

032V2THDE - Lasertag 2019-2020

Deelnemers:

Oscar Kromhout	- student nr. 1733944
Vincent van Setten	- student nr. 1734729
Justin van Ziel	- student nr. 1737938
Maike Hovenkamp	- student nr. 1741256
Duur Alblas	- student nr. 1739724

Index

Index	2
Inleiding	3
Achtergrond & probleemanalyse	3
Doelstelling	3
Vooronderzoek en theoretisch kader	4
Begrippen	4
Ontvanger protocol	5
Hoofdvraag	6
Deelvragen	6
Hoe werkt de infrarood zender die de Hogeschool Utrecht ons voor dit project levert?	6
Welke infrarood zender krijgen we van school?	6
Welke eigenschappen beïnvloeden de afstand en betrouwbaarheid van de zender?	6
Hebben we een transistor of externe stroombron nodig, of kunnen we de infrarood zender direct op de Arduino Due aansluiten?	7
Wat doet een infrarood zender?	7
Hoe werkt de infrarood sensor van de hogeschool Utrecht?	7
Hoe sluit men de ontvanger aan?	8
Hoe ontvangt de infrarood receiver een signaal?	8
Wat beïnvloedt de range en reliability van de I.R receiver?	9
Beïnvloedt omgevingslicht de infrarood signalen?	9
Wat is de droprate van de infrarood zender en ontvanger die door de Hogeschool Utrecht zijn aangeleverd over een afstand van 10 meter?	12
Doel van het testplan	12
Testplan	12
Meetverslag	14
Conclusie meetverslag	15
Resultaten	16
Hoe werkt de infrarood zender die de Hogeschool Utrecht ons voor dit project levert?	16
Hoe werkt de infrarood sensor van de hogeschool Utrecht?	16
Beïnvloedt omgevingslicht de infrarood signalen?	16
Wat is de droprate van de infrarood zender en ontvanger die door de Hogeschool Utrecht zijn aangeleverd over een afstand van 10 meter?	16
Conclusie	17
Aanbeveling	17
Literatuurlijst	18

Inleiding

Achtergrond & probleemanalyse

Wij maken dit onderzoeksrapport als basis van voor ons lasertag project voor het vak Thema Devices (THDE) op de Hogeschool Utrecht. In dit rapport gaan wij uitzoeken hoe diverse onderdelen van het project in elkaar zitten zoals bijvoorbeeld de werking van infrarood signalen en de werking van een infrarood-zender en infrarood-ontvanger. Door dit te doen hopen wij een beter inzicht te krijgen in deze onderwerpen zodat we later problemen kunnen voorkomen of kunnen verklaren en dus sneller kunnen oplossen. Hierdoor kunnen we ons project beter maken en dus een goed product neer zetten.

Doelstelling

Het doel van ons project is een goed werkend systeem op te zetten zodat de gebruiker een vloeiend en leuk lasergame spel kan spelen. Daarnaast is een doel van ons dit project met een voldoende cijfer af te sluiten zodat we hier trots op kunnen terugkijken.

Vooronderzoek en theoretisch kader

Begrippen

- Zwarte straler: een theoretisch volmaakt object dat alle elektromagnetische straling die erop valt, absorbeert.
- Maximale stuurtijd: de maximale tijd dat het infrarood ledje aan mag staan.
- Forward spanning: spanning over het LEDje, van de plus naar de min pin.
- Forward voltage: voltage over de LEDje, van de plus naar de min pin.
- Frequentie: geeft aan hoe vaak iets gebeurt binnen een bepaalde tijd. In dit rapport wordt er gepraat over lichtfrequentie.
- Golflengte: afstand tussen twee oplopende punten in een fase.
- lichtspectrum: overzicht van vormen licht naast elkaar gezet op basis van frequentie en golflengte.

Ontvanger protocol

Bit-waarde Signaal	
0	800 μ s een IR-signaal, 1600 μ s geen signaal
1	1600 μ s een IR-signaal, 800 μ s geen signaal

Bit	Waarde
0	<i>Startbit (1)</i>
1..5	<i>Speler (1..31)</i> Identificeert de deelnemer (0 is gereserveerd voor de spelleider)
6..10	<i>Data (0..31)</i> Identificeert het type wapen dat het signaal afvuurt of, als de speler 0 is (de spelleider) dan worden deze bits gebruikt voor speciale commando's.
11..15	<i>Controlebits</i> Bit 11 is de XOR van bit 1 en bit 6, Bit 12 is de XOR van bit 2 en bit 7, etc.

Bericht Betekenis		Waarde
Tijd	De tijd <i>nnnn</i> in minuten dat het spel gaat duren (niet alle <i>n</i> -bits mogen 0 zijn)	00000-0nnnn-xxxxx
Start	Begin van het spel	00000-00000-xxxxx
-----	Gereserveerd voor toekomstige commando's	00000-1bbbb-xxxxx

Hoofdvraag

De hoofdvraag die wij hebben geformuleerd voor dit project is het volgende:

Welke middelen zijn er nodig en hoe moeten die worden aangestuurd om een signaal bereik van 10 meter in een vrije zichtlijn te realiseren?

Deelvragen

Hoe werkt de infrarood zender die de Hogeschool Utrecht ons voor dit project levert?

Deze deelvraag gaan wij beantwoorden, door de volgende dingen te onderzoeken op basis van een theoretisch onderzoek:

1. Welke infrarood zender krijgen we van school?
2. Welke eigenschappen beïnvloeden de afstand en betrouwbaarheid?
3. Hebben wij een transistor of externe stroombron nodig, of kunnen we de infrarood zender direct op de Arduino Due aansluiten?
4. Wat doet een infrarood zender?

Welke infrarood zender krijgen we van school?

We hebben een vergelijkbare IR zender (de TSAL7400) onderzocht van die de Hogeschool Utrecht gebruikt, omdat de eigenschappen in IR LED's erg op elkaar lijken. Dit hebben we gedaan in verband met het feit dat het onbekend is welke de zender van de hogeschool utrecht daadwerkelijk is. De incorrecte data, mits dit er is, vermelden wij in de resultaten.

Welke eigenschappen beïnvloeden de afstand en betrouwbaarheid van de zender?

Temperatuur is erg belangrijk voor de sensor¹. Hoe warmer het is, hoe minder energie er wordt omgezet in licht. Boven de 25°C gaat het aantal energie dat wordt omgezet naar beneden, waardoor de zender minder infrarood licht geeft. Daarnaast stroomt er ook minder energie door de led boven de 25°C. Het is daarom belangrijk dat de LED gebruikt wordt in een temperatuur range van 0°C en 25°C.

De voltage en spanning zijn ook belangrijk. Bij een forward spanning² van 100 mA en een

¹ Vishay Intertechnology, Inc. High Power Infrared Emitting Diode, 950 nm, GaAlAs/GaAs Datasheet, (2006). Geraadpleegd van: <http://www.mouser.com/catalog/specsheets/tsal7400.pdf>

² James Lewis, LED Tutorial, Learn the basics, (2011). Geraadpleegd van: <https://www.baldengineer.com/led-basics.html>

maximale stuurtijd³ van 20ms mag de zender **maximaal** 1.6 forward voltage² krijgen. Bij een forward spanning van 1A en een max stuurtijd van 100 μ s mag de zender **maximaal** 3 forward voltage krijgen.

Als laatste is **de locatie** erg belangrijk¹. Met de locatie bedoelen we dat de LED maar een bepaalde richting op stuurt. Als de zender te ver gedraaid staat t.o.v. de receiver, kan het signaal of inaccuraat zijn, of helemaal niet ontvangen worden.

Hebben we een transistor of externe stroombron nodig, of kunnen we de infrarood zender direct op de Arduino Due aansluiten?

De zender mag maximaal 1.6v hebben met een forward current van 100 mA en een maximale zendtijd van 20ms. De Arduino levert 3.3v, dus hebben we een weerstand nodig van minimaal 17 ohm.⁴

Wat doet een infrarood zender?

Een infrarood zender is simpelweg een lampje dat infrarood licht uitstraalt en aan- en uitgezet kan worden. Dit gebeurt op een bepaalde frequentie. Dit wordt bepaald door de gebruiker, en is niet afhankelijk van de infrarood zender.

Hoe werkt de infrarood sensor van de hogeschool Utrecht?

Deze deelvraag is opgedeeld in meerdere korte vragen om de werking ervan uit te leggen. Om deze vraag te beantwoorden kijken wij naar de infrarood ontvanger die we krijgen van school. De VS1838B I.R. receiver.

³ Maximale tijd dat de zender aanstaat.

⁴ Berekend met <https://www.ledtuning.nl/nl/weerstand-calculator>.

Hoe sluit men de ontvanger aan?



Het minimum voltage op de VCC is 2.7V. Het maximum voltage is 5.5 V.⁵ De Vcc wordt direct aangesloten op de 5V uitgang van de Arduino Due. De GND wordt aangesloten (zonder weerstand) op de GND pin van de Arduino Due.⁶ De weerstand is niet nodig, omdat de receiver intern al een weerstand heeft.⁵ De out pin (of data pin) wordt aangesloten op de pin van de Arduino die wij in de software aanwijzen als de “data” pin.⁶

Hoe ontvangt de infrarood receiver een signaal?

De receiver werkt op een frequentie van 38Khz.⁵ Dat betekent dat hij bronnen die meer of minder dan 38000 keer per seconde zenden niet verwerkt. Er zit namelijk een filter in die de andere frequenties weghaalt om te voorkomen dat de receiver frequenties ontvangt die men niet wilt meten.⁵ In werkelijkheid zit hier nog wel een nuance in. Signalen van 36 tot 40 kHz ontvangt hij ook nog. Maar hoe verder een infrarood bron van de 38 kHz frequentie verwijderd is, hoe groter de kans dat de receiver het eruit filtert en het signaal niet ontvangt. Er is als het ware een curve waarbij de meeste kans op ontvangen op de 38 kHz frequentie zit. Maar iets eronder of erboven lukt ook nog.⁷

De receiver is actief laag. Dat wil zeggen: als er een infrarood signaal ontvangen wordt, word de out pin laag.⁸

⁵ [ETC \(datum onbekend\) datasheet VS1838B](#)

⁶ Acoptex (04-07-2017), “Basics: Project 010a IR receiver VS1838B and IR remote control Arduino Car Mp3”. Geraadpleegd van: <http://acoptex.com/project/56/basics-project-010a-ir-receiver-vs1838b-and-ir-remote-control-arduino-car-mp3-at-acoptexcom/>

⁷ Wouter van Ooijen (14-10-2019), Mondeling geraadpleegd in het Turing laboratorium op de Heidelberglaan 15 te Utrecht.

⁸ [ETC, \(datum onbekend\) datasheet VS1838B](#)

Wat beïnvloedt de range en reliability van de I.R receiver?

Uit een onderzoekje van de universiteit van Kuala Lumpur en Technologie Mara, blijkt dat weerstanden negatieve invloed hebben op de receiver. Als men een weerstand in serie schakelt met de receiver neemt de afstand waarover gemeten kan worden af. Dit is zichtbaar gemaakt in de tabel hieronder.⁹

Resistor (Ω)	Voltage (V)			Current (A)			Coordination	Distance (mm)	Power (W)
	Error	Measured	Actual	Error	Measured	Actual			
18	0	1.326	1.326	0	0.165	0.165	16-0-10	127	0.21879
22	0	1.311	1.311	0	0.142	0.142	18-0-10	123	0.18616
39	0.008	1.268	1.26	0	0.088	0.088	25-0-10	109	0.11088
68	0.01	1.233	1.233	0	0.053	0.053	36-0-10	91	0.06482
160	0.008	1.187	1.179	0	0.023	0.023	54-0-10	55	0.02712
180	0.009	1.182	1.173	0	0.021	0.021	55-0-10	53	0.02463
210	0.01	1.175	1.165	0	0.018	0.018	58-0-10	47	0.02097
220	0.01	1.173	1.163	0	0.017	0.017	59-0-10	45	0.01977
270	0.01	1.162	1.152	0	0.014	0.014	60-0-10	43	0.01613
330	0.01	1.156	1.146	0	0.012	0.012	0-10	33	0.01375
360	0.01	1.152	1.142	0	0.01	0.01	0-10	33	0.01142
390	0.01	1.148	1.138	0	0.009	0.009	0-10	33	0.01024
470	0.01	1.143	1.133	0	0.008	0.008	0-10	33	0.00106
560	0.01	0.812	0.802	0	0	0	10	0	0.00000

Verder speelt omgevingslicht een bepalende factor in de afstand waarover gemeten kan worden. Dit wordt verder uitgelegd bij de deelvraag : *Beïnvloedt omgevingslicht de infrarood signalen?*

Beïnvloedt omgevingslicht de infrarood signalen?

Licht is een mengsel van lichtsterkte, kleur en polarisatie. Het zichtbare licht wat mensen kunnen zien is maar een klein onderdeel van het lichtspectrum. Het zichtbare spectrum zit tussen UV licht en infrarood licht. Infrarood licht heeft een lagere frequentie en een langere golflengte dan het zichtbare spectrum. Om een infrarood signaal te ontvangen wordt dus op een andere frequentie gezocht dan om een zichtbaar lichtsignaal te ontvangen. Door het verschil in frequentie heeft zichtbaar licht weinig invloed op het meten van een infrarood signaal. De kleur rood heeft de grootste kans om ruis te veroorzaken op een IR signaal aangezien de kleur rood het dichtst bij infrarood op het spectrum staat (figure 1: Lichtspectrum). Maar zelfs deze kans is klein aangezien dit een erg sterk rood signaal moet zijn met een erg lage frequentie.

⁹ Universiteit Kuala Lumpur Meerdere auteurs (zichtbaar in het document) (datum onbekend), "Sensitivity Range Analysis of Infrared (IR) Transmitter & Receiver Sensor to Detect Sample Position in Automatic Sample Changer" Geraadpleegd van : https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/48/050/48050417.pdf

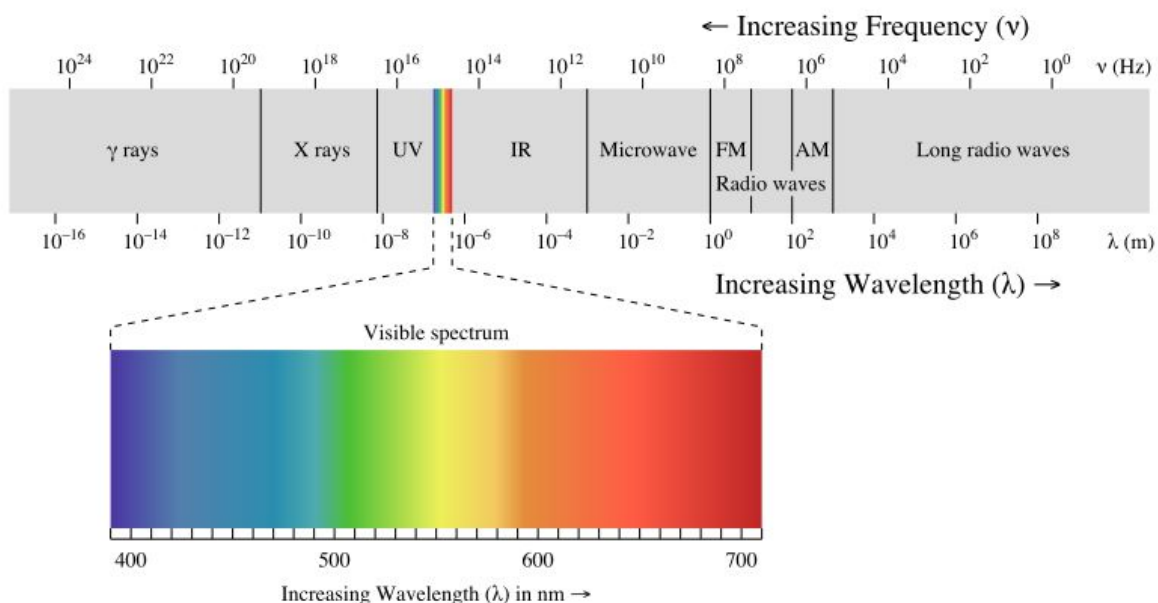


Figure 1: Lichtspectrum¹⁰

Ruis bij een infrarood signaal moet dus een lagere frequentie hebben dan zichtbaar licht. Dit betekent dus dat ons te versturen signaal alleen maar door een ander infrarood signaal verstoord kan worden. De vraag wordt dus, welke bronnen geven infrarood signaal af?

Het verwarmen van een ruimte wordt voornamelijk gedaan met het gebruik van een radiator. Sinds kort bestaan er ook infrarode verwarmingspanelen die een ruimte verwarmen. Deze verwarmingsstraler kunnen voor een IR-signaal ruis veroorzaken. Ook worden steeds meer apparaten bediend met een afstandsbediening. Meerdere mensen hebben decoratieve lampen of andere apparaten met een afstandsbediening in huis. Deze afstandsbedieningen geven een infrarood signaal af. Een van deze afstandsbedieningen kan een infrarood signaal onherkenbaar maken voor het betreffende apparaat waarvoor het signaal bedoeld is. Bijna alle vormen van licht geven een kleine hoeveelheid infrarood signaal af. Dus gloeilampen en halogeenlampen geven allebei een kleine hoeveelheid infrarood licht. Dit zijn allemaal voorbeelden van gemaakt licht maar ook in de natuur komt infrarood licht voor. Dit licht komt voornamelijk in warmte voor. De zon is een zwarte straler, dit betekent dat de zon alle soorten licht op het spectrum uitstraalt en geen licht van sterren opneemt.¹¹ Het infrarood licht van de zon kan een zwak signaal beïnvloeden of compleet overschrijven. Dit gebeurt wel eens met het gebruik van een oude of bijna lege afstandsbediening voor een televisie.

Ruis bij een infrarood signaal kan dus vanuit verschillende bronnen komen. Sommige bronnen zoals halogeenlampen geven een kleinere hoeveelheid ruis aangezien er zelf een zwak IR signaal uit komt en hebben dus geen invloed op het IR signaal. De zon kan wel een zwak signaal overtroeven. Om al deze vormen van ruis te verwijderen zal een zon afgesloten en afstandsbedieningsloze ruimte moeten worden gemaakt. Dit is voor veel

¹⁰Volchko, J. (2019, 19 april) "Visible Light Spectrum: From a Lighting Manufacturer's Perspective", geraadpleegd van <https://www.lumitex.com/blog/visible-light-spectrum>

¹¹ -, (12:26, 20 Januari) "Quantumfysica (2): Zwarte stralers", geraadpleegd van <https://www.quantumuniverse.nl/quantumfysica-2-zwarte-stralers>

producten niet handig of functioneel. Dus moet er een manier komen om de ruis er als het ware uit te filteren. Dit kan gedaan worden om de betekenis van signalen te vergelijken en alleen door te laten als er een correct signaal wordt geleverd. Dit kan gedaan worden door het binnengekomen signaal twee keer te versturen en deze twee signalen daarna met elkaar te vergelijken. Het tweede signaal kan het geïnverteerd worden en dan gebruikt worden om het eerste signaal te bevestigen. Dit wordt ook gedaan in het NEC protocol. Het doel is dus niet om ruis te ontwijken maar om het strategisch uit het bericht te filteren door het bericht te controleren voordat het verwerkt wordt.

Wat is de droprate van de infrarood zender en ontvanger die door de Hogeschool Utrecht zijn aangeleverd over een afstand van 10 meter?

Deze deelvraag gaan wij beantwoorden door middel van het opstellen van een testplan en het uitvoeren van een praktisch onderzoek. Tijdens de meting wordt gebruik gemaakt van de door Hogeschool Utrecht aangeleverde TSAL7400 infrarood zender en VS1838B I.R. ontvanger.

Doel van het testplan

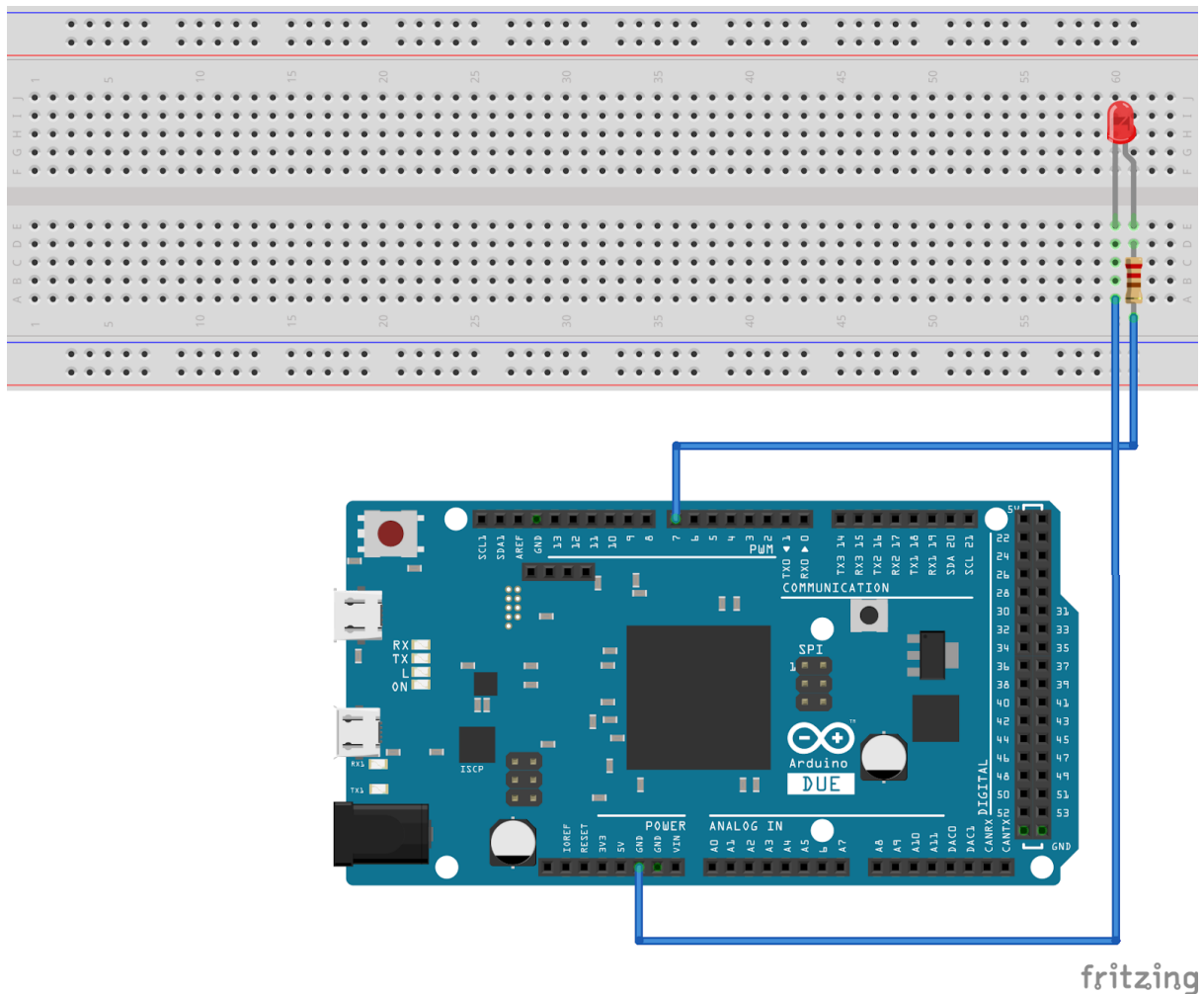
Om een goed beeld te krijgen van de infrarood zender en receiver willen wij de droprate testen van verschillende opgegeven meet afstanden. De meting heeft als doeleinde om een beeld van de maximale range tussen zender en ontvanger weer te geven. Tijdens het meten van de droprate wordt vastgesteld of een reeks aantal berichten "correct" wordt ontvangen over een opgegeven afstand. Wanneer een reeks signalen van 16 bits wordt verstuurd en de laatste 5 bits overeenkomen met de XOR tussen een combinatie van bits 1 t/m 10, wordt dit als een correct bericht beschouwen. Wanneer er geen "correcte" berichten ontvangen worden over een opgegeven afstand, dan zal er enkele stappen van een 0,5 meter terug worden gedaan om mogelijk de maximale afstand en dus de droprate weer te geven. Met andere woorden: Wanneer een bericht correct ontvangen wordt met een afstand van 3 meter, maar niet met een afstand van 4 meter, dan zou de meting verder gaan op 3,5 meter. Dit betekent dat de meting wordt beëindigd wanneer er geen "correcte" berichten worden ontvangen.

Testplan

Om de vraag over de droprate is tussen de aangeleverde infrarood zender en ontvanger te beantwoorden is een testplan opgesteld:

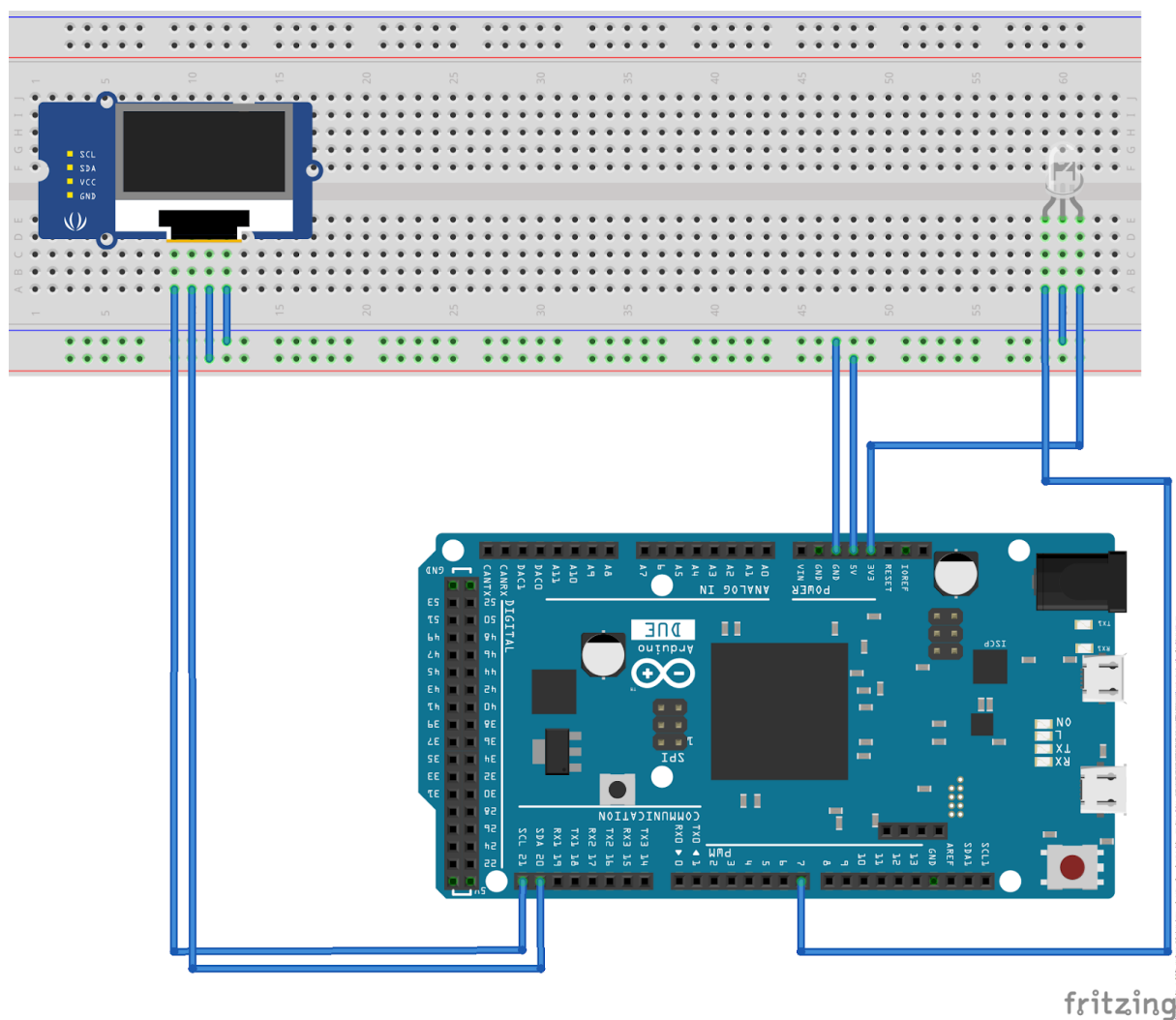
Voor het testen van de aangeleverde infrarood zender en ontvanger en de vraag over de droprate tussen de materialen te beantwoorden is een stapsgewijze testplan opgesteld:

1. Sluit de aangeleverde I.R. zender aan op de output poort van de eerste arduino. De output poort wordt aangegeven in de code van de I.R. zender. Tussen de arduino en de I.R. zender moet een weerstand van minimaal 17 ohm worden geplaatst.



Afbeelding hierboven: I.R. Zender aangesloten op een Arduino Due

2. Sluit de aangeleverde I.R. receiver aan op de 5V uitgang van de tweede arduino. De tweede arduino bevat de code van de I.R. receiver. Sluit ook de I.R. receiver aan op de GND en input poort van de tweede arduino. De input port wordt aangegeven in de code van de I.R. receiver.
3. Sluit optioneel een 128 x 64 Oled scherm aan op de tweede arduino om correct ontvangen berichten weer te geven.
4. Run de code van beide arduino's.



Afbeelding hierboven: I.R. Receiver en een Oled scherm aangesloten op een Arduino Due

Meetverslag

Hieronder volgt een tabel over de verschillende metingen op verschillende afstanden. De metingen zijn vastgesteld op 25 oktober 2019 vanaf 14:00 uur.

Afstand in meters	Aantal verzonden berichten	aantal correct ontvangen berichten	Slagingspercentage
1	1000	999	99 %
2	1000	952	95 %
3	1000	924	92 %
4.5	1000	713	71 %
5	1000	445	45 %

Conclusie meetverslag

Uit het hierboven weergegeven meetverslag is gebleken dat het maximale bereik van de door Hogeschool Utrecht opgeleverde zender en ontvanger kan worden vastgesteld op 4,5 meter. Dit houdt in dat het correct verzenden en ontvangen van berichten mogelijk is tot een afstand van 4,5 meter. Dit betekent dat de maximale drop rate van 50% kan worden vastgesteld op 4,5 meter. Uit ons meetverslag is vastgesteld dat het niet mogelijk is om een reeks berichten "correct" te ontvangen over de afstand die wij hebben gedefinieerd in de deelvraag (10 meter). Door de uiteenlopende metingen bij het kleinste beetje bewegen van de sensor/receiver tijdens de metingen, denken wij dat het belangrijk is voor ons project om een lens bij de sensor te gebruiken, om betere en meer consistente resultaten krijgen.

Resultaten

Hoe werkt de infrarood zender die de Hogeschool Utrecht ons voor dit project levert?

Een zender is simpelweg een lampje dat infrarood licht uitstraalt, deze wordt aan- en uitgezet met een bepaalde snelheid. Om deze *goed* te laten werken, moeten we de volgende dingen doen: De temperatuur moet tussen de 0 en 25 graden celsius gehouden worden. De IR LED moet aangesloten worden op 3.3v met een weerstand van minimaal 16 ohm. Daarnaast mag de led maximaal 20 ms aanstaan.

Hoe werkt de infrarood sensor van de hogeschool Utrecht?

De ontvanger werkt (theoretisch) op 38kHz. De sensor heeft intern een filter. Het filter laat geen signalen door die een andere frequentie dan 38kHz hebben. Praktisch blijkt dat frequenties tussen de 36kHz en 40kHz nog wel doorgelaten worden.

Doordat weerstanden de afstand en betrouwbaarheid negatief beïnvloeden, kunnen we bij het aansluiten het beste geen weerstand gebruiken. Op die manier houden we de afstand het grootst. Verder is het voor het ontwerpen van de software belangrijk te weten dat de ontvanger actief laag is.

Beïnvloedt omgevingslicht de infrarood signalen?

Omgevingslicht van de zon en lampen kan een zwak signaal verstoren of onderbreken. Deze ruis kunnen we eruit filteren door elk bericht wat binnenkomt eerst te controleren door het met zichzelf te vergelijken. Dit kan gedaan worden door het bericht meerdere keren te sturen en deze binnengekregen berichten met elkaar te vergelijken.

Wat is de droprate van de infrarood zender en ontvanger die door de Hogeschool Utrecht zijn aangeleverd over een afstand van 10 meter?

Uit onderzoek blijkt dat de door Hogeschool Utrecht opgeleverde zender en ontvanger een maximaal "correct" bereik hebben van 4 meter. Dit houdt in dat het alleen betrouwbaar is om een reeks berichten te versturen binnen een afstand van maximaal 4 meter.

Conclusie

Welke middelen zijn er nodig en hoe moeten die worden aangestuurd om een signaal bereik van 10 meter in een vrije zichtlijn te realiseren?

Voor het realiseren van de het eindproduct wordt gebruik gemaakt van de I.R. zender (TSAL7400) en I.R. receiver (VS1838B) deze worden aangeleverd door school. De I.R. zender, die simpelweg een infrarood licht uitstraalt, kan worden aangesloten op een bron van 3,3 volt met een weerstand van minimaal 17 ohm. De gebruiker van de I.R. zender bepaald zelf hoelang de I.R. zender aan of uit staat, met een maximale “aan” tijd van 20 ms. De I.R. receiver ontvangt de verstuurde infrarood signalen vanaf de I.R. zender. De I.R. receiver kan worden aangesloten op een uitgang van een tweede Arduino Due. Het voltage dat op de receiver wordt aangesloten moet variëren tussen de minimale waarde van 2,7 volt en de maximale waarde 5,5 volt. Overigens is een weerstand voor de I.R. receiver overbodig. Wanneer er 1 of meer weerstanden aangesloten worden op I.R. receiver, kan dit het ontvangen van signalen negatief beïnvloeden. Voor het versturen van signalen naar de I.R. receiver moet overigens rekening worden gehouden met het interne filter van de I.R. receiver. Dit interne filter ontvangt alleen signalen wanneer er signalen rond de 38 kHz (+- 2000 kHz) worden verstuurd. Om te voorkomen dat het omgevingslicht mee gaat spelen tijdens het versturen van signalen tussen de I.R. zender en I.R. receiver willen we gebruik maken van een softwarematige check. De check houdt in dat het binnengekomen bericht (reeks signalen) wordt gecontroleerd d.m.v. het vergelijken van de laatste 5 bits. De laatste 5 bits moeten overeenkomen met de XOR tussen de combinatie van bit 1 t/m 10 van het verstuurd bericht. Hieruit blijkt of een bericht als betrouwbaar en correct kan worden beschouwen. Overigens hebben wij uit een praktisch meetverslag vastgesteld dat het niet mogelijk is om een reeks berichten volledig over een afstand van 10 meter te kunnen versturen. Uit het meetverslag hebben wij ook kunnen vaststellen dat de maximale afstand, voor het versturen van betrouwbare signalen/berichten (met een slagingspercentage van 50% of hoger) tussen de I.R. zender en I.R. receiver, kan worden vastgesteld op 4,5 meter. Dit houdt in dat de signalen die worden verstuurd over een afstand van boven de 4,5 meter niet meer als betrouwbaar kan worden beschouwen.

Aanbeveling

Uit onderzoek is naar voren gekomen dat het bereik van de aangeleverde middelen van school vrij minimaal is. Om de eventuele afstand tussen de middelen van school te vergroten zouden we daarom willen adviseren gebruik te maken van een lens op de I.R. zender en/of de I.R. receiver. Ook adviseren wij om meerdere leds synchroon te gebruiken voor een sterker signaal en deze te bundelen door een lens of vernauwing.

Literatuurlijst

- [ETC \(datum onbekend\), datasheet VS1838B](#)
- Acoptex (04-07-2017), "Basics: Project 010a IR receiver VS1838B and IR remote control Arduino Car Mp3". Geraadpleegd van: <http://acoptex.com/project/56/basics-project-010a-ir-receiver-vs1838b-and-ir-remote-control-arduino-car-mp3-at-acoptexcom/>
- Wouter van Ooijen (14-10-2019), Mondeling geraadpleegd in het Turing laboratorium op de Heidelberglaan 15 te Utrecht.
- Universiteit Kuala Lumpur Meerdere auteurs (zichtbaar in het document) (datum onbekend), "Sensitivity Range Analysis of Infrared (IR) Transmitter & Receiver Sensor to Detect Sample Position in Automatic Sample Changer" Geraadpleegd van : https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/48/050/48050417.pdf
- Volchko, J. (2019, 19 april)"Visible Light Spectrum: From a Lighting Manufacturer's Perspective", geraadpleegd van <https://www.lumitex.com/blog/visible-light-spectrum>
- -, (12:26, 2015, 20 Januari)"Quantumfysica (2): Zwarte stralers", geraadpleegd van <https://www.quantumuniverse.nl/quantumfysica-2-zwarte-stralers>
- Vishay Intertechnology, Inc. High Power Infrared Emitting Diode, 950 nm, GaAlAs/GaAs Datasheet. (2006). Geraadpleegd van: <http://www.mouser.com/catalog/specsheets/tsal7400.pdf>
- James Lewis, LED Tutorial, Learn the basics,(2011), Geraadpleegd van: <https://www.baldengineer.com/led-basics.html>