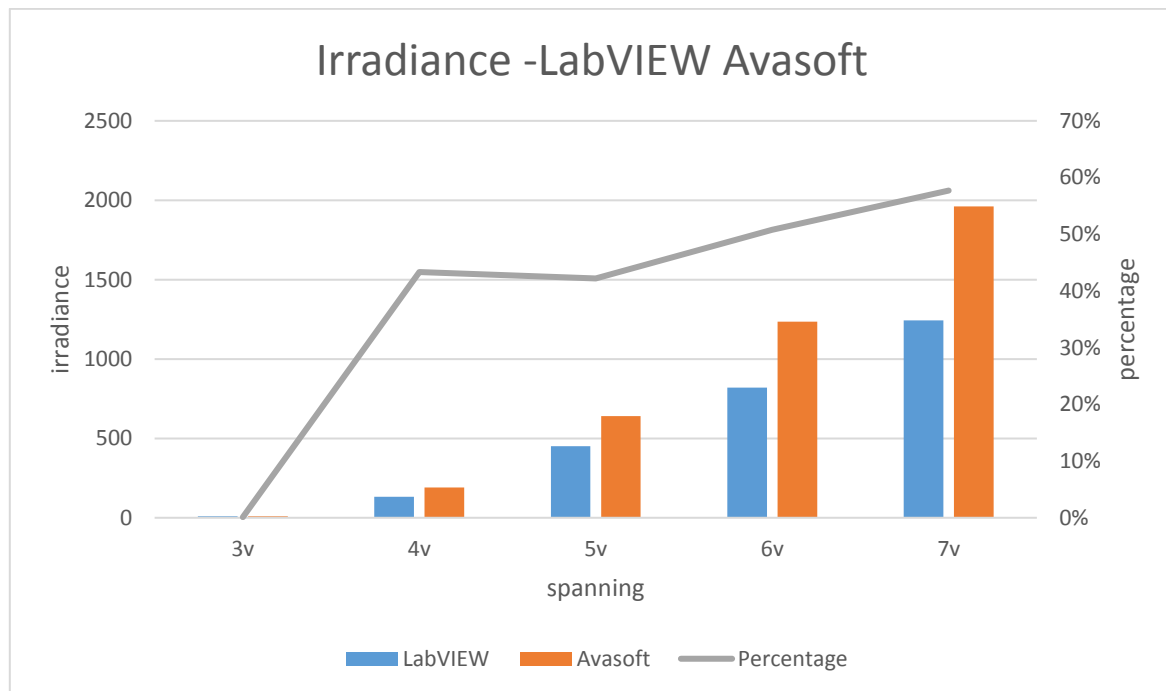
Figuur 29: Flowchart voor beter overzicht van het programma

Voor het uitmeten van de OLED wordt eerst de data die zich in het EEPROM van de spectrometer bevindt uitgelezen. omdat deze nodig is voor de berekening van de instraling. Dit gebeurt iedere keer wanneer het programma opnieuw start. Nadat dit gedaan is en men alles juist heeft ingesteld kunnen we beginnen met uitmeten. Het programma is zo ingesteld dat wanneer de A/D telling gesatureerd is de integratie tijd wordt verlaagd met een factor 2 zoals er ook handmatig wordt gedaan in het Avasoft programma. Nadat een meting gedaan is en de data is opgeslagen zal het programma verder gaan totdat de eindspanning is bereikt. Wanneer er voor de beweging de vier kwadrant OLED is geselecteerd zal hij na het uitmeten van een kwadrant bewegen naar het volgende kwadrant en een nieuwe map maken in de map met tijd. Nadat de vier kwadranten zijn uitgemeten zal hij zoals bij de andere opties terug naar zijn beginpositie gaan en alles afsluiten.

### 4.3 Effectief gemeten OLEDs en de vergelijking met de oude opstelling

Tijdens het meten met de nieuwe software komen de metingen niet overeen met de Avasoft software. Omdat er gebruik gemaakt wordt van de dll om de eenheden te berekenen en deze is aangekocht is er eerst gekeken of de settings die in Avasoft worden gebruikt ook in LabVIEW worden gebruikt. Op het eerste zicht is dit zo omdat al de settings worden opgehaald uit het EEPROM. Daarna is er gekeken naar de 16-/14-bit optie om te kijken of dit de oorzaak was. Maar tijdens het testen was er nog steeds een verschil tussen de eenheden.

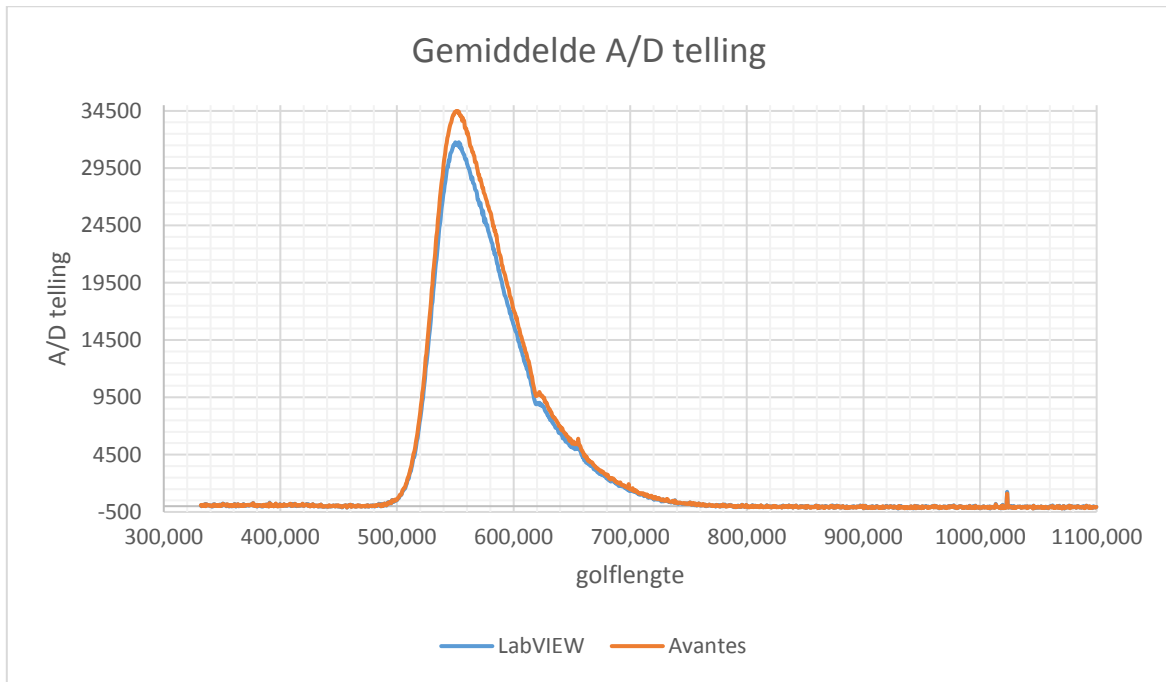
Omdat er een stuk in de code wordt gebruikt voor het berekenen van de irradiance is er daar gekeken of er een fout gebeurde. Omdat de formule overeenkomt met de formule die Avantes support doorstuurde en de data uit het EEPROM werd gehaald kan er vanuit worden gegaan dat de fout eerder ook al aanwezig was. Wat wel op te merken is dat het verschil tussen de twee programma's groter wordt bij een hogere spanning en er dus ook een grotere lichtsterkte is. In de figuur is het percentage het verschil in procent tussen de twee metingen.



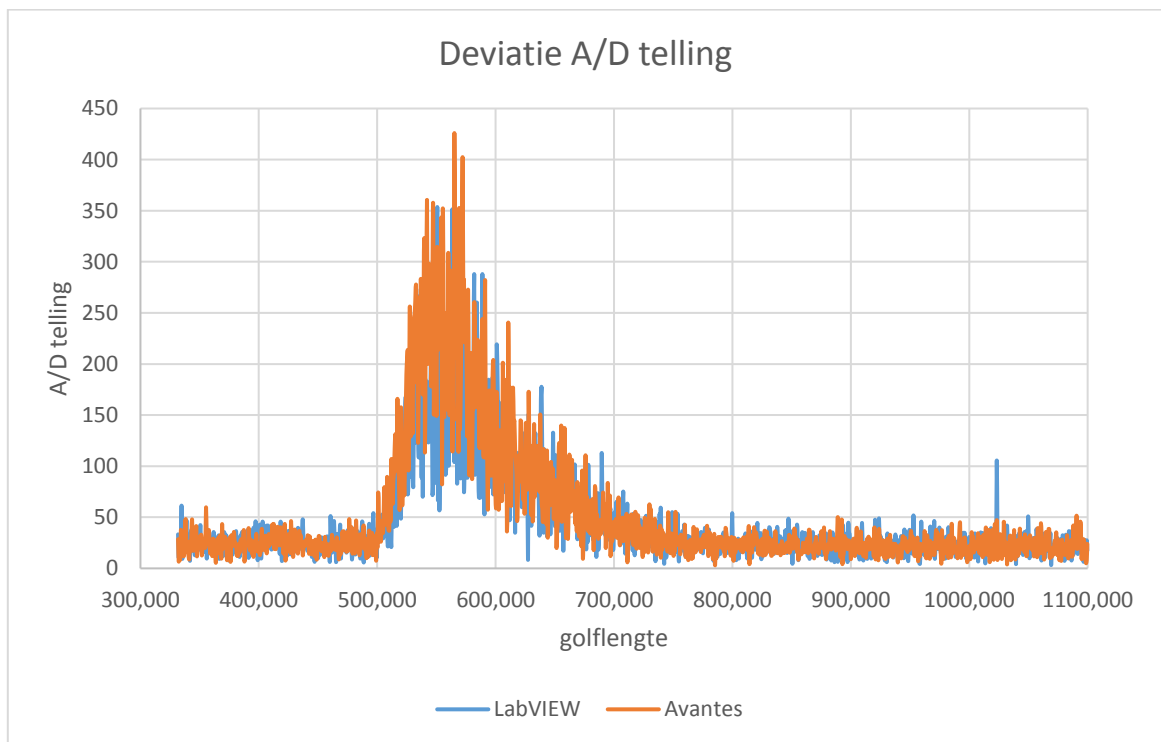
Figuur 30: Irradiance vergelijking LabVIEW en Avasoft

Omdat het probleem dus al eerder in het programma gebeurt is er gekeken naar de A/D telling. Ook hier is nog steeds een verschil tussen de twee metingen. Om te kijken of de fout die er is, niet door een ander stuk van het programma wordt veroorzaakt is er dan gemeten met het voorbeeld LabVIEW programma dat bij de Avasoft software zit.

Hier moet dan eerst wel nog een kleine aanpassing aan gedaan worden zodat dit programma ook de 16 bit data gebruikt. Tijdens het testen van het basis programma komen er nog steeds afwijkende resultaten zelfs zonder een berekening te doen.



*Figuur 31: Gemiddelde waarden van de A/D telling*



*Figuur 32: Deviatie van het gemiddelde van de A/D telling*

Omdat het probleem niet gevonden is gaan we verder in gesprek met Avantes om te kijken of dit kan opgelost worden. Het kan zijn dat er settings zijn die niet in het EEPROM zitten waardoor we foute waarden krijgen in LabVIEW.





## 5 Besluit

Het resultaat van deze masterproef is een opstelling die OLEDs automatisch uitmeet. Deze wordt aangestuurd door een software programma waarin alle metingen automatisch en autonoom gebeuren. Ook wordt data automatisch verwerkt en opgeslagen zodat dit overzichtelijk is.

Omdat er geen OLEDs beschikbaar zijn om de nieuwe houders te testen kan er niet worden aangetoond of deze bruikbaar zijn bij de verschillende OLED designs.

Het uitmeten van de OLEDs gebeurt in één programma maar de resultaten komen nog niet overeen met de resultaten van de oude opstelling waardoor in dit programma nog aanpassingen moeten gedaan worden.

De opstelling heeft de juiste afmetingen zodat deze in de glovebox past. De afmetingen zijn 40\*45\*40 cm.

Verder kan men uitbreidingen toevoegen zodat bv. de OLED naar het meest lichtgevend punt over de integratie bol wordt gebracht. De beweging van de assen met stappen laten gebeuren in plaats van met afstanden zodat men nog nauwkeurigere bewegingen kan maken. Een nieuw bewegingspatroon toevoegen voor een nieuw design van OLED.

Ook kan de code verder geoptimaliseerd worden zodat de metingen sneller gebeuren en het programma compacter is.

Ook aanpassingen aan de houders kunnen helpen om ze gebruiksvriendelijker en robuuster te maken. Op dit moment wordt het bovenste en onderste stuk van de houder door een bout bij elkaar gehouden. Deze wordt in de 3d structuur geschroefd. Dit kan later voor problemen zorgen omdat de structuur kan uitslijten. Het nieuwe design kan een opening laten voor een moer aan de onderkant waardoor deze altijd zal blijven vast zitten. Ook de houder die vast staat aan de x-as kan verstevigd worden of uit een steviger materiaal gemaakt worden zoals volle plastic of aluminium.

## Literatuurlijst

- [1] „Microstepping, Full Step & Half Step,” [Online]. Available: <http://www.nmbtc.com/step-motors/engineering/full-half-and-microstepping/>. [Geopend 2017 04 15].
- [2] „FUNCTIONAL MATERIALS ENGINEERING (FME),” IMO-IMOMEK, [Online]. Available: [http://www.uhasselt.be/UH/IMO/Visit-the-groups/Functional-materials-engineering-\(FME\).html](http://www.uhasselt.be/UH/IMO/Visit-the-groups/Functional-materials-engineering-(FME).html). [Geopend 10 02 2017].
- [3] J.N.Bardsley, „International OLED technology roadmap,” in *IEEE Journal of selected topics in quantum electronics volume 10*, IEEE, 2004, pp. 3-9.
- [4] D. Krambeck, „What You Should Know About Organic Light-Emitting Diode (OLED) Technology,” 09 november 2015. [Online]. Available: <https://www.allaboutcircuits.com/news/organic-light-emitting-diode-oled-technology/>.
- [5] D. A. Michael Corazza, „Carrier transport layer,” DTU Energy, [Online]. Available: <http://plasticphotovoltaics.org/lc/lc-degradation/lc-spe/lc-spe-carrier.html>. [Geopend 13 08 2017].
- [6] Z. H. (.). b. a. H. W. (.). b. Zeng Wenjin (曾文进)1, „The effect of the hole injection layer on the performance of single layer organic light-emitting diodes,” *Journal of Applied Physics* 116, 224502 (, Nanjing 210023, People's Republic of China, 214.
- [7] R. S. G. C. K. P. T. a. A. K. M.N. Kamalasanan, „Organic light emitting diodes dor white light imission,” Dr. K.S. Krishnan Road.
- [8] andor.com, „Radiometry & Photometry,” andor.com, [Online]. Available: <http://www.andor.com/learning-academy/radiometry-and-photometry-an-overview-of-the-science-of-measuring-light>. [Geopend 15 03 2017].
- [9] R. Rowlett, „A Dictionary of Units of Measurement,” Center for Mathematics and Science Education, 11 07 2005. [Online]. Available: <http://www.unc.edu/~rowlett/units/index.html>. [Geopend 17 03 2017].
- [10] „lumens-candelas-explained,” LEDwatcher, [Online]. Available: <http://www.ledwatcher.com/wp-content/uploads/2015/12/lumens-candelas-explained.jpg>. [Geopend 19 08 2017].
- [11] A. Ryer, „Light Measurement Handbook,” [Online]. Available: <http://www.dfisica.ubi.pt/~hgil/Fotometria/HandBook/ch07.html>. [Geopend 18 08 2017].
- [12] d. d. c. b. m. e. t. stephen r. forrest, „Measuring the efficieny of organic light-emitting devices,” GmbH&kGaA, Weinheim, 2003.
- [13] „Integrating Spheres,” Avantes, [Online]. Available: <https://www.avantes.com/products/accessories/item/269-integrating-spheres>. [Geopend 15 05 2017].
- [14] Y. O. TOKI KAWABATA, „Practical Optical Measurements of OLED Panels for Lighting Applications,” KONICA MINOLTA,NIST, NIST, 2013.

- [15] K. Diekmann, „OLLA White Paper on the Necessity of Luminous Efficacy Measurement Standardisation of OLED Light Sources,” OSRAM OS, 2008.
- [16] P. P. S. M. Jacobs Jens, „Rendementsmeting van OLED automatiseren,” uhasselt, Universiteit hasselt, 2015.
- [17] K. Gilissen, Artist, [Art]. IMO-IMOMECE.
- [18] „G-code,” 30 03 2017. [Online]. Available: <http://reprap.org/wiki/G-code>.
- [19] „prusa-i3-p3steel,” [Online]. Available: <http://www.3despana.com/107-prusa-i3-p3steel>. [Geopend 20 12 2016].
- [20] I. Verboven, „OLED Designs,” uhasselt, 2016.
- [21] Avantes, „AS-5216x64 DLL,” Avantes, 2015.
- [22] Avantes, „help->applicationmenu->absolute irradiance ->background,” avantes.
- [23] „Older CIE Standards,” [Online]. Available: <http://www.cvrl.org/cie.htm>. [Geopend 20 02 2017].
- [24] Avantes, *examples labview*, avantes.
- [25] „Gcode,” 15 04 2017. [Online]. Available: <http://marlinfw.org/meta/gcode/>.
- [26] „Lumen, Lux en Candela,” ledgloeilamp, [Online]. Available: [https://www.ledgloeilamp.nl/weblog/wp-content/uploads/2009/07/Relatie\\_tussen\\_Lumen\\_Lux\\_Candela.gif](https://www.ledgloeilamp.nl/weblog/wp-content/uploads/2009/07/Relatie_tussen_Lumen_Lux_Candela.gif). [Geopend 18 08 2017].

## Bijlagen

### Bijlage A :Guide for using the program

#### Step 1. Setup

Select the setup tab

Com ports

And select the Com ports in red

To know which com port is linked to which appliance go to system properties -> the device manager-> com-ports

for the 3D printer select the com with the Arduino mega

for the multiplexer select the com with the Arduino Uno

for the Keihtley select the com with USB to serial

Voltage

Set start-, end- and step-voltage circled in green

Resistance

Then you can change the resistance values to detect a OLED circled in yellow

Other

**Out coupling enhancement**

in brown select if the OLED has an enhancement structure.

**Adjustment factor** circled in grey this a factor that is needed to adjust the lumen so that the luminous efficacy is correct

Circled in black is the **sample area** of the integrating sphere , the area of the **light emitting area** of the OLED that needs to be filled in and the **remarks** that can be filled in freely

All this data will be written together in the header of the data file.

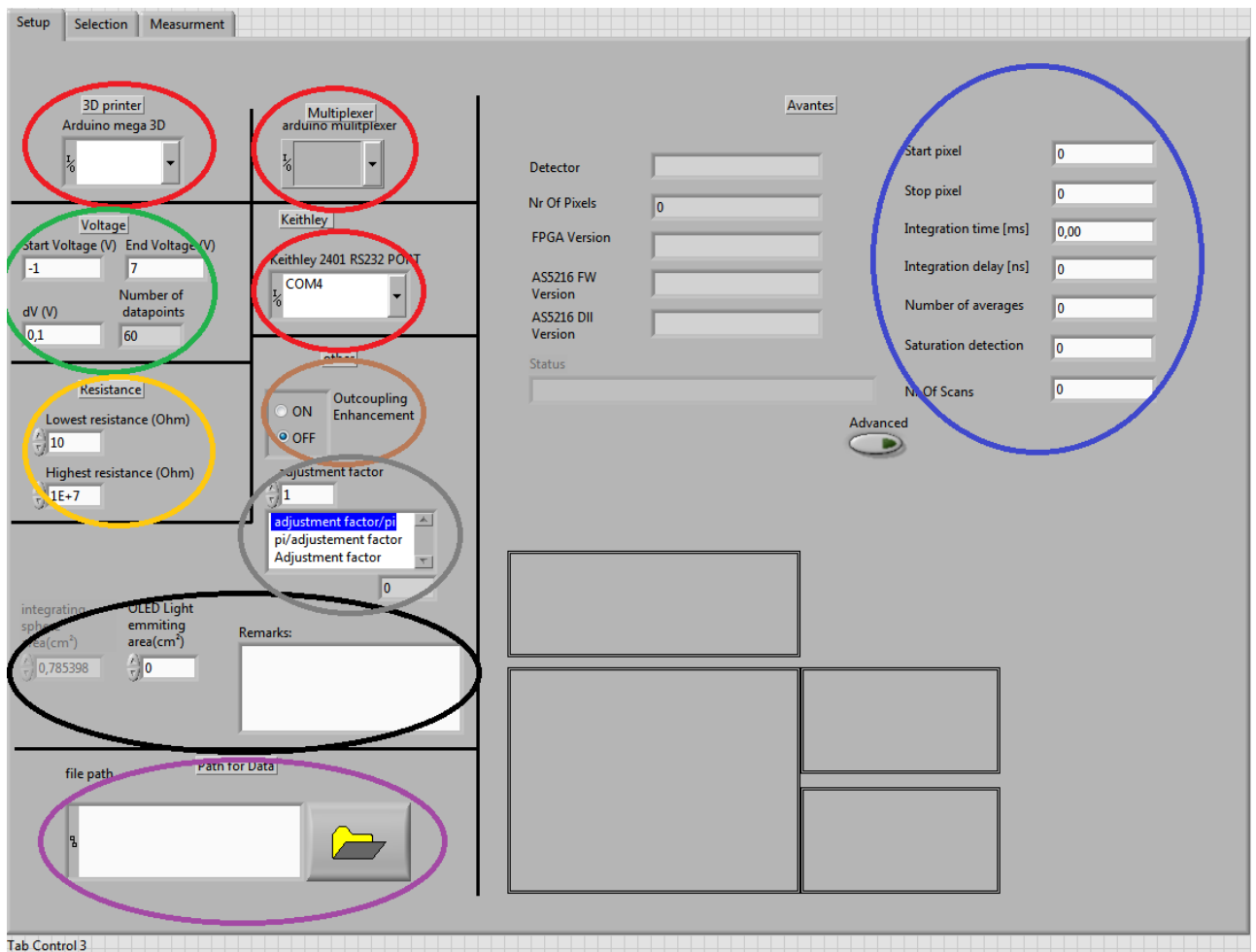
Path

Circled in purple is the path selector here you need to select a folder wherein the data will be saved.

Wherein a new folder with data of the year month and day will be made in that folder there will be a new folder for each new OLED with a the time as its name. In this map the data will be stored in data.txt and graphxx.txt with xx filled in with the voltage.

Avantes

The Avantes setting circled in blue can be filled in but don't need to be filled because all the settings will be read out of the EEPROM memory. When we want to see more options for the Avantes click on the advanced button

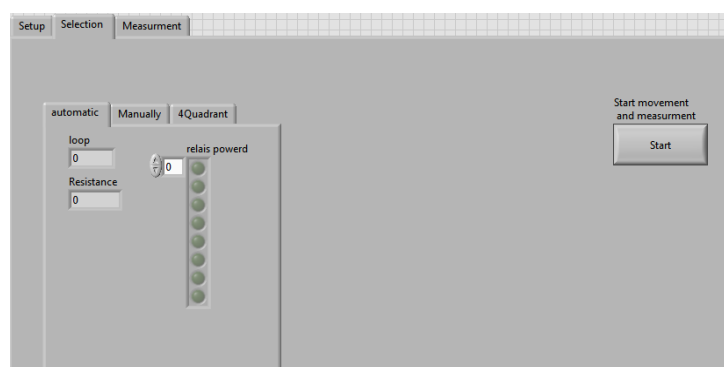


## Step 2. Selection

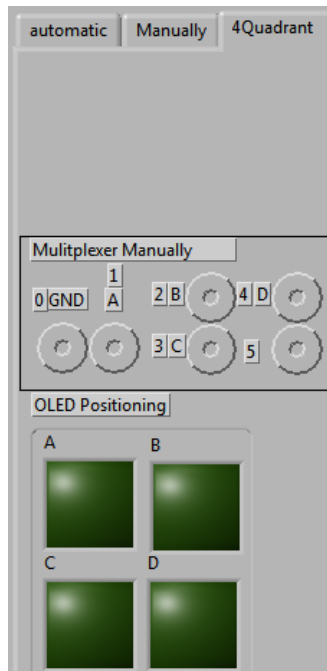
Select the selection tab

select one of the three tabs : **automatic**, **manual** or **4Kwadrant**

When using a OLED with one light emitting area that is in the centre of the OLED use **automatic**. Press the start button to start the measurement. Go to start button

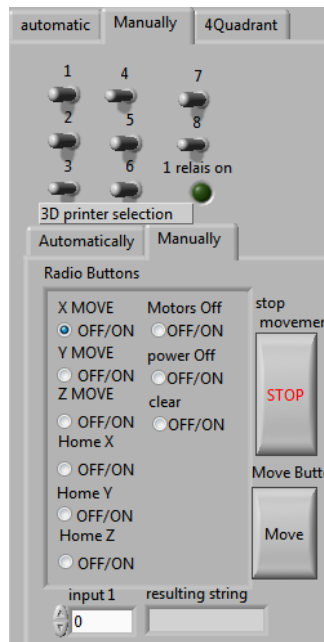


When using a OLED that has **4 Quadrants** select the 4 quadrant tab and position and connect the OLED as shown and press the start button. Go to start button



When using a OLED that has a light emitting area that is not in the middle select the **manually** tab in the manually tab you will need to choose the relay where the positive electrode of the OLED is connected to. Only one relay can be on at a given time. After that you can chose to let the holder move to centre of the integrating sphere by choosing **automatically** and then pressing start.

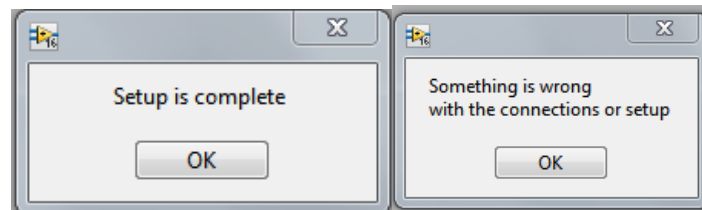
Or you can choose to move the holder and integrating sphere yourself by selecting the **manually** tab. Then click the start measurement button and using the radio buttons to select the axes to move and the input 1 to give in the distance in mm for the axes to move. When those two are chosen click the move button to move the axes when u have done all your movements click the stop movement button and the measurement will begin.



### Start button

After pressing **the start measurement** and movement button the software will check if it can make a connection with the com ports and the Avantes. This will always be done after clicking the start button. If there is no problem with the connection a pop-up window will

appear with “setup is complete” or if there is a problem with the connection “something is wrong ...” in both cases **click ok** and he will **begin** moving or **stop** the program. After that depending on the movement method the holder will be moved to the integrating sphere or it will wait until the stop movement button is pressed. Then the real measurement will begin.



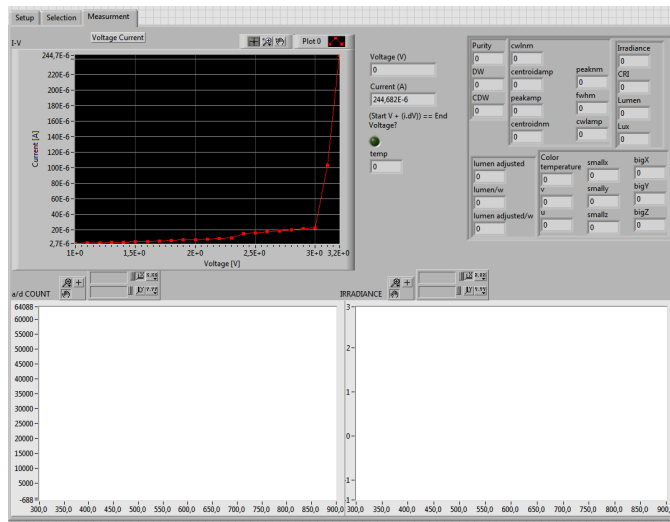
### Step 3. Measurement

When the measurement tab is selected we can see all the data that is measured and calculated al this data will be saved with each step voltage that was given in the beginning.

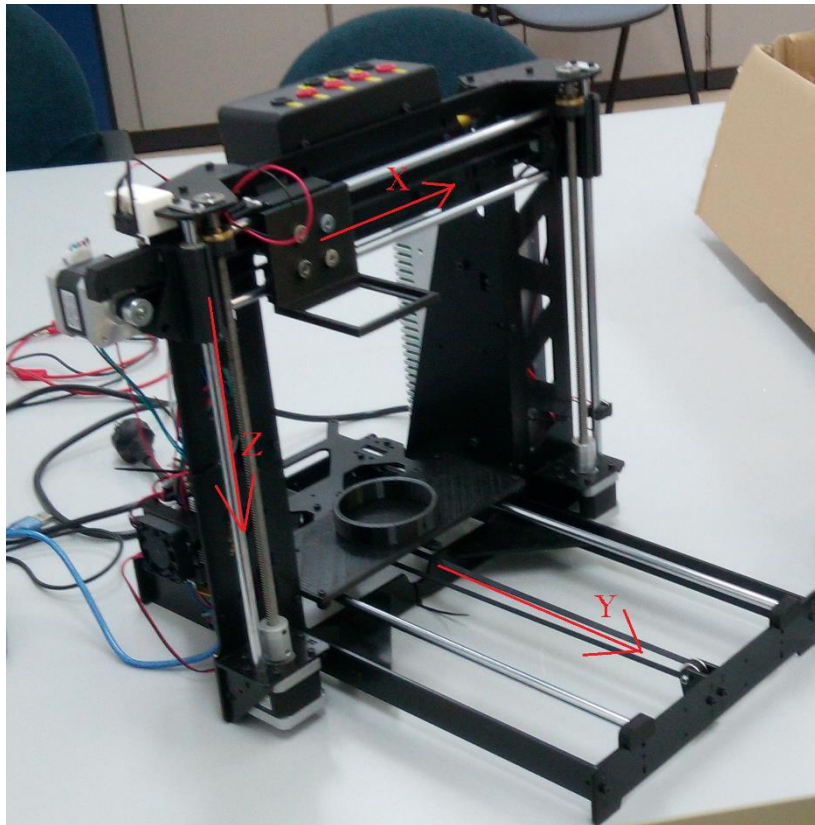
Here we will see the a/d-counts, Irradiance and Voltage-current graphs and the X, Y, Z, x, y, z, u, v, data that is calculated for each voltage . Each step to the next voltage takes a bit of time because we do the measurement of the a/d-counts 4 times otherwise the change in light brightness isn't detected with the correct voltage.

- Irradiance in  $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2$
- Dominant Wavelength (DW) in nm
- Complementary Dominant Wavelength (CDW) in nm
- Purity in %,
- X, Y, Z ,x ,y, z, u, v,
- Colortemperature in Kelvin
- Illumanice ( lux) in lumen/m<sup>2</sup>
- Luminous flux (lumen) in lumen
- Wavelength for peak with highest intensity (peaknm) in nm
- Intensity for peak with highest intensity (peakamp) in  $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2$
- Full Width Half Max for peak with highest intensity (fwhnm) in nm
- Center Wavelength for peak with highest intensity (cwlnm) in nm
- Intensity at Center Wavelength (cwlamp) in  $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2$
- Centriod Wavelength (centroidnm) in nm
- Intensity at Centroid Wavelength (centroidamp)  $\mu\text{watt}/\text{cm}^2$
- CRI that stands for CIE Color Rendering Index
- Lumen adjusted in lumen
- Lumen/W in lumen/Watt
- Lumen adjusted/w in Lumen/Watt





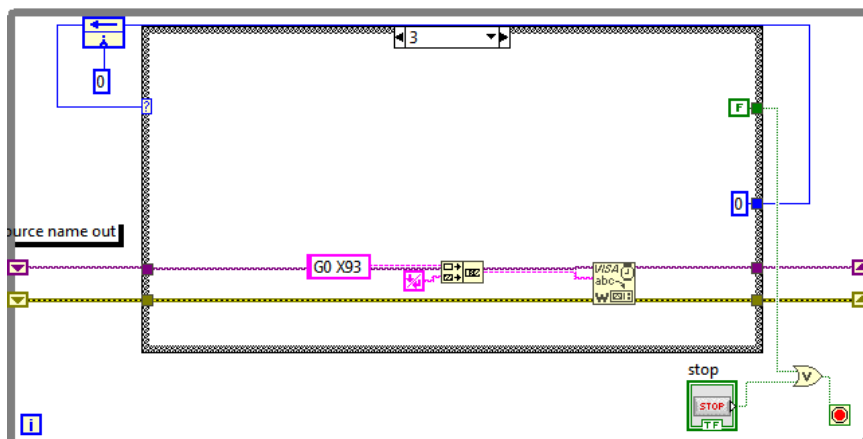
## Bijlage B : Changing the position of the integrating sphere



This can be done in following vi's : - D move to sphere A.vi

- D move to sphere B.vi
- D move to sphere C.vi
- D move to sphere D.vi
- D move to sphere.vi

TO change the movement in the vi for A,B,C,D go to the case and select the second case to change the Y position for the integrating sphere the distance is in mm.

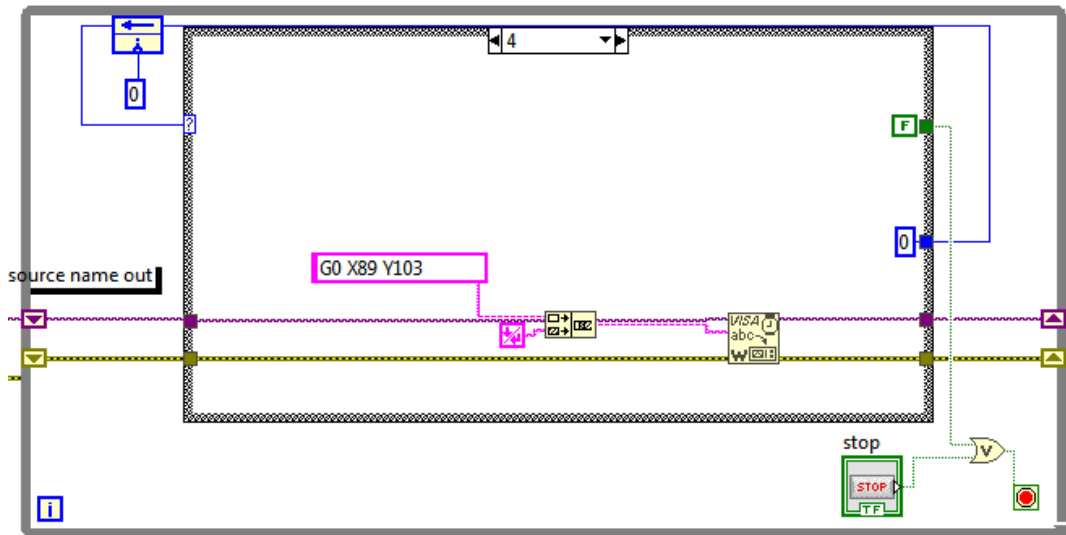


To change the x position go to case 3

To change the z position go to case 4

To change the z position before the movement go to case 1 make sure the distance is lower than case 4.

To change the movement for the Vi (D Move to sphere.vi) go to case 4 here all the movement is in one string first this was with the z axe as well but because it created torque and that is something we want to avoid we move the z axe in a different case. For the z distance select case 5 and adjust

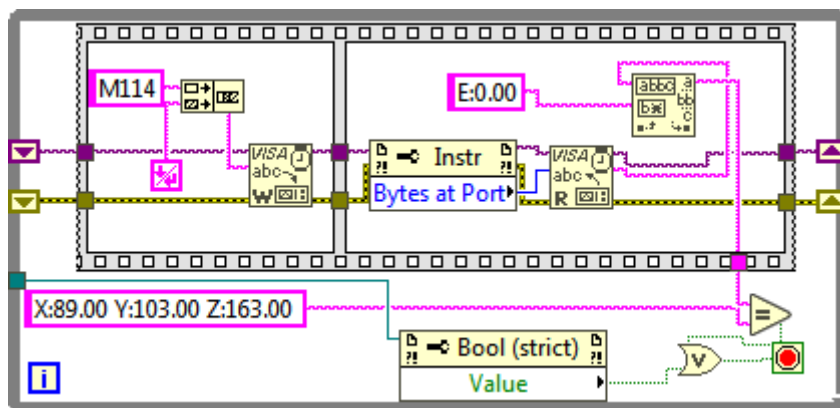


When changing the position we need to change the string to check if the Movement is done.

Go to : -movement to integratingsphere&autotiming.vi

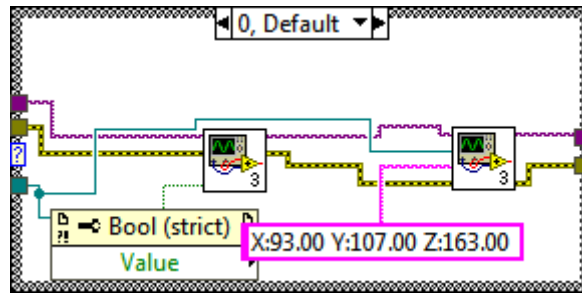
-4kwadrant+folderpath.vi

In the movement to integratingsphere&autotiming.vi you will see a while loop with a string X:89.00 Y:103.00 ...



This string will need to be adjusted with the new distances you have but in D Move to sphere.vi

In the movement to 4kwadrant+folderpath.vi you will see a case with a string



This string will need to be adjusted with the new distances you have but in D Move to sphere A.vi, B, C, D depend on the case you will be in this needs to be done with all cases

Case 0 is with vi A

Case 1 is with vi B

Case 2 is with vi C

Case 3 is with vi D

## Bijlage C: Guide to change the dll

There are 3 DLL's used:

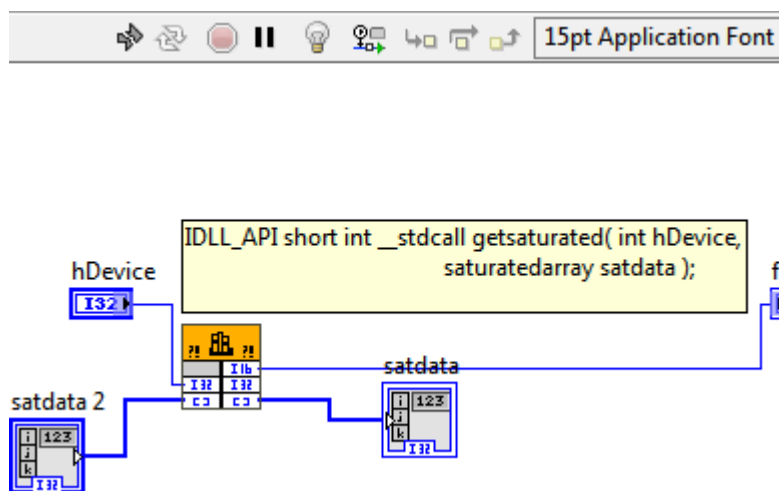
32-bit	64-bit
AVSrrrad.dll	AVSrrradx64.dll
Avaspec.dll	Avaspecx64.dll
LVspectrometer.dll	LV64spectrometer.dll

The Blue vi's that are in the calculating data with dll Vi need to have there dll changed to the AVSrrradx64.dll for a 64-bit LabVIEW software.

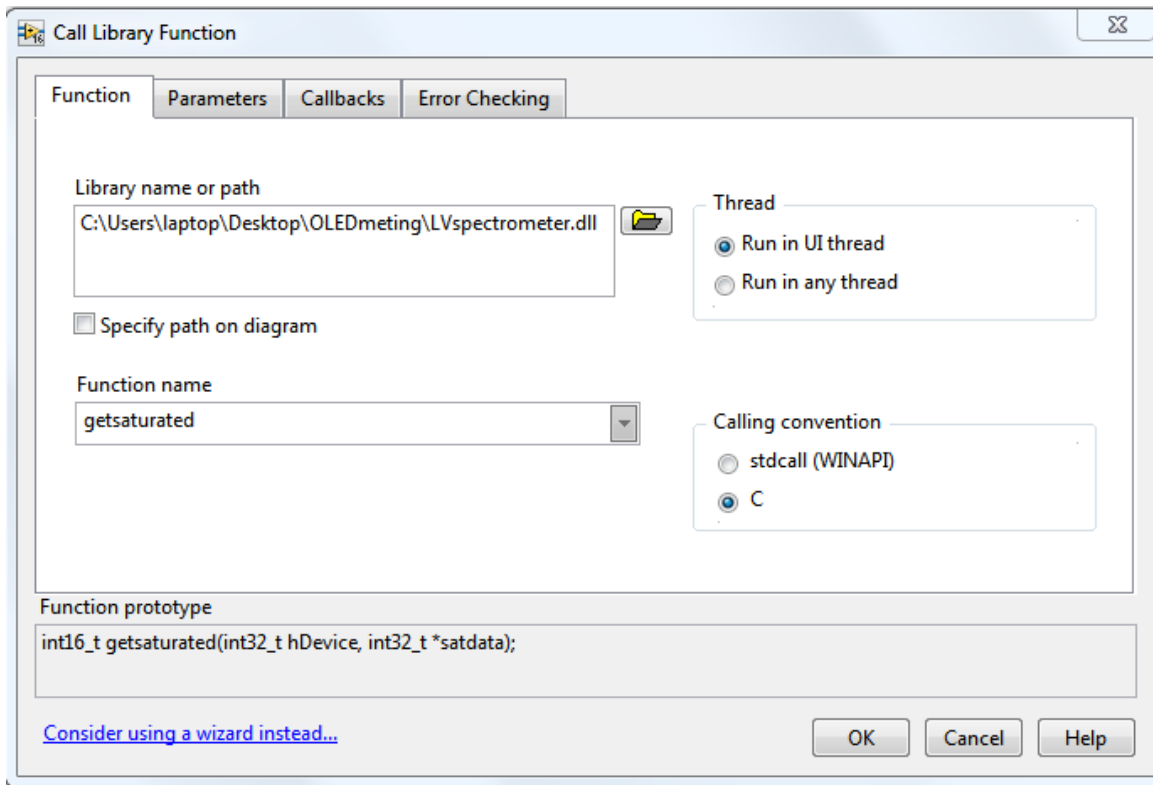
To change the Avaspec.dll to the 64-bit one we need to go into AutmaticmeasurmentOLED.vi and go to the measurement part there in the event structure you'll need to change the dll for al the AVS\*.vi's when trying to run the programme it will give you the vi's that don't work . That is the easiest way to find the vi to change the dll.

To change the LVspectrometer.dll to the 64-bit you only need to change one vi. And that is the getsaturated.vi

Generally to change a dll we go in to a vi to the block diagram.  
then double click on the object property node( yellow/orange box)



Then a menu will pop-up there we see that the 32-bit dll is still selected. To change it click the folder icon and navigate to the folder where the 64-bit DLL can be found and select it. When this is done press ok and now the vi should be able to run (broken arrow should change to white arrow).  
the save the vi and your done.

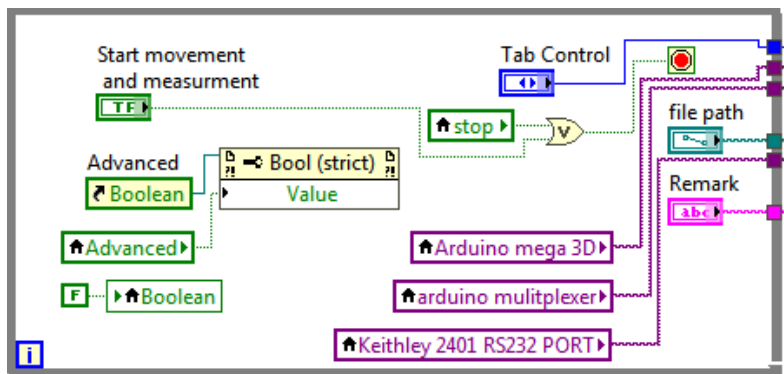


# Bijlage D : How the program works

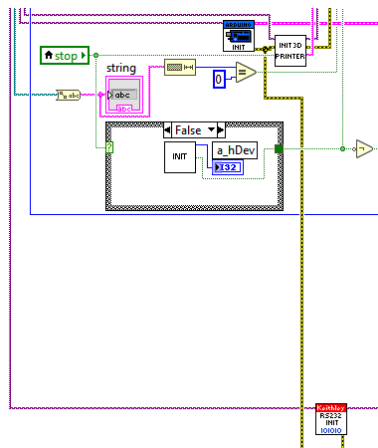
This is not the final version

## Initializing

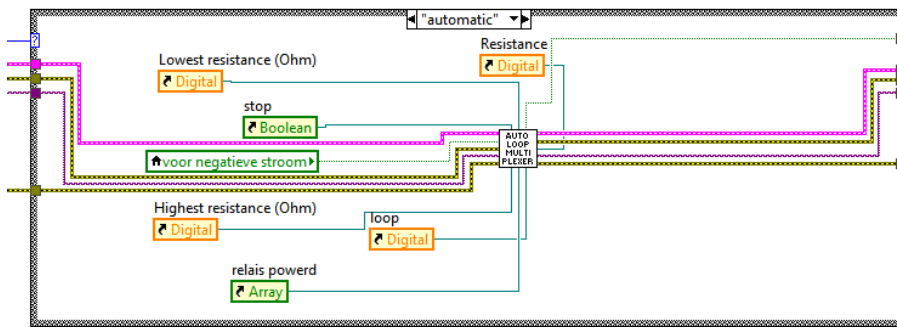
The programme begins in a while loop where it will loop until the start button for measurement and movement is pressed. In this while loop the com ports for the devices need to be selected , the file path for storage of the data and if we want to see the advanced settings for the Avantes. Also it will check which movement type is selected(tab control). Before we leave this loop everything in the setup tab should be filled in. see guide for using the program



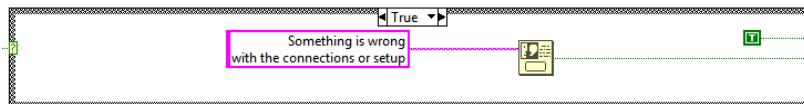
After the start button or the stop button is pressed we will leave the while loop. If the stop button is pressed the program will stop running after it has closed everything. If the start button is pressed the next thing the program will do is initialise the 3D –printer, the Arduino Uno for multiplexing , the Keithley and the Avantes.



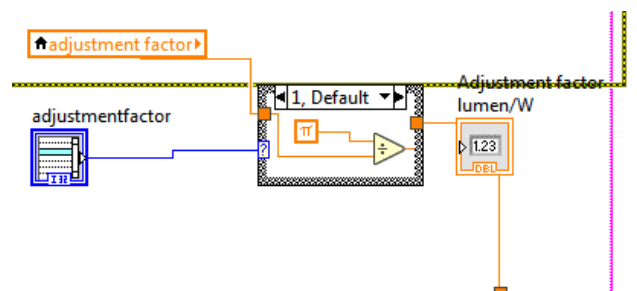
Then if for the movement automatic is chosen the multiplexer will go in a loop until he finds a resistance that is in between the given resistances. This is done by switching the relay until there is a resistance found .



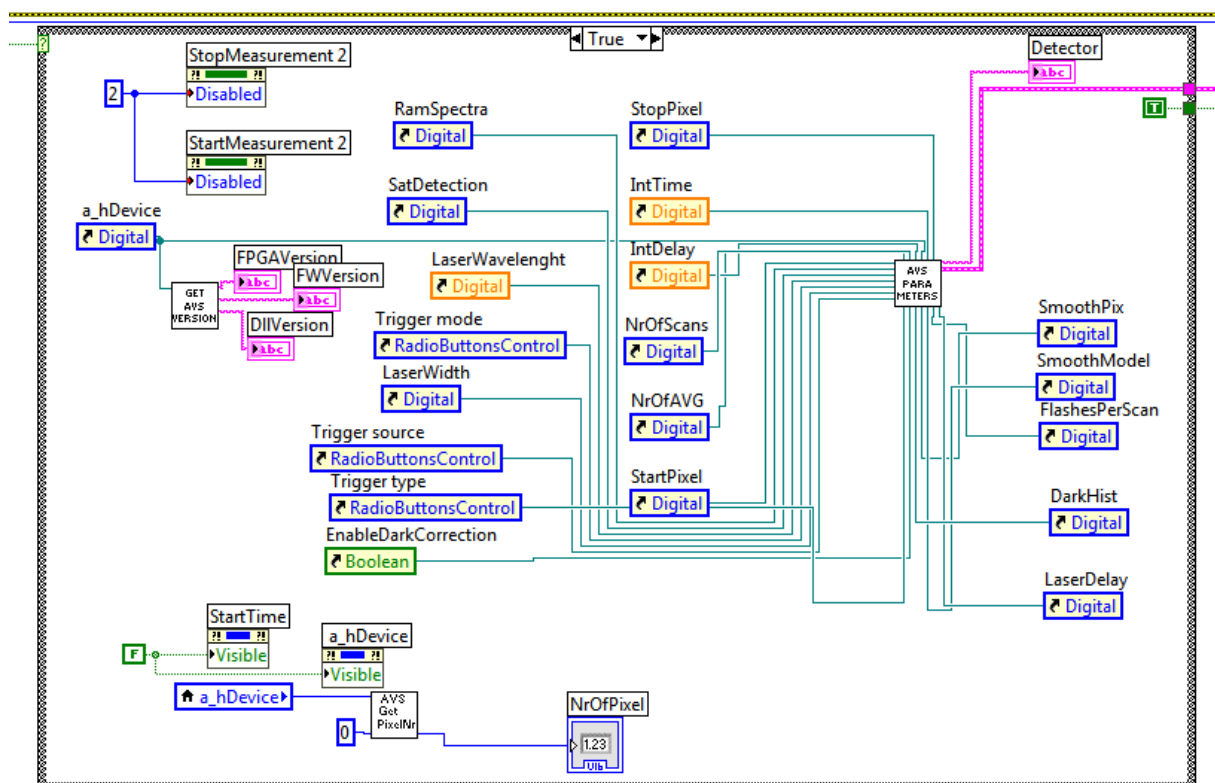
When all the connections are good a pop-up window will be shown. After the ok button is clicked on the pop-up the while loop will stop and we go in to a case.



Other things that happen in this loop are calculating the adjustment factor this is done by a case structure that has its selector on the front panel so people can choose between options. Then the adjustment factor goes into the case gets multiplied by pi or divided or just stays the same. After that it will be used for the adjustment and will be written with the remarks.



For the use of the options for the Avantes setting up the parameters is needed.



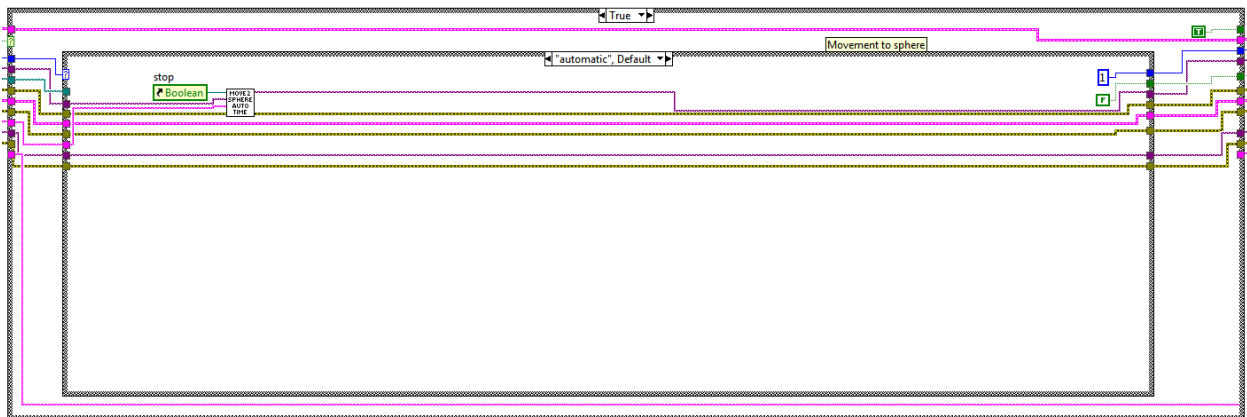


# Movement

The tab control is the selector for the case for the movement. When using automatic the movement will be handled by a vi that was made for movement witch is done with g-codes. This is done for all the tabs expect for the manual -> manual tab .

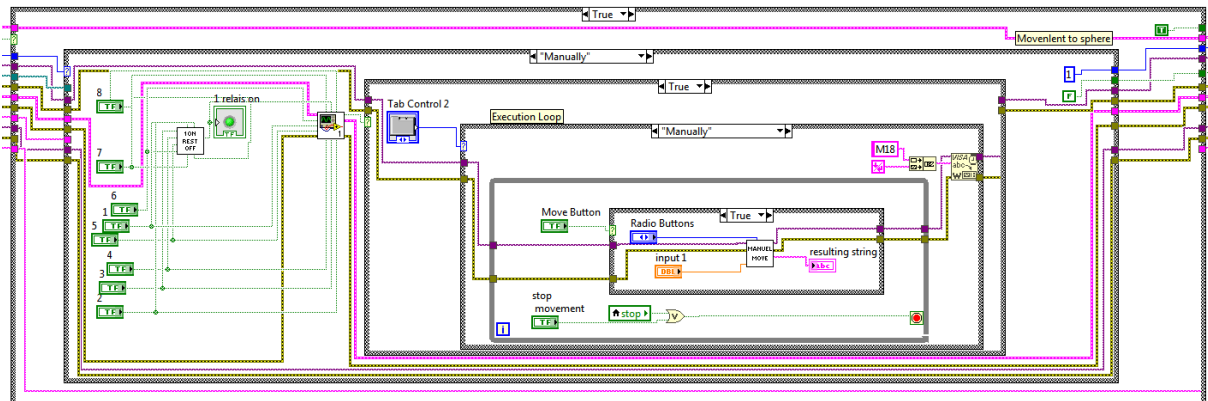
As you can also see the case also has a number and Boolean that it sends to the next part of our program. The number is used for a for loop that runs 1 time for automatic, manual and 4 times for the 4 quadrant OLED. The Boolean is used for folder creation and more precise movement for the 4 quadrant OLED.

if later they want to add a different type of OLED that also needs a different storage folder sequence or path they need to change the Boolean to a number so that the case selector has number that will say which case needs to be used.



With the manual tab selected we go in to this case here we see that the 8 switches are connected to logic(vi) that checks if there is only one switch one . If this is true then the multiplexer(vi) will switch the relay that is connected to the switch to on. Then we go in to a second case were it will check what movement method is chosen. If automatic is chosen the same vi as 4quadrant and automatically will be used. When we choose manually again we go into a while loop that will run until the stop movement button is pressed or the general stop button is pressed. When the general stop button is pressed the whole program will stop.

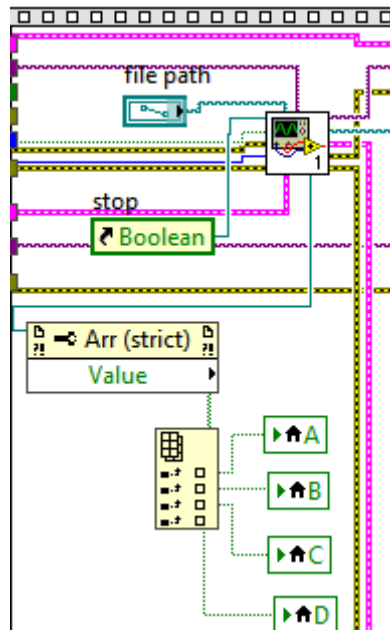
In the while loop the program will check if you press the move latch. When you press the move latch it will go into a case where it will check the input and the radio buttons the make a string and send it to the 3D-printer. The move button needs to be a latch otherwise we will keep sending the same string again every loop and this will slow the movement down.



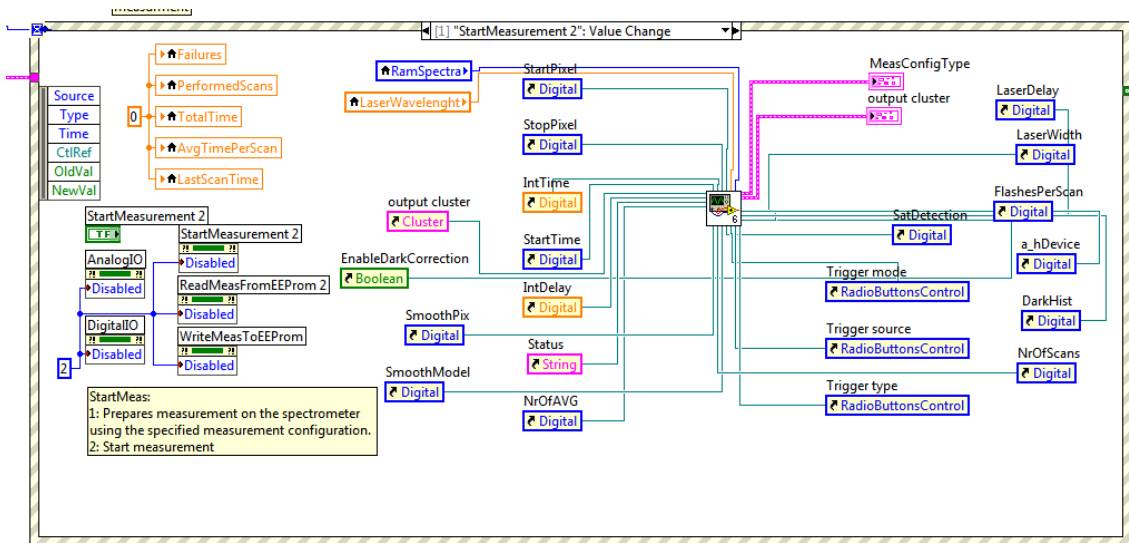
# Measurement

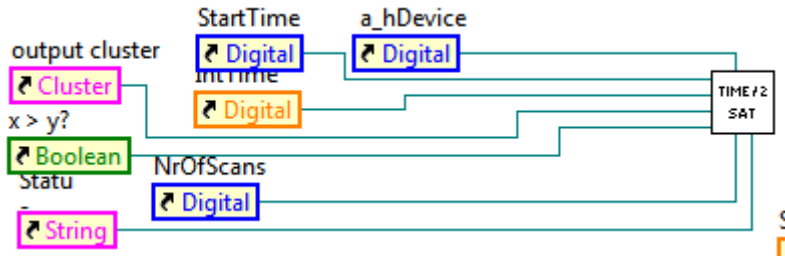
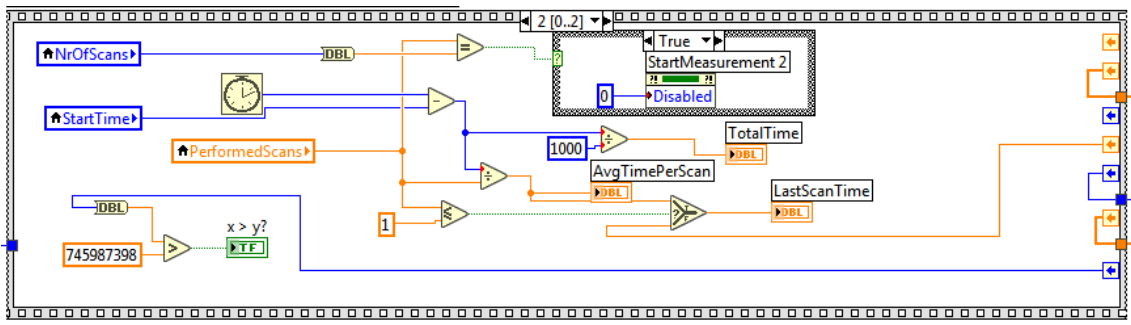
After these movements are done we go into the for loop where in a sequence of two long is.

The first part is for two things one is for the creation of the folders for data storage and the other is for the small movement for the 4quadrant OLED. Also the change off connection is done in this part of the sequence with the 4quadrant OLED and the lights off the 4quadrant OLED on the selection tab.

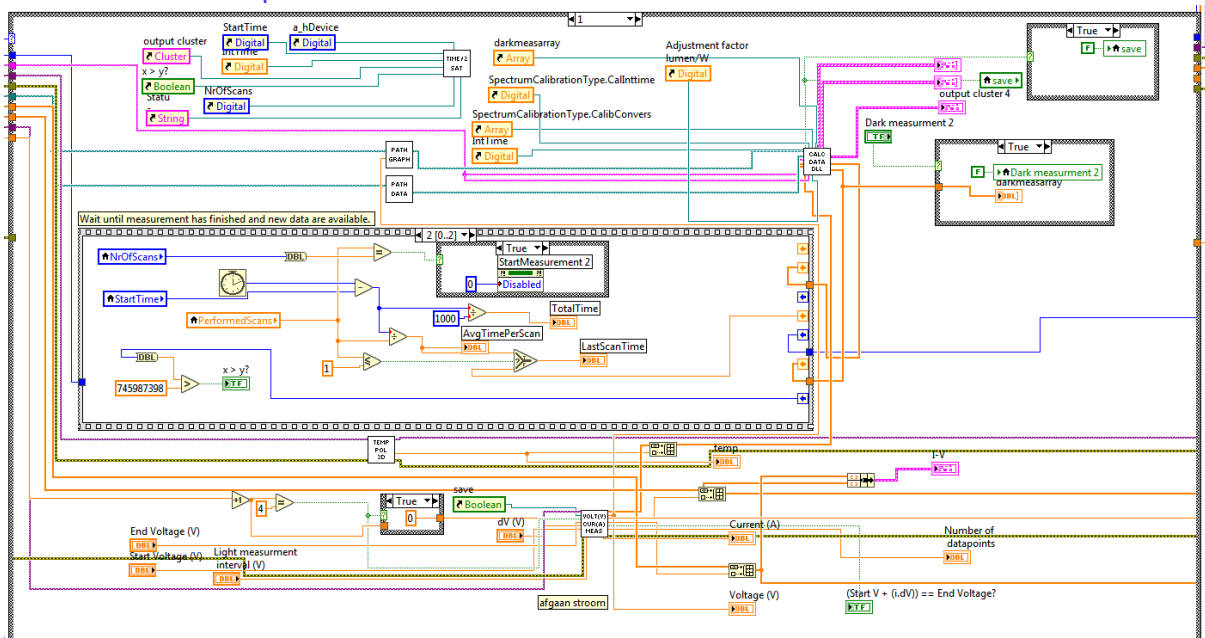
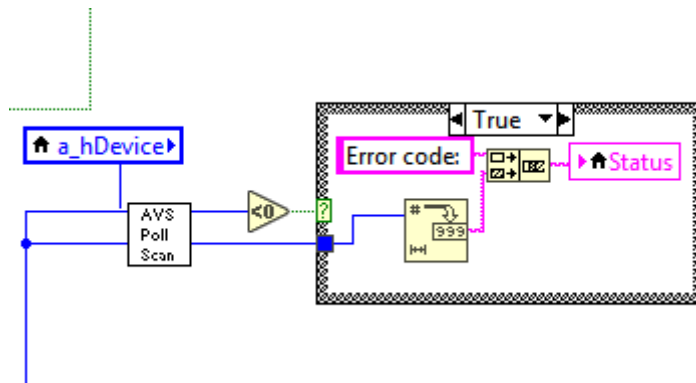


After that sequence we go into the next sequence where the measurement will be done. In this sequence there is an event structure and stacked sequence that is from the example that comes with the Avantes software. In the stacked sequence a part is added to see if the A/D counts go into saturation which then the integration time divides by two.

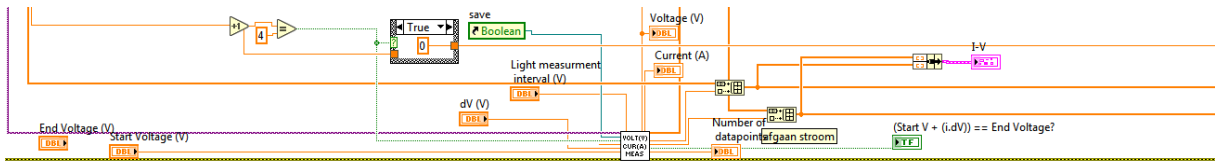




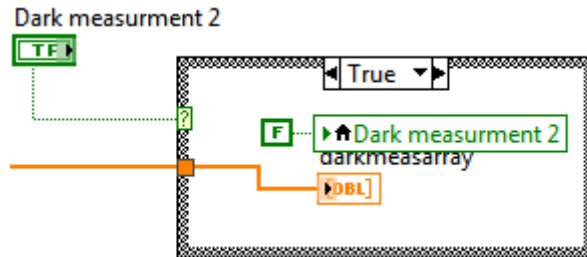
The stacked sequence sits in a case structure because the the avantes is polled to see if data is ready for use and also gives the status of the Avantes.



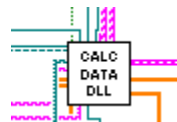
The change of voltage and the measurement also happens in this case there have been made some changes to the program but most off it is the same as the old part. A added part is that the voltage updates after 4 loops so that the change in light emission of the OLED can be seen on the Avantes.



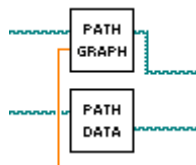
There is a part to save the dark data that is needed for the calculation of the data.



The calculations for the data happens in a vi where we use the DLL vi's from irradi.

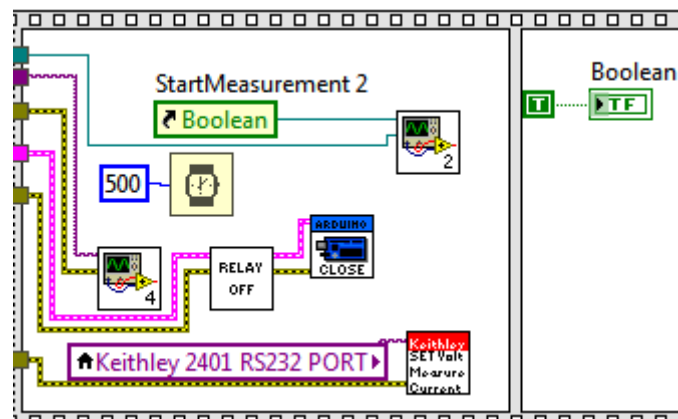


Another thing in this case is the two vi's that add the file where in the data will be saved . One vi has the voltage as a second input this used so that it makes a new file for each voltage.

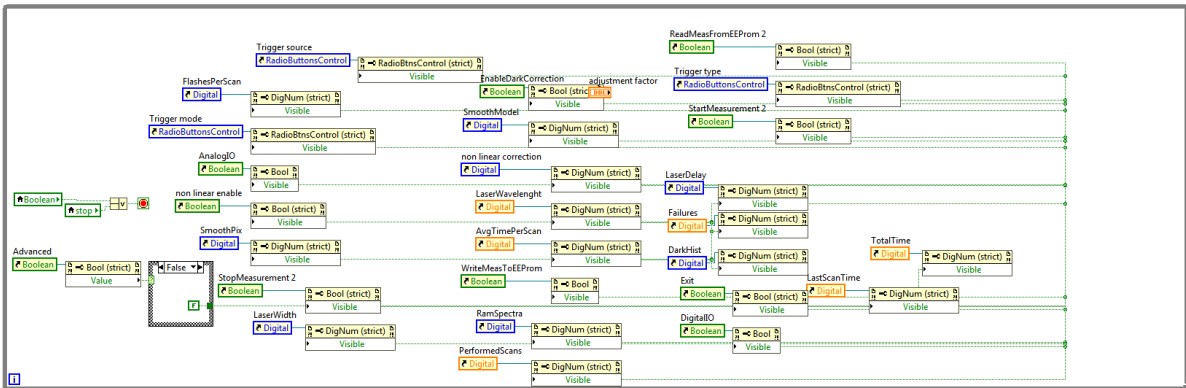


All these things in the second sequence part are in a while loop that is needed because we want to increase the voltage and the measured data from the Avantes.

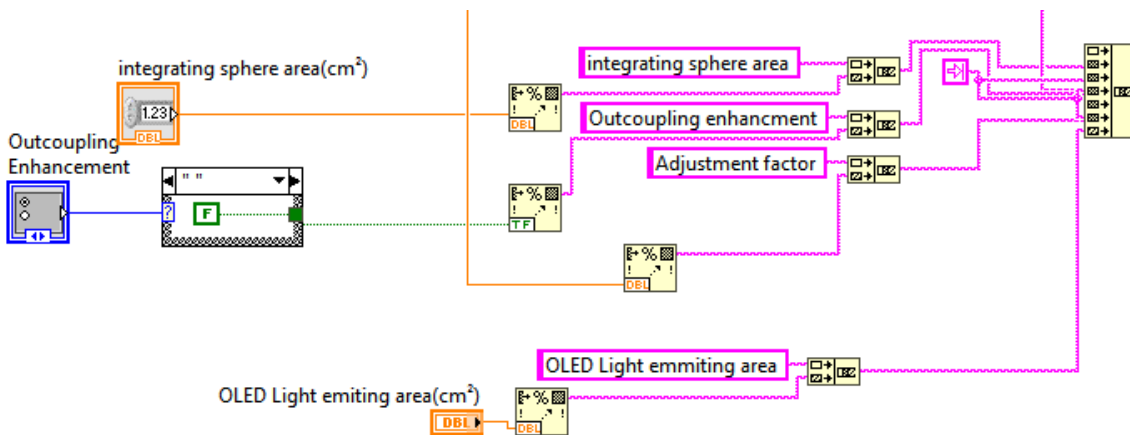
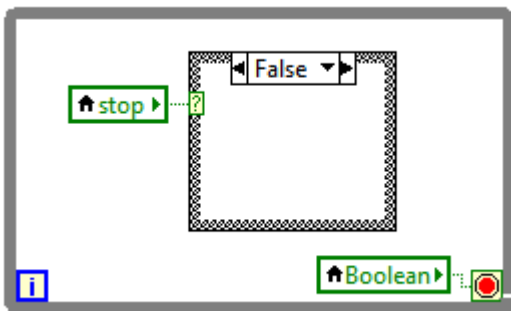
After we get to the end voltage the while loop is stopped and we go out of the while ,sequence and for loop to a small sequence to stop everything. One for stopping the Avantes; for homing the XYZ; for the multiplexer and for the Keightley.



Other bits in the program that are not connected in the loop but are used are a while loop that is used to let the advanced options get invisible or visible for the Avantes.



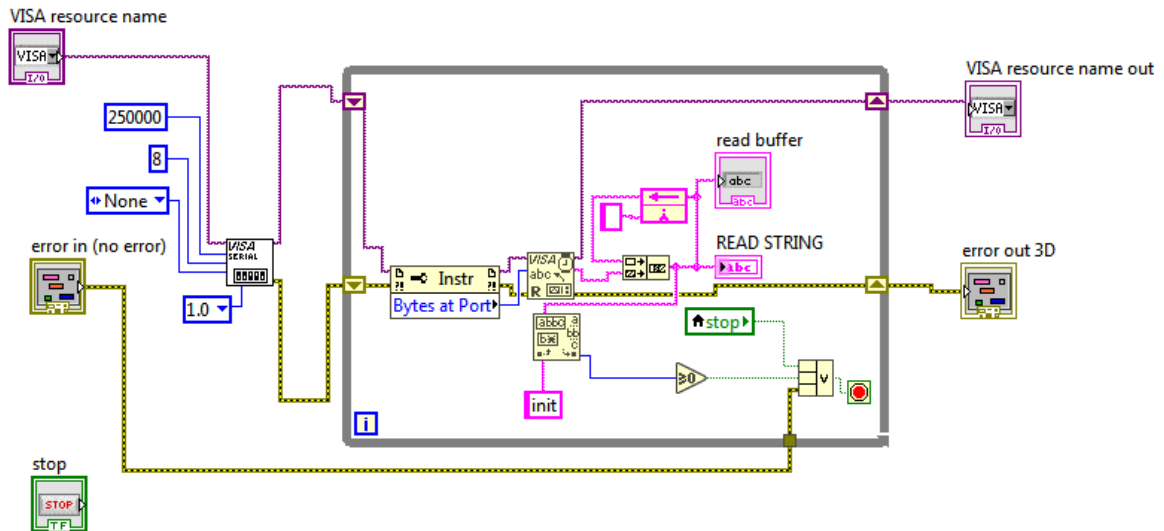
A while loop that keeps the stop true until the end of the program.



## Initialize 3D printer

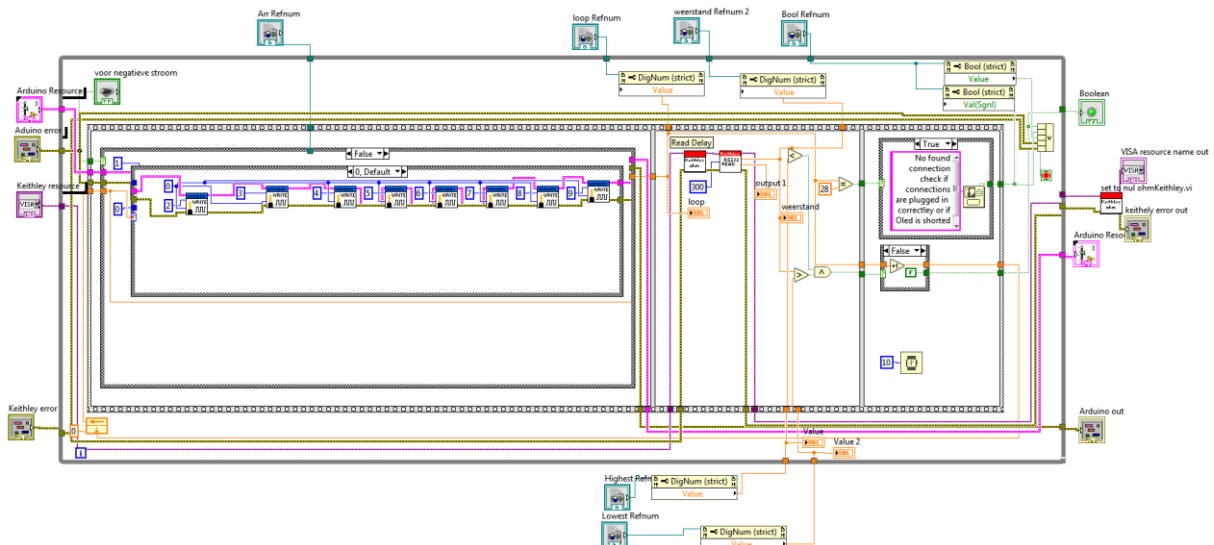
This vi is used to initialize the 3D-printer.

The while loop reads the Com port until the 3D-printer writes init then the while loop stops. The while loop will also stop when stop is true or if there is a error with the Arduino uno.



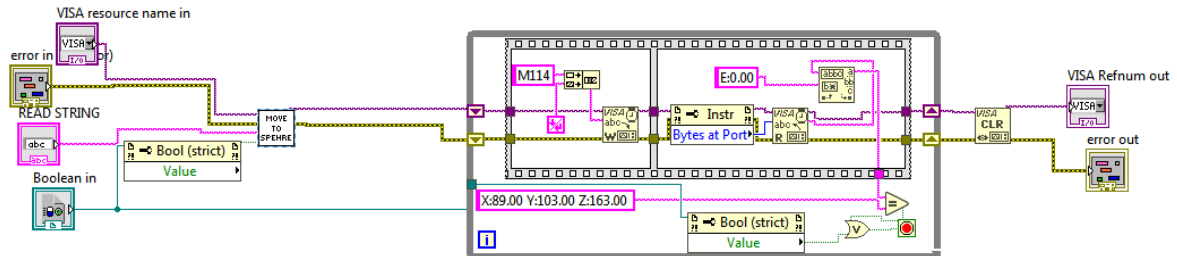
## Automatic detective

This Vi Automatic detectie is used when the movement tab automatically is used. The vi searches for a connection where the Keithley measures a resistance that is between the resistances that are filled in the setup. When the Keithley doesn't measure a resistance between these two resistances that are filled in. The multiplexer tries another connection when all the connections have been gone trough and the Keithley didn't find a resistance it will show a pop-up with a message that says that no connection was found. When you click on ok the program will stop.

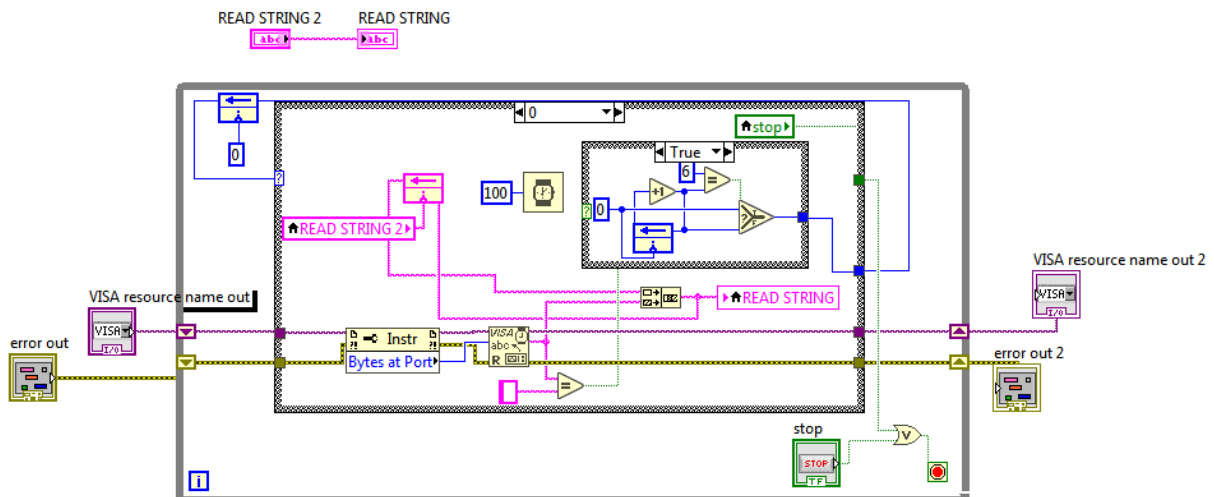


## Movement to the Integrating sphere

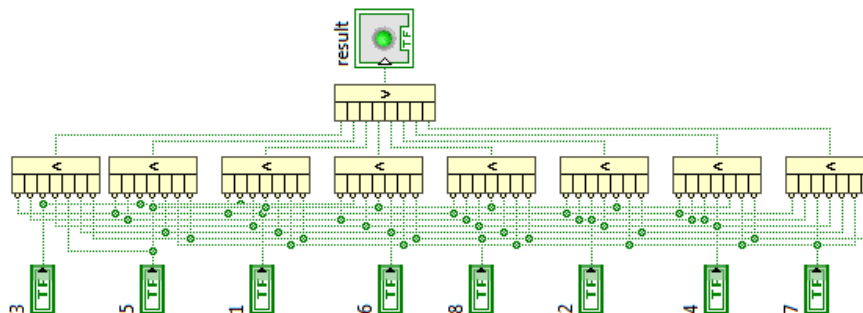
In the vi movement to integrating sphere & automtming that is used by automatically and 4quadrant is a second vi that is used for the movement to the integrating sphere and a while loop that checks if the 3D-printer is in the position that is in the string. When the 3D-printer is not in the position it will loop until it is. **So make sure when changing the positions to change the string!**



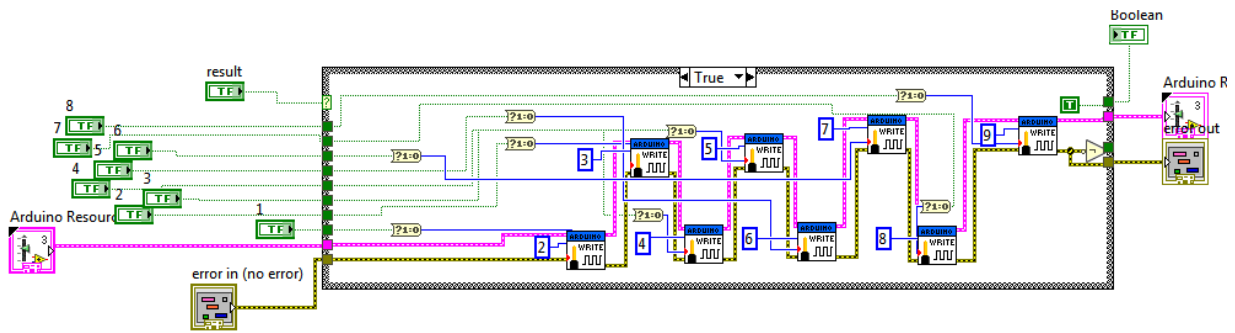
The vi for movement is a while loop with a case structure where different commands are send to the 3D-printer these are G code-commands that are used in open-source software. When changing positions make sure that the Z axes is alone in a command. When using it together with the other axes we create a small torque that makes it harder for the z-axes to move.



For the manual movement there a different vi's that are used. The first one is a vi that makes sure that only one switch is toggled.

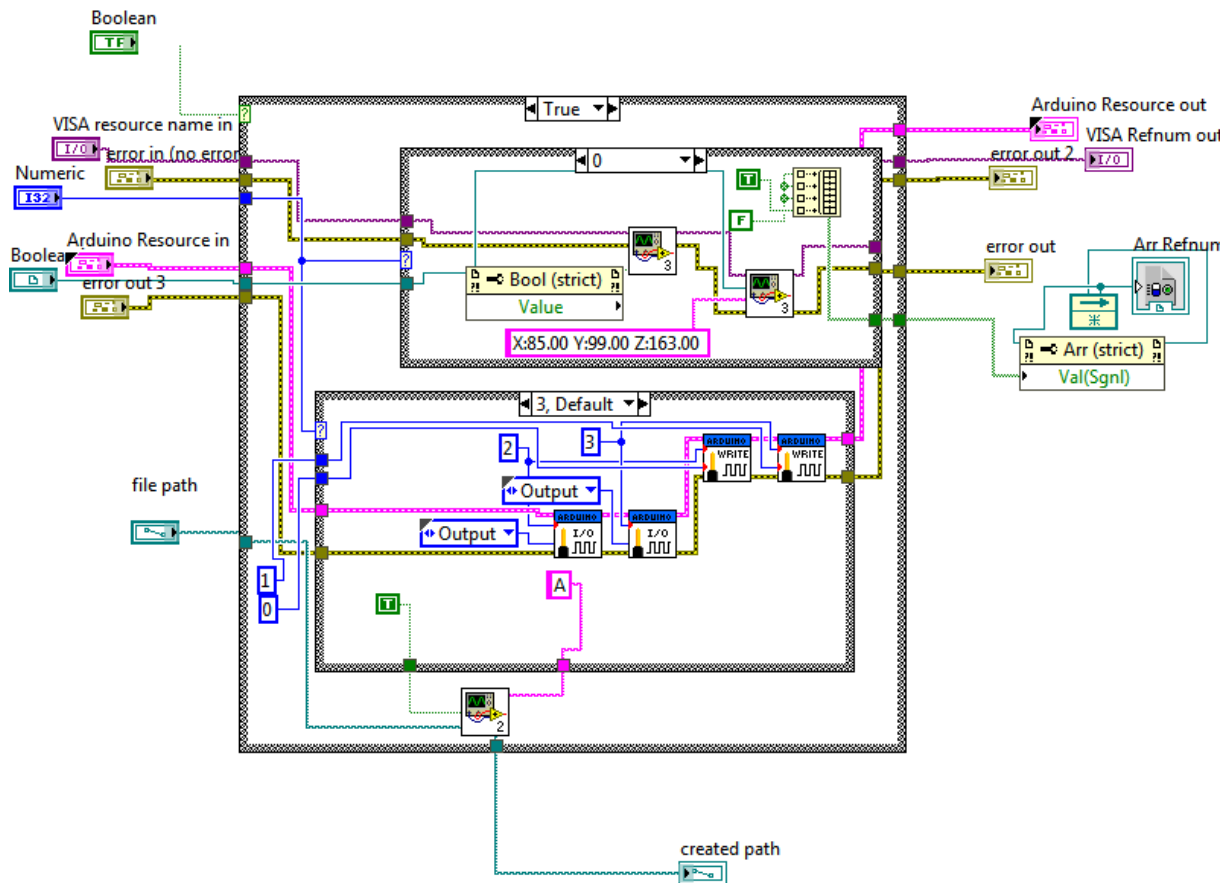


After that there is a vi that will switch the relay that is connected to that switch in the software that will be the positive electrode.



### Folder create + 4quadrant

This vi makes the folder for data storage and when 4quadrant is selected they also move the holder to each quadrant and change the multiplexer. The vi for creating the folders checks if there is already a folder of that day and then checks if there is a folder for that if there is it doesn't create a new folder. If there isn't a folder then it will create it. For the 4quadrant the folder creation is a little different instead of making a new folder with a different time as a name the 4quadrant part makes a folder with the time as a name and then makes sub folders for each quadrant.

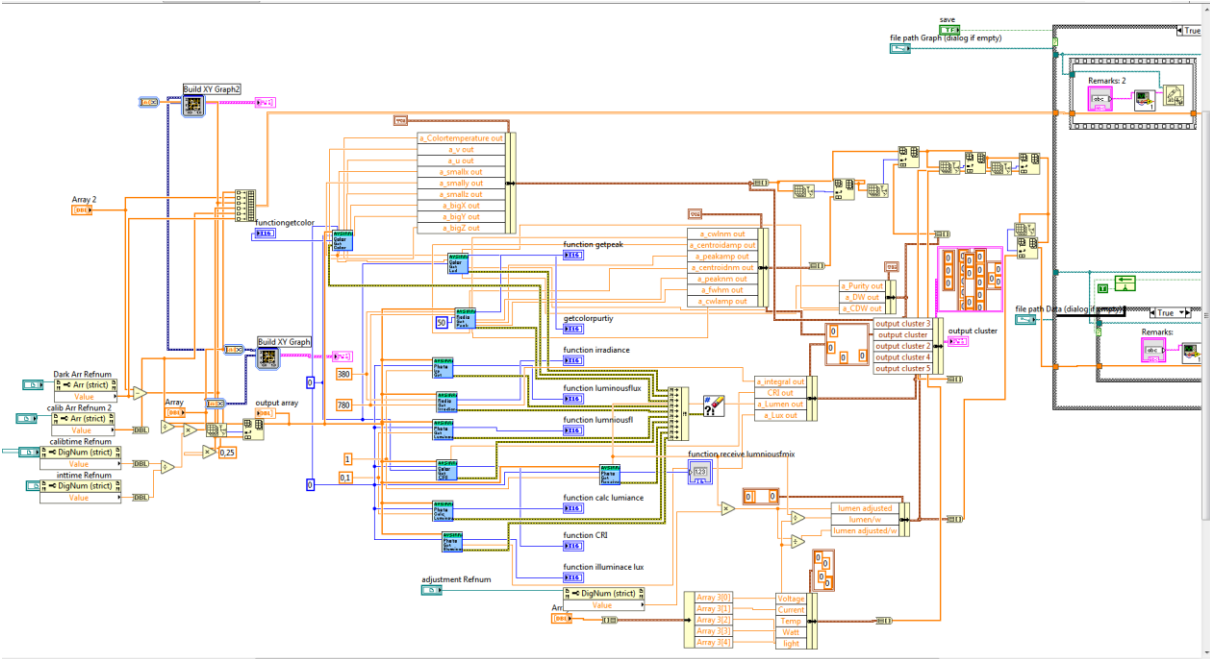


### Calculating the data with dll

In the Vi for calculating the data the blue vi's are used to calculate the data we can change the interval that is used to calculate the data. From 5nm to 1nm intervals by changing the CIEResolution constant to 0 from 1 and the degree from 2 degrees to 10 degrees for the



standard observer. By changing the constant from 0 to 1. To see all the input and output options from the vi's look at the AVSIRRAD-DLL.pdf



# Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:  
**Opbouwen van meetopstelling voor het karakteriseren van OLEDs naar lichtopbrengst en efficiëntie**

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT**  
Jaar: **2017**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

**Wynants, Stef**

Datum: **21/08/2017**