

Draaddetectinator 2000

04-11-2022

—

Timo Hoogenbosch, Luc Koster, Simon ten Dam, Remi van den Berg

Groep 12

Ontwerpverslag Design Engineering voor Fysici 2 2022-2023

TU Delft



Introductie	3
Het ontwerpproces	4
Analyse van het probleem	4
Eisen en criteria	5
Eisen	5
Criteria	5
Ontwerpkeuze	6
Morfologische kaart	6
Afweging op basis van eisen en criteria	7
Het eerste ontwerp	8
Fysisch principe en werking van metaaldetectie en capacitieve koppeling	8
Patenten en literatuuronderzoek	9
Capacitieve koppeling	9
Inductie en magneetveldsterkte	9
Metaaldetectie	10
Uitvinding	10
Simulaties	10
Capacitieve koppeling detector	10
Afstand en diepte in verband met een condensator waarde	10
Het capacitieve koppeling circuit	12
Theoretische metingen	13
Metaaldetector	14
Verwachte verstoringen en meetonzekerheden	18
Capacitieve koppeling	18
Nabijheid van meerdere draden	19
Aanwezigheid van waterleidingen	23
Aanwezigheid van gewapend beton	23
Metaaldetectie	23
Iteraties	24
Uiteindelijk ontwerp	25
Meetprocedure	25
Design	26
Fabricage	26
Draadloze datavergaring	28
Draad Detectinator	29
Webserver	30
Client	30



Kosten-lijst	31
Opmerkingen	32
Fysische verklaringen	32
Waarom is er een basis voltage en waarom gaat het ontvangen signaal omlaag als we iets meten?	32
Hoezo moet je fysiek verbonden zijn met de ground?	32
Waarom springt de meting soms naar 0?	33
Waarom is het meetapparaat zo groot?	33
Waarom gebruiken jullie meerdere condensatorplaten?	33
Werkt het meetapparaat ook voor andere muren?	34
Appendix	35
Broncode van de Draad Detectinator	35
main.h	35
main.cpp	35
Broncode van de webserver	35
Broncode van de webapplicatie	35
Bronnenlijst	36
Notulen	38
06-09-2022	38
13-09-2022	40
27-09-2022	42
10-10-2022	47
17-10-2022	50
24-10-2022	53
31-10-2022	57

Introductie

Veel muren bevatten elektriciteitskabels. De exacte locatie en diepte van deze kabels is echter zelden bekend, wat kan leiden tot gevaarlijke situaties wanneer men veranderingen aan het huis wil aanbrengen, van grote verbouwingen tot een klein gaatje in de muur boren. Om deze reden hebben wij de Draaddetectinator 2000 ontworpen. Dit apparaat maakt gebruik van condensatorplaten om de locatie en diepte van een elektriciteitskabel in een muur te bepalen tot op een centimeter nauwkeurig.

De Draaddetectinator 2000 is een revolutionair apparaat die de locatie van een stroomkabel in de muur kan bepalen in zowel de x en y richting, als in de z richting. Er bestaan momenteel genoeg apparaten die de locatie van kabels in de x en y richting kunnen bepalen, maar er bestaan geen apparaten die dat ook in de z richting kunnen. Dit maakte het ontwerpen van zo'n apparaat een lastige opgave, aangezien het nog niet eerder gedaan is.

In dit ontwerpverslag zal worden uitgelegd hoe het ontwerp werkt en het ontwerpproces worden getoont. Ook zal verder worden ingegaan op de fabricage van het apparaat en de bijbehorende simulaties.

Het ontwerpproces

Het doel van de Draaddetectinator 2000 is om draden te kunnen detecteren en lokaliseren in muren. Hiervoor is het zowel nodig om draden te kunnen detecteren en de locatie in de muur te bepalen, als om vervolgens de diepte van het draad in de muur te meten.

Om de Draaddetectinator te ontwerpen is door een aantal stappen in de ontwerpfase heengegaan. Eerst zijn de eisen en criteria waar het apparaat aan moet voldoen opgesteld. Daarna is onderzoek gedaan naar het fysisch principe waarop de werking van het apparaat gebaseerd moet zijn, en zijn hier berekeningen bij gedaan. Als laatste zijn de elektrische circuits en het apparaat zelf ontworpen en gebouwd met de benodigde simulaties, en zijn hier iteraties op gemaakt waar nodig bleek.

Analyse van het probleem

Een elektriciteitskabel bestaat uit een aantal koperen draden, die zijn aangesloten op het elektriciteitsnet. Een elektriciteitsdraad bevat vaak een fase draad, nuldraad en een aardedraad. Dit betekent dat magnetische velden opgewekt door een lopende stroom elkaar zullen opheffen. Verder staat er vaak een AC spanning van 230V met 50Hz op deze draden.

In een huis liggen deze draden meestal een aantal centimeters diep in de muur. Oude huizen hebben vaak stenen muren, maar moderne huizen hebben steeds vaker muren gemaakt van gipsplaten. Deze zijn veel dunner waardoor draden ook minder diep zitten. Afgezien van de samenstelling van de muur, zijn in moderne huizen de kabels vaak verticaal door de muur geleid, vanuit een stopcontact naar boven. Dit betekent dat de meeste kabels verticaal georiënteerd zijn in de muur.

Afgezien van het fysieke probleem van het bepalen van de locatie in de muur, moet er ook rekening gehouden worden met de gebruiksvriendelijkheid van het apparaat. Het apparaat moet vrij langs de muur bewogen kunnen worden om overal op de muur te kunnen meten. Dit betekent dat het apparaat niet te zwaar kan zijn en makkelijk vaste houden moet zijn, zowel als dat het niet aan een plek gebonden moet zijn. Ook moet de gebruiker af kunnen lezen wat de diepte en locatie van de draad is in real-time.

Eisen en criteria

Aan de hand van de probleemanalyse zijn een aantal eisen en criteria opgesteld waar het apparaat aan moet voldoen.

Eisen

Ons ontwerp moet voldoen aan de volgende eisen:

1. Het apparaat moet kunnen detecteren waar in een muur zich een elektriciteitsdraad voor netstroom bevindt.
2. Het apparaat moet detecteren hoe diep de draad zit.
3. Op het apparaat moet aangegeven zijn wat de directe meetresultaten zijn en moet het digitaal opslaan.
4. Het apparaat moet binnen een budget van 50 euro zijn (Recyclebare onderdelen hebben 50% korting).

Criteria

De verschillende oplossingen om een elektriciteitsdraad in een muur te vinden en de diepte te meten zullen met elkaar worden vergeleken op basis van de volgende criteria:

1. Het apparaat moet kunnen detecteren waar in een muur zich een elektriciteitsdraad bevindt met een onzekerheid van maximaal 15 mm.
2. Het apparaat moet de diepte van een elektriciteitsdraad in een muur met een onzekerheid van maximaal 10 mm kunnen meten.
3. Het apparaat moet elektriciteitsdraden minimaal tot 40 mm diepte kunnen vinden.
4. Het apparaat moet de diepte laten zien op een scherm.
5. Het apparaat moet een elektriciteitsdraad van minimaal 1 mm doorsnee kunnen detecteren.
6. Het apparaat moet met maximaal twee handen te hanteren zijn.

Ontwerpkeuze

Om aan de hand van deze eisen en criteria een ontwerp te maken is onderzocht wat voor mogelijke ontwerpkeuzes er allemaal zijn. Hiervoor is het apparaat onderverdeeld in een aantal deelfuncties:

- Behuizing voor een aangenaam gebruik
- Manier van vasthouden
- Het overbrengen van stroom voor het verbruik door het apparaat
- Het aantonen van een meting
- Het detecteren van een elektrische kabel

Voor het uitvoeren van deze deelfuncties zijn een aantal mogelijke oplossingen bedacht, die gecombineerd kunnen worden om het volledige apparaat te maken. Deze oplossingen zijn op een rij gezet in een morfologische kaart, en daarna vergeleken in een Harris tabel.

Tabel 1: Morfologische kaart

	Oplossing 1	Oplossing 2	Oplossing 3	Oplossing 4	Oplossing 5
Behuizing	3D-print	Hout (Lasersnijden)	Plexiglas (Lasersnijden)		
Manier van vasthouden	Stok	Pistool	Mok-handvat	Brass-knuckles	
Stroomtoevoer	Batterij	Stopcontact			
Display	8-Bit display (alleen goed voor getallen, letters)	Hoge resolutie display (goed voor illustraties)	Wijzer		
Detecteren	Magnetische stud finder	Capacitieve koppeling	Hall-effect sensor	Metaaldetector	Combinatie van capacitieve koppeling en Metaaldetector

 Makkelijke/nette montage

 Meest haalbaar (economisch, met toegestane middelen)

 Meest interessant/beste resultaten

Afweging op basis van eisen en criteria

In het onderstaande Harris tabel zijn de verschillende oplossingen uit de morfologische kaart met elkaar vergeleken op basis van de eisen en criteria. Op basis hiervan is vervolgens een beslissing genomen voor het ontwerp.

Tabel 2: Harris tabel

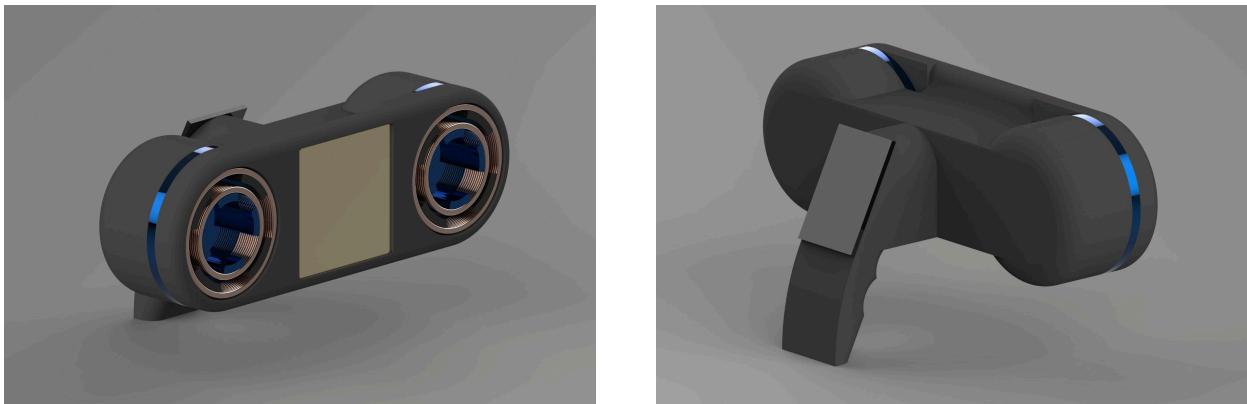
Harris Tabel	Oplossing 1	Oplossing 2	Oplossing 3
Criteria 1	+	++	-
Criteria 2	+/-	+	--
Criteria 3	+	+	--
Criteria 4	+/-	+	+/-
Criteria 5	+	++	-
Criteria 6	+	+	--

Uit dit tabel valt op te maken dat oplossing 2 de beste keuze is. Voor het eerste ontwerp kiezen we daarom ook voor deze oplossing.

Het eerste ontwerp

Voor het eerste ontwerp hebben we ervoor gekozen om het meetinstrument een 3D-geprinte behuizing te geven met een pistoolhantering, voor optimale hantage. Verder zal het instrument werken op batterijen zodat het onbedraad kan blijven. Ook zal het uitgerust zijn met een hoge resolutie display om meerdere meetresultaten tegelijkertijd te kunnen aangeven. Deze keuze vloeide voort uit de morfologische kaart en de bijbehorende Harris tabel die hierboven beschreven zijn.

Om het draad te kunnen detecteren wordt er een combinatie gebruikt van een metaaldetector- en capacitieve-koppeling principe. Dit moet ervoor zorgen dat we nauwkeurigere data hebben over de exacte locatie van het draad dan wanneer we enkel een van de principes zouden toepassen. Bovendien is het mogelijk om via metaaldetectie draden te detecteren waar geen spanning op staat, wat onmogelijk is met capacitieve koppeling. Verder is het capacitieve-koppelings principe al bewezen door bestaande producten.



Figuren 1 en 2: Eerste renders van het meetinstrument

Fysisch principe en werking van metaaldetectie en capacitieve koppeling

Dit ontwerp bestaat uit twee aparte circuits die parallel aan elkaar het draad detecteren.

Het metaaldetectie gedeelte van het ontwerp is gebaseerd op het principe dat een stroom door een spoel een magnetisch veld opwekt door magnetische inductie. De precieze werking wordt hieronder beschreven. Er zijn twee metaaldetectoren, nadat de locatie van het draad is bepaald via capacitieve koppeling (zie voor uitleg de tekst hieronder), maken beide metaaldetectoren een meting voor de diepte. Vervolgens wordt deze afstand gebruikt als een radius voor een cirkel en deze worden geplot met als middelpunt het

centrum van de betreffende metaaldetector. De twee resulterende cirkels snijden elkaar slechts een enkele keer in de muur, en dit punt wordt gezien als de locatie van het draad.

Patenten en literatuuronderzoek

Groep 12

Voor het lokaliseren van elektriciteitsdraden in een muur en andere verwante problemen bestaan verschillende oplossingen.

Capacitieve koppeling

Een commercieel beschikbare manier is het detecteren van een alternerend voltage met behulp van een capacitieve koppeling tussen een elektriciteitsdraad en de detector. (Baird & Coventry, 1999; [bigclivedotcom], 2021; Bystrom & Klingber, 2006; Crazy Couple DIY, 2019; Dino Segovis [HackaweeTV], 2011; Klingber & Cook, 2000; Mehdi Sadaghdar [ElectroBOOM], 2019; Schauerte, 1988; Siratz, 1992; Yanagisawa, 2015, 2018) Dit is de meest gangbare en commercieel beschikbare methode om elektriciteitsdraden in een muur te lokaliseren. De elektriciteitsdraden in de muur en de detector vormen samen een condensator. Doordat de elektriciteitsdraden in een huisinstallatie onder alternerend voltage staan zal er door de condensator een stroom gaan lopen. Deze stroom wordt versterkt en -- in de commerciële applicatie -- als deze boven een bepaalde drempelstroom komt wordt een signaal gegeven, en dus aangegeven dat er zich op die plek een elektriciteitsdraad bevindt.

Inductie en magneetveldsterkte

Een andere manier is een die veel in de civiele techniek wordt gebruikt. Om ondergrondse buizen en kabels te lokaliseren wordt een stroom in de buizen/kabels gegenereerd of geïnduceerd, wat voor een magnetisch veld zorgt dat vervolgens wordt gemeten. (Hexagon Geosystems & Renata Barradas Gutierrez, 2017; Olsson et al., 2020; Radiodetection, z.d., 2017; Schonstedt, 2014; Tempo Communications Inc., 2019) Op basis van de gegenereerde of geïnduceerde stroom en de sterke van het gemeten veld kan de locatie en diepte van de elektriciteitskabels of pijpen worden bepaald. Deze techniek is echter niet toepasbaar in een kleinere setting, zoals in een huis, omdat het niet mogelijk is om (veilig) een bruikbare stroom te genereren. Het is niet mogelijk om gewoon een apparaat aan te sluiten om voor een stroom te zorgen, omdat in een huisinstallatie de fase- en nuldraad recht langs elkaar lopen, met een relatief tegenovergestelde stroom, waardoor enig magneetveld opgeheven wordt. Ook is het niet mogelijk om op een veilige manier een stroom te induceren of een stroom te sturen door de kabels van een huisinstallatie.

Metaaldetectie

Elektriciteitskabels zijn gemaakt van metaal, en zouden dus in theorie gelokaliseerd kunnen worden met behulp van een metaaldetector, maar deze manier wordt niet gebruikt in commerciële applicaties. Wel wordt deze manier gebruikt voor het lokaliseren van metalen *studs* die dienen als frame voor de muur.

Een metaaldetector bestaat uit een aandrijf- en detectiespoel. Door de aandrijf-spoel loopt een AC-stroom die een magneetveld genereert. De detectiespoel vangt dit veld weer op. Als een stuk metaal in de buurt is heeft die ook interactie met het magneetveld, waardoor het veld dat de detectiespoel ontvangt zal veranderen. Op basis hiervan kan de afstand tot een stuk metaal worden bepaald. (Celine Lee, 2018; [DD ElectroTech], 2021; [electronicsNmore], 2015; J.A. McNeil & Colorado School of Mines, 2004; Rezaei et al., 2021; Serious Detecting, z.d.; Wang et al., 2011)

Uitvinding

De uitvinding zal een combinatie en verbetering zijn van sommige van de bovenstaande technieken. De techniek van de capacitieve koppeling en metaaldetectie zullen worden gecombineerd. Twee metaaldetectoren en een capacitieve koppeling zullen worden gebruikt om de locatie en diepte van de elektriciteitsdraden in een muur te trianguleren. In totaal zullen dus drie sensoren worden gebruikt. Op die manier kunnen de locatie en positie van zowel geëlektrificeerde en ongeëlektrificeerde elektriciteitsdraden en zelfs andere metalen objecten in de muur zoals waterleidingen worden bepaald, en kunnen ze in theorie van elkaar worden onderscheiden.

Simulaties

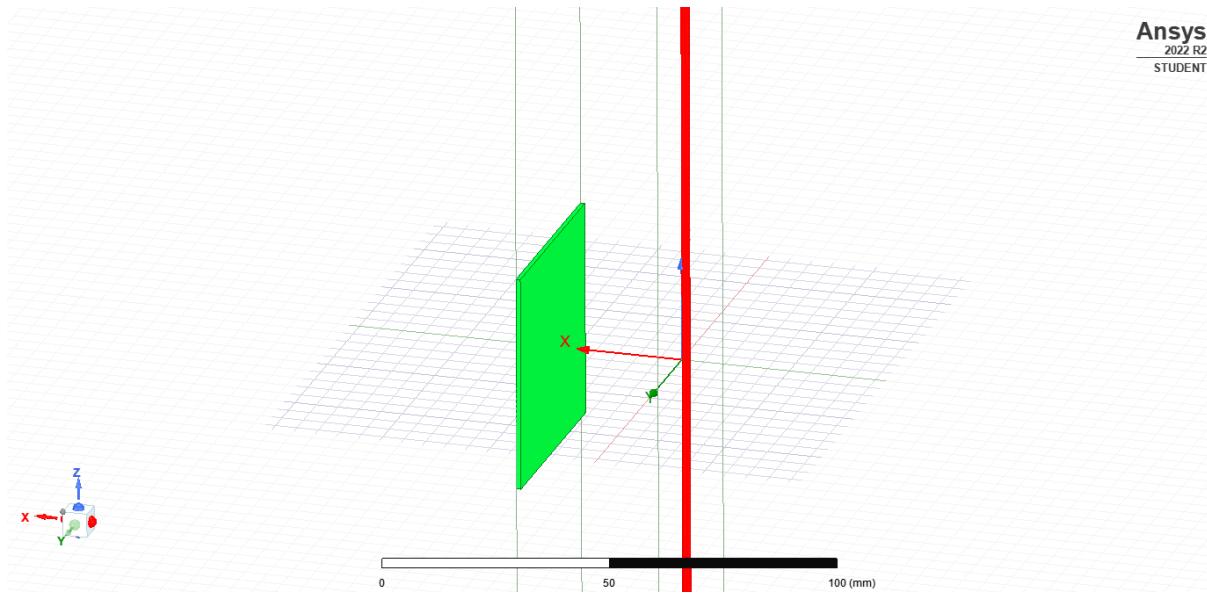
Capacitieve koppeling detector

Om de diepte van het draad te bepalen via metaaldetectie, moet er eerst duidelijkheid komen over waar het draad zich bevindt over de breedte van de muur. Hiervoor is een capacitieve koppeling detector ontwikkeld, die effectief een condensator vormt met het draad en zo de locatie van het draad bepaalt. Hiervoor is een verband tussen een condensator waarde en een locatie bepaald en vervolgens is er een circuit ontwikkeld om deze condensator waarde te meten. De onderlinge relaties worden verder in dit document behandeld.

Afstand en diepte in verband met een condensator waarde

De condensator waarde van het systeem detector-stroomdraad is geschat met behulp van het programma Ansys Maxwell, een programma voor het oplossen van EM problemen met behulp van FEM. We vonden dat dit een goede simulatie is voor het berekenen van de

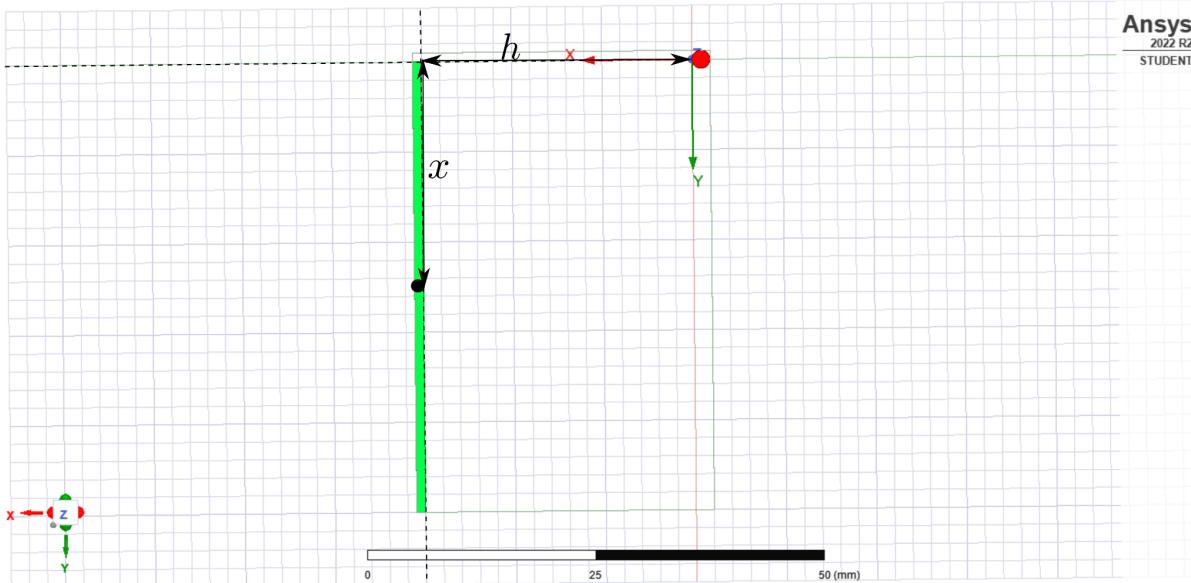
condensator waarde die gevormd wordt tussen het draad en het meetinstrument. Er is dus niets aan dit onderdeel veranderd. Voor duidelijkheid wordt het hier herhaald.



Figuur 3. Model van condensatorplaat en stroomdraad in Ansys Maxwell.

In Ansys is het systeem gemodelleerd als een koperen plaatje als de condensatorplaat met lengte 50 mm, breedte 50 mm en diepte 1 mm en lange koperen cilinder als de stroomdraad met een straal van 1 mm en een lengte van 200 mm. Deze lengte van de cilinder is gekozen om de juiste hoeveelheid veld te simuleren. Als deze lengte ongeveer zo groot is als de lengte van de condensatorplaat, dan wordt de contributie van de randvelden vrijwel verwijarloosd, terwijl we niet weten of deze verwijarloosbaar is. Als de lengte van de cilinder veel groter is dan de lengte van de condensatorplaat, dan worden de randvelden voldoende gesimuleerd.

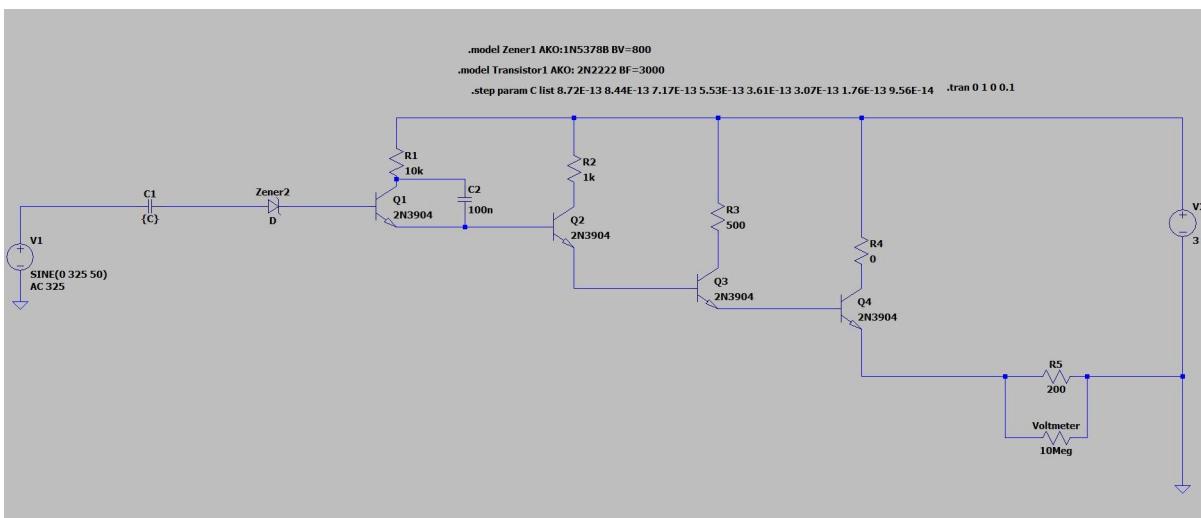
De positie van de condensatorplaat ten opzichte van de stroomdraad is gevarieerd om zo de condensator waarde te bepalen voor de verschillende posities. De afstand 'h' is gevarieerd op 20, 30 en 40 mm. De afstand 'x' op 0, 10, 20, 40, 80, 100, 200 en 400 mm.



Figuur 4. Toelichting van de variabelen 'x' en 'h'.

Het capacitieve koppeling circuit

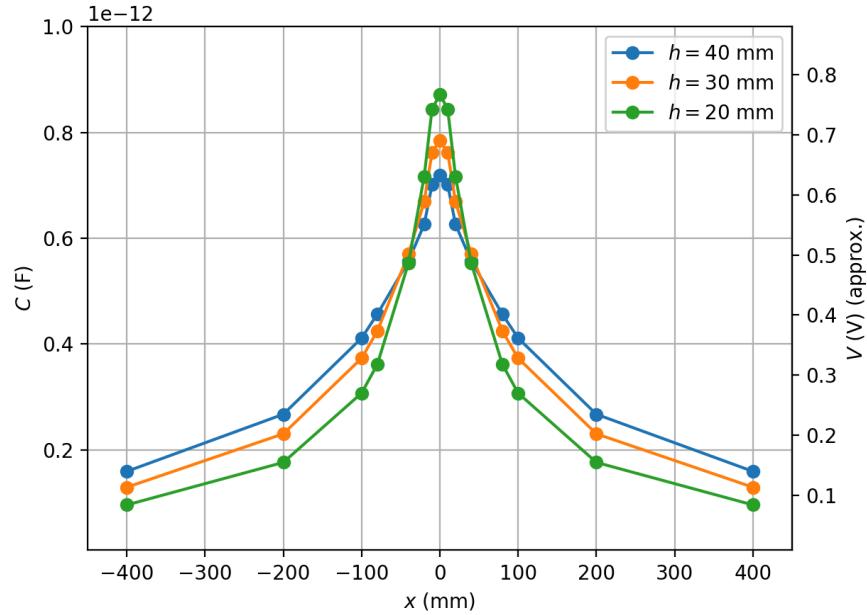
Links wordt het draad door de muur gesimuleerd met een wisselspanningsbron met 325V piekvoltage (230V RMS) dat verbonden is met een ground en met een condensator. Deze condensator is equivalent met de condensator die vormt tussen ons meetinstrument en het draad. Hieruit komen door de lage condensatorwaarde erg lage vermogens uit. Deze worden versterkt met een dubbel Darlington-pair circuit dat bestaat uit vier condensatoren en een standaard DC batterij. De weerstanden zorgen voor controle over het stroomverloop, en een voltmeter wordt aan het einde toegevoegd om een voltage te meten. Dit voltage zal afhankelijk zijn van de condensator waarde en dus uiteindelijk van de afstand tussen het draad en het meetinstrument.



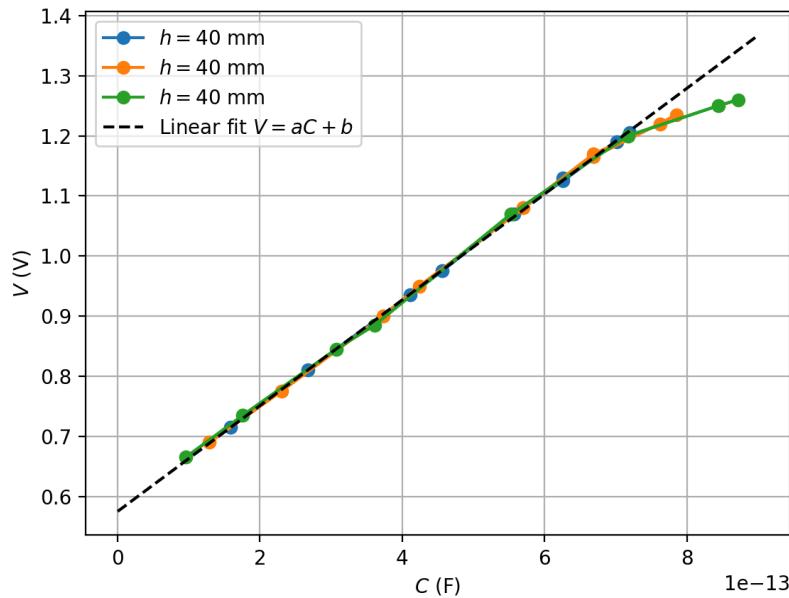
Figuur 5. Meetcircuit van de condensator.

Theoretische metingen

Hieronder worden meerdere grafieken getoond waarin de onderlinge relaties tussen het gemeten voltage, de condensator waarde en de locatie van het draad behandeld worden.



Figuur 6. Theoretische relatie tussen capaciteit of spanning, en de afstand van het draad tot de detector. De capaciteit is de gesimuleerde waarde. De spanning is ongeveer, en bepaald met figuur 7.



Figuur 7. De kalibratiedata voor spanning uitgezet tegen capaciteit met corresponderende fit. De gevonden fitwaardes zijn $a = 8.8 \times 10^{11}$ en $b = 5.8 \times 10^{-1}$. Ter vereenvoudiging is een lineaire fit genomen, ondanks dat deze bij hoge capaciteit niet overeenkomt met de data.

Merk op dat de waardes het sterkst variëren rond het nulpunt, waardoor het goed detecteerbaar zou moeten zijn wanneer het meetinstrument recht tegenover de kabel zit. Ook vallen de gemeten voltage waardes binnen het bereik van een Arduino Uno, en zijn de verschillen ook groot genoeg om meetbaar te zijn.

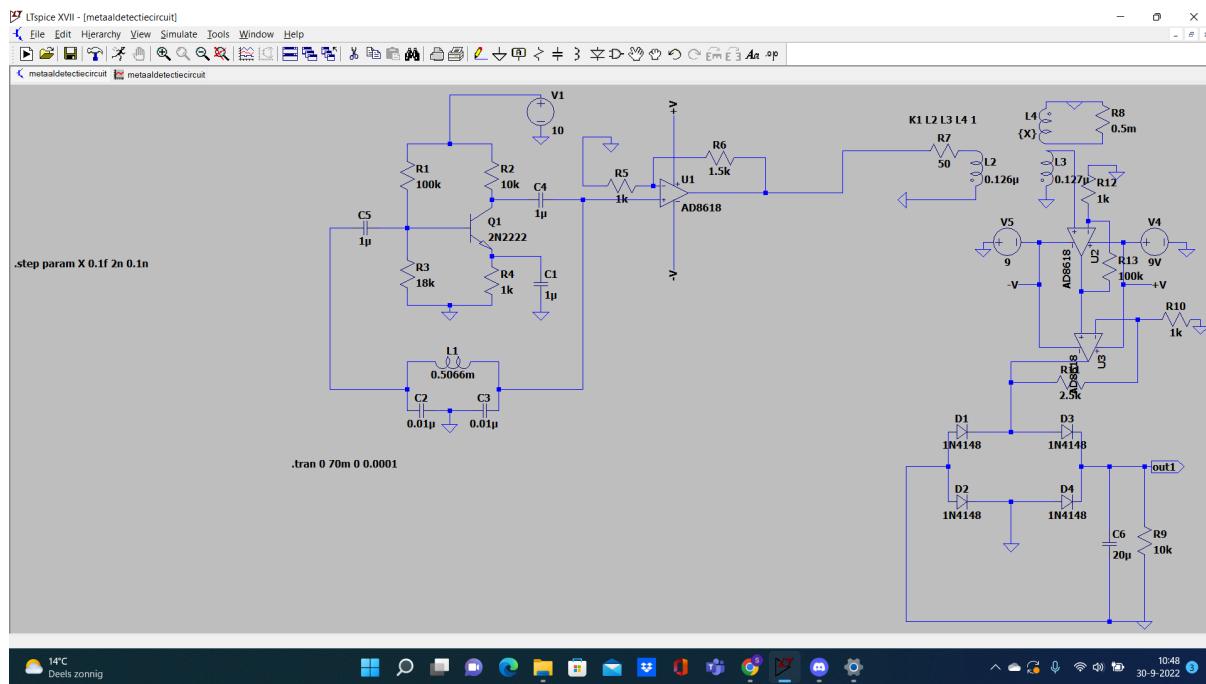
Het gemeten voltage als functie van de condensator waarde blijkt lineair te zijn. Er lijkt een deviatie op deze trend te zitten rond het hoogste voltage. Misschien is er sprake van een limiet aan het meetbare voltage, opgeëist door het circuit zelf (er is geen theoretisch maximum aan wat gemeten zou kunnen worden, naast de inputspanning van de batterij zelf). Het zou kunnen liggen aan de sterk variërende condensatorwaarde, wat accurate metingen aan het voltage zou kunnen beïnvloeden, maar dit is voor nu nog onduidelijk.

Metaaldetector

Om een metaal detector die werkt met een uitzend en opvang spoel te simuleren in LTspice is gekozen voor de transformator functie. Hiermee kan worden gesimuleerd hoe meerdere inductors elkaar beïnvloeden en hoeveel geïnduceerde emf ontstaat in de opvang spoel als de uitzend spoel een bepaalde AC-stroom uitzendt. Vervolgens kan een 3de spoel in de transformator worden geïntegreerd die de parasitaire inductor (het metaal dat moet worden gedetecteerd) moet simuleren. Het probleem dan is dat deze simulatie alleen geldt als alle spoelen en de parasitaire inductor zich op dezelfde plek bevinden (de parasitaire en opvang spoel vangen allebei het hele magneetveld van de uitzend spoel op, omdat het een

transformator voorstelt). Dit kan worden opgevangen door de inductie waarde van de parasitaire spoel kleiner te maken (Dan neemt die minder signaal op, alsof die verder weg zou zijn). Wij gaan ervan uit dat het magneetveld dat de uitzend spoel uitzent met $1/r^3$ afvalt met afstand. Dit betekent dat de flux door de parasitaire inductor met $1/r^3$ afvalt en daardoor de geïnduceerde tegenwerkende spanning ook. Dit is wel een hele grove schatting.

Het circuit in LTspice staat hieronder. Dit circuit bevat een oscillator die een DC stroombron kan omzetten naar een AC stroom die een magneetveld in de zendspoel kan opwekken. Er wordt gebruik gemaakt van 2 operational amplifiers die ervoor zorgen dat het signaal sterk genoeg is om met de arduino verschillen te kunnen meten. Uiteindelijk wordt een full bridge rectifier gebruikt om het AC signaal weer om te zetten naar een DC signaal dat door de arduino kan worden aangelezen. De operational amplifiers die zijn gebruikt zijn model van verkrijgbare componenten zodat het circuit realiseerbaar is.



Figuur 8. LTspice circuit van de metaaldetector.

Met een zelf inductance calculator berekenen/schatten we dat een draad een inductie heeft van 90nH. Als er geen afstand tussen de kabel en de spoel zit is de oppervlakte vergelijking voor de flux:

$$\text{Oppervlakteverhouding} = \frac{dD}{\pi r^2}$$

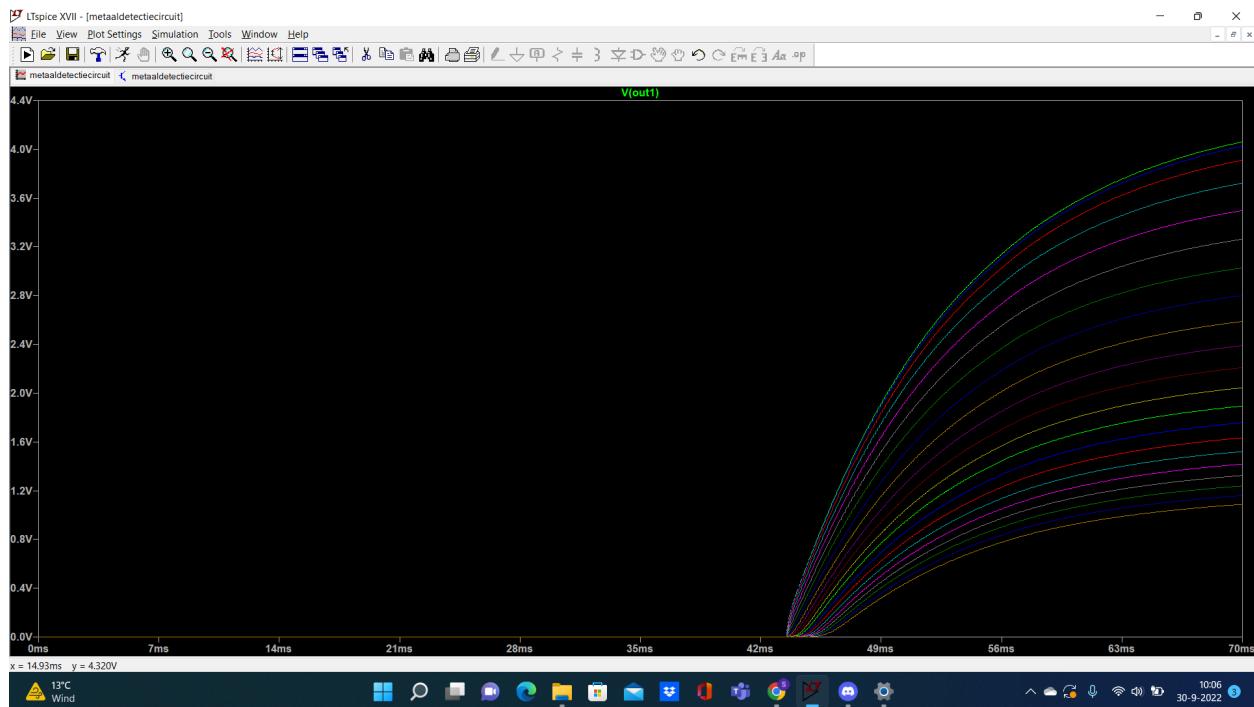
d = dikte van de draad

D = diameter uitzendt spoel

r = straal uitzendspoel

Als we kiezen voor een draad met diameter 2 mm en een uitzend spoel met een straal van 5 cm krijgen we een waarde van 0.025.

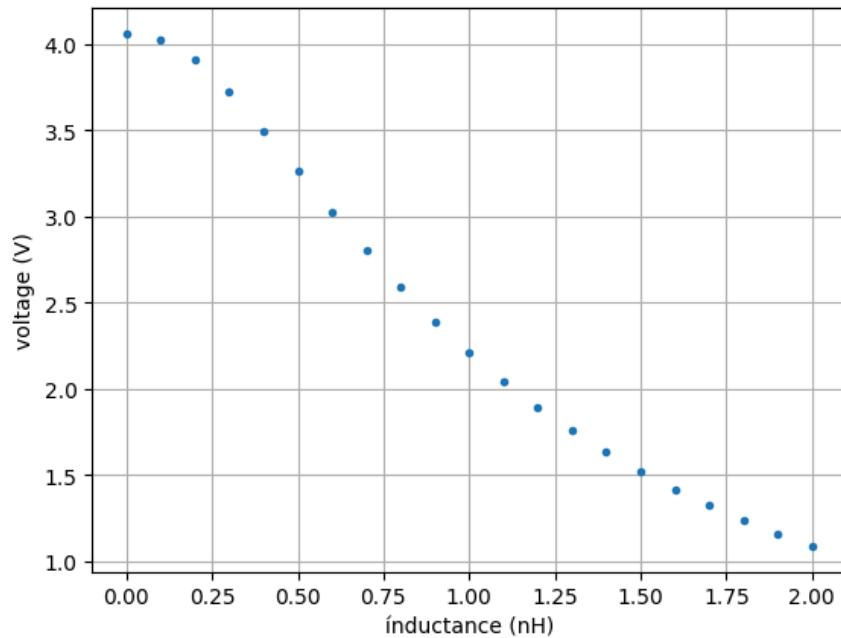
Om nu de simulatie zo accuraat mogelijk te krijgen kiezen we dus voor een parasitaire inductie van $90 * 0.025 = 2.3$ nH (op geen afstand). We zullen dus als we voor realistische afstanden willen kalibreren moeten simuleren voor parasitaire inductie in de orde grootte nH en kleiner.



Figuur 9. Simulatie grafiek in LTspice.

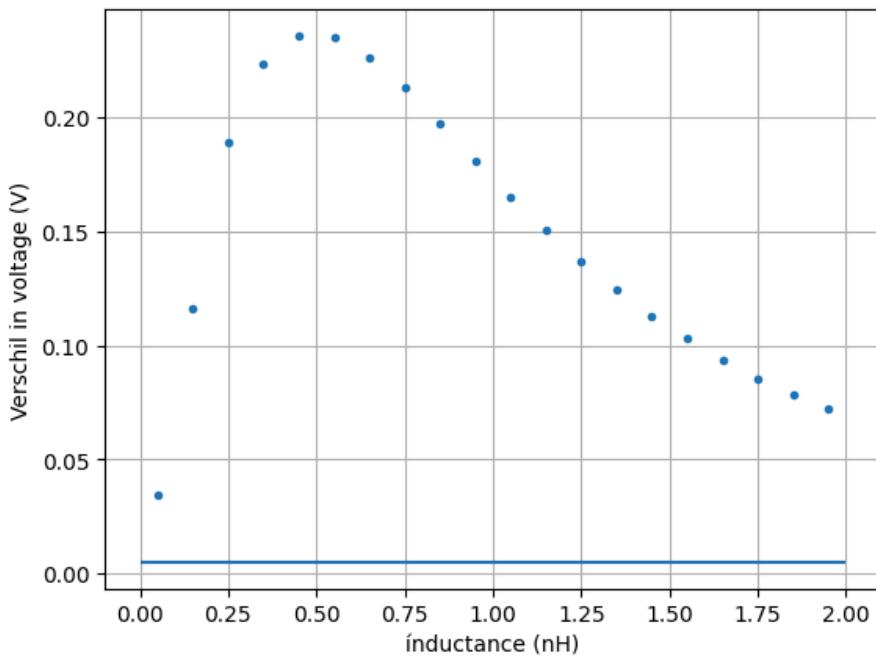
In figuur 9 is de simulatie grafiek in LTspice te zien. Hier is voor de parasitaire inductie waardes 1 fH tot 2 nH het output signaal geplot. Na ongeveer 70 ms zal het circuit een vlak DC signaal geven.

Figuur 10 geeft de kalibratie grafiek die de waardes van de DC signalen bij verschillende parasitaire inductie waardes. Hoe de inductie waarde uiteindelijk gaat veranderen bij verschillende afstanden tot de draad kunnen we alleen experimenteel bepalen. Onze kalibratie grafiek beschrijft nu dus alleen de inductie waardes bij verschillende spanningen.



Figuur 10. Plot van de spanning bij veranderingen in parasitaire inductie van 0.1nH.

Figuur 10 laat de gemeten spanning bij verschillende waarden van de parasitaire inductoren zien. Hier is te zien dat ze allemaal onder de 5V blijven, wat de maximale spanning is voor een Arduino. Verder laat het een nette curve zien waar de afstand uit zou kunnen worden bepaalt. Om deze afstand te bepalen moeten de verschillende inductie waarden eerst experimenteel aan een afstand gekoppeld worden, dit bleek te ingewikkeld om te simuleren.



Figuur 11. Plot van de verschillen in gemeten spanning bij veranderingen in parasitaire inductie van 0.1nH. De blauwe lijn is het minimale spanningsverschil dat een Arduino kan meten.

In figuur 11 is te zien met hoeveel Volt de gemeten spanning verandert als de waarde van de parasitaire inductor veranderd met 0.1nH. Dit simuleert de verandering van de spanning als als de afstand veranderd. Zoals in deze plot te zien is blijft dit verschil altijd ruim boven het minimaal meetbare spanningsverschil van de Arduino.

Verwachte verstoringen en meetonzekerheden

Hier worden de verstoringen en meetonzekerheden besproken zoals ze verwacht waren te zijn voordat aan het uiteindelijke ontwerp begonnen is. De twee meettechnieken van capacitieve koppeling en metaaldetectie worden apart besproken.

Capacitieve koppeling

Als potentiële bronnen van storing op de meetmethode van capacitieve koppeling identificeren wij drie voornaamste dingen:

1. Het aanwezig zijn van meerdere draden te dicht bij elkaar.
2. Het aanwezig zijn van waterleidingen in de muur.
3. Het aanwezig zijn van betonwapening in de muur.

Nabijheid van meerdere draden

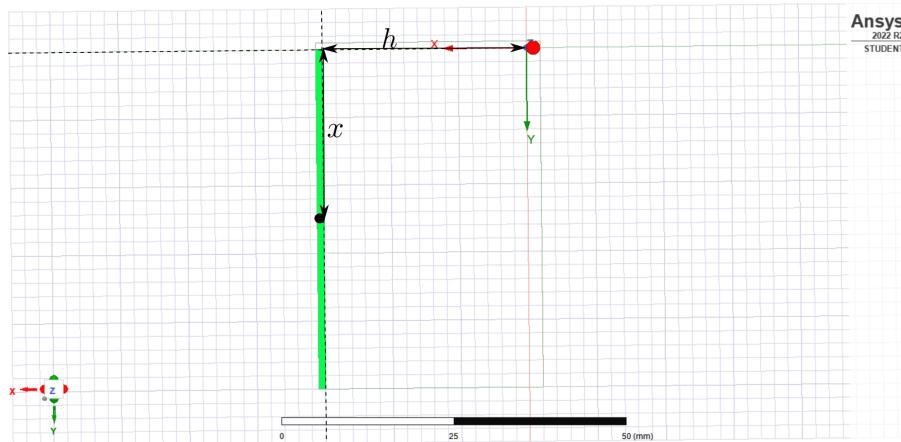
Met de meetmethode van capacitieve koppeling meten we effectief de capaciteit tussen de sensor en de draden in de muur. Op basis van die capaciteit kan dan de positie en de diepte van de draden in de muur worden bepaald. Als er meerdere draden te dicht bij elkaar zitten dan wordt het onmogelijk om deze van elkaar te onderscheiden, en het bepalen van de diepte met enkel deze meetmethode wordt dan lastig.

Het aanwezig zijn van meerdere draden is als volgt gemodelleerd. Effectief wordt de capaciteit tussen de draden en de sensor gemeten, en deze capaciteit is de som van de capaciteit tussen de sensor en de individuele draden, omdat het in feite gaat om parallel geschakelde condensatoren.

Om dit goed te simuleren is de kalibratiedata gefit tegen de functie in de volgende vergelijking

$$C = \frac{d K}{\operatorname{arcosh} \left(\frac{A}{r} \sqrt{x^2 + h^2 + B} \right)} \quad (1)$$

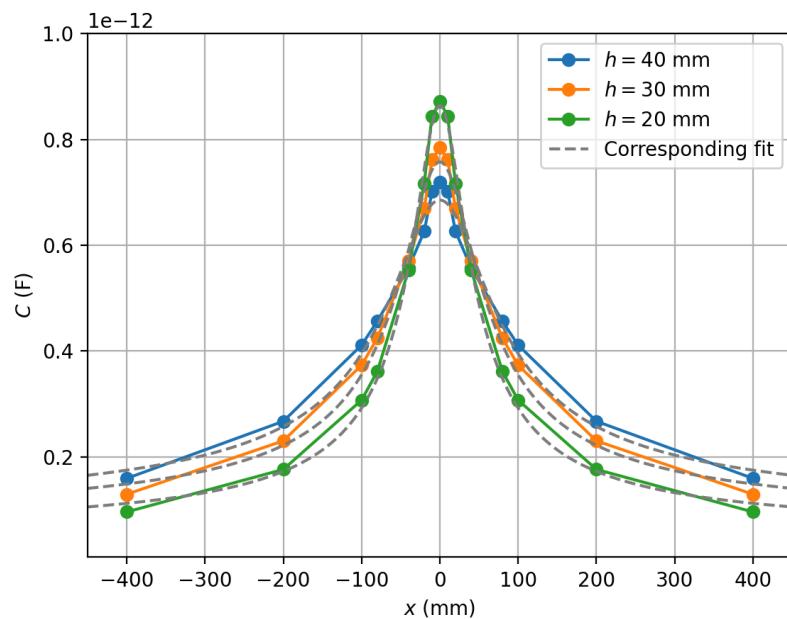
met d de lengte en breedte van de condensatorplaat op de sensor, r de straal van de draad, h de diepteafstand tot de draad, x de positie van de sensor ten opzichte van de draad op de muur, en K , A en B te fitten constantes. De betekenis van x en h wordt geïllustreerd door figuur 12. Formule 1 is gebaseerd op de formule van de capaciteit tussen een draad en een oneindige metalen plaat (Wire Over Ground Plane Capacitance, 2018) en zo aangepast dat deze de gesimuleerde punten goed fit, zoals geïllustreerd is in figuur 13.



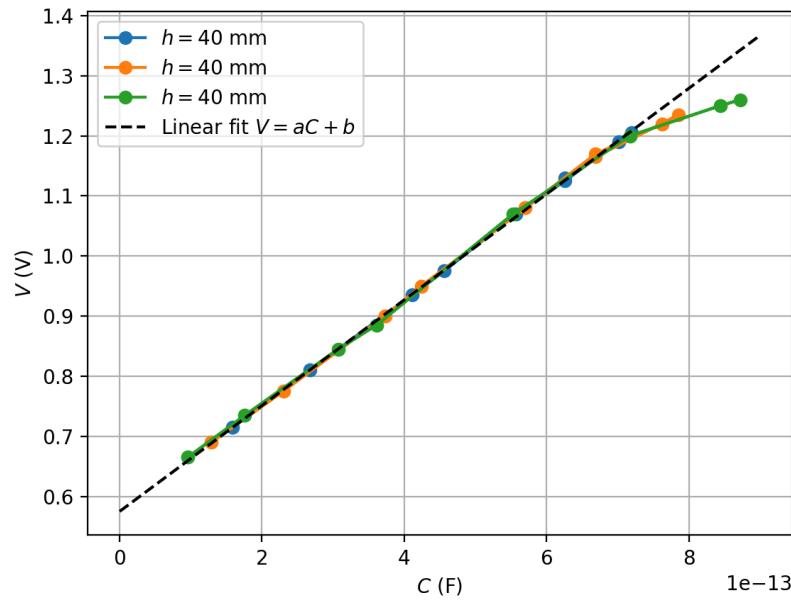
Figuur 12. Illustratie van de variabelen x en h . In groen in de condensatorplaat te zien, en in rood de draad.

Met behulp van de gevonden fits kan een voorspelling worden gedaan van de verstoring die twee nabijgelegen draden op de meting zullen hebben. Dit wordt geïllustreerd door

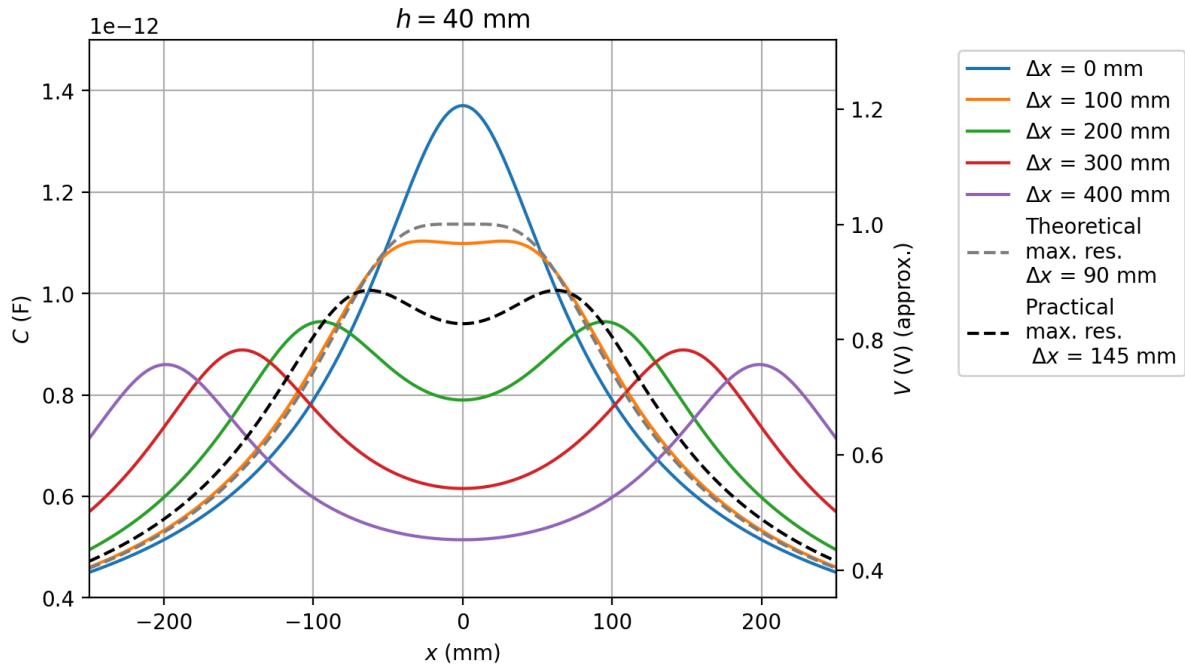
figuur 15, 16 en 17 waar we de gemeten capaciteit voor twee draden op verschillende afstanden van elkaar en op verschillende dieptes. We zien in deze figuren dat er voor elk geval een theoretische maximum resolutie is, waar de twee draden niet meer van elkaar te onderscheiden zijn, omdat hun som geen individuele maxima meer heeft. We zien dat de resolutie beter wordt naarmate de diepte van de draden kleiner is, wat ook te verwachten is. Een praktische maximum resolutie is ook bepaald op basis van de spanningsresolutie van een Arduino. In theorie heeft een Arduino een spanningsresolutie van 0.004 V, maar omdat wij verwachten dat er ook ruis in het circuit zal zijn, nemen wij aan dat de resolutie 0.060 V is. Deze waarde is bepaald met behulp van logaritmisch schatten. Voor de bepaling van de praktische maximum resolutie is aangenomen dat de relatie tussen capaciteit en spanning in het gebruikte circuit volledig lineair is, ook al is dit bij hogere capaciteit niet volledig het geval, zoals geïllustreerd is in figuur 14. Dit is gedaan ter vereenvoudiging.



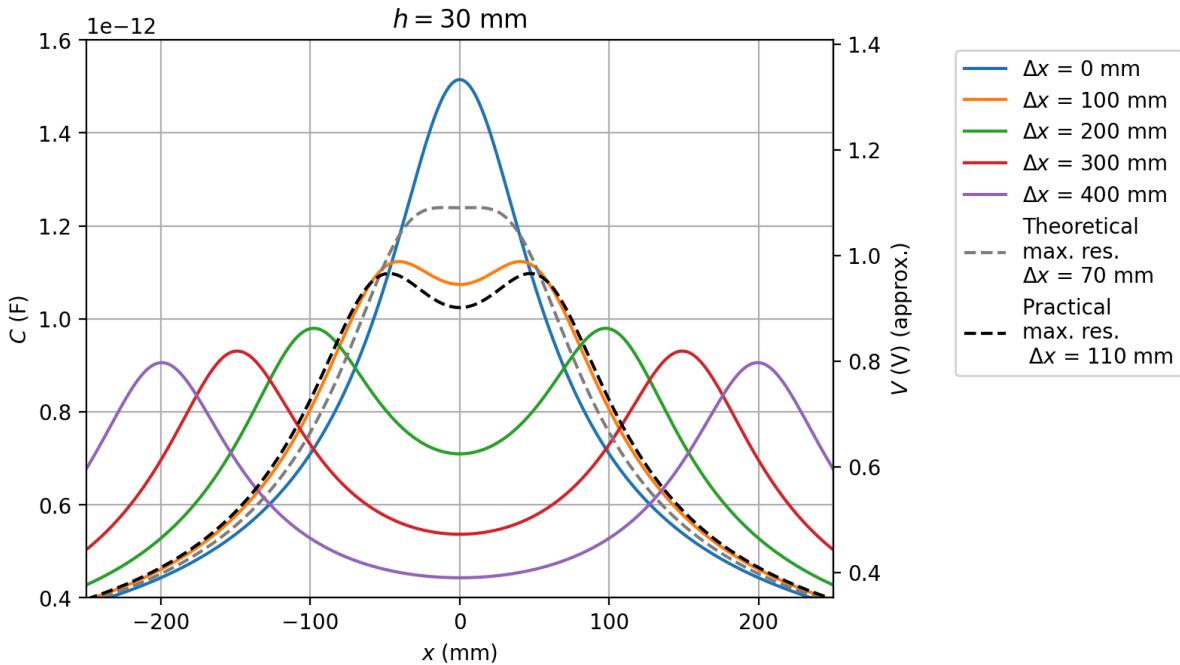
Figuur 13. De kalibratiedata voor een enkele draad op verschillende dieptes en op verschillende posities ten opzichte van de sensor, geplot met de corresponderende fit.



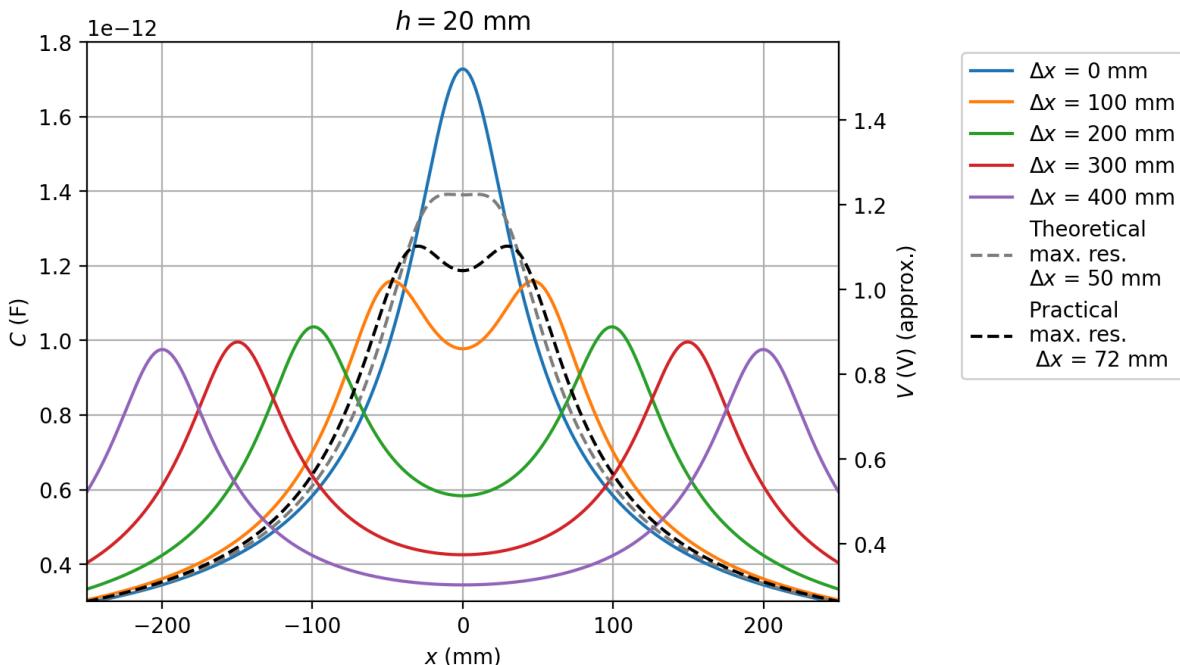
Figuur 14. De kalibratiedata voor spanning uitgezet tegen capaciteit met corresponderende fit. De gevonden fitwaardes zijn $a = 8.8 \times 10^{11}$ en $b = 5.8 \times 10^{-1}$.



Figuur 15. De capaciteit gemeten in het geval van twee draden op verschillende afstanden van elkaar op een diepte van 40 mm.



Figuur 16. De capaciteit gemeten in het geval van twee draden op verschillende afstanden van elkaar op een diepte van 30 mm.



Figuur 17. De capaciteit gemeten in het geval van twee draden op verschillende afstanden van elkaar op een diepte van 20 mm.

Aanwezigheid van waterleidingen

Waterleidingen zijn over het algemeen geaard. Als er een waterleiding in de buurt van de draad bevindt waarvan de positie bepaald moet worden, zal deze veel elektrisch veld weg kunnen vangen waardoor het moeilijk wordt om de draad te vinden. Als de waterleiding zich tussen de sensor en de draad bevindt, dan is de draad volledig afgeschermd en is deze niet meer te vinden.

Aanwezigheid van gewapend beton

Betonwapening vormt een groot metalen hekwerk wat ervoor kan zorgen dat een draad afgeschermd wordt als de betonwapening zich tussen de draad en de sensor bevindt. Betonwapening heeft door zijn grootte namelijk een grote parasitaire capaciteit met de aarde, waardoor het elektrisch veld van de draad weggevangen zal worden.

Metaaldetectie

Verwachte verstoring en meetfouten op de meetmethode van het metaaldetectie systeem zullen vrijwel volledig afhankelijk zijn van metalen in de buurt van de sensor. Zodra zich andere metalen in het gebied rond de draad bevinden zullen die, net als de draad, invloed hebben op het opgevangen magneetveld. Deze invloed hangt af van de grootte van het materiaal en de magnetische permeabiliteit. Tabel 1 geeft de relatieve magnetische permeabiliteit van een aantal materialen die veel voor zullen komen in het meetgebied.

Tabel 3. Materialen met de corresponderende relatieve magnetische permeabiliteit.

Materiaal	Relatieve Magnetische Permeabiliteit
IJzer	5000
Roestvast staal	1000-1800
Koper	~1
Aluminium	~1

Een materiaal met een hoge magnetische permeabiliteit, zoals ijzer, zal het signaal dat wordt opgevangen veel beïnvloeden. Met simulatiesoftware (The inductance of your electrode, 2014) hebben we berekend dat een ijzeren stang van 2 cm dik en 10 cm lang een inductie van ongeveer 25000 nH zal hebben. Een koperen elektriciteitskabel van 10 cm lang en 2 mm dik zal

een inductie van 90 nH hebben. De verstoring die een ijzeren stang zal hebben, gaat onze meting dusdanig beïnvloeden dat het geen nuttige waardes op zal leveren.

Wat ook belangrijk is, is dat wij verwachten dat de invloed van een metaal op het opgevangen signaal met een derde macht afvalt ten opzichte van de afstand. Zolang verstorende metalen zich niet dichtbij het meetinstrument bevinden verwachten we dus dat de invloed van dit metaal heel klein is.

Ons meetinstrument zal dus alleen te gebruiken zijn in een gebied waar er zich geen metalen met een hoge magnetische permeabiliteit in de buurt bevinden.

Iteraties

1.

De eerste iteratie kwam na de haalbaarheidsanalyse. De weken hiervoor was hard gewerkt aan het circuit in LTSpice en aan een proof of concept. Ondanks de grote hoeveelheid tijd die erin is gestoken is er nog geen duidelijk concept dat een meetbaar resultaat oplevert. Het is dus ook nog niet mogelijk om een testopstelling te maken. Hierdoor hebben we besloten dat metaaldetectie niet haalbaar is in de voor ons beschikbare tijd. We focussen vanaf dit punt alleen op het capacitive koppeling systeem. Dit zorgt ervoor dat we met dat systeem ook de diepte moet bepalen. Om dit te kunnen doen zijn we overgestapt van 1 condensator plaat naar 5 platen van verschillende groottes. Elk plaatje kan individueel aangezet worden met een schakelaar en heeft een aparte range waar een signaal wordt opgevangen. Als meerdere plaatjes tegelijk parallel aan staan vertoont dit vergelijkbaar gedrag als één grote plaat.

2.

Uiteindelijk is ook gekozen om gebruik te maken van een photon. Dit is een soort arduino die ook een wifi chip bevat. Hierdoor kunnen we verkregen data verwerken en direct doorsturen. Bijkomstig voordeel was dat de photon direct verkrijgbaar was bij de makerspace.

3.

Tijdens de testmetingen kwamen we erachter dat als een persoon te dichtbij de opstelling komt, de meting wordt beïnvloed. Om dit zoveel mogelijk te voorkomen maken we de behuizing extra lang. 3D-printen werd hier door te duur, dus we hebben besloten om over te stappen naar laserprinten. Het handvat moet ergonomisch zijn dus die wordt nog wel 3D-geprint.

4.

Elke plaat en combinaties van platen gaan andere signalen opvangen. Het is dus belangrijk om te weten welke platen aan en uit staan. We vervangen nu de normale schakelaar door een dpdt tuimelschakelaar die 2 verschillende circuits tegelijk uit en aan kan zetten. De photon kan dan een signaal door het tweede circuit sturen en kijken of dat signaal terugkomt. Zo kan bepaald worden of die switch, en dus de condensator plaat, uit of aan staat.

5.

Nu het meetinstrument de diepte en locatie van de kabel moet meten introduceren we een nieuwe dpdt switch. Deze switch gaat de modus veranderen. Nu kan er 1 code worden geschreven voor locatie meting en 1 code voor dieptemeting. Op dezelfde manier als de andere schakelaars kan de photon meten in welke stand deze staat.

6.

voordat je een meting doet, plaatjes ontladen

Uiteindelijk ontwerp

Meetprocedure

Om een daadwerkelijke meting te maken bepaald men eerst de locatie van de draad met behulp van de positie modus. Zet de modusschakelaar op de P stand en zet het apparaat plat tegen de muur met de metalen platen richting de muur. Beweeg het apparaat langs de muur totdat men zich voor het draad bevindt. Op het scherm van het apparaat zal warmer of kouder te zien zijn afhankelijk van of men zich richting of weg van een elektriciteitsdraad beweegt.

Wanneer de draad gedetecteerd is schakelt men over naar diepte modus door de modusschakelaar op de D stand te zetten. Zet het apparaat weer plat tegen de muur op de locatie van de draad. Begin de meting door alleen het middelste plaatje aan te zetten. Als het plaatje binnen de range voor dit plaatje zit zal er een diepte verschijnen op het scherm. Als het draad zich te ver weg bevindt zal dit geen goede meting geven, in dit geval moet er worden overgeschakeld naar meer plaatjes. Men kan de hoeveelheid plaatjes aanpassen met de 5 knopjes aan de zijkant.



Design

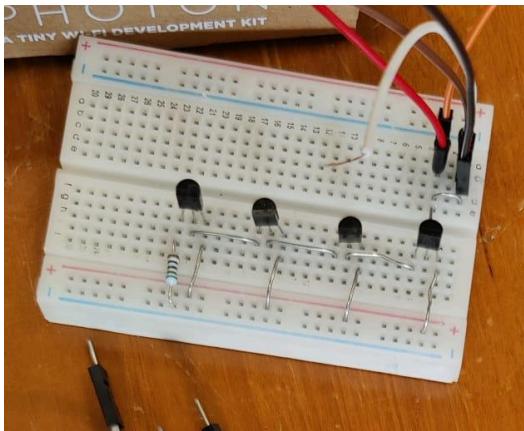


Figuur 18: Render van het uiteindelijke ontwerp

Fabricage

Stap 1: Circuit maken

Maak het circuit op breadboard 1 zoals in figuur 19 Maak gebruik van 4 BJT 2N222 transistoren en een $510\text{k}\Omega$.



Figuur 19: capacitieve koppeling circuit

Stap 2: photon installeren

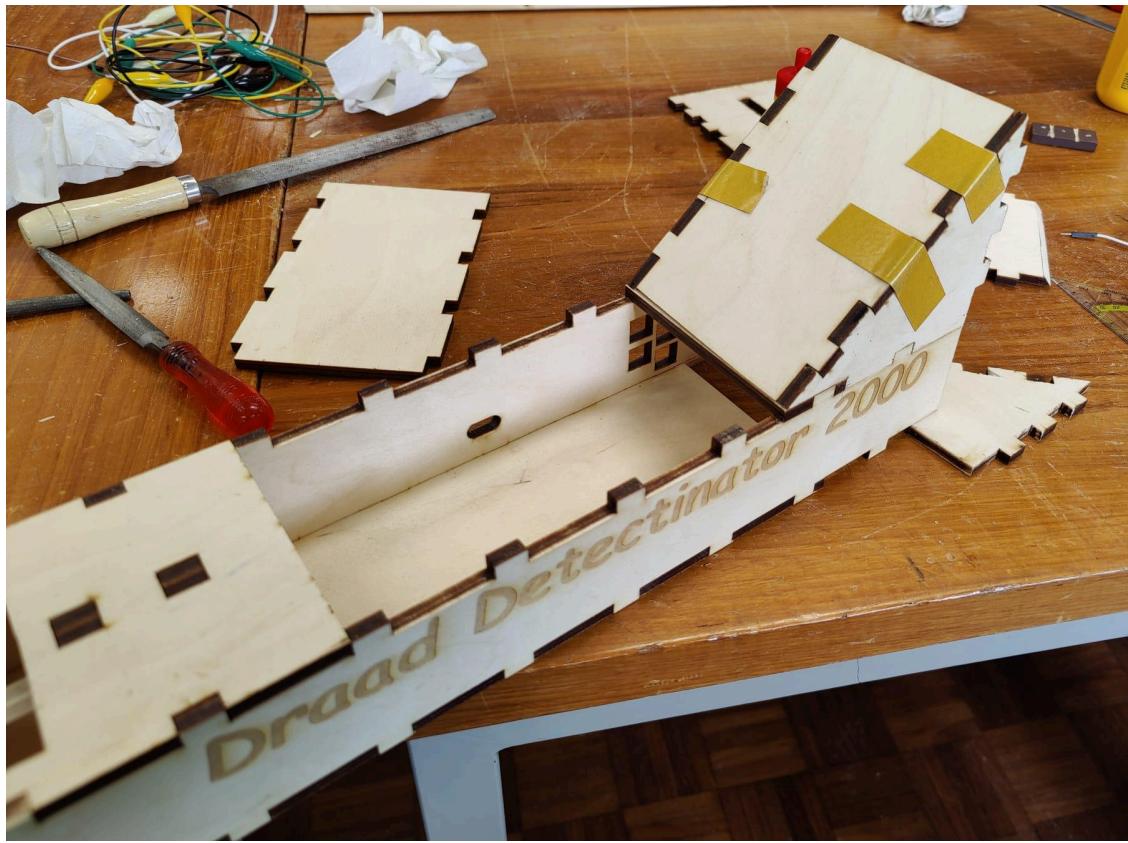
Installeer de photon op breadboard 2.

Stap 3: Lasersnijden en 3D-printen

Laat het volgende bestaan lasersnijden in een plywood plaat van 600x450x6 mm (lasersnijbestand). Laat het volgende bestand 3D-printen met een hoge fill (3D-print bestand).

Stap 4: Behuizing lijmen

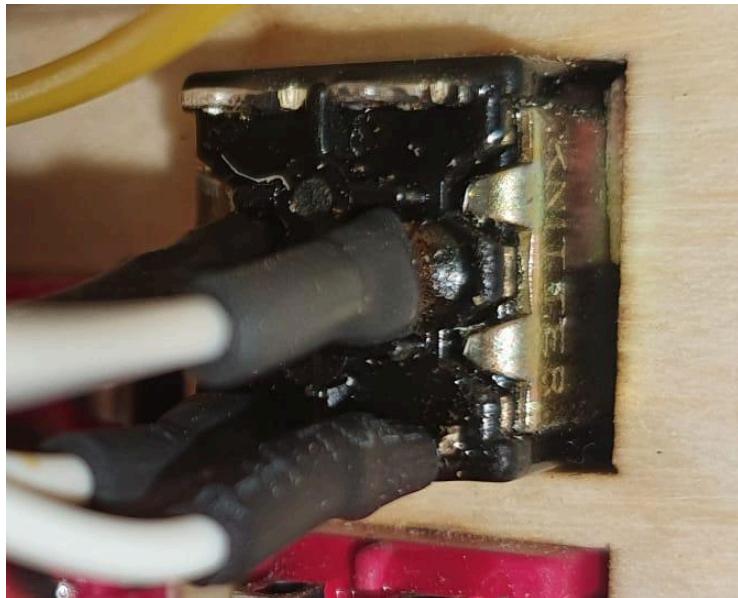
Lijm alle plywood platen aan elkaar zodat het eindproduct in figuur 20 ontstaat. Zorg er hierbij voor dat de bovenste 3 platen en het plaatje links achter aan de zijkant niet vast worden gelijmd. Hierdoor kan alle elektronica nog worden geïnstalleerd.



Figuur 20: Lijmen van de behuizing

Stap 5: Schakelaars voorbereiden

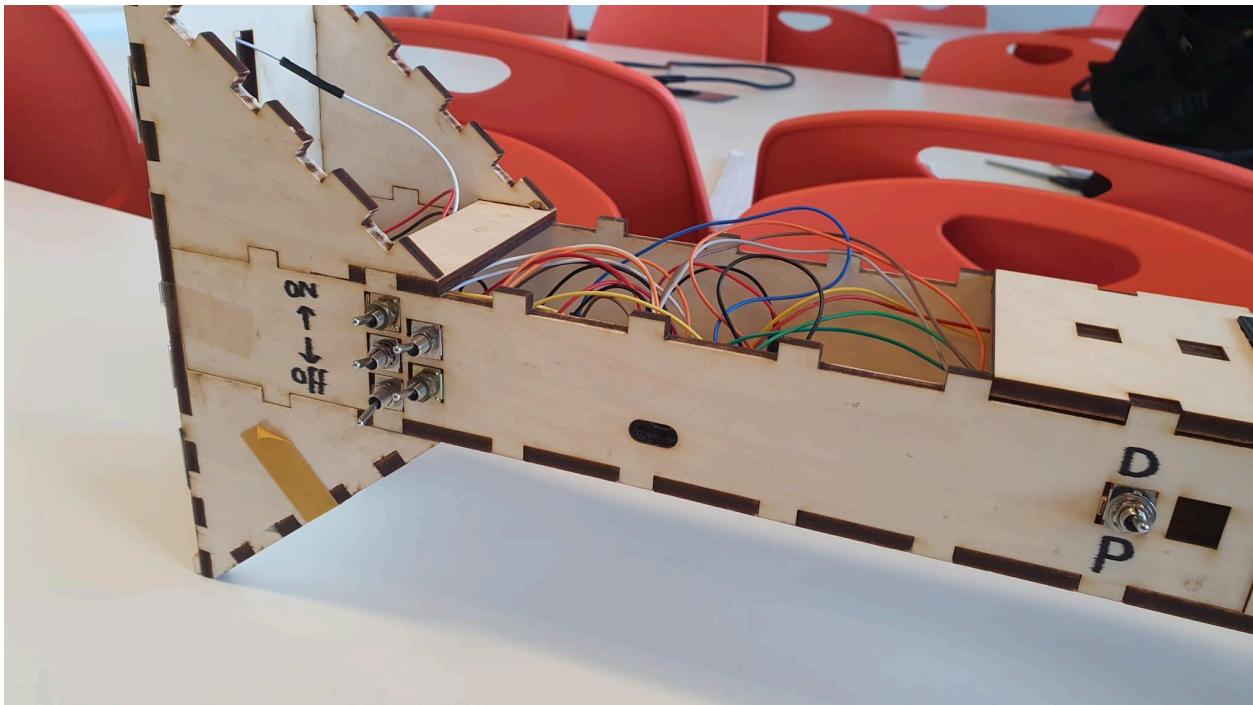
Soldeer aan alle schakelaars 4 draden, zoals in figuur 21.



Figuur 21: Schakelaar verbinding

Stap 6: schakelaars installeren

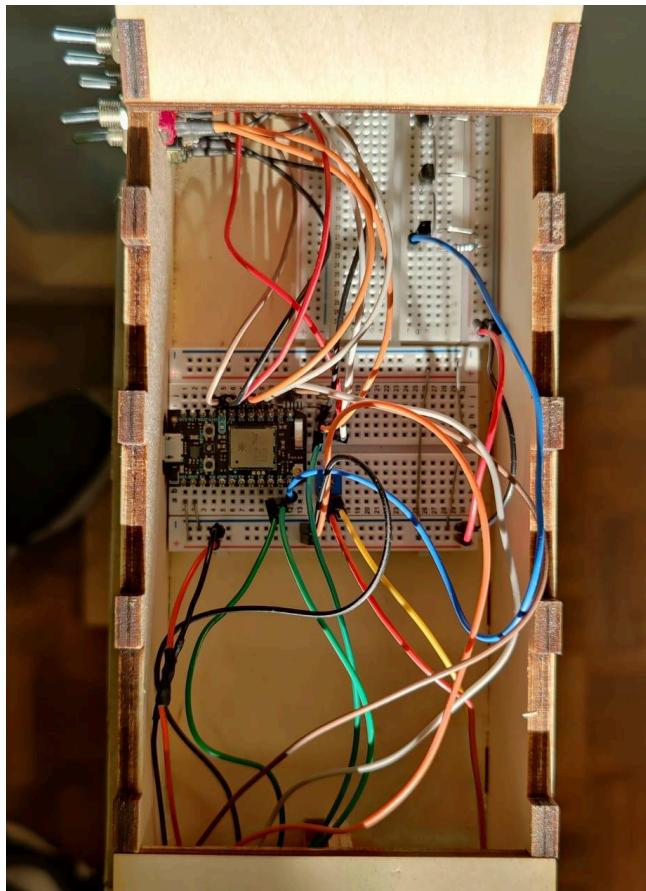
Installeer de schakelaars in de gaten in de behuizing zoals in figuur 22



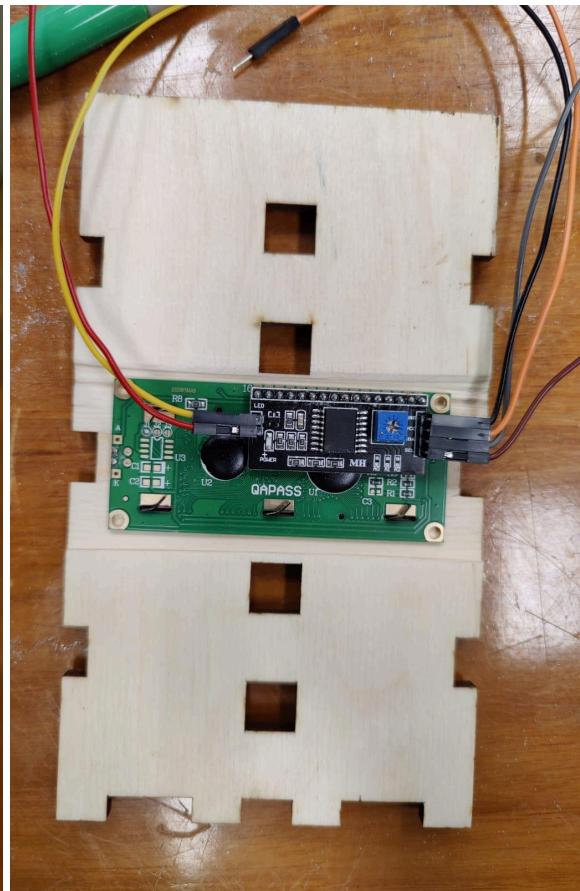
Figuur 22: Schakelaars in de behuizing

Stap 7: elektronica

Installeer het lcd scherm op de daarvoor uitgesneden plek, zie figuur 24. Installeer de batterij houder links achter naast het losse plaatje. Verbind het circuit met de batterijen, het lcd scherm, de schakelaars en de photon zoals in figuur 23.



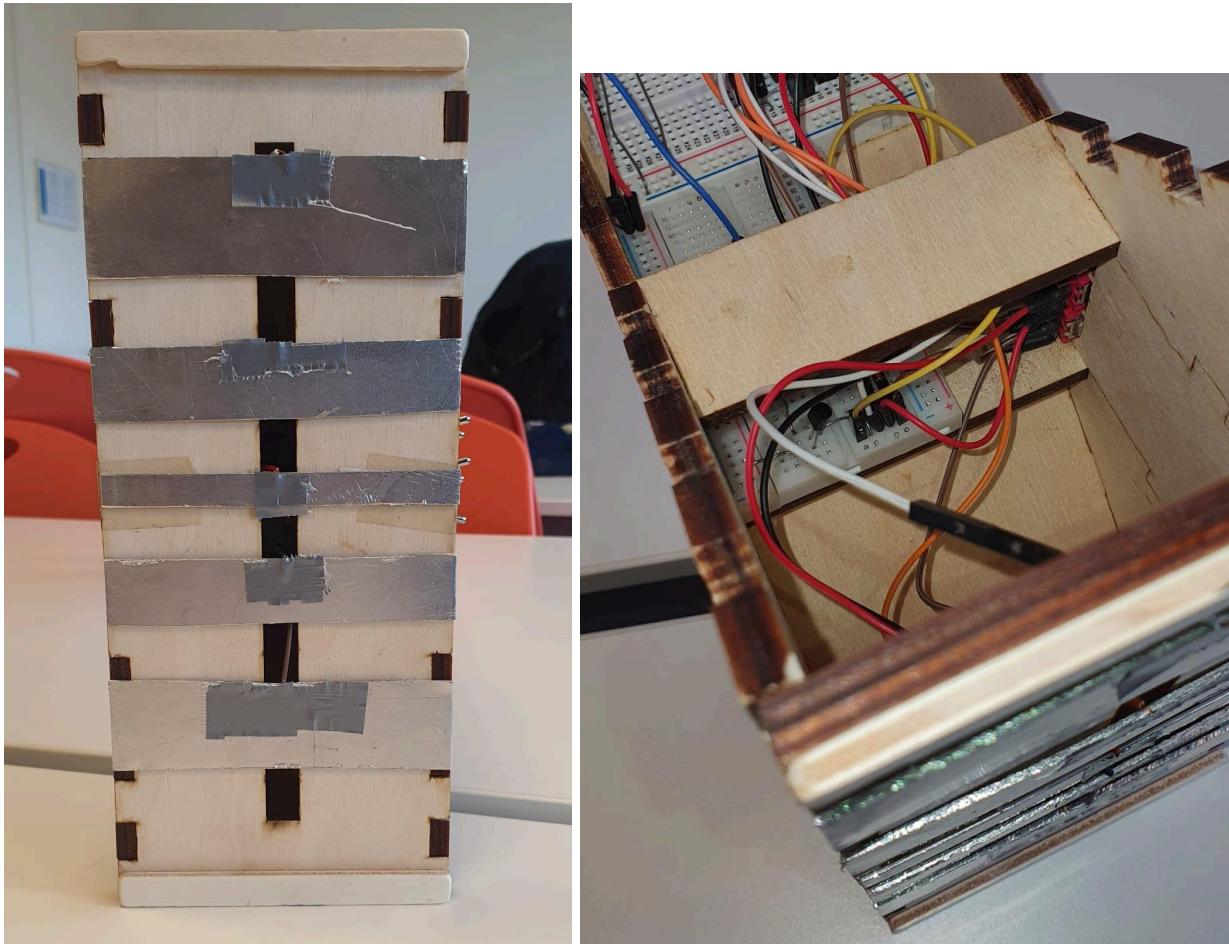
Figuur 23: verbinding tussen circuits en schakelaars



Figuur 24: verbinding lcd-scherm

Stap 8: Condensatorplaten

Plak de 5 condensatorplaten over de sleuf en verbind deze aan de schakelaars zoals in figuur 25 en 26.



Figuur 25 en 26: Condensator platen en verbinding naar de schakelaars

Stap 9: Handvat

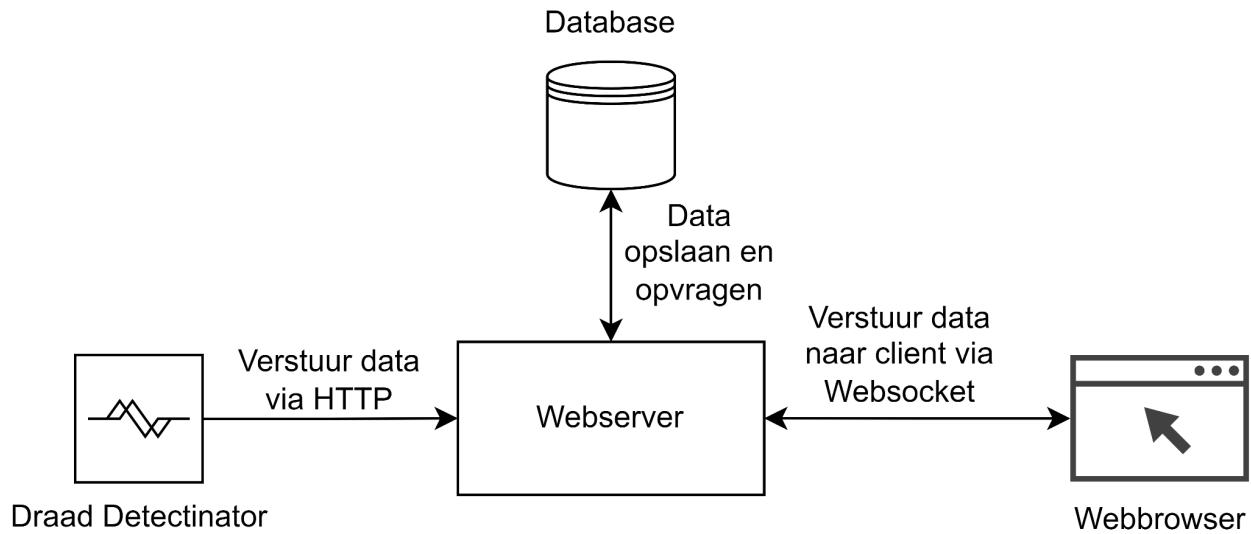
Maak het 3D-geprinte handvat vast aan de behuizing met 3 boutjes en moertjes.

Stap 10: Software

Upload met een usb kabel de software naar de photon.

Draadloze datavergaring

Om de Draad Detectinator draadloos uit te kunnen lezen is een webapplicatie gebouwd. De hele infrastructuur bestaat uit vier onderdelen. Deze drie onderdelen worden eerst kort besproken en zullen daarna uitgebreid worden uitgewerkt. Het eerste onderdeel is de Draad Detectinator die met behulp van de ingebouwde WiFi-chip data stuurt naar het tweede onderdeel, een webserver. Deze webserver slaat de data op in een aangekoppelde database. Als een client (het derde onderdeel) verbindt met de server, dan zal deze de data opvragen bij de database en deze doorsturen naar de client.



Figuur 27: infrastructuur website

Draad Detectinator

De microcontroller van de Draad Detectinator is een Particle Photon, en deze heeft een ingebouwde WiFi-chip. Op het moment dat de Draad Detectinator een meting heeft gedaan verztuurt deze een HTTP POST request naar de webserver. De volgende data wordt verzonden:

Tabel 4: Data die door de Draad Detectinator naar de server wordt verzonden.

Naam	Datatype	Eenheid	Voorbeelddata
currentMode	int	-	1
voltageArray	float[]	V	[2.30, 2.34, 2.36, ...]
loopTime	float	ms	1.34
Vmax	float	V	3.3
Vptp	float	V	2.6
peakWidth	float	ms	7.00
activatedSwitches	uint8_t	-	0b00100
LcdFirstLine	String	-	"Welcome!"
LcdSecondLine	String	-	"Vptp = 3.3 V"



Webserver

De webserver werkt als tussenpartij tussen de Draad Detectinator en de webbrowser van de client. De webserver is gebouwd met Python Flask en implementeert een hele simpele API met een endpoint voor de Draad Detectinator en een endpoint voor de client. De data die binnenkomt wordt opgeslagen in een sqlite database. De client webapplicatie kan met de webserver verbinden via een WebSocket verbinding. Op het moment dat de webserver nieuwe data ontvangt van de Draad Detectinator wordt deze automatisch doorgestuurd naar alle verbonden clients.

Client

De client webapplicatie is een single page app gebouwd met Vue.js. De webapplicatie maakt een websocket verbinding met de server en zodra er data binnenkomt laat deze de webapplicatie dit zien.



Figuur 28. De webapplicatie waar de gegevens van het meetapparaat uit kunnen worden gelezen.

Kosten-lijst

Tabel 5: Kostenlijst

Artikel	Kosten per stuk	Aantal	Recyclebaar? ja: 50% korting	Kosten
Opstartkosten	€ 1,00	2	nee	€ 2,00
plywood plaat 450x600x6 mm	€ 7,50	1	nee	€ 7,50
3D-print kosten	€ 0,50 p/u	16 uur	nee	€ 8,00
Tuimelschakelaar	€ 1,00	6	ja	€ 3,00
BJT Transistor 2N222	€ 0,30	4	ja	€ 0,60
1m houten balk	€ 1,00	4	nee	€ 4,00
1m PVC buis	€ 1,00	1	ja	€ 0,50
Gipsplaat	€ 4,50	1	ja	€ 2,25
Schroeven	€ 0,04	32	ja	€ 0,64
AA batterijhouder 3x	€ 2,00	1	ja	€ 1,00
AA batterij	€ 1,00	3	nee	€ 3,00
photon development kit	€ 18,00	1	ja	€ 9,00
LCD met module	€ 10,00	1	ja	€ 5,00
Breadboard 400 pin	€ 2,00	2	ja	€ 0,00 ¹
Aluminium plaatje 100x150	€ 1,00	1	nee	€ 1,00
Pot-meter	€ 1,00	1	ja	€ 0,50
Draden	€ 0,01	~40	nee	€ 0,40
Ijzerdraad	€ 0,01	~1	nee	€ 0,01
weerstand	€ 0,10	2	ja	€ 0,10

¹ Zat in het DEF 1 pakket en wordt dus gratis beschouwd



Verlengsnoer	€ 3,00	1	ja	€ 1,50
Totale kosten				€ 50,00

Opmerkingen

Er zijn een aantal opmerkelijke bevindingen gedaan toen we het meetinstrument volledig gemaakt hadden en in gebruik stelde. Deze hebben we als vragen geformuleerd hieronder en beantwoord met fysieke verklaringen:

Fysische verklaringen

Waarom is er een basis voltage en waarom gaat het ontvangen signaal omlaag als we iets meten?

De condensatoren zijn parallel verbonden met elkaar en met een extra draad, vervolgens gaat het ons detectiecircuit in. De condensatorplaten vormen geen gesloten circuit met het draad (er lopen tenslotte geen elektronen door de lucht en gipsplaat heen), maar er ontstaat wel een potentiaalverschil wat de elektronen in beweging brengt. Het draad heeft een wisselspanning erop staan en duwt en trekt de elektronen dus ook in de plaat via het voltage verschil met een frequentie van 50Hz (dit is standaard in elektriciteitskabels). Nu is het zo dat de transistor in ons circuit alleen positieve stroom toelaat, en dus voert het continu elektronen weg. Op een gegeven moment is de plaat positief geladen. Omdat dit onze meting beïnvloedt wordt er een extra draad aan toegevoegd die een hele hoge impedantie heeft (soms juist een lage, dit stellen we zelf in door de switchmodus van de photon veranderen zodat de platen kunnen ontladen wanneer we willen), er kan een hele kleine stroom gaan lopen. Als er geen elektriciteitskabel tegenover de condensatorplaten aanwezig is, en omdat de transistor een semiconductor bevat, gaat een basisstroom lopen wat wordt versterkt naar het basisvoltage wat we meten. Zodra het meetinstrument tegenover een elektriciteitskabel wordt gezet, wordt het beschreven spanningsverschil opgelegd op de elektronen in de platen. Echter nu, omdat er nog steeds de mogelijkheid bestaat voor de elektronen om via het extra draad te lopen, zal er een kleine stroom ontstaan door dit draad. Hierdoor komt er minder binnen op de verbonden transistor en wordt het signaal minder versterkt. Het signaal wat uit het circuit komt lijkt dus geïnverteerd te zijn en heeft dippen vanaf de basisvoltagemeting op 50Hz (de frequentie van de wisselspanning door de elektriciteitskabel in de muur).

Hoezo moet je fysiek verbonden zijn met de ground?

We hebben de ground van het circuit verbonden met het lichaam, omdat we werken met hele kleine stromen die we versterken. Bij de ordegrootte stromen waarmee wij werken ($\sim pA$), moeten we rekening houden met de stroom die door het lichaam loopt via het handvat, naar de grond. Normaalgesproken gaat de stroom dan dus door het apparaat, maar dat maakt het signaal dus gevoelig voor waar het apparaat vastgehouden wordt. Omdat dit de metingen lastiger en onzekerder maakt, hebben we ervoor gekozen om deze stroom kort te sluiten met een draad die naar het handvat loopt en wat vastgehouden wordt door de gebruiker. Zo is het apparaat ongevoelig voor waar men het vasthoudt.

Waarom springt de meting soms naar 0?

Er loopt een kleine stroom door het lichaam. Hierbij moet het lichaam beschouwd worden als condensator. Gezien er sprake is van een wisselspanning binnen het circuit, loopt er stroom door de condensator. Wanneer echter het apparaat losgelaten wordt met een enkele hand, dan is het alsof de condensator ontkoppeld wordt. Volgens de natuurkundige principes achter condensatoren, zal de condensator proberen alsnog stroom door zich te laten lopen. Hiervoor heeft het zoveel mogelijk voltage nodig. Het hele detectiecircuit wordt dus als het ware kortgesloten en dus leest het 0V af.

Waarom is het meetapparaat zo groot?

Het apparaat is bijna een halve meter lang (480mm). Dit is zo gekozen omdat de stromen die door de condensatorplaten lopen, ontzettend klein zijn en dus zeer gevoelig voor veranderingen in de omgeving. Zo mag er bijvoorbeeld geen hand in de buurt zijn van de plaat waarmee het een parasitaire koppeling kan maken. Om deze bescherming van het signaal te verzekeren, hebben we ervoor gekozen het meetapparaat zo lang mogelijk te maken zonder dat het onhandbaar wordt.

Waarom gebruiken jullie meerdere condensatorplaten?

Condensatorplaten die parallel geschakeld zijn, daarvan wordt de capaciteitswaarde opgeteld. Wij hebben meerdere platen gebruikt en deze parallel geschakeld via een switch. Met deze switch wordt de plaat wel of niet verbonden met het circuit, en zo wordt de capaciteitswaarde van ons meetapparaat veranderd. De verschillende capaciteiten die we zo kunnen bereiken moeten worden gezien als de versnellingen van een auto: Het liefst wil je zo snel mogelijk kunnen rijden, dus wil je in de vijfde versnelling rijden, echter is de vijfde versnelling niet geschikt voor lagere snelheden binnen de bebouwde kom. Zo werken onze verschillende capaciteiten voor afstanden: alle platen bij elkaar kunnen kabels op de langste afstand vinden, maar deze zijn verzadigd en dus ongevoelig voor het meten van korte afstanden van kabels die in de buurt zijn, daarvoor moet slechts enkele platen gebruikt worden.



Werkt het meetapparaat ook voor andere muren?

Jazeker! Het meetinstrument is gevoelig genoeg om bij dunne muren ver te kunnen meten. Een andere muur heeft wel een andere diëlektrische constante, wat het signaal beïnvloedt, dus zou het meetinstrument opnieuw gekalibreerd worden.

Appendix

Broncode van de Draad Detectinator

Te vinden online. <https://github.com/Hoog3059/DraadDetectinator>

Broncode van de webserver

Te vinden online. <https://github.com/Hoog3059/DraadDetectinator>

Broncode van de webapplicatie

Te vinden online. <https://github.com/Hoog3059/DraadDetectinator>

Bronnenlijst

Baird, S. A., & Coventry, G. C. (1999). Wire tracing apparatus (IP Australia Patent Nr. AU1737399A).

[bigclivedotcom] (Regisseur). (2021). Volt stick circuits and tests [YouTube].
<https://www.youtube.com/watch?v=ejek0BMiE3s>

Bystrom, L. M. J., & Klingber, G. C. (2006). Voltage detection stick (European Patent Office Patent Nr. EP1350118B1).

Celine Lee. (2018). FINAL PROJECT: METAL DETECTOR.
https://celine-lee.github.io/project_pdfs/Final_Metal_Detector.pdf

Crazy Couple DIY (Regisseur). (2019). Contactless Voltage Detector [YouTube].
<https://www.youtube.com/watch?v=Bw11igeWIEA>

[DD ElectroTech] (Regisseur). (2021). How to Make a Metal Detector at Home [YouTube].
https://www.youtube.com/watch?v=XY5j_dhv150

Dino Segovis [HackaweeTV] (Regisseur). (2011). Wireless Voltage Detector... Sort of [YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=2PGDFBI5iz8>

[electronicsNmore] (Regisseur). (2015). HOMEMADE METAL DETECTOR ~ Simple & Sensitive(Schematic) [YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=Pbx2tnt1J0>

Hexagon Geosystems & Renata Barradas Gutierrez. (2017, mei 23). How cable locators work—Principles of buried utility detection. Hexagon Geosystems Blog.
<https://blog.hexagongeosystems.com/how-cable-locators-work-principles-of-buried-utility-detection/>

J.A. McNeil & Colorado School of Mines. (2004). The Metal Detector and Faraday's Law. THE PHYSICS TEACHER, 42, 8–12. <https://doi.org/10.1119/1.1790347>

Klingber, G. C., & Cook, D. (2000). Voltage detection stick (World Intellectual Property Organization Patent Nr. WO2000026678A1).

Mehdi Sadaghdar [ElectroBOOM] (Regisseur). (2019). WOW! ⚡ AC VOLTAGE ⚡ Detector Circuit?! Can It Be?! [YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=D2ekBjrHzYo>

Olsson, M. S., Merewether, R., Stuart, P. G., Martin, M. J., Maier, C. H., & Jessup, A. H. (2020). Buried locators systems and methods (US Patent Office Patent Nr. US10677820B2).

Radiodetection. (z.d.). Three world class cable avoidance tools. Geraadpleegd 23 september 2022, van https://www.cablejoints.co.uk/upload/Cable_Avoidance_Tools.pdf

Radiodetection. (2017). The theory of buried cable and pipe location.
<https://www.radiodetection.com/sites/default/files/Theory-Buried-pipe-manual-V10.pdf>

Rezaei, M., Baharian, M., & Mohammadpour-Aghdam, K. (2021). An Analysis of the Magnetic Field Antenna. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 69(7), 3654–3663.
<https://doi.org/10.1109/TAP.2020.3044650>

Schauerte, H. (1988). Testing instrument for detecting alternating voltages in mains and alternating electromagnetic fields in the vicinity of voltage-carrying conductors (US Patent Office Patent Nr. US4724382A).

Schonstedt (Regisseur). (2014). Schonstedt's Principles of Pipe & Cable Locating [YouTube].
<https://www.youtube.com/watch?v=ACOHwbv19g>

Serious Detecting. (z.d.). Metal Detector Technologies. Serious Metal Detecting.
Geraadpleegd 23 september 2022, van
<https://www.seriousdetecting.com/library/metal-detector-technologies/>

Sirattz, J. M. (1992). Insulated, hand-held non-contacting voltage detection probe (US Patent Office Patent Nr. US5103165A).

Tempo Communications Inc. (2019). Model 501 Tracker(TM) II Cable Locator System.
https://tempo.queup.com/web/documents/ART_52031017_REV-6_INSTRUCTION-MANUAL.pdf

Wang, P., Goddard, K. F., Lewin, P. L., Swingler, S., Atkins, P., & Foo, K. Y. (2011). Magnetic Field Measurement to Detect and Locate Underground Power Cable. ICPTT 2011, 2291–2297. [https://doi.org/10.1061/41202\(423\)242](https://doi.org/10.1061/41202(423)242)

Yanagisawa, K. (2015). Voltage detecting apparatus and line voltage detecting apparatus (US Patent Office Patent Nr. US9201100B2).

Yanagisawa, K. (2018). Voltage detecting apparatus (US Patent Office Patent Nr. US10012677B2).

Notulen

06-09-2022

Aanwezig:

- Timo Hoogenbosch
- Remi van den Berg
- Simon ten Dam
- Luc Koster

Actielijst vorige meeting:

Mensen die geen persoonlijke taken hebben zijn hoofdverantwoordelijk voor de taken die op iedereens naam staan.

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline
Timo	Notulist	Code of Conduct maken	6-9-22 12.30 af	9-9-22 12.30
Remi	-			
Simon	Secretaris	- Inleveren	-afmaken op 9-9	-9-9-22



		ontwerpverslag - Notulen inleveren	-6-9 inleveren	-6-9-22
Luc	Voorzitter			
Iedereen	-	3D tekening van instrument Verslag ontwerpkeuze ontwikkelen	Huiswerk	9-9-22 12.30 9-9-22 12.30

Besproken punten

We hebben besproken wat iedereens rol is, en wie wat gaat inleveren. We hebben afgesproken om thuis na te denken en in te lezen hoe detectiemethodes werken. Vrijdag gaan we dan keuze maken ertussen.

Genomen beslissingen en gevolgen

- De keuzes voor rollen staan hierboven. Het gevolg is een duidelijke verdeling van wie wat moet doen en waarvoor hij verantwoordelijk is.

Update actielijst

N.v.t.



13-09-2022

Aanwezig:

- Timo Hoogenbosch
- Remi van den Berg
- Simon ten Dam
- Luc Koster

Actielijst vorige meeting:

Mensen die geen persoonlijke taken hebben zijn hoofdverantwoordelijk voor de taken die op iedereens naam staan.

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline
Timo	Notulist	Code of Conduct maken	6-9-22 12.30 af	9-9-22 12.30
Remi	-			
Simon	Secretaris	- Inleveren ontwerpverslag - Notulen inleveren	-afmaken op 9-9 -6-9 inleveren	-9-9-22 -6-9-22
Luc	Voorzitter			
Iedereen	-	3D tekening van instrument Verslag ontwerpkeuze ontwikkelen	Huiswerk	9-9-22 12.30 9-9-22 12.30

Besproken punten/WVTTK

We hebben besproken wat de plan van aanpak is deze week. Hieruit is gekomen dat we in tweetallen gaan werken, de ene groep gaat aan de capacitor circuit werken en de andere aan metaaldetectie. Verder is afgesproken om ons werk te vorderen in LTSpice, gezien dit voldoende zou zijn voor ons.

Vergadering met TA

Introductie en plan voor deze week

We gaan twee circuits simuleren. Twee mensen gaan metaaldetectie onderzoeken en twee gaan de condensator onderzoeken. Eerste wilden we een simulatie doen door de E en B velden te simuleren maar dat gaan we niet doen omdat dat te ingewikkeld is. We gaan in LTSpice het circuit simuleren, omdat dit simpeler is en waarschijnlijk goed genoeg is. Ook hier hebben we soms nog moeilijkheden omdat we nog geen onderwijs hebben gehad in circuits bij EI, we hebben wel allemaal kleine ervaring met LTSpice. Het is nog moeilijk in te schatten hoe lang we gaan doen over het maken van een kalibratiegrafiek.

Hoe kunnen we een metaaldetector simuleren?

Eigenlijk kalibreer je het in de praktijk. Je kan wel het circuit simuleren met een variabele inductor in LTSpice, maar we weten niet hoe het in de praktijk de inductie zal beïnvloeden. Je zou een natuurkunde simulatie systeem kunnen gebruiken, die dan voor jou kan uitrekenen wat de inductie is. Eigenlijk is het beter om het in de praktijk te kalibreren. Inschatting maken van het maximale en minimale signaal wat je zou kunnen meten.

Wat hebben we nu al gesimuleerd?

In LTSpice hebben we het condensatorcircuit al een beetje gesimuleerd. Daaruit krijgen we een beetje aparte maar misschien redelijke grafiek (hij schommelt vrij willekeurig maar de trend lijkt te kloppen).

Wat hebben we al onderzocht/gesimuleerd van de metaaldetector?

We hebben een schematisch circuit gevonden online, maar we begrijpen het nog niet helemaal, en het is waarschijnlijk iets te ingewikkeld voor onze doeleinden. We willen waarschijnlijk een iets eenvoudiger circuit maken dat alleen de meetwaarde baseert op veranderende inductie tussen de signaalspoel, ontvangersspoel en (te detecteren) stroomdraad.

Wie gaat waar aan werken?

Timo en Luc: Condensatorcircuit

Simon en Remi: Metaaldetectorcircuit

Genomen beslissingen en gevolgen

- De keuzes voor rollen staan hierboven. Het gevolg is een duidelijke verdeling van wie wat moet doen en waarvoor hij verantwoordelijk is.

Update actielijst



Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline
Timo	Notulist	- Het bereik van condensatorwaarden berekenen - Een simulatie in LTSpice maken van de Capacitive Detector	13-9-22 tot 11 uur 13-9-22 tot deadline	13-9-22 12.30 16-9-22 12.30
Remi	-	Een simulatie in LTSpice maken van de metaaldetector circuit	13-9-22 tot deadline	16-9-22 12.30
Simon	Secretaris	Een simulatie in LTSpice maken van de metaaldetectorcircuit	13-9-22 tot deadline	16-9-22 12.30
Luc	Voorzitter	-Notulen en planning week maken -Een simulatie in LTSpice maken van de Capacitive Detector	13-9-22 8.45 12-9-22 tot deadline	13-9-22 10.00 16-9-22 12.30
Iedereen	-	- Fysische simulaties maken voor het instrument - Voorspelling maken van kalibratiegrafiek - Docentgesprek		16-9-22 12.30 16-9-22 12.30 13-9-22 12.30
Individueel		-Informatievaardi gheden toets		16-9-22 12.30

27-09-2022

Aanwezig:

- 
- Timo Hoogenbosch
 - Remi van den Berg
 - Simon ten Dam
 - Luc Koster

Actielijst vorige meeting:

Mensen die geen persoonlijke taken hebben zijn hoofdverantwoordelijk voor de taken die op iedereens naam staan.

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline
Timo	Notulist	<ul style="list-style-type: none"> - Het bereik van condensatorwaarden berekenen - Een simulatie in LTSpice maken van de Capacitive Detector 	13-9-22 tot 11 uur 13-9-22 tot deadline	13-9-22 12.30 16-9-22 12.30
Remi	-	Een simulatie in LTSpice maken van de metaaldetector circuit	13-9-22 tot deadline	16-9-22 12.30
Simon	Secretaris	Een simulatie in LTSpice maken van de metaaldetectorcircuit	13-9-22 tot deadline	16-9-22 12.30
Luc	Voorzitter	<ul style="list-style-type: none"> -Notulen en planning week maken -Een simulatie in LTSpice maken van de Capacitive Detector 	13-9-22 8.45 12-9-22 tot deadline	13-9-22 10.00 16-9-22 12.30
Iedereen	-	<ul style="list-style-type: none"> - Fysische simulaties maken voor het instrument - Voorspelling maken van 		16-9-22 12.30 16-9-22 12.30

		kalibratiegrafiek -Docentgesprek		13-9-22 12.30
--	--	-------------------------------------	--	---------------

Resultaat vorige actielijst

De nodige taken zijn afgekomen voor de deadline. De circuit zijn nog niet helemaal af.

Besproken punten/WVTTK

We hebben met de TA besproken hoe het er nu voor staat. Onderling hebben we nog besproken dat we de taken weer verdelen zoals ze waren.

Vergadering met TA

Puntjes vooraf

- Notulen zien er goed uit.
- Feedback gekregen? Sommige groepjes hebben het niet gekregen namelijk. --> Wij hebben nog geen feedback gekregen, op eigenlijk alles.

Samenvatting van de week

We zijn deze week verder gegaan aan circuit, want we waren nog niet klaar, en nog steeds niet. Deze week gaan we het circuit afmaken.

We moeten de meetfouten nog kwantificeren, maar deze zouden relatief klein moeten zijn. Daar gaan we vrijdag aan werken.

Vrijdag gaan we ook de definitieve bestellijst afmaken.

Gaat het lukken om het circuit deze week af te maken?

We denken van wel. Metaaldetectorcircuit lijkt goed te werken, met de capacitieve koppeling hebben we nog een beetje moeite. De waardes die we krijgen zijn vrij klein en moeilijk te meten. Dus we zijn nog niet overtuigd van het circuit dat we nu hebben.

Over sommige dingen zijn nog niet nagedacht. Zoals hoe we de data naar een webserver gaan sturen.

We hebben nog geen iteraties gedaan met betrekking tot budget.

Gaan we een Raspberry Pi of Arduino gebruiken?

Raspberry Pi heeft geen ADC dus die vervalt eigenlijk al, tenzij we een ADC apart willen aansluiten, want op zich zou het gewoon moeten kunnen met een Arduino.

Hoe gaan we een testopstelling maken?

Samen met het andere groepje gaan we een kunstmatige muur opstelling maken.

Plan voor komende weken

Volgende projectweek gaan we zo snel mogelijk bij de makerspace zijn om te kunnen beginnen met bouwen. We willen zo snel mogelijk onderdelen 3D-printen.

- Tip: IO werkplaats kan je gewoon in.
- Tip: X heeft ook een werkplaats.

Hoe gaat het ontwerp eruit zien?

We maken een ge-3D-print 'doosje'.

We gaan spoelen draaien, redelijk veel windingen. Dan zit je al snel op 500 windingen. 0.4 mm als maar voor de draad lijkt een oké dikte voor de draad.

Commentaar op notulen

- Tabel toevoegen met 'gedaan' en wat er niet is gelukt.
- Ziet er goed uit verder.

Genomen beslissingen en gevolgen

We hebben opnieuw de taken verdeeld en we gaan aan de slag.

Update actielijst

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
Timo	Notulist	Condensator circuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30	V
Remi	-	Metaaldetectie circuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30	V
Simon	Secretaris	Metaaldetectie circuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30	V
Luc	Voorzitter	Condensator circuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30	V
Iedereen	-	Meetfouten kwantificeren condensatorcircuit	27-09 tot deadline	30-09 12:30	V V
		Meetfouten kwantificeren metaaldetectie	27-09 tot deadline	30-09 12:30	



		ecircuit			
Individueel					



10-10-2022

Aanwezig:

- Timo Hoogenbosch
- Remi van den Berg
- Simon ten Dam
- Luc Koster

Actielijst vorige meeting:

Mensen die geen persoonlijke taken hebben zijn hoofdverantwoordelijk voor de taken die op iedereens naam staan.

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline
Timo	Notulist	Condensatorcircuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30
Remi	-	Metaaldetectiecircuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30
Simon	Secretaris	Metaaldetectiecircuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30
Luc	Voorzitter	Condensatorcircuit afmaken	27-09 tot deadline	30-09 12:30
Iedereen	-	Meetfouten kwantificeren condensatorcircuit Meetfouten kwantificeren metaaldetectiecircuit	27-09 tot deadline 27-09 tot deadline	30-09 12:30 30-09 12:30

Resultaat vorige actielijst

De circuits zijn al beter maar moeten nog versimpeld worden. Het kwantificeren van de meetfouten is goed gelukt.

Besproken punten/WVTTK

We hebben met de TA besproken hoe het er nu voor staat. Onderling hebben we nog besproken dat we de taken weer verdelen zoals ze waren.

Vergadering met TA

Hoe is het afgelopen werkweek gegaan?

Er waren redelijk wat tegenslagen. We zaten moeilijk te doen met het circuit. We hadden twee circuits, en dat is misschien lastig te combineren. Het condensatorcircuit is wel redelijk af. Het probleem ligt nu nog bij het metaaldetectiecircut. Het is waarschijnlijk het beste om te beginnen met een condensatorcircuit. We hebben nu met de twee circuits parallel gewerkt, maar we willen nu iets meer samenwerken.

Wat gaan we nu doen?

We willen de circuits gaan samenvoegen en versimpelen. Wij dachten eraan in de makerspace te gaan zitten en te gaan testen en dingen te gaan doen voordat het ontzettend druk wordt.

Hoe is het met de kalibratiegrafiek gegaan?

Het was nog steeds lastig met het metaaldetectiecircut, maar we hebben wel wat in kunnen leveren wat wij denken dat redelijk is.

Genomen beslissingen en gevolgen

We hebben opnieuw de taken verdeeld en we gaan aan de slag.

Update actielijst

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
Timo	Notulist	Prototype condensatorp laat	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	
Remi	-	Prototype metaaldetecti e	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	
Simon	Secretaris	Prototype metaaldetecti e	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	
Luc	Voorzitter	Prototype condensatorp laat	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	
Iedereen	-	Definitieve bestellijst doorsturen zodat we volgende week gaan	Maandag tot deadline	14 oktober 12:30	



		bouwen			
Individueel					



17-10-2022

Aanwezig:

- Remi van den Berg
- Simon ten Dam
- Luc Koster

Actielijst vorige meeting:

Mensen die geen persoonlijke taken hebben zijn hoofdverantwoordelijk voor de taken die op iedereens naam staan.

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
Timo	Notulist	Prototype condensatorp laat	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	V
Remi	-	Prototype metaaldetectie	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	V
Simon	Secretaris	Prototype metaaldetectie	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	V
Luc	Voorzitter	Prototype condensatorp laat	Maandag tot deadline	Ochtend van 14 oktober	V
Iedereen	-	Definitieve bestellijst doorsturen zodat we volgende week gaan bouwen	Maandag tot deadline	14 oktober 12:30	X
Individueel					

Resultaat vorige actielijst

De circuits zijn al beter maar moeten nog versimpeld worden. Het kwantificeren van de meetfouten is goed gelukt.

Besproken punten/WVTTK

We hebben met de TA besproken hoe het er nu voor staat en wat belangrijke punten zijn om nu aan te werken.

Belangrijke punten:

- Het is belangrijk om te bedenken hoe we een AC signaal kunnen analyseren met de arduino.
- Het is belangrijk om te bedenken hoe we het meetinstrument kunnen aanpassen aan de oriëntatie van een elektriciteitskabel in de muur.
- Het is belangrijk om te bedenken hoe we een de gemeten data online kunnen zetten.

Vergadering met TA

Hoe is het afgelopen werkweek gegaan?

Er is gewerkt aan beide detectiemethodes. Uiteindelijk is de keuze gemaakt om alleen verder te werken aan het condensator circuit. Om een grotere range van metingen te krijgen hebben we meerdere condensatorplaten parallel aangesloten. Deze kunnen aan en uit gezet worden.

Hieruit zijn succesvolle metingen ontstaan.

Wat gaan we nu doen?

We gaan nu de meetopstelling verbeteren en de ideale grootte van de condensator plaatjes bepalen. Ook gaan we deze week het ontwerp uitwerken en, zo mogelijk, ook een eerste prototype maken. Verder gaan we beslissen hoe we data online gaan zetten.

Genomen beslissingen en gevolgen

Volgende week maandag gaan we een test doen met het eerste prototype, die dus deze week af moet. Nieuwe taakverdeling is gemaakt zodat deze week duidelijk is waaraan gewerkt moet worden.

Update actielijst

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
Timo	Notulist	Bedenken hoe signaal laten zien en doorsturen naar PC		19-10-22	
Remi	-	Detectieplate n itereren Meetopstellin g verbeteren		21-10-22 21-10-22	



		(ready voor kalibratiemetingen)			
Simon	Secretaris	Detectieplaten itereren Meetopstelling verbeteren (ready voor kalibratiemetingen)		21-10-22 21-10-22	
Luc	Voorzitter	Definitief ontwerp maken (Doorstuurbaar naar Makerspace)		20-10-22	
Iedereen	-				
Individueel					



24-10-2022

Aanwezig:

- Timo Hoogenbosch
- Remi van den Berg
- Simon ten Dam
- Luc Koster

Actielijst vorige meeting:

Mensen die geen persoonlijke taken hebben zijn hoofdverantwoordelijk voor de taken die op iedereens naam staan.

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
Timo	Notulist	Bedenken hoe signaal laten zien en doorsturen naar PC		19-10-22	
Remi	-	Detectieplate n itereren Meetopstellin g verbeteren (ready voor kalibratiemetingen)		21-10-22 21-10-22	
Simon	Secretaris	Detectieplate n itereren Meetopstellin g verbeteren (ready voor kalibratiemetingen)		21-10-22 21-10-22	
Luc	Voorzitter	Definitief ontwerp maken (Doorstuurb		20-10-22	



		ar naar Makerspace)			
Iedereen	-				
Individueel					

Resultaat vorige actielijst

Signaal is op internet te zien. Meetopstelling is verbeterd maar nog niet klaar. Ontwerp is klaar om naar de Makerspace gestuurd te worden.

Besproken punten/WVTTK

We hebben met de TA besproken hoe het er nu voor staat en wat belangrijke punten zijn om nu aan te werken.

Belangrijke punten:

- Volgende week maandag moet het eigenlijk al af, of ten minste kalibreerklaar zijn.

Vergadering met TA

Wat zijn we momenteel aan het doen?

Meetopstelling moet gebouwd worden. Het ontwerp voor het lasersnijden is klaar en moet opgestuurd worden. Voor de rest gaat alles goed. Afgelopen vrijdag deed de proof-of-concept het. We zijn veel aan het troubleshooten omdat er veel dingen zijn die interfereren, vooral grote metalen objecten.

Wat gaan we deze week doen?

We gaan de meetopstelling maken. We zijn erachter gekomen dat de grootte van de condensatorplaten uitmaakt voor het signaal, dus daar moeten we nog aan testen.

TA ==> Wat is de ETA van het maken van het handvat en het lasersnijden?

Wij ==> We willen het vandaag doorsturen, en dan hopen we het volgende week te hebben.

Maar misschien hebben we het al eerder.

TA ==> Jullie kunnen ook nog langs IO om iets te 3D-printen.

TA ==> Voor het kalibreren moet je eigenlijk je hele apparaat al hebben, omdat als je dingen ten opzichte van elkaar gaan verplaatsen, dan gaat je kalibratie ook veranderen.

Wij ==> Dat klopt, daarom willen we zo snel mogelijk alles hebben.

TA ==> De meest relaxte planning is om het aanstaande maandag allemaal af te hebben. Dat is misschien een beetje lastig maar wel iets om naar te streven.

Wij ==> Het is vooral de kalibratie waar we van denken dat het misschien lang gaat duren of dat er iets is waar we ineens tegenaan lopen.

TA ==> Hoe zit het met budget?

Wij ==> We zitten als het goed is goed. We zitten als het goed is nu tussen de 10 en de 15 euro.

Wij ==> Zijn er dingen waar we nog rekening mee moeten houden? Hoe belangrijk is de presentatie vergeleken met dit?

TA ==> Om DEF te halen moet je opstelling werken, dus daar ligt de prioriteit. Je hebt twee presentaties, bij één krijg je een cijfer voor het presenteren, en bij de ander (de demonstratie) krijg je een cijfer voor je project.

TA ==> In principe heeft het handvat geen invloed op het systeem, dus jullie kunnen ook al kalibreren als het handvat nog niet af is. Dan kunnen jullie morgen misschien al kaliberen.

Wij ==> Dat klopt, maar er moeten nog wel wat dingen aangepast worden.

TA ==> Gaat het lukken om voor volgende week maandag alle platen uitgesneden te hebben en het circuit helemaal goed te hebben?

Wij ==> Ja dat moet lukken. We willen volgende maandag de opstelling kalibreerklaar hebben.

Genomen beslissingen en gevolgen

We gaan proberen om voor volgende week maandag in ieder geval een kalibreerbare opstelling te hebben.

Update actielijst

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
Timo	Notulist	Verder met programmeren van de Photon.		Maandag 31 Photon kalibreerklaar	
Remi	-	Testopstelling bouwen Condensator platen itereren		Maandag 31 Maandag 31	



Simon	Secretaris	Testopstelling bouwen Condensator platen itereren		Maandag 31 Maandag 31	
Luc	Voorzitter	Ontwerp klaarmaken voor de Makerspace		Maandag 31 kalibreerklaar Dinsdag 1 handvat ontwerp opgestuurd naar Makerspace	
Iedereen	-	Presentatie maken en oefenen		Donderdag 20	
Individueel					



31-10-2022

Aanwezig:

- Timo Hoogenbosch
- Remi van den Berg
- Simon ten Dam
- Luc Koster

Actielijst vorige meeting:

Mensen die geen persoonlijke taken hebben zijn hoofdverantwoordelijk voor de taken die op iedereens naam staan.

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
Timo	Notulist	Verder met programmieren van de Photon.		Maandag 31 Photon kalibreerklaar	
Remi	-	Testopstelling bouwen Condensator platen itereren		Maandag 31 Maandag 31	
Simon	Secretaris	Testopstelling bouwen Condensator platen itereren		Maandag 31 Maandag 31	
Luc	Voorzitter	Ontwerp klaarmaken voor de Makerspace		Maandag 31 kalibreerklaar Dinsdag 1 handvat ontwerp opgestuurd naar Makerspace	
Iedereen	-	Presentatie maken en oefenen		Donderdag 20	

Individueel					
-------------	--	--	--	--	--

Resultaat vorige actielijst

Het programmeren lijkt bijna klaar, alleen alles wat afhangt van de kalibratie moet nog gebeuren. De testopstelling is klaar. De behuizing van het apparaat is helemaal in elkaar gezet, maar de elektronica moet nog in elkaar gezet worden. De presentaties zijn gehouden.

Besproken punten/WVTTK

We hebben met de TA besproken hoe het er nu voor staat en wat belangrijke punten zijn om nu aan te werken.

Belangrijke punten:

- Circuit moet gebouwd worden en klaargemaakt worden voor de behuizing.
- Handvat moet naar de Makerspace gestuurd worden.
- Apparaat moet gekalibreerd worden.

Vergadering met TA

Wat hebben we gedaan en wat zijn we aan het doen?

Vorige week begonnen met definitieve onderdelen opsturen naar de Makerspace. We hebben het circuit netter gemaakt. Het handvat liep wat achter omdat dat even niet de prioriteit had, maar hij is af en vandaag wordt hij doorgestuurd naar de Makerspace. Vandaag gaan we verder met de condensatorplaten om ze op de juiste grootte te maken. Het schrijven van de code is al bijna af. Vandaag willen we het apparaat helemaal afmaken. We gaan morgen kalibreren, en dat moet in die tijd lukken. Het ontwerpverslag moet ook gemaakt worden, maar dat heeft voor nu nog even geen prioriteit.

Wat vragen we ons af?

We vragen ons af wat het idee is van de handleiding die we moeten maken. Is het als een instructable of is het een gebruikershandleiding?

TA --> Geen idee

Hoe gaan we verder?

Verder loopt alles op schema, we willen nu zo snel mogelijk naar de Makerspace om te solderen en dingen in elkaar te zetten.

Genomen beslissingen en gevolgen

Het circuit gaat in elkaar gezet worden.

Update actielijst

Naam	Rol	To-Do	Planning	Deadline	Gedaan
------	-----	-------	----------	----------	--------



Timo	Notulist	Solderen en circuit	Moet aan einde van 31-10 af		
Remi	-	Solderen en circuit	Moet aan einde van 31-10 af		
Simon	Secretaris	Verder met de behuizing zodat alles past Condensator platen beter maken	Moet aan einde van 31-10 af Moet aan einde van 31-10 af		
Luc	Voorzitter	Handvat opsturen naar Makerspace Verder met de behuizing zodat alles past Condensator platen beter maken	Moet aan einde van 31-10 af Moet aan einde van 31-10 af Moet aan einde van 31-10 af		
Iedereen	-				
Individueel					