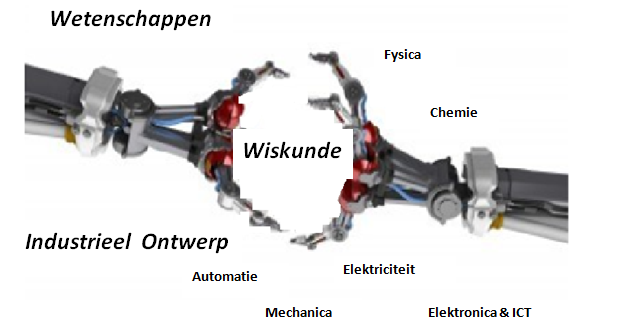


|  |
| --- |
| **Hannes Flament & Sibald Hulselmans**  6IW  2022-2023  Scheppersinstituut Wetteren |



**Geïntegreerde proef, Industriële wetenschappen**

Eindproject

Li-Fi

Inhoudstafel

[Dankwoord 1](#_Toc136517290)

[3 Inleiding 2](#_Toc136517291)

[3.1 motivatie 2](#_Toc136517292)

[3.2 Abstract 2](#_Toc136517293)

[4 Doelstelling 3](#_Toc136517294)

[4.1 Hoofdvraag 3](#_Toc136517295)

[4.2 Hypothese en deelvragen 3](#_Toc136517296)

[5 Literatuurstudie 4](#_Toc136517297)

[5.1 Overzicht 4](#_Toc136517298)

[5.1.1 Wat zijn de eigenschappen van zichtbaar en niet zichtbaar licht? 4](#_Toc136517299)

[5.1.2 Wat is de haalbaarheid & gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi-technologie? 5](#_Toc136517300)

[5.1.3 Hoe zit de basiswerking, versturen en verzenden van draadloze informatie, in elkaar? 5](#_Toc136517301)

[5.1.4 Wat zijn de meest voorkomende misconcepties van Li-Fi technologie? 6](#_Toc136517302)

[5.1.5 Wat zijn de basiscomponenten van Li-Fi-systemen? 7](#_Toc136517303)

[5.1.6 Wat zijn de meest voorkomende modulatietechnieken binnen lichttechnologie? 7](#_Toc136517304)

[5.1.7 Wat is een protocol? Waarvoor wordt het gebruikt? Welke lijkt het beste voor ons project? 8](#_Toc136517305)

[6 Plan van aanpak 10](#_Toc136517306)

[6.1.1 Schetsen 10](#_Toc136517307)

[6.1.2 3D-samenstelling 10](#_Toc136517308)

[6.1.3 Werkstuktekeningen 10](#_Toc136517309)

[6.1.4 Programmacode 10](#_Toc136517310)

[6.1.5 flowchart 10](#_Toc136517311)

[7 Experimenten en Resultaten 10](#_Toc136517312)

[7.1 Experiment 1 10](#_Toc136517313)

[7.2 Experiment 2 11](#_Toc136517314)

[7.3 Experiment 3 12](#_Toc136517315)

[7.4 Experiment 4 12](#_Toc136517316)

[8 Besluit 13](#_Toc136517317)

[9 Einduitwerking: 2 weg communicatie 13](#_Toc136517318)

[10 Projectverloop 14](#_Toc136517319)

[10.1 Planning 14](#_Toc136517320)

[10.2 Logboek 14](#_Toc136517321)

[11 Projectkost 14](#_Toc136517322)

[11.1 Budgetraming 14](#_Toc136517323)

[11.2 Goedkeuring 14](#_Toc136517324)

[11.3 Werkelijke kost 14](#_Toc136517325)

[12 Overzichtstabel grootheden 15](#_Toc136517326)

[13 Bibliografie 15](#_Toc136517327)

[14 Bijlagen 16](#_Toc136517328)

[14.1 Lijst afbeeldingen 16](#_Toc136517329)

[14.2 Lijst tabellen 16](#_Toc136517330)

[15 To Do 16](#_Toc136517331)

# Dankwoord

Om onze carrière op het Scheppersinstituut af te ronden wordt van ons verwacht in het laatste jaar een eindproject tot stand te brengen. Deze bundel is het schriftelijk verslag van ons project.

De laatste 10 maanden stonden we voor een heel educatieve uitdaging. Onze kennis van de voorbije jaren werd op de proef gesteld. Daarboven kwam de uitdaging om samen te werken, en elkaars ideeën te vergelijken. Beiden hebben we dit zeer positief ervaren. Daarbij deden meerdere inzichten alleen maar voordeel voor ons eindresultaat. Bij de uitwerking kregen we ondersteuning en ideeën van leerkrachten, vrienden en klasgenoten.

Als eerst zouden we graag het Scheppersinstituut willen bedanken, voor de leerzame jaren vol positieve ervaringen en de mogelijkheden dat het ons biedt verder te studeren.

Vervolgens bedanken we graag alle leerkrachten voor hun begeleiding doorheen ons eindproject. In het bijzondere onze leerkrachten engineering, de heren Peter Rutten, Dirk De Vos voor hun uitgebreide ondersteuning. Daarbij bedanken we ook graag de heer Michiel De Maeyer voor zijn hulp tijdens de eerste experimenten.

Tot slot gaat onze dank naar onze ouders voor hun ondersteuning en hulp afgelopen jaar.

In deze bundel hopen wij een interessante en educatieve verslaggeving te brengen over ons eindproject.

# Inleiding

## motivatie

Vorig jaar leerde Sibald het concept van Light Fidelity als eerste kennen op Maker Faire. Nieuwsgierigheid en interesse resulteerden zo in opzoekwerk. Li-Fi bleek een relatief nieuw concept met weinig onderzoek en zeer geschikt als eindproject. Dit bracht hem op het idee dit verder te onderzoeken in 6IW. Hannes geraakte geïntrigeerd door het idee en besloot aan te sluiten bij Sibald.

In deze studie combineerden we verschillende vakgebieden. Wiskunde, fysica, engineering, elektriciteit en Engels kwamen al eens snel opduiken in het verloop van het project. Zo wouden we een uitdagend maar voortdurend interessant eindproject ontwikkelen waar we allebei veel uit leren.

## Abstract

Een abstract is een korte, objectieve samenvatting van de inhoud van een publicatie. Het bestaat uit een aantal vaste onderdelen, namelijk een inleiding, een beschrijving van de onderzoeksvraag, de methodologie, de resultaten en de conclusie.

(zie [*https://www.ugent.be/student/nl/studeren/taaladvies/schrijven/tekstsoort.htm*](https://www.ugent.be/student/nl/studeren/taaladvies/schrijven/tekstsoort.htm))

Een abstract schrijf je pas helemaal op het laatst. Het komt erop neer dat je dan elk onderdeel van je werk samenvat in een paar zinnen. Een abstract is maar een halve bladzijde lang.

# Doelstelling

## Hoofdvraag

tekst ivm wat je wilt onderzoeken

*Wanneer het zwaartepunt van de GIP rond onderzoek ligt is het logisch om aan dit ontwerp een onderzoeksvraag te koppelen. De onderzoeksvraag mag niet evident zijn – er moet zoekwerk nodig zijn om een antwoord te vinden.*

*Daarnaast is het de bedoeling om rond dit onderzoek een praktische uitwerking (onderzoeksopstelling, demo en/of didactische opstelling) te realiseren. Hiermee kan je aantonen dat je de kennis en vaardigheden die je in je studies hebt opgedaan kan toepassen.*

*Vb. Wat is het rendement van het gebruik van waterstof als brandstof?*

*Deze Robin is gay onderzoeksvraag vergt het nodige onderzoek rond het rendement van het maken van waterstof, de opslag, het transport, en het gebruik in een motor. Een didactische opstelling kan deze stappen op schaal demonstreren en met de nodige meetapparatuur het rendement concreet aantonen.*

## Hypothese en deelvragen

Een hypothese of onderzoeksvraag is in de empirische wetenschap een stelling die (nog) niet bewezen is, en die dient als uitgangspunt voor een experiment of voor een gerichte waarneming.

Je gaat hier dus beschrijven welke veronderstelling die je gaat onderzoeken.

Vb. Het rendement van het gebruik van waterstof is laag vergeleken met andere vormen van brandstof. Hiervoor gaan we de verschillende stappen in de brandstofcyclus onderzoeken – hoeveel energie gaat erin en hoeveel energie komt eruit.

De deelvragen verfijnen de hoofdvraag.

tekst ivm opsplitsing van de onderzoeksvraag in deelvragen

Vb.

Hoe wordt waterstof gemaakt?   
Wat is het rendement van dit proces?  
Hoe kan dit op schaal gerealiseerd worden in een didactische opstelling?  
Hoe wordt waterstof opgeslaan?  
Wat is het rendement van dit proces?  
Hoe kan dit op schaal gerealiseerd worden in een didactische opstelling?  
Hoe wordt waterstof opgeslaan?  
Enz.

# Literatuurstudie

De literatuurstudie staat in functie van het programma van de hoofdvraag en de deelvragen. Het is de bedoeling dat je hier op zoek gaat naar antwoorden in de literatuur die je kan integreren in je onderzoeksopstelling. Het is niet de bedoeling dat je daar pasklare oplossingen gaat zoeken die je kan kopiëren, je moet tenslotte nog origineel werk kunnen doen in je GIP. Indien nodig kan je het programma van eisen bijstellen om tot origineel werk te komen.

Richt je bij het schrijven van dit deel op een publiek dat kennis heeft van het onderwerp, neem dus niet te veel achtergrondinformatie op in je bundel! Het is niet de bedoeling dat je hier een ‘cursus’ van maakt.

Wanneer we in de maanden september de start van ons project aankondigden, zaten we vooral gericht op het onderzoek naar Li-Fi technologie. Hierdoor hebben wij heel wat literatuurstudies uitgeschreven. In het 2de semester legden we de focus meer op een praktisch ontwerp en linkten we de vergaarde theorie aan de praktijk.

Sinds onze literatuurstudies zeer uitgebreid zijn passen ze niet meer in het bestek van dit verslag. Hieronder vatten we de belangrijkste delen samen. De volledige studies zijn echter te vinden op: …

## Overzicht

### Wat zijn de eigenschappen van zichtbaar en niet zichtbaar licht?

1. *Bronnen:*
2. <https://e-tcetera.be/wat-is-licht/>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Light
4. *Gevonden info:*
5. In deze literatuurstudie leerden we heel wat algemene kennis over het principe licht. We somden enkele basiskenmerken zoals frequentie en amplitude van een golf op en maakten een onderscheid tussen het EM (Electromagnetic) spectrum en het AF (audio frequency) spectrum. Ook verklaarden we het verschijnsel licht en legden we de link naar andere elektromagnetische golven. Algemeen leerden we zeer veel bij over de gegevensdrager van Li-Fi. Deze literatuurstudie is 4 pagina’s lang.

Zie: …

1. *Conclusies:*
   1. In ons project zijn we niet gelimiteerd om enkel met zichtbaar licht te werken. Infraroodstraling is ook een optie indien we de kamer donker willen houden.
2. *Aanpassingen*?
3. Even twijfelden we communicatie via infrarood licht als basisdoelstelling toe te voegen. We weigerden dit voorstel door terug te blikken op het praktisch principe, namelijk data versturen in een klaslokaal met zichtbaar licht. Er werden dus geen aanpassingen gedaan.

### Wat is de haalbaarheid & gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi-technologie?

* 1. Bronnen:
     1. <https://lifi.co/lifi-pros-cons/>
  2. Gevonden info
     1. In deze literatuurstudie legden we uitgebreid het verschil uit tussen de 2 bestaande draadloze technologieën Wi-Fi en Li-Fi. Hieruit haalden we de voor- en nadelen en legden we zo de link met de haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid van deze innovatie manier van communiceren via licht. Deze literatuurstudie is ook 4 pagina’s lang.

Zie: …

* 1. Conclusies:
     1. De gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi ligt niet ver van die van Wi-Fi. Vanaf je verbonden bent ben je vrij te bewegen in de ruimte binnen het bereik van de lichtbronnen. Dankzij de efficiëntie en hoge kwaliteit is deze manier van communiceren een haalbaar doel in welvarende landen. Ook op vlak van veiligheid stijgt het boven Wi-Fi uit. Als we kijken op vlak van schoolverlichting, straatverlichting, verlichting van gebouwen of vervoersverlichting is het een ander verhaal. Hieruit concludeerden we dus dat het volledige pakket Li-Fi is op de dag van vandaag nog niet beschikbaar genoeg om wereldwijd op dagdagelijks vlak ingezet te worden. Daarentegen heeft het een paar zeer interessante eigenschappen, die we verder gaan gebruiken in ons project.
     2. In ons project wil dit concreet zeggen dat Li-Fi de capaciteiten en potentieel heeft om als eindproject te onderzoeken.
  2. Aanpassingen?
     1. Het is eventueel mogelijk om met meerder verzenders te werken in ons project. Dit zal echter niet van toepassing zijn, vooral door tijdsgebrek.

### Hoe zit de basiswerking, versturen en verzenden van draadloze informatie, in elkaar?

1. Bronnen:
2. <https://www.lifi.nl/lifitechnologie/#:~:text=Met%20LiFi%20technologie%20kunnen%20gegevens,extreem%20hoge%20snelheden%20worden%20gemoduleerd>.
3. Gevonden info:
4. In deze literatuurstudie onderzochten we het basisprincipe van Li-Fi. We keken hierbij hoe het model van Li-Fi data verstuurt en ontvangt. Hierbij hebben we ook een zeer basis voorbeeld uitgewerkt om dit te concretiseren.
5. Conclusies:
6. Het model werkt als volgt:
   * + 1. De ethernet kabel en de stroom komen binnen in een Li-Fi Module.
       2. De Li-Fi Module verwerkt die 2 inputs en combineert ze voor de output. Dit gebeurt door oftewel de amplitude of de frequentie van het lichtsignaal te wijzigen in functie van de bit die het ontvangt van de Ethernet kabel. Een bit aan informatie kan dus op A picture containing text, screenshot, diagram, design

          Description automatically generatedmeerdere manieren worden voorgesteld. Het coderen van het signaal gebeurt op dezelfde manier als bij Wi-Fi.
       3. De output gaat door naar de LED lampen.
       4. De lampen zullen voor het menselijk oog dan gewoon aan staan, maar een computer kan deze verschillen in frequentie oppikken.
       5. Aangezien deze verschillen overeenkomen met wat er binnenkomt via de Ethernet kabel (zie stap 1), is het apparaat nu verbonden met het internet.
7. Aanpassingen?
8. Na deze literatuurstudie moesten de doelstellingen niet aangepast worden.
9. We maakten nog niet meteen een keuze over het type signaal. Dit zal blijken na de bijbehorende literatuurstudie en de experimenten.

### Wat zijn de meest voorkomende misconcepties van Li-Fi technologie?

1. Bronnen:
2. <https://lifi.co/lifi-misconceptions/>
3. <https://www.lifitn.com/blog/2018/8/5/li-fi-misconceptions>
4. Gevonden info:
5. In deze literatuurstudie onderzochten we uitgebreid naar de veelvoorkomende misconcepties over Li-Fi. *Li-Fi werkt niet in zonlicht en Li- Fi is een volledige zichtlijntechnologie* zijn 2 misconcepties die we in dit document volledig uitgelegd hebben waarom dit niet zo is. Deze studie is 2 pagina’s lang.

Zie: …

1. Conclusies:
2. Om een voorbeeld te geven is het concept *Li-Fi werkt niet in zonlicht* foutief door het feit dat zonlicht 1 constante straal aan licht is, en deze inval dus kan worden weggewerkt bij de ontvanger. De rest van de antwoorden zijn te vinden in bovenstaand document.
3. Aanpassingen?
4. De basisdoelstelling ‘een theoretische noicecancelling formule opstellen die het storende daglicht wegfiltert’ zal niet zo moeilijk zijn als op voorhand geanticipeerd.

### Wat zijn de basiscomponenten van Li-Fi-systemen?

1. Bronnen:
2. <https://www.youtube.com/watch?v=zYL-Bw7S3sc>
3. <https://purelifi.com/lifi-technology/>
4. [https://www.electronicshub.org/photodiode-working-characteristics-](https://www.electronicshub.org/photodiode-working-characteristics-applications/) [applications/](https://www.electronicshub.org/photodiode-working-characteristics-applications/)
5. [https://www.electronics-](https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/transistor/what-is-a-phototransistor-tutorial.php) [notes.com/articles/electronic\_components/transistor/what-is-a-](https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/transistor/what-is-a-phototransistor-tutorial.php) [phototransistor-tutorial.php](https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/transistor/what-is-a-phototransistor-tutorial.php)
6. <http://lednique.com/opto-isolators-2/light-dependent-resistor-ldr/>
7. Gevonden info:
8. In deze literatuurstudie onderzochten we welke componenten we het best zouden gebruiken, rekening houdend met de prijs en toepassing van Li-Fi.
9. Conclusies:
10. Als ontvanger gaan we een fotodiode gebruiken
11. Als verzender gebruiken we een standaard LED. Op grote schaal betekent dit LED-verlichting in bijvoorbeeld lokalen. In ons project is dit een simpele LED.
12. Aanpassingen?
13. Na deze literatuurstudie moesten de doelstellingen niet aangepast worden.

### Wat zijn de meest voorkomende modulatietechnieken binnen lichttechnologie?

1. Bronnen:
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Modulation>
3. *The Next Generation of Wireless Communication Using Li-Fi (Light Fidelity) Technology (Perwej, 2017)*’
4. ‘*Various Modulation Techniques for LiFi (Prateek Gawande, Aditya Sharma, Prashant Kushwaha, 2016)*
5. Gevonden info:
6. In deze literatuurstudie onderzochten we de meest toepasselijke manier om informatie draadloos te moduleren. Dit werkten we uit.

Zie: …

1. Conclusies:
2. FSK, PSK & QPSK zijn excellente manieren om data draadloos te moduleren.
3. Aangezien de gegevens die wij gaan doorsturen niet de meest excellente manier van communiceren vereisen, terwijl we wel zo veel mogelijk ruis willen onderdrukken, zullen we kiezen om met FSK (frequentie-shift-keying) ons project verder te zetten. Dit bleek ook na experimenten te voldoen.
4. Aanpassingen?
5. Na enkele vorige experimenten kwamen we ook achter de conclusie dat het moduleren van de frequentie voor ons project de meest geschikte manier is. Er moet dus geen concrete veranderingen aangebracht worden.

### Wat is een protocol? Waarvoor wordt het gebruikt? Welke lijkt het beste voor ons project?

1. Bronnen:
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11>
3. <https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-tutorial.html>
4. https://owcc.jakajima.eu/wp-content/uploads/2020/10/Interference-handling-for-LiFi-OWC-20202-Paper-def.pdf
5. Gevonden info:
6. In deze literatuurstudie onderzochten we de principes van een basisprotocol. Hierin worden regels vastgelegd tussen zender en ontvanger af te spreken, zodat beide op een correcte manier informatie verkrijgen en versturen. In ons project gaan we dit gebruiken om storingen tijdens de informatieoverdracht en interferentie bij overlapping tegen te gaan.
7. Het feit dat storingen en overlappingen onvermijdelijk zijn in elk type van communicatie speelt in ons nadeel. *Wat doen we met overlappende lichtbronnen die elkaar kunnen verstoren?* Sinds de maand september zijn we op enkele bijkomende storingen gekomen die nieuwe vragen oproepten. *Wat als er nu een object verschijnt voor de rechtstreekse straal van de zon?*
8. Conclusies:
9. Storingen en interferenties van alle soorten lijken een groot probleem voor onze opstelling. Dit is echter niet zo. Er bestaat echter een manier om deze storingen slimmer af te zijn. In het protocol kunnen we een fenomeen genaamd handshaking verwerken. We laten we de ontvanger en verzender hun verkregen informatie met elkaar vergelijken. Indien er informatie verloren gaat, door een plotse tussenkomst, vragen we de verzender de informatie opnieuw te versturen. Het zal lijken alsof het internet heel eventjes wegvalt, maar oorzaken van de storing zijn onvermijdelijk.
10. Overlapping of interferentie daarentegen is wel vermijdelijk, maar heeft grote invloeden op de internetsnelheden. Manieren om LED-lampen dus over elkaar te laten lopen kan weer opgelost worden met behulp van een correcte toepassing van een protocol. Elke ontvanger luistert op elk moment naar deeltjes info. Wanneer 1 bepaalde LED iets te versturen heeft naar 1 bepaalde fotodiode, geven we een adressering mee in het begin van de informatieoverdracht. Ontvangers die hun adres niet herkennen slaan de boodschap over.
11. We werkten een praktisch voorbeeld van een basisprotocol uit op papier indien we deze functie nog zouden willen implementeren als uitbreidingsdoelstelling.

A picture containing text, handwriting, font, line

Description automatically generatedOns zorgt ervoor dat de verbinding tussen 2 apparaten robuuster wordt. Wij hebben de opbouw aangepakt met behulp van pakketten. De staan op de afbeelding voorgesteld als blokjes met tekst in. De afbeelding geeft visueel voor wat de verzender doorstuurt. Bij LPV1 (Li-Fi Protocol Versie 1) zorgen we ervoor dat de ontvanger kan weten welke pakketten er verloren zijn gegaan. Indien er geen pakketten weg zijn, beantwoord de ontvanger met "OKE", anders kan de ontvanger vragen aan de verzender om de ontbrekende pakketten opnieuw door te sturen aan de hand van hun PID. In geval van LPV2 hebben we er een extra functionaliteit in gestoken, namelijk communicatie met meer dan 2 personen. Dit gebeurt aan de hand van een verzender en ontvanger adres op te stellen. We geven deze mee voordat het echte bericht doorgestuurd wordt. Hierdoor weten alle apparaten aan wie het bericht bedoeld is, en kan de ontvanger weten van wie het bericht kom om een boodschap terug te sturen.

Het eerste pakket is steeds dezelfde; SOH en Lenght. SOH staat voor Start-Of-Heading en laat weten dat er een bericht start. Hierbij wordt ook een adressering meegegeven. Length geeft weer uit hoeveel pakketten de bericht bestaat. Hierdoor kan de ontvanger controleren of het weldegelijk alle pakketten ontvangen heeft.

Ieder pakket wordt onderbroken door een Package Break (PB). Dit zorgt ervoor dat het eenvoudiger is om pakketten te onderscheiden.

1. Aanpassingen?
2. Na deze literatuurstudie moesten de doelstellingen niet aangepast worden.

# Plan van aanpak

Je plan van aanpak beschrijft hoe je de hoofdvraag en de deelvragen gaat onderzoeken. Het steunt enerzijds op de literatuurstudie en anderzijds op de toepassing van je kennis en vaardigheden die je in je studies hebt opgedaan. Het is vooral de bedoeling dat je aantoont dat je die kennis beheerst en kan toepassen. Houd er ook rekening mee dat je plan uitvoerbaar moet zijn – is de nodige infrastructuur aanwezig? Zijn de kosten niet te hoog? Etc.

Hier hoort ook een beschrijving bij van je onderzoeksopstelling/demo/didactische opstelling als dat relevant is. Je daarvoor de onderverdeling die volgt gebruiken.

### Schetsen

### 3D-samenstelling

### Werkstuktekeningen

### Programmacode

### flowchart

# Experimenten en Resultaten

## Experiment 1

A picture containing diagram, text, line, plan

Description automatically generatedWe plaatsen de LED en de fotodiode voor elkaar. Op verschillende manieren testen we de componenten en de capaciteiten ervan.

**Onderzoeksvragen:**

* Werken beide componenten?
* Hoe ver kan de fotodiode consequent waardes opvangen van de LED?
* Slaagt de fotodiode erin het verschil in waardes van de LED correct op te vangen?
* Heeft het omgevingslicht een grote invloed?

**Hypothese:**Beide componenten werken zonder veel problemen. Met een afstand tot 1 meter zonder grote invloed van het omgevingslicht.

**Conclusie:**Na een kleine moeilijkheid met de connecties kregen we beide componenten aan de praat. Wanneer we de afstand testten, merkten we dat de opgevangen waarden sterk daalden in functie van de afstand. Dit gebeurde sterker dan verwacht. We maten we tot 90% verlies in amplitude bij een afstand van 61 cm. In theorie is dat geen probleem voor ons project, we gaan ervan uit dat de belichting van het hele lokaal met Li-Fi werkt. Hierdoor wordt storend buitenstaand licht met variërende frequentie uitgesloten.

## Experiment 2

A picture containing diagram, text, plan, line

Description automatically generatedIn dit experiment testten we 2 modulatietechnieken: amplitude modulatie (AM) en frequentie modulatie (FM). Hiermee willen we verder bouwen op de literatuurstudie : … . We voegden 2 LED’s toe aan de schakeling, om de totale lichtsterkte te vergroten. Amplitude modulatie onderzochten we door de felheid van onze LED’s te laten variëren. Frequentie modulatie testten we door de frequentie van de knipperende LED’s aan te passen. Beide deden we dit naar ingestelde waardes. Deze waardes konden we dan aflezen via de fotodiode. We schakelden ook een potentiometer aan om de lichtsterkte en frequentie aan te passen volgens de waarde van de potentiometer. Hierdoor konden we de precisie testen van onze fotodiode.

**Onderzoeksvragen:**

* Slaagt de fotodiode erin het verschil in waardes van de LED correct op te vangen?
* Komen de frequenties tussen zender en ontvanger overeen?
* Wat is de minimumfrequentie? Wat is de Maximumfrequentie?
* Wat verandert er aan de maximum afstand?

**Hypothese:**De afgelezen waarden van de fotodiode komen, mits een klein beetje speling, zeer goed overeen. We verwachten een frequentie bereik van 1 Hz tot 5MHz, verwijzend naar de eigenschappen van een fotodiode. De fotodiode heeft voor AM een afwijking van 15% en voor FM 5%.

**Conclusie:**We merkten dat AM niet makkelijk toe te passen was. Dit komt omdat een Arduino Uno geen analoge output pinnen heeft. We konden hierbij wel werken met pulse width modulation (PWM) maar we besloten dit niet uit te werken. Door onderzoek concludeerden we dat AM niet ideaal was aangezien dit zeer hard afhangt van de omgeving; Gedempt glas, buitenlicht, passerende objecten en mensen. Bij FM moesten we daar helemaal geen rekening mee houden.

Het deel rond FM liep ook niet even vlot als voorzien. De moeilijk zat hem in het implementeren van correcte codering aan de kant van de ontvanger. We probeerde dit te doen op verschillende manieren en hebben dus meerdere versies code gemaakt. In de laatste versie werkten we met interruptus. Dit gaf ons zeer mooie resultaten, een frequentiebereik van 1Hz tot ongeveer 1500 Hz en een precisie van 99,4%.

## Experiment 3

Een andere reden dat AM niet goed werkte is omdat het spanningsverschil niet groot genoeg was. Wanneer we ongeveer 60% verlies in waarde hadden merkten we dat we de frequentie vaak niet konden lezen. Dit kwam omdat we in de code werkten met een interrupt. Een interrupt is iets binnen Arduino dat op de achtergrond steeds checkt of een bepaalde pin wisselt van waarden: HIGH of LOW. Wanneer deze wisselt zal het een functie uitvoeren. We gebruikte dit om de periode te meten en hiermee konden we dan de frequentie berekenen. Het probleem hierbij is dat een interrupt deze wisseling pas opmerkt als het een bepaalde spanningsdrempel over ging. Doordat we ongeveer 60% verlies hadden was het spanningsverschil niet genoeg om over deze drempel te gaan. Hierdoor konden we dus niet correct de periode meten en dus niet de frequentie berekenen.

De oplossing is een OpAmp, of Operational amplifier. Bij de juiste aansluiting zal de OpAmp het inkomende signaal versterken met een externe bron van 0 tot 5 volt. Hierdoor zal het signaal dat binnenkomt in de arduino steeds 0V of 5V zijn.

**Onderzoeksvraag:**

* Kunnen we het signaal versterken om tot voorbij de spanningsdrempel te raken?
* Kan de laagdoorlaatfilter het daglicht eruit filteren?

**Hypothese:**De waarden die we meten met de fotodiode zijn zeer duidelijk OV of 5V. Het daglicht is bijna niet tot geen factor meer waarmee we rekening moeten mee houden.

**Conclusie:**

## Experiment 4

A picture containing diagram, line, plot, parallel

Description automatically generatedWe voorprogrammeren een string aan bits in de zender. We versturen deze reeksen aan de hand van de best werkende methode in vorige experimenten en kijken of de ontvanger deze reeksen herkent. Om de bits om te zetten in frequentieverschillen werkten we volgend idee uit (Figuur 2: Datavorming bij frequentiemodulatie).

In de code gaan we controleren op 0’s en 1’tjes in de string. We geven beide Arduino’s referentiefrequenties mee, een 0 bit zal 600Hz en een 1 bit 800Hz zijn. Afhankelijk van de bit die verstuurd werd in de string zal de frequentie van de LED zich aanpassen. De ontvanger zal deze frequentie meten en om basis van de referentiefrequenties een 0 of een 1 opslaan. We printen de string in de seriële monitor.

Figuur : Datavorming bij frequentiemodulatie

In het programma voegen we ook een klok toe. Dit zorgt ervoor dat de ontvanger niet 2 keer dezelfde bit leest, met als resultaat een fout in de string.

**Onderzoeksvraag:**Slaagt de fotodiode de string aan bits juist te interpreteren?

**Hypothese:**Alles zou goed moeten verlopen. Dit is enkel maar te concluderen met Trial-and-error. We denken dus met een beetje speling van wel.

Na dit experiment met succes afgerond te hebben gaan we nog eens enkele storingen nabootsen die we zullen linken aan de literatuurstudies en ons zullen voorbereiden op volgende doestellingen. Een voorbeeld is om nogmaals de maximale afstand, waarin de string nog heelhuids wordt doorgegeven, op te meten.

# Besluit

Vergelijk het resultaat van het literatuuronderzoek met de resultaten van je eigen experimenten.

Vergelijk de functionaliteit van de onderzoeksopstelling/demo/didactische opstelling met de eisen in je plan van aanpak.

# Einduitwerking: 2 weg communicatie

Onze laatste basisdoelstelling is het ontwerpen van 2 weg communicatie. Hiermee beëindigden we de praktische uitwerking van ons project. Andere uitbreidingsdoelstelling waren niet meer mogelijk aangezien het onderwerp Li-Fi meer tijd in beslag nam dan verwacht.

Deze doelstelling is essentieel om het beeld van de toepassing van Li-Fi aan te tonen. Hierdoor komen we dichter bij de werkelijke toepassing. Deze zijnde dat Arduino 1 een gebruiker voorstelt en Arduino 2 de lampen in het plafond.

A picture containing design

Description automatically generated with low confidence2 weg communicatie betekend dat we van beide computers een bericht kunnen versturen en ontvangen. Hierbij komt er al een groot probleem naar boven: wat als beide op het zelfde moment versturen? We hebben ervoor gekozen om de prioriteit te geven aan het ontvangen van een bericht. Dit betekend dat we eerst checken of we een bericht ontvangen vooraleer we iets versturen. Zo kan er maximaal 1 bericht tegelijkertijd verstuurd worden.

# Overzichtstabel grootheden

# Bibliografie

|  |  |
| --- | --- |
| [1] |  |
| [2] |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# Bijlagen

## Lijst afbeeldingen

[Figuur 6‑1, beschrijving1 5](file:///C:\Users\quint\Desktop\schoolwerken\6de%20middelbaar\GIP\Eindversie_GIP_Quinten%20Conil.docx#_Toc73663706)

[Figuur 6‑2, beschrijving 2 5](file:///C:\Users\quint\Desktop\schoolwerken\6de%20middelbaar\GIP\Eindversie_GIP_Quinten%20Conil.docx#_Toc73663707)

## Lijst tabellen

[Tabel 7‑1, titel 27](#_Toc73662971)

# To Do

* Rutten vragen hoofdvraag en deelvragen in combinatie met doelstellingen
* Hoofdstuk 4 schrijven
* Hoofdstuk 5 nog eens volledig overlopen
* Github pagina aanmaken voor literatuurstudies
* Code uploaden github
* Fotos toevoegen hoofdstuk 5
* Hoofdstuk 6 schrijven
* Hoofdstuk 8 schrijven
* Hoofdstuk 10?
* Licht grijze tekst wegdoen
* Opmaak fixen
* Correcte en volledige bronvermeldingen overal
* Abstract schrijven
* Ergens dit verwerken:

**Componenten**

Uit de datasheets haalden we volgende belangrijke waardes.

[Potentiometer](https://datasheetspdf.com/pdf-file/866974/ALPHA/RV24AF-10-40R1-B10K/1): (Mouser, 2023)

|  |  |
| --- | --- |
| Weerstand + tolerantie: 10 kΩ ±20% | Levensduur: 15,000 cyclussen |
| Rotatiehoek: 300° ± 5° | Vermogen: 250 – 500 mW |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Chart, line chart, histogram  Description automatically generatedGolflengte: 400 - 780 nm  Figuur : Intensiteit i.f.v. de golflengte voor de LED | | Lichtsterkte: 5600 - 11200 mcd  Diagram  Description automatically generated    Figuur 2: Formule candela naar Lumen (naar (Wikipedia, 2023))  (met Φ lichtsterkte in lumen, A de openingshoek (10°) en I lichtsterkte in candela)  --> 134 – 268 mlm | |
| Halve-gevoeligheidshoek: ± 10 ° | | Nominaal vermogen: 100 mW | |
| Nominale stroom: 20mA | Nominale spanning: 2,8 -3,6 V | | Serieweerstand: |

[LED](https://www.vishay.com/docs/81159/vlhw5100.pdf): (Vishay, Ultrabright White LED, Ø 5 mm Untinted Non-Diffused Package, 2023)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Golflengte : 430 - 1100nm  Chart, line chart  Description automatically generated  Figuur : Gevoeligheid i.f.v. de golflengte voor de fotodiode | | Stijg & valtijd: 100 ns --> = 5 MHz | |
| Halve-gevoeligheidshoek: ± 65° | | Vermogen: 215 mW | |
| Nominale stroom: 50 µA | Nominale spanning: 350 mV | | Serieweerstand: |

[Fotodiode](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/bpw34-datasheet.pdf): (Vishay, Silicon PIN Photodiode, 2023)