

Het herontwerpen van een design klok

Eindverslag

Eindopdracht Bachelor Industrieel Ontwerpen.

Casper Beeris

12/07/2017



**PACO
RAPHAEL**

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

HET HERONTWERPEN VAN EEN DESIGN KLOK

Eindverslag

Bachelor eindopdracht Industrieel Ontwerpen

In opdracht van Paco Raphael en faculteit CTW van de University of Twente.

Januari 2017 - Juli 2017

Betrokken bedrijven:

University of Twente
Opleiding Industrieel ontwerpen
Postbus 217
7500AE Enschede

Paco Raphael
Donker Curtiusstraat 11
1051JM Amsterdam

Auteur:

Casper Beeris
S1353969

Examencommissie:

Voorzitter:	M.B. de Rooij
UT begeleider:	J.F.H. Beeloo
1ste Begeleider vanuit het bedrijf:	P.R. Krijnen
2de Begeleider vanuit het bedrijf:	J. Engel

Aantal pagina's:

61

Aantal bijlagen:

10

Voorwoord



Geachte lezer,

Voor u ligt mijn eindverslag van de bachelor eindopdracht voor de studie Industrieel Ontwerpen. Dit verslag is tot stand gekomen na vier maanden werk bij Paco Raphael. Omdat ik dit niet in mijn eentje gedaan heb wil ik graag een aantal personen bedanken voor de hulp, motivatie en inzichten die zij mij gegeven hebben.

Ten eerste Paco Krijnen en Jelle Engel. Voor het wegwijs maken binnen Paco Raphael, de vele adviezen, steun en inspirerende omgeving.

Jeroen Beeloo, voor het helpen een richting te geven aan mijn opdracht.

En zeker mijn ouders en lieve vriendin voor het geven van extra motivatie en ondersteuning wanneer deze bij mij was weggezakt.

Bedankt allemaal. Het is een zeer leerzame ervaring geweest. En dankzij jullie ook een hele hoop plezier.

Bedankt alvast voor uw interesse in mijn bachelor eindopdracht. Ik wens u veel leesplezier.

Casper Beeris

Samenvatting



Het modern contemporary art bedrijf Paco Raphael wil een design klok op de markt brengen. Hiervoor hebben zij een concept laten bedenken. Dit concept ziet er uit zoals zij willen maar er is nog niet nagedacht over de functionaliteit en productie van het product.

Het doel van deze bachelor opdracht is: voor het concept uit werken welke functies de klok moet bevatten en hoe deze verwezenlijkt kunnen worden. Het onderzoeksdoel komt neer op: “het herontwerpen van een design klok voor functionaliteit en productie”

Om dit te doen is er, met behulp van een doelgroep en functieanalyse, onderzocht welke functies de klok moest vervullen. Daarna zijn deze functies stuk voor stuk getest in meerdere prototypen. In deze prototypen is er onderzocht welke onderdelen het beste invulling kunnen geven aan de functies.

Na een studie naar de productie voor de behuizing van het prototype zijn de losse prototypen samengevoegd. Wat heeft geleid tot een volledig functioneel eindprototype.

Het eindprototype heeft bewezen dat het concept maakbaar is. En het heeft struikelblokken blootgelegd op de weg naar de introductie van het product in de markt. Het grootste struikelblok dat overblijft is de productie van de elektronica.

Het bedrijf heeft na dit stadium niet meer de kennis in huis om het concept verder uit te werken en wordt aangeraden op zoek te gaan naar een externe partner met kennis van elektronische consumenten producten.

Summary



The modern contemporary art company Paco Raphael wants to launch a design clock. For this purpose, they have come up with a concept. The concept looks the part, but it doesn't function yet. Furthermore they do not know how to produce it.

The purpose of this bachelor assignment is to work out the concept to determine the functions the clock should contain and how it can be produced. The research goal is: "Redesign a design clock for functionality and production".

To do this, a target group and function analysis were executed. This gave an idea of the functions the clock had to inherit. These functions were tested in multiple prototypes. The goal of these prototypes was to examine which components should be used for the corresponding functions.

After a study of the casing production, the separate prototypes have been merged. Which has led to a fully functional end prototype.

The final prototype has proven that the concept is feasible. And given an insight in the obstacles on the way to product launch. The biggest obstacle left is the production of electronics.

After this stage, the company no longer has the knowledge to further develop the concept and is advised to seek an external partner with knowledge about electronic consumer products.

1. Inleiding

1.1. Doelstelling	3
1.2. Leeswijzer	3
1.3. Paco Raphael	4

2. Analysefase

2.1. Uitgangspunt	7
Uitstraling	7
Productie	8
2.3. Mogelijkheden Paco Raphael	9
2.2. Doelgroep	9
2.4. Functie analyse	12
Interactie diagram	13
F.A.S.T. Diagram	14
Conclusie	14
2.5. Prototype ontwikkeling	15
Prototype platform	16
2.6. Conclusie	18
Eisen	18
Wensen	18

5. Test & evaluatie

5.1. Gebruikstest	47
Doel	47
Opzet	47
Analyse resultaten	47
Conclusie	48
5.2. Evaluatie	49
Algemeen	49
Technisch	49
Functioneel	49
Onderhoud	49
Productie	49
Conclusie	49

6. Conclusie

6.1. Conclusie	53
6.2. Aanbevelingen	54
6.3. Reflectie	55
6.4. Referentielijst	56
6.5. Figurenlijst	59
6.6. Tabellenlijst	60

Inhoudsopgave

3. Conceptontwikkeling

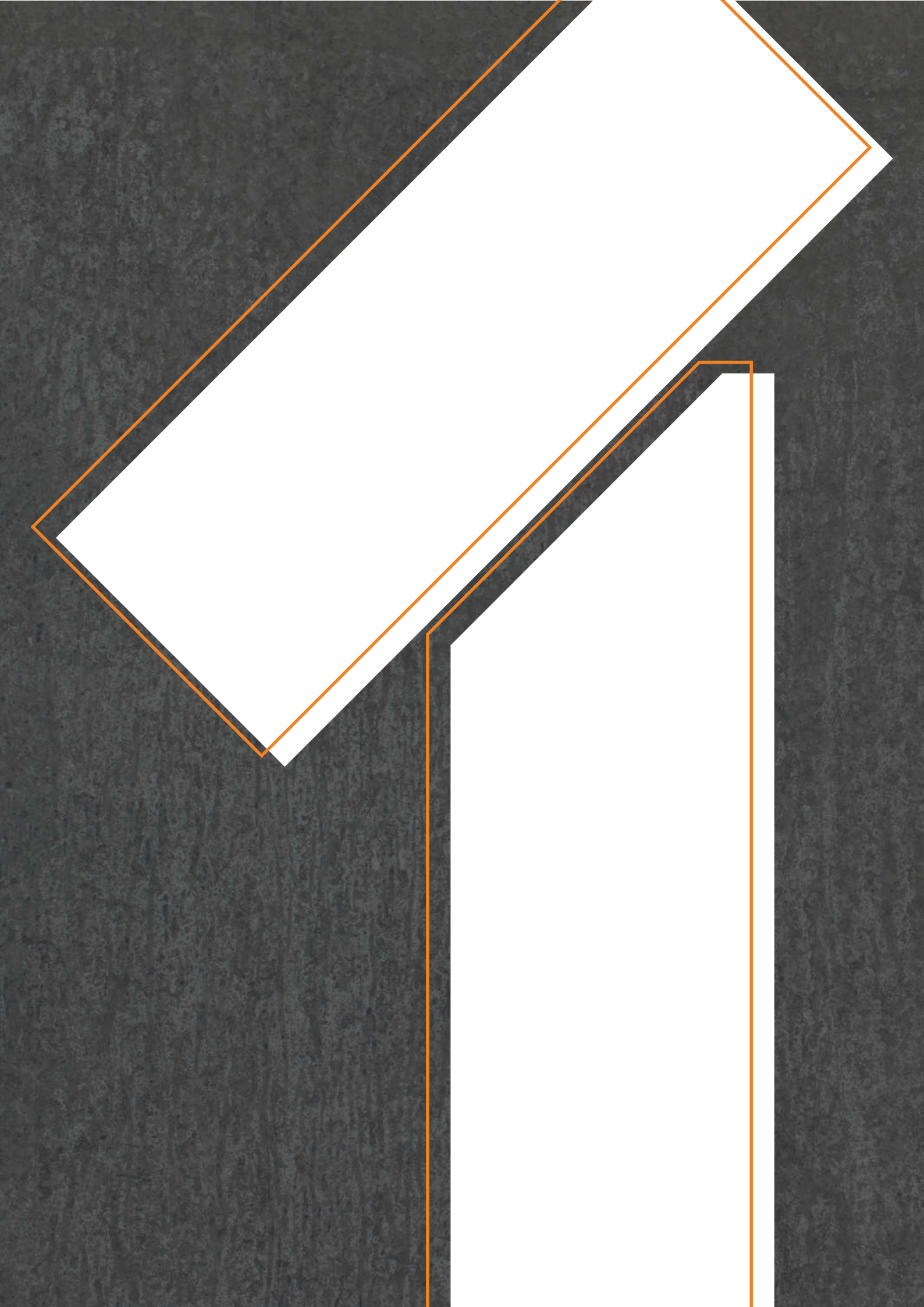
3.1. Prototype bepaling	21
3.2. Prototype 1	23
Real time clock	23
Actuatoren	23
Knoppen	24
Conclusie	25
3.3. Prototype 2	26
Verlichting	26
Wijzers	29
3.4. Prototype 3	31
Update motor	31
Update draaiknoppen	32
Energieverbruik	33
Conclusie	34
3.5. Behuizing	35
Onderdelen	35
3.6. Conclusie	37

4. Detaillering

4.1. Hardware	39
PCB	39
Motoren	39
Sensoren	39
Accu	40
Conclusie	40
4.2. Software	41
4.3. Behuizing	42
Productie	42
Evaluatie prototype	43
Conclusie	43

7. Bijlage

7.1. Werken Paco Raphael	3
7.2. Scenario's	4
7.3. Collages	6
Knoppen	6
Verlichting	6
Renders	7
7.4. O ertes	8
Uitsplitsing kosten	9
FPC Plaatwerk	10
7.5. Bill of Materials	11
Eindproduct, enkelstuks	11
7.6. Energiebepaling 2	12
7.7. Code	13
7.8. Gebruikstest Opzet	19
7.9. Gebruikstest resultaten	21
7.10. Productieverslag	29



1. Inleiding

Dit hoofdstuk geldt als inleiding van dit verslag.

De onderwerpen die voorbij komen zijn:

- De doelstelling
- Een leeswijzer
- Een Omschrijving van de opdrachtgever

1.1. Paco Raphael

3

1.2. Doelstelling

3

1.3. Taakbeschrijving

4

1.1. Doelstelling

Het doel van dit project is “Het herontwerpen van een concept design klok voor functionaliteit en productie”

Het bedrijf “Paco Raphael” wilt een nieuw product. Er is een productidee, maar dit is nog niet verder uitgewerkt dan het uiterlijk. Het doel van deze opdracht is daarom het verder definiëren en prototypen van het bestaande productidee zodat dit te plaatsen is in de markt van functionele kunst of design interieurartikelen. Volgens het bedrijf kan er hierdoor meer afzet worden gegenereerd.

Er is al een vooronderzoek geweest naar de vorm en uiterlijke kenmerken van het product. Dit project zal zich daarom vooral focussen op de technische invulling van het product. Dit zal gedaan worden door het maken van prototypen, waarbij er telkens een slag wordt gemaakt in de functionaliteit van het product. Het uiteindelijke resultaat zal een functioneel prototype zijn, inclusief verslaglegging over het maakproces.

1.2. Leeswijzer

Hoofdstuk 1 is de inleiding, hierin staat de doelstelling van het project en de methodologie. Hoofdstuk 2 bevat de analyse fase, welke begint met een doelgroepanalyse en eindigt met een conclusie op basis van het programma van eisen.

In hoofdstuk 3 is de conceptontwikkeling te vinden. De tussenprototypen worden hier besproken.

Hoofdstuk 4 beschrijft het eindprototype. Waarna dit prototype in Hoofdstuk 5 met behulp van een gebruikstest geëvalueerd wordt.

Hoofdstuk 6 concludeert het verslag.

Daarnaast zijn er in de tekst een aantal afkortingen gebruikt:

PCB: Printed circuit board, wordt ook naar verwezen als programmeerbaar board of prototype platform.

PvE: Programma van eisen, een eisenlijst voor het productontwerp.

Het bedrijf: Hiermee wordt het afstudeerbedrijf Paco Raphael bedoeld.

Actuator: Een onderdeel dat invloed kan uitoefenen op zijn omgeving, in dit geval vaak een motor.

RTC: een real time clock. Een elektronisch onderdeel wat de tijd nauwkeurig kan bijhouden.

1.3. Paco Raphael

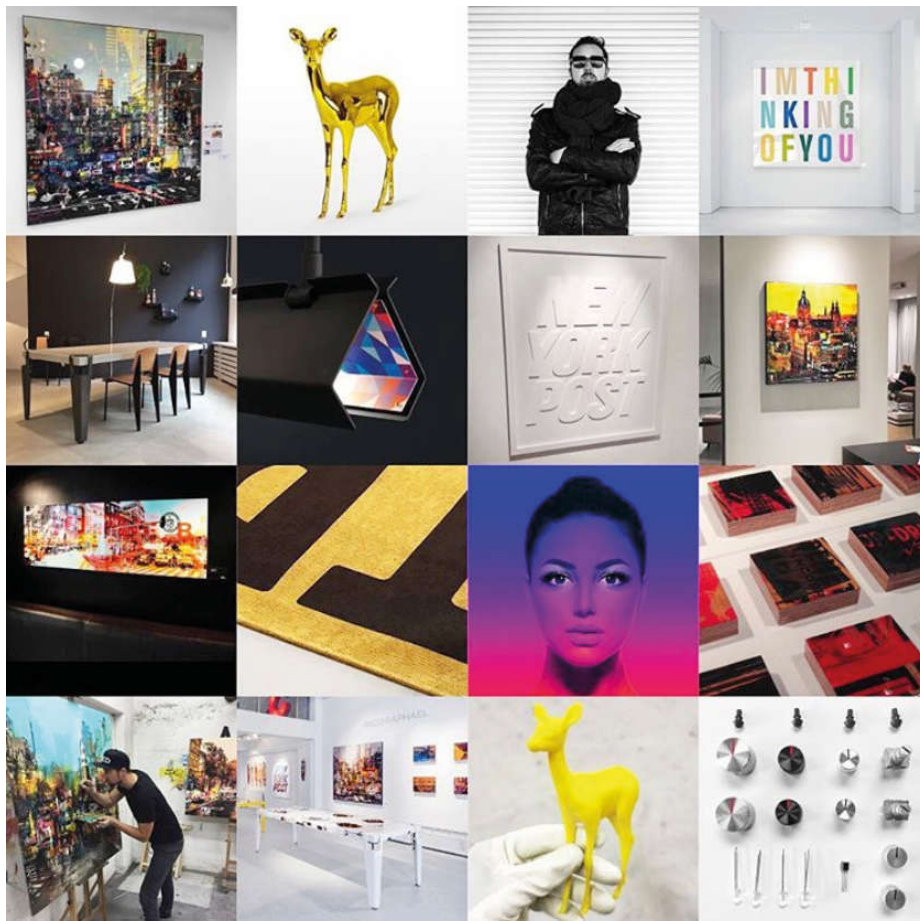
Het bedrijf Paco Raphael is een klein bedrijf wat zich focust op het maken van modern contemporary art. In verschillende landen over de hele wereld verkopen ze mixed media kunstwerken, design tafels en lampen. Het bedrijf wordt gerund door Paco Raphael Krijnen en hij wordt bijgestaan door Jelle Engel.

De werken die worden gemaakt worden door P. Krijnen beschreven als:

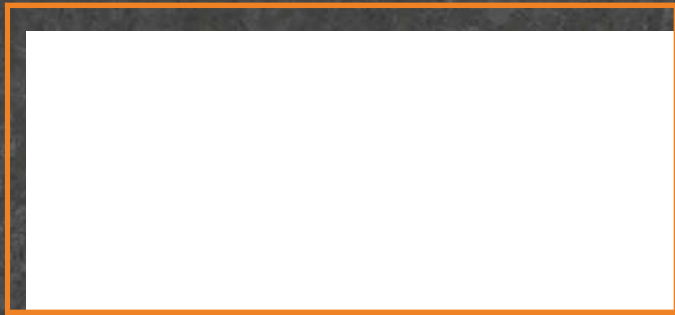
“Ik probeer het functionele en ‘rechttoe-rechtaan’ van
industriële ontwerp ineen modern en eigen jasje
te hijsen zodat het Paco Raphael waardig wordt.”
Paco Krijnen, 2015

Dit resulteert in werken met veel kleur en aandacht voor de afwerking van de gebruikte materialen. Een aantal voorbeelden hiervan zijn te vinden in bijlage 1 en de onderstaande figuur.

Het bedrijf bevindt zich in Amsterdam. Hier bevindt zich een kantoor ruimte, galerie en atelier. Het bedrijf werkt veel samen met externe partijen om producten te kunnen produceren.



Figuur 1-1: Overview Paco Raphael



2. Analysefase

Voordat er gekeken kan worden naar het ontwerp van het functionele prototype, moeten er nog een aantal onderwerpen worden onderzocht:

- De uitgangspositie van het project.
- De mogelijkheden van het bedrijf Paco Raphael.
 - De doelgroep.
- De functionele eigenschappen van het product.
- De mogelijkheden voor elektronische prototypen.
- De eisen en wensen waar het functionele prototype aan moet voldoen.

2.1. Uitgangspunt	7
Uitstraling	7
Productie	8
2.3. Mogelijkheden Paco Raphael	9
2.2. Doelgroep	9
2.4. Functie analyse	12
Interactie diagram	13
F.A.S.T. Diagram	14
Conclusie	14
2.5. Prototype ontwikkeling	15
Prototype platform	16
2.6. Conclusie	18
Eisen	18
Wensen	18

2.1. Uitgangspunt

Dit project gaat verder op een vooronderzoek ge door Industrieel product ontwerp student, de heer C. Uitvlugt in 2015. Dit project heeft een concept als eindresultaat gehad. Hiermee wil Paco Raphael verder werken. Dit eindresultaat is te zien in figuur 2-1 en 2-2. De onderstaande tekst vat samen welke keuzes er gemaakt zijn in het vooronderzoek en refeelecteert op de kwaliteit van deze keuzes.

Uitstraling

Het ontworpen concept is een klok met een wijzerplaat die refereert aan autodashboards. Twee wijzers die los van elkaar de minuten en uren aangeven. Er zijn verschillende wijzerplaten getest, waardoor er nu bekend is dat de klok goed af te lezen is voor de gebruiker.

Het ontwerp heeft twee verschillende versies. Een met een houten bekasting en een gemaakt van zwart geanodiseerd aluminium. De uitstraling van het zichtmodel is goed. Al is er nog verbetering nodig op details zoals voetjes en bediening.



Figuur 2-1: Zichtmodel Hout



Figuur 2-2: Zichtmodel Aluminium

Functionaliteit

Uit een vormstudie(C.Uitvlugt, 2015) is gekomen dat de klok bediend wordt met twee knoppen aan de voorkant. Het valt hier op dat er weinig vernieuwends is gedaan om de interactie met de gebruiker te bevorderen. Waardoor de klok erg levenloos aanvoelt.

De elektronica die het prototype gaat voorzien van functionaliteit moet vanaf nul worden opgebouwd. Er is geen manier om de tijd in het donker af te kunnen lezen. Hier is voor gekozen omdat dit te veel energie zou vragen van de ingebouwde accu, waardoor deze constant opgeladen zou moeten worden. Dit is niet ondersteund met een berekening of meting door C.Uitvlugt. En verlichting is vanuit het bedrijf nog steeds een zeer wenselijke toevoeging aan het concept.

Wat er in het vooronderzoek mist, is een duidelijk beeld van de doelgroep. Dit is kort beschreven maar geeft nog geen duidelijk beeld van de gebruikers, hun eigenschappen en motieven om eventueel een product te kopen. Hierdoor kunnen ook eventuele eisen of wensen gemist zijn. Om dit te ondervangen is er een doelgroepanalyse gedaan welke te vinden is in 2.3 Doelgroep.

Productie

De opbouw van het, in het vooronderzoek bedachte, concept is te vinden in figuur 2-3.

Het idee om het product op te delen tussen elektronica en behuizing is erg sterk, dit geeft veel vormvrijheid aan het uiterlijk als de techniek van het product bepaald is. Daarnaast is het gewicht van het zicht model goed. De keuze voor een behuizing die door stukken rubber op zijn plaats wordt gehouden zorgt voor problemen bij de assemblage

Uit een kostencalculatie voor de productie van het concept gebaseerd op offertes komen de volgende gegevens:

Prototype	Elektronica kosten	Behuizing kosten	Totaal ex. 21% btw
Hout prototype 100st.	€143,49	€57,61	€201,10
Hout prototype 500st.	€119,49	€52,34	€171,83
Hout prototype 1000st.	€78,66	€50,59	€129,25
Alu prototype 100st.	€143,49	€72,56	€216,05
Alu prototype 500st.	€119,49	€66,21	€185,70
Alu prototype 1000st.	€78,66	€64,66	€143,32

Tabel 1-1: Prototype kosten

Vanuit Paco Raphael bestaat de wens om het product voor rond de €300,- in de markt te zetten. De kostprijs waar op gemikt wordt door het bedrijf is €75.

Bij een serie van 500 stuks is de prijs 185 euro per stuk, dit is te duur. Het bestellen van een kleinere serie drijft deze prijs alleen maar op. Dit komt door de ontwikkelingskosten van de elektronica die doorberekend worden in de kostprijs. Deze kosten zullen naar beneden gebracht moeten worden.

In de aanbeveling wordt het bedrijf aangeraden om een partner te zoeken die samen het project wilt gaan realiseren. Hierbij is het belangrijk dat de productie en het liefst distributie allemaal onder één dak gaan plaatsvinden. Dit om de risico's te verminderen en het proces te versnellen. Als we kijken naar de grote van het bedrijf Paco Raphael dan klinkt dit als een goed plan. Al is dit wel de reden dat de kostprijs hoog is.



Figuur 2-3: Exploded view Aluminium

2.3. Mogelijkheden Paco Raphael

Omdat het bedrijf klein is zijn de productiemogelijkheden en budgetten ook klein. Het gevolg is dat de productie van onderdelen voor het prototype bij externe bedrijven moet worden gedaan. In de planning moet rekening gehouden worden met mogelijke wachttijden.

Daarnaast is er geen kennis over elektronische systemen binnen het bedrijf. Het bedrijf zal de klok wel moeten kunnen overnemen nadat de ontwerper weg is, dit betekent dat de productie en reparatie overgedragen moet worden aan iemand die minder verstand heeft van het product.

Vanwege de lage budgetten is er een eis ontstaan om de klok in een kleine serie te kunnen produceren. Hierdoor wordt het risico op grote verliezen kleiner. Het risico van een grotere serie is te groot.

2.2. Doelgroep

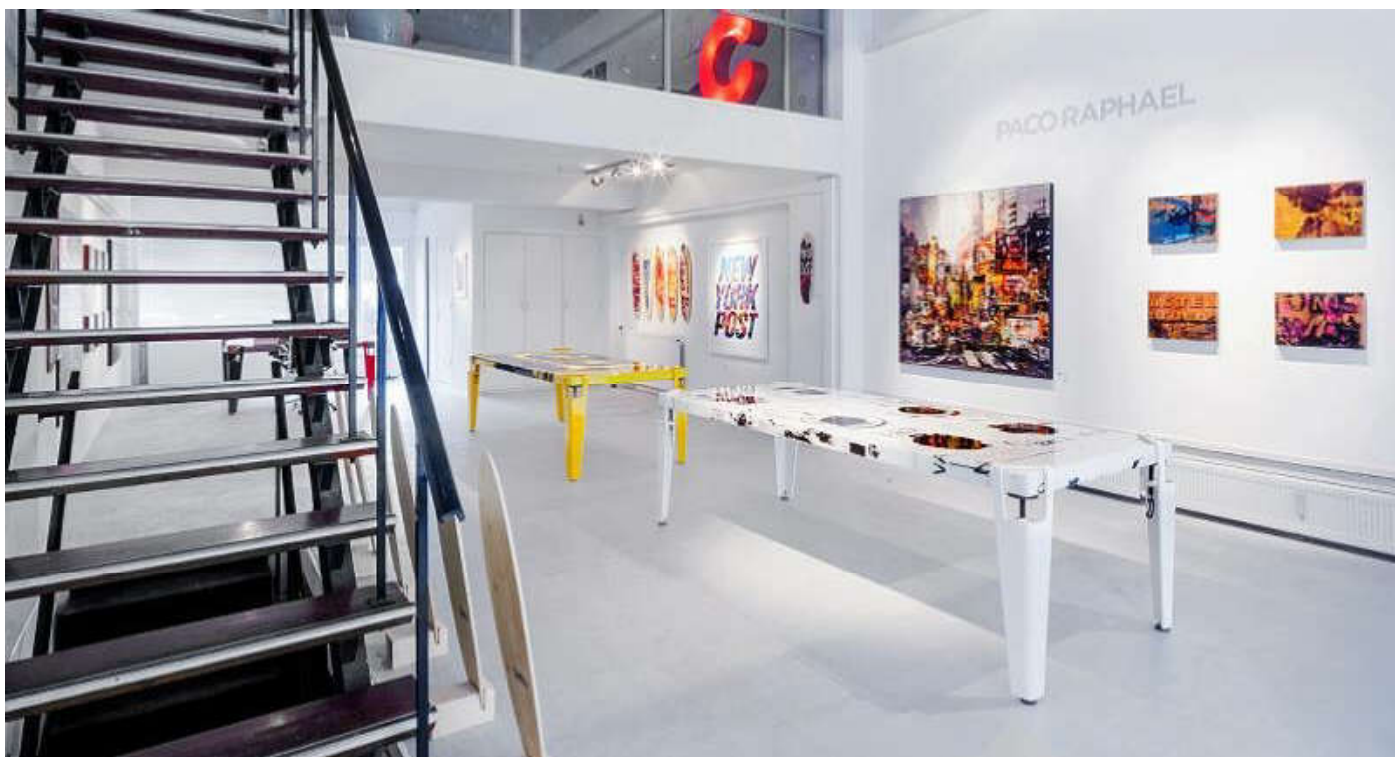
Vanuit het bedrijf wordt de doelgroep omschreven als: Mannen en vrouwen van tussen de 25-50 jaar met een bovenmodaal inkomen. Moderne kunstliefhebbers die met veel energie in het leven staan. Ze zijn ambitieus, druk en internationaal georiënteerd. Dit is waar Paco Krijnen zijn werken op richt en waar gecontracteerde galeries zijn werken adverteren. Deze doelgroep is op te delen in twee leeftijdsgroepen. Jong volwassenen en Middelbare leeftijd van respectievelijk 20-40 jaar en 40-65 jaar.

Fysieke kenmerken

Tussen 20-30 jaar zijn de fysieke eigenschappen van de mens op hun best. Na het 30^{ste} levensjaar begint dit langzaam af te nemen. De snelheid van deze afname verschilt veel per levensstijl. (Medicinfo, 2011)

Cognitieve kenmerken

Uit een vooronderzoek (Berg, D van den, 2016) over het bedrijf Paco Raphael komt de sociologische doelgroep bepaling "kosmopolieten". Deze groep laat zich kenmerken door: een hoge mate van zelfontplooiing na te streven, technologie-minded en materialistisch zijn. Verder zijn ze statusgevoelig en houden van kunst en cultuur. Daarnaast zijn ze te typeren als impulsief en avontuurlijk.



Figuur 2-4: Studio Paco Raphael

Het jongere deel van de doelgroep is nog erg goed in het creatief en snel denken. Terwijl het oudere segment beter is in het goed overdenken van keuzes en meer rust heeft (Medicinfo, 2015). Onafhankelijkheid wordt gecreëerd en behouden in deze levensfasen. Deze doelgroep is zeer zelfstandig in het maken van keuzes en het nemen van verantwoordelijkheid. Dit betekent dat ze ook een bepaalde mate van zorg op zich kunnen nemen en voorzichtig zullen omgaan met hun spullen. De jongvolwassenen zijn nog bezig met het volmaken van hun eigen identiteit. Kunst of design kan hier een goed medium voor zijn. Het feit dat de doelgroep bovengemiddeld te besteden heeft, betekent ook dat zij, voor dit geld, een bepaalde mate van kwaliteit verlangen (Medicinfo, 2011).

Verdere punten zijn:

- Deze generatie begrijpt nieuwe producten redelijk snel. Het cognitieve vermogen is nog niet aangetast.
- Deze doelgroep zal veel druk zijn en heeft daardoor geen tijd heeft om lang bezig te zijn om een product te installeren.

Levensstijl

De levensstijl varieert van mens tot mens hoewel er een aantal overeenkomsten zijn.

Werk:

Er zullen mensen binnen de doelgroep zijn die een baan van 9 tot 5 hebben. Deze mensen hebben meestal een minder variërend dagelijks leven. Waarbij maandag tot en met vrijdag er redelijk hetzelfde eruitzien. Dit is afhankelijk van hun professie, anderen reizen veel voor hun werk of hebben meerdere banen en een hectisch leven. Carrière maken is binnen de doelgroep een van de belangrijkste doelen.

Activiteiten:

Naast werken zijn er genoeg andere activiteiten waarmee ze in de overige uren bezig kunnen zijn. Dit kan vallen onder sport, cultuur, uitgaan enz.

Leefomgeving:

De woonsituatie van een groot deel van de doelgroep varieert. Ze zijn samenwonend, getrouwd, hebben kinderen of zijn alleenstaand. Dit zal in alle gevallen het effect hebben dat de doelgroep veel verantwoordelijkheden heeft en aankan, Maar ook druk bezet is.

Ervaring doelgroep

Over het algemeen hebben de mensen van deze leeftijd gevoel voor het begrijpen/oppakken van nieuwe producten en technologieën. In dit geval gaat het om een nieuw type klok, welke tot nu toe nog zonder eventuele voorkennis te bedienen waren. De doelgroep zou dus een ingewikkelder product aan kunnen, maar is dit niet gewend van deze productcategorie. Een intuïtieve interactie met het product is dus gewenst.

Secundaire gebruikers

- Verkoper/galerie
- Reparateur
- Producent
- Ontwerper
- Ander inwonende (partner, familie, kinderen)

Voor het ontwerp is het belangrijk dat de productie en reparatie over te dragen zijn van de designer naar de verkoper/het bedrijf Paco Raphael. Deze moet het eindresultaat kunnen overnemen en zelfstandig kunnen produceren en eventueel repareren. Het is dus nodig om de assemblage zo simpel mogelijk te houden. De mogelijkheid op de aanwezigheid van kinderen veroorzaakt daarnaast een robuustheidseis.

Omgeving

Het product kan op veel denkbare locaties neergezet worden. Zo zal het product niet misstaan op een nachtkastje. Maar ook de woonkamer, studeerkamer of keuken is niet ondenkbaar. Wel zal het product altijd binnenshuis staan. Hier zullen vochtigheid en temperatuur redelijk constant zijn. Voor de verkoop zal het product in een galerie te zien zijn. Waar de klok in een meer serene setting zou staan. De omgevingen variëren qua, lichtinval, ruimte en inrichting.

De thuisinrichting waar het product voor bedoeld is, heeft een rauwe uitstraling met grote contrasten in kleur en met veel zichtbare techniek zoals: onafgewerkte bakstenen muren, ventilatie, water en elektriciteitspijpen die zichtbaar zijn. Dit staat bekend als een

industriële stijl. Het product zou ook in een galerie kunnen staan met minimalistische inrichting en veel wit. Het object zal niet veel verplaatsen. Een makkelijke mogelijkheid hiertoe zou wel een plus zijn. Omdat het product hierdoor op meer plaatsen kan staan.

Kenmerken die mee kunnen spelen:

- Hoeveelheid licht
- Ruimte
- Inrichting

Mogelijke problemen:

- Afwezigheid van licht
- Afwezigheid energienet

Interacties systeem met omgeving:

Het product zal de omgeving verfraaien, en mogelijk kunnen verlichten. Het zal een centraal gezichtspunt zijn waar de eigenaren regelmatig op kunnen kijken en zo een beetje de sfeer van de ruimte kunnen meebepalen.

Conclusie

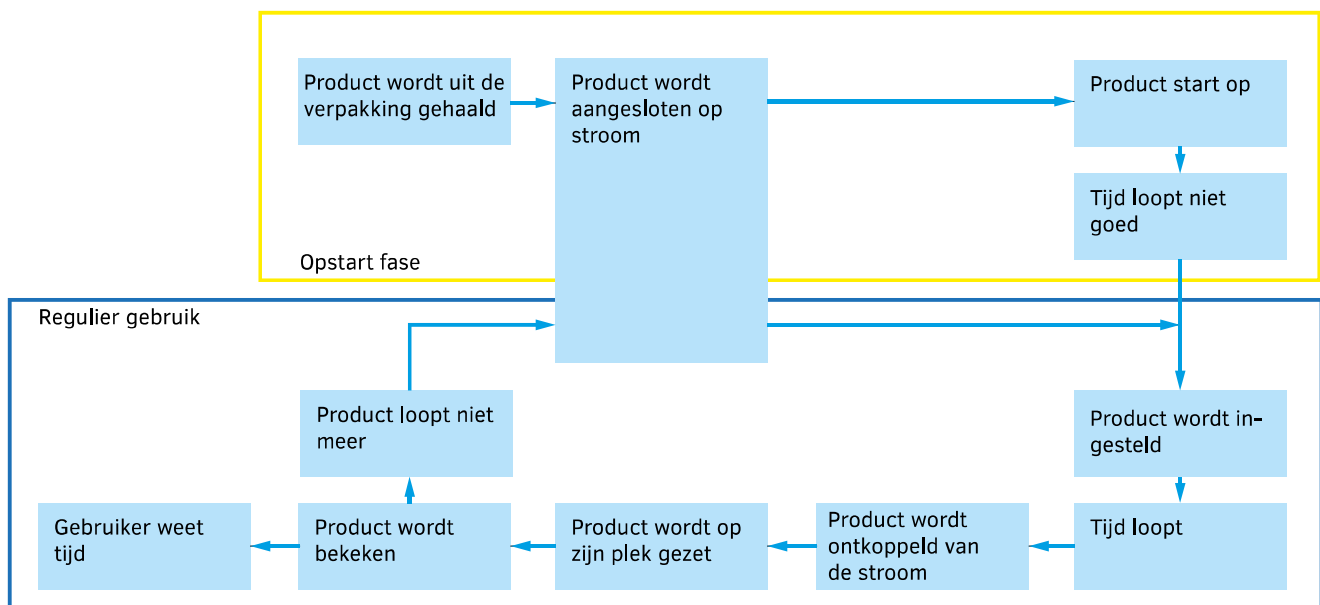
De doelgroep is boven alles druk, vereist hoge kwaliteit en heeft een hoog inkomen. Het product moet dit dan ook uitstralen en in de bijbehorende prijsklasse vallen, het zal ook dienen als statussymbool. De doelgroep is in staat om te wennen aan een nieuw type klok. De interactie met het product mag niet te complex zijn en moet intuïtief aanvoelen. Het product zal binnen gebruikt worden en kan ter plaatse last hebben van de verlichting ter plaatsen. De kans dat er kinderen aanwezig zijn vereist van het product dat het robuust moet zijn.

2.4. Functie analyse

Om de eisen en wensen van de stakeholders op technisch gebied te kunnen behartigen. Moet er eerst meer gevoel worden gecreëerd voor het beoogde product en haar functies. Om dit te doen is het ontwerpprobleem gereduceerd tot een werkingsproces. Dit proces kan hierna omgezet worden in onderdelen en interacties die in het product aanwezig zijn. Dit leidt tot een lijst functies. Voor elk van deze functies kan een oplossing worden bedacht. Die later samengevoegd kunnen worden

Procesdiagram

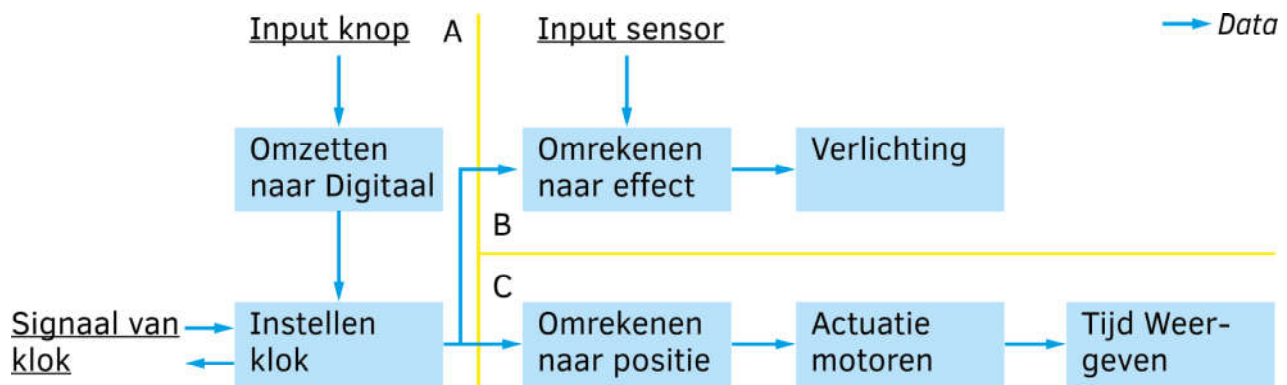
Van het product zijn verschillende procesdiagrammen te maken. Hieronder zijn er twee weergegeven met de focus enerzijds op de product gebruiker interactie. En anderzijds op de stappen die de techniek aan de binnenkant moet doorlopen om goed te functioneren.



Figuur 2-5: Procesdiagram gebruik

Ten eerste vanuit het procesdiagram met focus op de gebruiker. De gebruiker moet in staat worden gesteld om, de in figuur 2-5 beschreven, stappen uit te voeren. Dit betekent dat er duidelijk moet zijn welke stappen elkaar opvolgen en hoe deze moeten worden uitgevoerd. Dit maakt duidelijk dat de communicatie van het product naar de gebruiker duidelijk moet zijn. Als dit niet wordt gedaan dan kan er verwarring ontstaan bij de gebruiker.

Het technisch procesdiagram(fig. 2-6) zorgt er voor dat één keuze snel gemaakt is. Het product is beter te realiseren als er gebruik wordt gemaakt van elektronica. Er zijn meerdere inputs die samen moeten zorgen voor een output die past bij verschillende situaties. Deze samenwerking zal moeten worden gefaciliteerd door een systeem welke door de ontwerper te manipuleren valt. Als we hierin verder gaan, dan zien we dat het systeem is op te delen in drie secties welke met minimale interactie tussen de secties hun eigen functies kunnen vervullen.



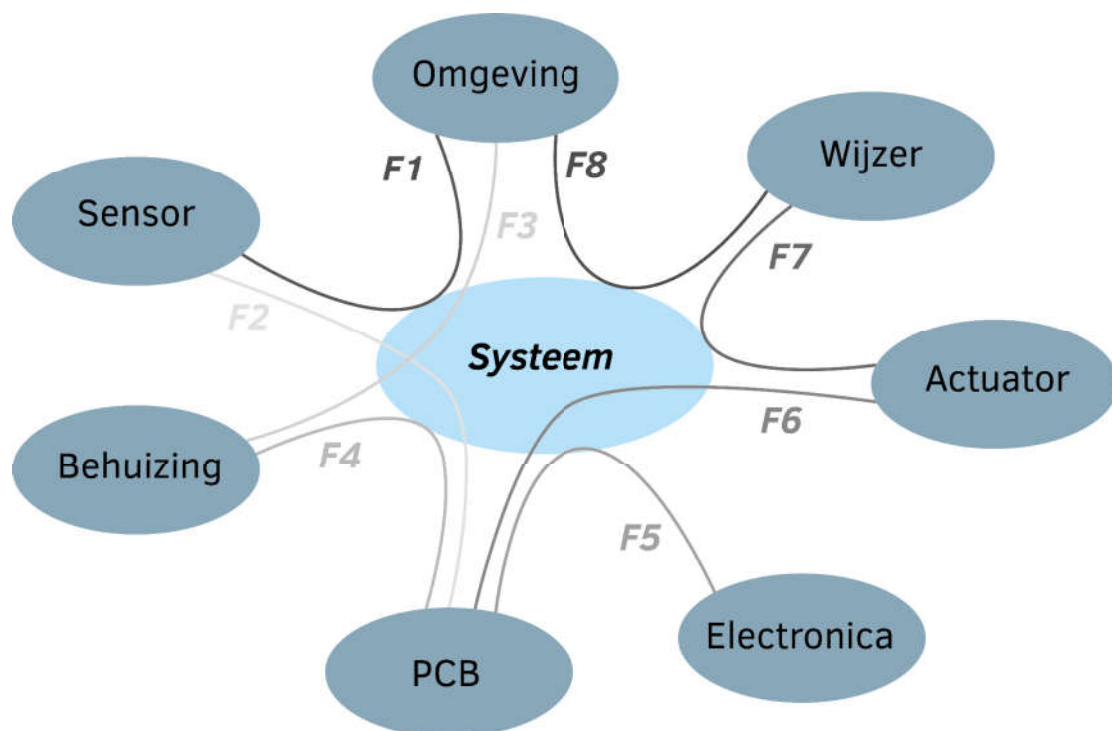
Figuur 2-6: Technisch proces diagram

Interactie diagram

Uit de voorgaande diagrammen is af te leiden welke onderdelen het product moet gaan bevatten. Deze onderdelen zijn te zien in de onderstaande interactiediagram. De onderdelen moeten samenwerken om het product, weergegeven als het systeem, naar behoren te laten functioneren. De lijnen die deze onderdelen verbinden zijn interacties tussen de onderdelen die plaats moeten vinden. Deze interacties zorgen samen voor de werking van het systeem.

Het systeem moet:

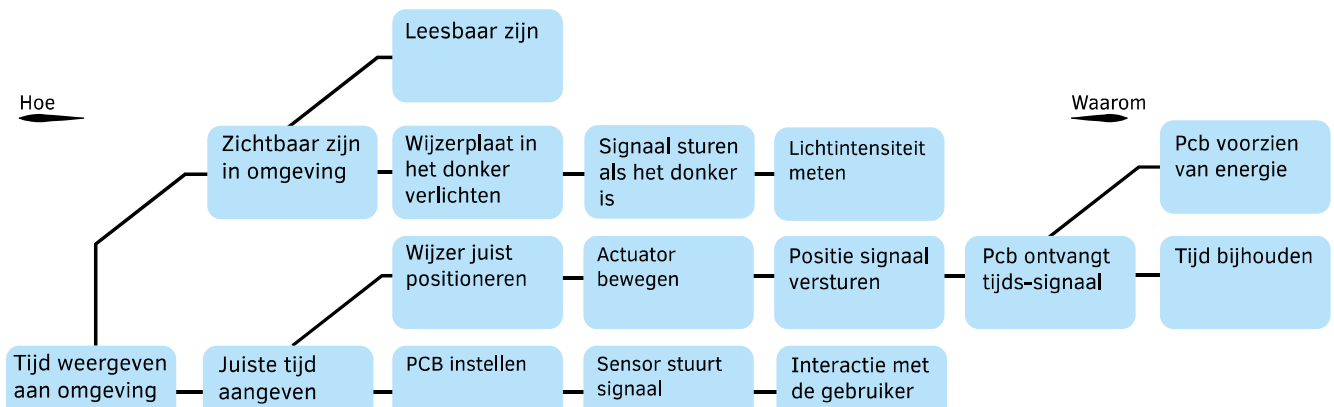
- F1: Informatie verkrijgen uit de omgeving.
- F2: Het printed circuit board(pcb) van input voorzien.
- F3: Opvallen in de omgeving.
- F4: Het pcb ondersteunen en beschermen.
- F5: Het pcb voorzien van energie.
- F6: De wijzer positie doorgeven aan de actuator.
- F7: De wijzer juist positioneren d.m.v. de actuator.
- F8: De tijd weergeven aan de omgeving.



Figuur 2-7: Interactie diagram

F.A.S.T. Diagram

Vanuit de geformuleerde functies kan er nagedacht worden over de eerste oplossingen. Dit is gedaan m.b.v. een F.A.S.T. analyse. Welke einddoelen uitsplitst in kleinere doelen om zo het complexere probleem makkelijker op te kunnen lossen. Het einddoel is het weergeven van de tijd aan de gebruiker. Het F.A.S.T. schema geeft, als men van links naar rechts leest aan hoe dat doel bereikt kan worden. Als men de andere kant op leest kan er gelezen worden waarom een bepaald probleem opgelost moet worden.



Figuur 2-8: F.A.S.T. diagram

Conclusie

De verschillende diagrammen dragen stuk voor stuk bij aan het overzichtelijker maken van het probleem. Om de gebruiker in staat te stellen om de tijd af te lezen, moeten er oplossingen bedacht worden voor onderanderen het positioneren van de wijzers. Het bijhouden van de tijd en instellen van de tijd. De wijzers zichtbaar maken in het donker en gegevens uit de omgeving verzamelen. De oplossingen voor de deelproblemen gaan samen de oplossing vormen voor complexere geheel.

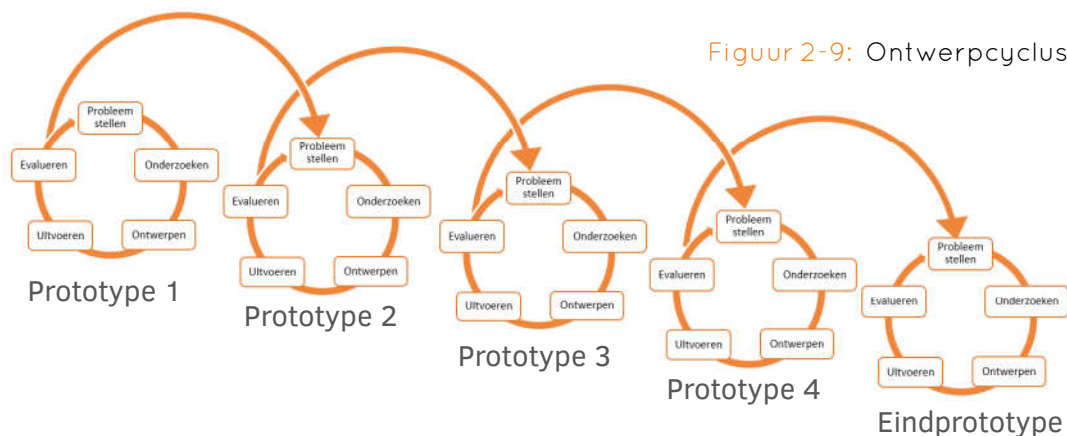
2.5. Prototype ontwikkeling

Na het vaststellen van de deelproblemen is er een plan gemaakt om tot een eindproduct te komen.

Om de functie van het product te vertalen naar de realiteit is er gekeken naar de verschillende mogelijkheden om de functies te kunnen vervullen. Hier kwamen twee opties uit, mechanisch of elektronisch. Omdat deze keuze veel bepalend is in dit project is er een gesprek aan gegaan met zowel werktuigbouwkunde en elektronica studenten. De input die zij leverden gaf aan dat het mechanisch niet onmogelijk is. Maar dit vereist een hoge mate van precisie als het gaat om het maken van een op tijd lopende klok. Daarom werd er door beide partijen aangeraden om het project met gebruik van elektronica op te lossen.

De keuze voor elektronica biedt veel mogelijkheden als het gaat om functionaliteit. Door het gebruik van verschillende sensoren in combinatie met een programmeerbaar board zijn er veel mogelijkheden om functies te realiseren. En het wordt makkelijker om de product-gebruiker interactie tijdens het ontwerpproces nog aan te passen.

Om er voor te zorgen dat er zo min mogelijk fouten in het eindresultaat kwamen is er gekozen voor een ontwerptraject met meerdere tussenstappen in de vorm van prototypen. Hiermee is geprobeerd om zo snel mogelijk veel iteraties te maken waar op gereflecteerd kan worden.



Het andere voordeel is dat de grote problemen op deze manier één voor één aangepakt kunnen worden. Hierdoor blijft het ontwerpen van het product overzichtelijk en behapbaar. Het ontwerptraject is te zien in figuur 2-9. Zoals te zien wordt de ontwerpcyclus meerdere keren doorlopen. Er zijn 4 prototype iteraties software gerelateerd. Maar moet eerst een platform komen om de prototypen op te baseren.

Prototype platform

Het kiezen van een prototype platform is zeer belangrijk voor het maken van het product. Deze keuze legt verscheidene beperkingen op. De keuze voor een platform hangt af van verschillende factoren. Deze zijn onder te verdelen zijn in Software(code) en Hardware(printed circuit board). Hardware wordt aangestuurd door middel van de software.

Software

De software van de PCB bepaalt hoe gebruiksvriendelijk de PCB in te stellen is. Software wordt geschreven in een codetaal. Veel van deze codetalen hebben op het internet een achterban die elkaar helpt als er problemen zijn in iemand zijn/haar code. Sommige codetalen hebben dit meer dan andere waardoor problemen makkelijker op te lossen zijn.

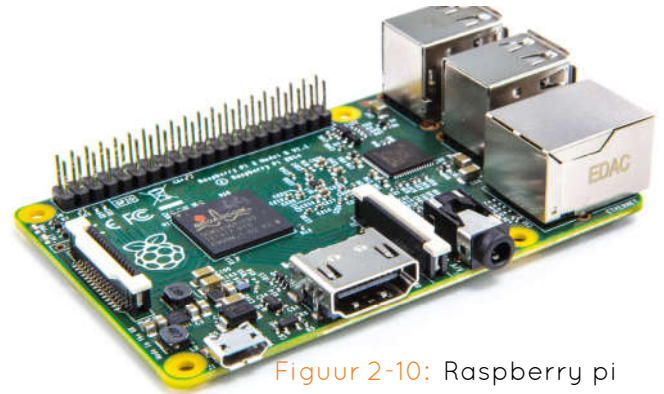
Daarnaast is de ene code gemaakt om complexe projecten aan te kunnen en de andere code gemaakt om simpelere projecten mogelijk te maken. De codetaal die voor een complexer project nodig is, is vanzelfsprekend moeilijker te begrijpen vanwege zijn complexiteit. Er is bij het kiezen van een PCB dan ook een afweging tussen complexiteit tegen gebruiksgemak.

Hardware

De hardware bepaalt in hoge mate wat er uiteindelijk gedaan kan worden met het platform. In tegenstelling tot de software is deze niet naar wens aan te passen en er moet dus een keuze worden gemaakt voor een printed circuit board (PCB) die de juiste functionaliteit ondersteunt zonder te duur. Daarnaast worden PCB's voor allerlei soorten toepassingen gemaakt wat ook het gebruiksgemak van de PCB kan beïnvloeden. Een zeer complexe PCB met veel extra functies is wederom moeilijker onder controle te krijgen dan een PCB met minder functies. Een andere belangrijke eigenschap is het aantal poorten die de PCB ondersteunt. Dit zijn de bevestigingspunten voor extra sensoren en andere componenten die aangestuurd kunnen worden.

Zoals we zien is het kiezen van een PCB altijd een afweging tussen complexiteit/functionaliteit

en gebruiksgemak. De complexiteit moet in dit geval zo laag mogelijk blijven omdat er nog geen kennis is over de software en dit nog volledig aangeleerd moet worden. Daarnaast moet het PCB wel alle functies die we nodig hebben kunnen ondersteunen.



Figuur 2-10: Raspberry pi

Mogelijkheden

Voor het maken van prototypen worden er hoofdzakelijk twee software platformen gebruikt: Raspberry pi en Arduino. (Lauren Orsini, 2014)

Hierbij is Raspberry pi een zeer krachtig board met tal van mogelijkheden maar een complexere taal (Linux) en is Arduino gemaakt voor het aansturen van kleine hardware zoals motoren en sensoren. Het nadeel van Arduino is dat het geen parallelle taken aankan en veel trager is dan de raspberry pi.

“The Arduino is simpler, harder to ‘break’ or ‘damage’ and has much more learning resources at this time for beginners,” Fried said. “With the Pi you have to learn some Linux as well as programming—such as Python. The Arduino works with any computer and can run off of a battery. You can also turn it on and off safely at any time. The Pi setup can be damaged by unplugging it without a proper shutdown.”

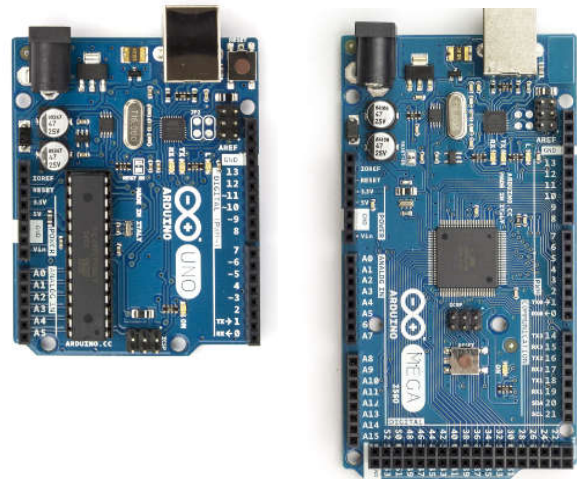
Limor Fried, 2014, Founder Adafruit

Limor Fried is de oprichter van Adafruit, een tech bedrijf dat onderdelen maakt voor zowel Raspberry pi en Arduino. Naast de bovenstaande quote zegt L. Fried dat Arduino beter om kan gaan met hardware die aan de PCB wordt gekoppeld. Arduino is voor dit project dan ook de juiste keuze.

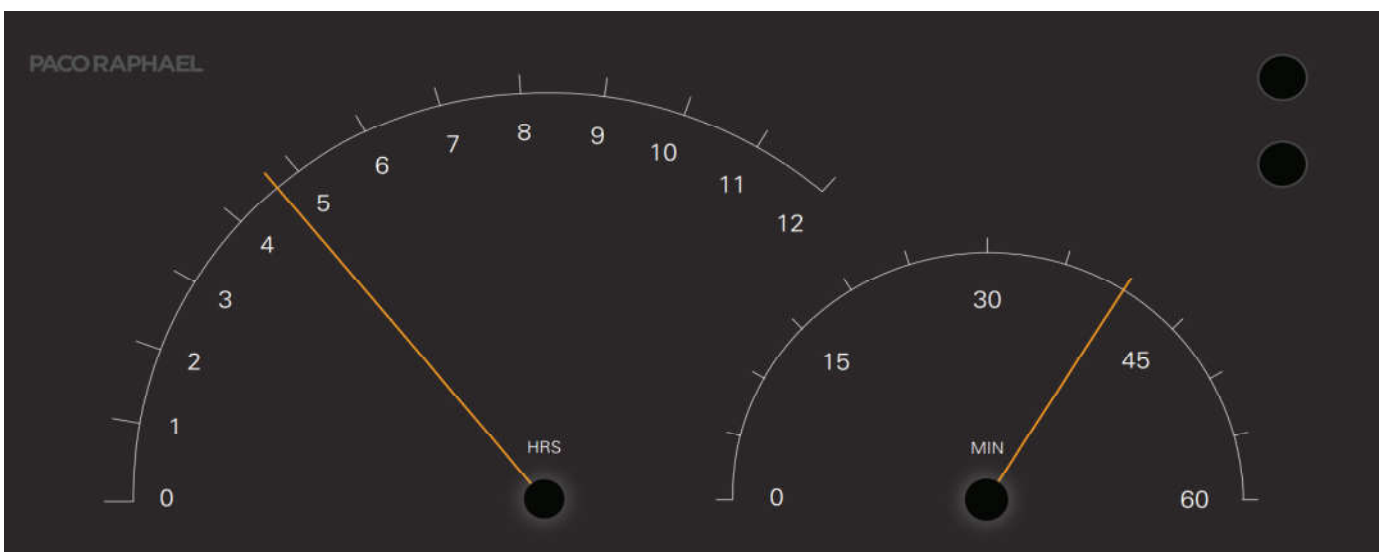
Arduino zelf heeft meerdere PCB's beschikbaar. Een instapmodel, de UNO, en een complexer model, de MEGA. Deze ondersteunt meer poorten, waardoor er meer onderdelen aan kunnen worden gesloten en heeft meer rekenkracht, maar wel tegen een hogere prijs en groter energieverbruik.

Daarnaast zijn er nog veel bedrijven die hun eigen arduino boards ontwikkelen, vaak goedkoper of specialistischer. Maar daar gaan we nu niet op in.

De keuze voor de UNO of MEGA hangt af van het aantal poorten, energieverbruik, kosten en leercurve. In eerste instantie is er gekozen voor de UNO vanwege de kosten en minder steile leercurve.



Figuur 2-12: Arduino Uno(links) en Mega(rechts)



Figuur 2-11: Grafiek design

2.6. Conclusie

De klok heeft vooral aandacht op het technische vlak. Er moet gekeken worden naar een programmeerbaar systeem. Dit gaat ervoor zorgen dat de klok de tijd accuraat laat zien, reageert op zijn omgeving en makkelijk instelbaar is. Verder moet er gekeken worden naar de productie van de behuizing. Deze behuizing moet de gebruiker overtuigen van de kwaliteit van het product. De uitdaging zit hem in het verwezenlijken van deze eisen voor een lage kostprijs en met de beperkte productiefaciliteiten, en elektronica kennis van het bedrijf.

Om het concreet te maken is er een lijst van eisen en wensen opgesteld. Om dit allemaal overzichtelijk te houden zijn de eisen en wensen opgedeeld in meerdere categorieën. Deze lijst wordt gebruikt als maatstaf voor de kwaliteit van het product. Hierdoor is er te meten of de ontwikkeling van het product de juiste kant op gaat.

Eisen

Algemene eisen

1. De voorkant van de klok moet gelijkenis tonen met het bestaande concept. Zie figuur 2-12.
2. De klok moet waardevol aanvoelen.
3. De kennis voor de ontwikkeling van de klok moet na afloop van het project overdraagbaar zijn.

Technische specificatie

4. De klok moet lichter zijn dan 4kg.
5. De klok moet verlichting bevatten.
6. De klok moet voorzien zijn van een interne energiebron.

Functionele eisen

7. De klok moet in het donker af te lezen zijn.
8. De verlichting van de klok moet variëren met de lichtintensiteit van de omgeving.
9. De klok moet op te laden zijn via usb.
10. De klok kan een jaar functioneren op 1 acculading.

Onderhoud

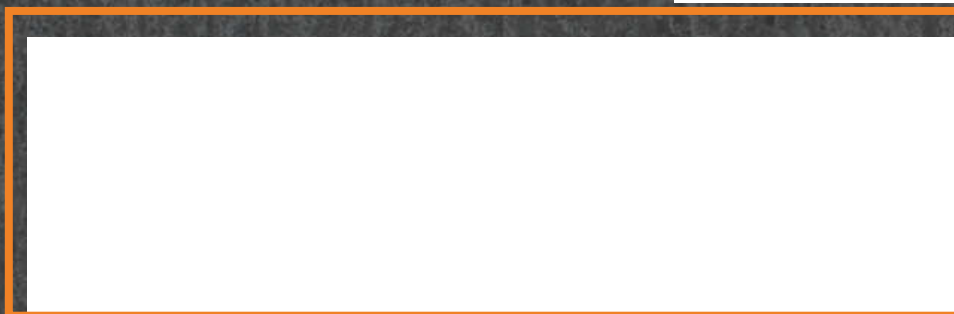
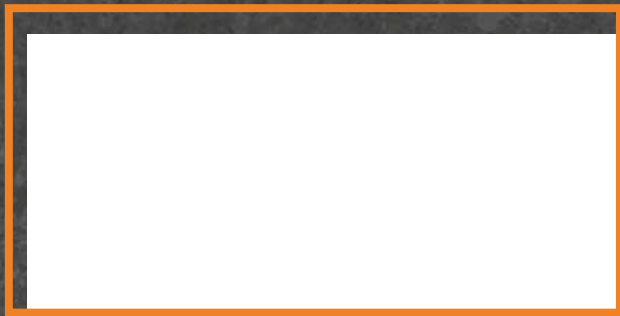
11. De tijd hoeft niet vaker dan 1x per jaar bijgesteld te worden.

Productie

12. De productiekosten voor het eindproduct mogen niet meer dan €75,- per stuk zijn.
13. De klok moet zo kunnen worden geproduceerd zodat er aan directe vraag voldaan kan worden (5-10) stuks.
14. De klok moet in een middelgrote serie(100stuks) geproduceerd kunnen worden om kosten te kunnen besparen.

Wensen

1. De verlichting van de klok is instelbaar op verschillende kleuren.
2. De productiekosten van de klok zijn lager dan €75,-



3. Concept Ontwikkeling

In dit hoofdstuk zal te vinden zijn hoe het bestaande concept uit het vooronderzoek is doorontwikkeld. Het hoofdstuk gaat in op de realisatie van functies die naar voren zijn gekomen uit de analysefase. De volgende onderwerpen komen voorbij:

- Prototype bepaling
- Beschrijving van prototype 1: tijd weergave.
- Beschrijving van prototype 2: verlichting.
- Beschrijving van prototype 3: integratie.
- Behuizing ontwerp

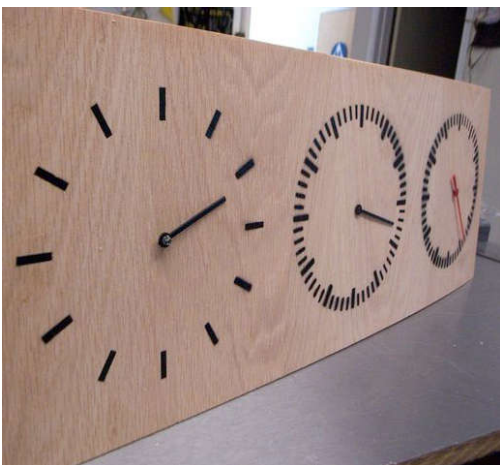
3.1. Prototype bepaling	21
3.2. Prototype 1	23
Real time clock	23
Actuatoren	23
Knoppen	24
Conclusie	25
3.3. Prototype 2	26
Verlichting	26
Wijzers	29
3.4. Prototype 3	31
Update motor	31
Update draaiknoppen	32
Energieverbruik	33
Conclusie	34
3.5. Behuizing	35
Onderdelen	35
3.6. Conclusie	37

3.1. Prototype bepaling

In het vorige hoofdstuk was te lezen dat het project aangepakt wordt via verschillende prototypen. Maar wat deze prototypen inhouden is nog niet bepaald. Om hier een richting aan te geven is er inspiratie opgedaan bij andere arduino projecten.



Figuur 3-1: Arduino klok (Dawid U, n.d.)



Figuur 3-2: Driedelige klok (fungus amungus, n.d.)



Figuur 3-3: Autowijzers (Cutthroat912, n.d.)

In figuur 2-1 zien we een op arduino gebaseerde digitale klok met een minuutwijzer. De tijd wordt bijgehouden door een RTC, een stukje hardware dat de tijd nauwkeurig kan bijhouden. De wijzer is verbonden met een stappenmotor.

Figuur 2-3 is een klok die gemaakt is door meerdere klok mechanismen vast te maken en wijzers te verwijderen. Hierdoor zijn de uren, minuten en wijzers apart af te lezen. De klok mechanismen zijn afkomstig van Ikea wandklokken.

Figuur 2-3 bevat een afbeelding van twee auto wijzers welke reageren op input van een voetpedaal. Dit werkt op basis van arduino en twee servomotoren.



Figuur 3-4: Multimeter klok (Abbtech, n.d.)

De multimeterklok uit 2-4 laat de tijd zien via voltmeters. De wijzers hiervan slaan uit naar de huidige tijd. Deze tijd wordt wederom bijgehouden door een RTC.

Uit het F.A.S.T. diagram blijkt dat de functie “tijd weergeven” de hoofdfunctie is van de klok. Deze wordt als belangrijkste beschouwd.

We zien dat er verschillende manieren zijn om de tijd weer te geven. Maar het valt op dat er, in het geval van een arduino, gebruik wordt gemaakt van een real time clock module. Daarnaast worden er servo's, stappen motoren of voltmeters gebruikt om onderdelen te laten bewegen. Deze onderdelen zijn onderzocht in prototype 1 om de basisfunctie “tijd weergeven” te realiseren.

De zichtbaarheid is de tweede belangrijke functie. Wat hiervoor nodig is wordt apart uitgezocht in prototype 2.

Deze twee prototypen kunnen we hierna samenvoegen zodat we de energiebehoefte kunnen bepalen. Deze hebben we nodig om te bepalen wat voor accu er nodig is. Hierdoor wordt er ook duidelijk hoe veel ruimte de hardware nodig heeft. Dit is nodig om de behuizing te ontwerpen.

Het eindprototype maakt nog een verbetering op het gebied van elektronica. En hier wordt de elektronica samengevoegd met de behuizing. Dit is het uiteindelijke functionele prototype.

3.2. Prototype 1

Het doel van prototype 1 was het creëren van een systeem wat de tijd juist kon aangeven. Hiervoor zijn naast de Arduino twee onderdelen nodig. Een Real time clock ook wel RTC genoemd. En twee Actuatoren. Er is eerst gewerkt aan het werkend krijgen van de RTC en daarna de motoren. Dit is zo gedaan om er achter te komen op wat voor informatie de motoren moesten reageren.

Real time clock

Wat is een Real time clock

Een RTC is een stuk hardware wat de tijd precies kan bijhouden. Deze zijn verkrijgbaar als losse module zoals te zien in figuur 3-5. Deze module is nodig omdat de arduino Uno zelf niet accuraat genoeg telt om de tijd goed bij te kunnen houden. De module bevat een kristal welke trilt met een bepaalde frequentie. Door de trillingen te meten weet de elektronica wanneer er een bepaalde hoeveelheid tijd is verstreken. Deze module zorgt er tevens voor dat de trilling altijd gelijk blijft door te compenseren voor temperatuursverschillen en ingangsvoltage. (Arduino,2017)

Werking

Het aansluiten van de module was makkelijk na het vinden van een handleiding op de site Instructables.com. Deze site heeft in het verloop van het project vaak uitkomst gebracht voor het implementeren van nieuwe functies. Niet alleen de manier van aansluiten stond hier op, ook een uitleg over hoe de Arduino geprogrammeerd moest worden om er gebruik van te maken. (Samuel,2015)

Conclusie

De tijd kan zeer accuraat uitgelezen worden, maar moet wel na elke keer zonder stroom, opnieuw worden ingesteld. Er moet dus een goede manier komen om de tijd in te kunnen stellen voor de consument.

Actuatoren

Wat is een actuator

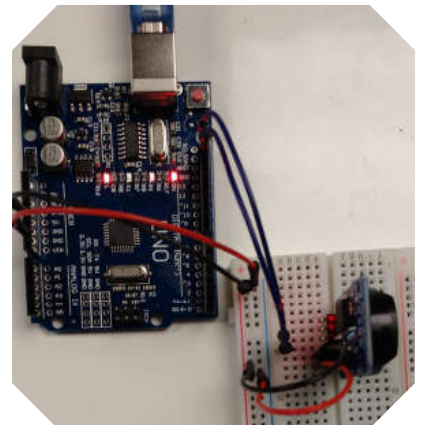
De PCB moet actuatoren aansturen om de wijzers te laten bewegen. Actuatoren zijn in dit geval 2 motoren.

Soorten motoren

Er zijn verschillende soorten elektrisch aangedreven motoren met elk zijn specifieke eigenschappen. De relevantste soorten worden hieronder uitgesplitst.



Figuur 3-5: Real Time Clock



Figuur 3-6: RTC aansluiting



Figuur 3-7: DC motor



Figuur 3-8: Stappenmotor



Figuur 3-9: Servo

DC motor

Een motor met twee vaste magneten en een spoel. Deze spoel wordt onder stroom gezet waardoor deze een magnetisch veld krijgt. Dit zorgt er voor dat de spoel met daaraan de as draait naar een van de twee magneten. Zodra de stroom wordt omgedraaid draait ook de polarisatie van het magneetveld van de spoel en wordt deze tot de andere magneet aangetrokken. Hierdoor blijft de as draaien.

DC motoren zijn erg goedkoop maar moeilijk te controleren. Ze werken vooral op hoge toeren omdat ze op lage toeren weinig kracht hebben.

Stappenmotor

De stappenmotor loopt doordat twee magneetvelden elkaar afwisselen en zo de as telkens een stap verder draaien. Omdat elke stap een aantal graden is, is de motor zeer nauwkeurig te controleren. Mits er bekend is waar de as zich op dat moment bevindt. De stappenmotoren komen in grote variëteit qua kracht en energiebehoefte.(Stan, 2014)

Servo's

Servo's zijn stappenmotoren gecombineerd met een variabele weerstand waardoor de motor altijd zelf weet op welke positie de as zich bevindt. Hierom zijn ze zeer nauwkeurig te besturen. En even krachtig als de stappenmotoren. Een groot nadeel van deze motoren is dat ze vaak maar 180 graden kunnen draaien.

Uit de bovenstaande type motoren kunnen er verschillende eigenschappen gehaald worden. De precisie, prijs, energiezuinigheid en controleerbaarheid zijn daarbij de belangrijkste. Voor het eerste prototype is er gekozen voor een servomotor omdat deze goedkoop, precies en makkelijk te controleren is.

Werking

De servo was erg makkelijk aan te sluiten en te programmeren. De grootste uitdaging zat in het positioneren van de motoras voor de tijd, waarbij er een aantal regels code geschreven moesten worden om tijd in een positie om te rekenen. Hiernaast trad er een probleem op zodra de wijzer ofwel de motor aan de grens van zijn bereik kwam. Dit was tussen de 0 en 3 graden

en de 177 en 180 graden. Servomotoren blijken hier niet tegen te kunnen. Waardoor ze gaan trillen en een ongewenst geluid produceren.

Conclusie

Doordat de ongewenste trilling niet op te lossen zijn in de software, is er overgestapt op een ander type motor. Bij prototype 3 is er gekozen voor een stappenmotor. De RTC werkt naar behoren.

Knoppen

Om erachter te komen hoe de motoren moeten worden geprogrammeerd is er in eerste instantie geprobeerd om deze te bedienen met een draaiknop. Dit is gedaan omdat er voor het programmeren eerst een simpele vorm van input nodig was.

Draaiknoppen

In het vooronderzoek is er gekozen voor twee knoppen op de voorkant van het product. Dit zijn twee draaiknoppen zodat deze qua draairichting corresponderen met het instellen van de klok, ofwel positioneren van de wijzers. Hoe directer deze link is, hoe intuïtiever de gebruiker de tijd zou kunnen instellen. In het vooronderzoek wordt ook gekozen voor twee knoppen onder elkaar. Deze zouden naast elkaar moeten staan zodat de beweging nog directer overeen komt met de functie. In overleg is er toch gekozen voor twee knoppen onder elkaar vanwege de esthetische waarde.

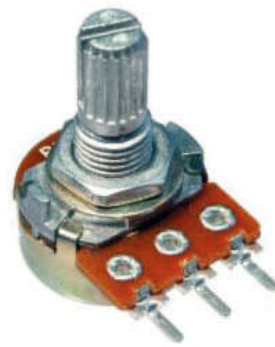
Een draaiknop als elektronisch component bevat veel variëteit. Zo is er veel verschil in asvormen maar zijn er ook meerdere werkingsprincipes. Er bestaan draaischakelaars, welke bij elke draai twee nieuwe punten verbinden. Een schakelaar met acht posities heeft hierdoor ook acht poorten op de pcb nodig. Daarnaast zijn er potentiometers, welke in elke positie een andere weerstand hebben en dus een ander signaal terugkoppelen naar de PCB maar geen volledige rotatie kunnen maken. En rotatie encoders, welke werken door te meten of de twee ingangsignalen in fase lopen of uit fase zijn. Door dit verschil te meten kan de positie en draairichting van de knop worden bepaald.▼

Het soort knop dat gekozen wordt, zorgt voor een andere manier van uitlezen in de software. Hierbij is de draaischakelaar het makkelijkst uit te lezen maar vereist veel ingangen. De potentiometer is makkelijk uit te lezen maar kan maar 345 graden draaien. De rotatie encoder is moeilijk uit te lezen maar kan wel volledig ronddraaien.

In het eerste prototype was de potentiometer de beste keuze. Deze was het meest gebruiksvriendelijk om te programmeren. Elke motorpositie kon direct gekoppeld worden aan een stand van de potentiometer.

Conclusie

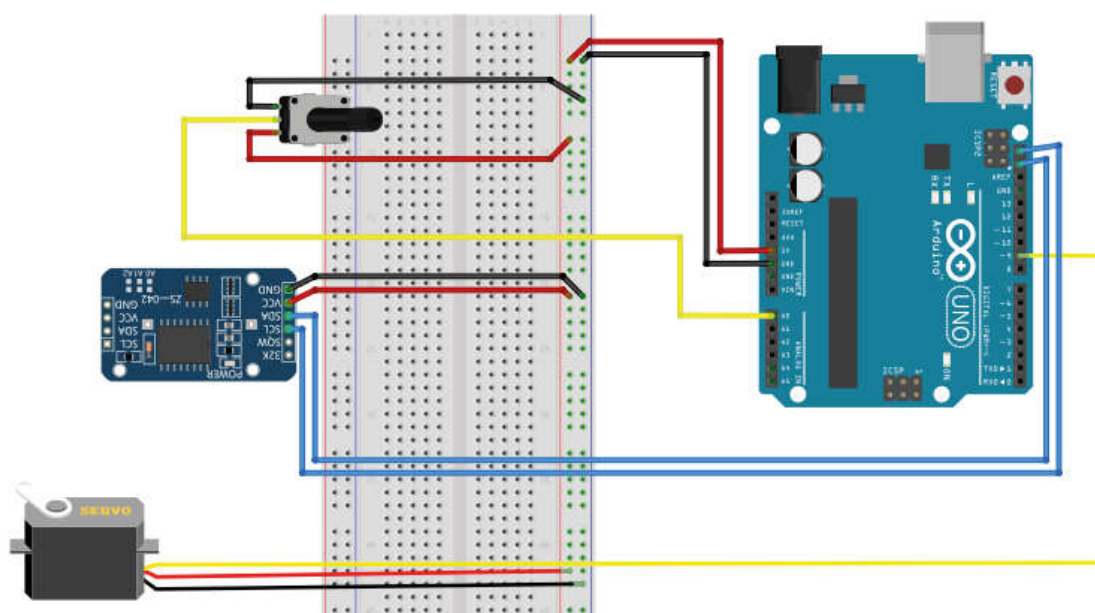
Tijdens het maken van prototype 1 is er veel geleerd over de software en hoe deze opgebouwd moet worden. Daarnaast kwam er aan het licht dat de servo's niet geschikt zijn voor deze toepassing en dat hier een andere optie voor moet komen. Er is wel bewezen dat er motoren kunnen worden aangestuurd op het signaal van de RTC. Daarnaast is er geëxperimenteerd met het gebruik van een potentiometer.



Figuur 3-10: Potentiometer



Figuur 3-11: Rotatie encoder



Figuur 3-12: Prototype 1 (Fritzing, 2016)

3.3. Prototype 2

Prototype 2 gaat volledig in op de verlichting. Hierbij is er gekeken naar welk soort verlichting geschikt is voor het project. En hoe deze verlichting aangestuurd moet worden door de Arduino.

Verlichting

Om er achter te komen welke verlichting er voor een zo goed mogelijk resultaat zorgt zijn er een aantal vragen gesteld. Dit zijn:

- Hoe werkt verlichting?
- Welke functie moet het licht gaan vervullen?
- Wat is er al?
- Welke manier van verlichten past bij het product?

Hoe werkt verlichting?

Verlichting in dit kader komt neer op een omzetting van elektriciteit naar zichtbaar licht.

Zichtbaar licht is elektromagnetische straling met een frequentie van 4×10^{14} tot 8×10^{14} Hz(Hertz). Daarnaast heeft het een golflengte(λ) van tussen de 380 en 740 nm(nanometer) in een vacuüm.

Deze golflengte bepaalt de kleur van het licht. Zo zien we licht met $\lambda=380\text{nm}$ als paars en is licht met een golflengte van 780nm rood.

Ogen registreren licht door het te focussen op de retina. Een gebied wat achterin het oog ligt. De retina bestaat uit kegeltjes en staafjes. Deze onderdelen hebben hun eigen specialismen. Zo zijn de kegeltjes meer geschikt voor het registreren van kleuren en werken de staafjes beter bij weinig licht. Objecten hebben kleuren omdat ze licht op verschillende manieren weerkaatsen. Licht wordt ingedeeld op kleurtemperatuur in kelvin.

Objecten kunnen ook zelf licht uitstralen. Als er genoeg energie wordt toegevoegd aan atomen in het object, dan kunnen de elektronen rondom deze atomen in aangeslagen toestand terecht komen. Dit betekent dat de atomen in de buitenste ring verder van de atoomkern af

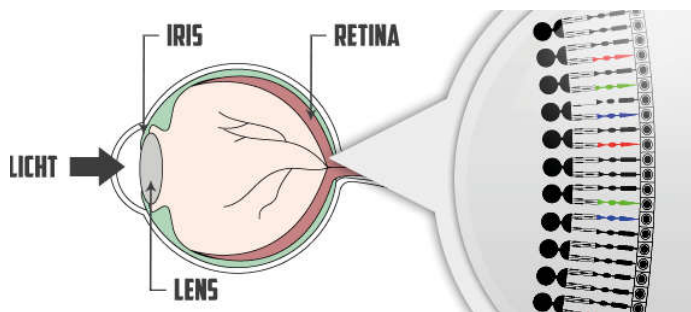
gaan staan en bij terugkomst naar hun normale baan energie afgeven in de vorm van een foton. De energie van deze foton bepaalt de kleur van dit licht.

Dit kan onder andere doordat een object tot minimaal een temperatuur van rond de 800 graden Celsius te verwarmen, Temperatuur wordt gedefinieerd als de gemiddelde bewegingsenergie van atomen of moleculen. Deze energie wordt door het verloop van tijd overgedragen aan de omgeving door middel van conductie, convection en radiatie. Radiatie is hierbij belangrijk want dit is warmtestraling. Als deze straling de juiste frequentie heeft dan wordt het zichtbaar licht. Een voorbeeld van een voorwerp wat van dit principe gebruikmaakt is een gloeilamp. Waarin de gloeidraad tot 1800 graden Celsius wordt opgewarmd.

Een andere methode wordt gebruikt in Leds. Hierin zijn twee halfgeleiders naast elkaar gelegd. Waarbij de een positieve lading heeft, Het P vlak, en de andere, het N vlak een negatieve lading. Hierdoor gaan elektronen stromen van het N naar het P vlak waarbij de elektronen weer naar een lagere energietoestand gaan. Hierbij komen wederom fotonen vrij. De energie waarden van deze fotonen hangen af van het verschil in energie tussen de twee vlakken. Dit verschil kan aangepast worden door verschillende materialen te gebruiken voor de vlakken, Hiermee kan de kleur van de LED worden beïnvloed. (The LED light, n.d.)

Welke functie moet het licht gaan vervullen?

De verlichting in het ontwerp kan meerdere functies gaan vervullen. De belangrijkste functie is het leesbaar maken van de tijd als de omgeving donker is. Daarnaast is de verlichting een van de tools die gebruikt kan worden om interactie met de gebruiker aan te gaan. Het functioneert als ware om het product tot leven te wekken.



Figuur 3-13: Werking oog

Wat is er al?

Er zijn verschillende methoden om te verlichten, gesorteerd op het werkingsprincipe:

- LED
 - (SMD) LED
 - High Power LED
 - Chip on Board(COB) LED
- Gloeilamp
 - Halogeenlampen
- Fluorescentie lamp
 - TL
 - Koud-kathodfluorescentielamp
- Neon
- Laser

Led

De werking van LED verlichting is op de vorige pagina al toegelicht. Er zijn verschillende soorten Leds. Allemaal variaties op de standaard LED die hierboven te zien is.

Surface mounted device Leds zijn gemaakt om op printplaten te passen en zijn dus erg klein, hebben geen bescherming van externe factoren en geven een diffuus licht af omdat dit niet geconcentreerd wordt door optica. High power Leds zijn gemaakt om feller te schijnen dan een standaard Leds waardoor ze toegepast kunnen worden in ruimteverlichting waarbij er een grote lichtsterke verlangd wordt. Chip on board(COB) Leds zijn zeer kleine Leds die strak naast elkaar geplaatst kunnen worden. Zo kunnen er meerdere COB Leds geplaatst worden op de plek van één standaard LED. Dit zorgt voor nog hogere efficiëntie. Leds zijn zeer wijd inzetbaar, efficiënt en goedkoop. Hierdoor worden ze steeds vaker gebruikt.

Gloeilamp

Gloeilampen zijn er in veel verschillende soorten en maten. Zo werkt naast de gemiddelde

binnenverlichting ook kerstverlichting via dit principe. Omdat de gloeidraad in een gloeilamp erg heet moet worden om licht uit te gaan stralen kan de gloeidraad doorbranden. De levensduur van een gloeilamp is daarom minder lang. Om dit op te lossen zijn er halogeenlampen met inert gas als vulling in de bol, dit gas houdt de achteruitgang van de draad tegen en zorgt voor een efficiëntere lichtproductie.

Fluorescentielampen

Fluorescentielampen kent men van de TL buis en de spaarlamp. Ze werken doordat het gas in de buis door elektriciteit UV straling gaat uitstralen die zichtbaar wordt gemaakt door een coating van fosfor op de binnenkant van het glas.

Neon

Neon werkt bijna hetzelfde als fluorescentielampen namelijk door het direct verlichten van glas in de buis.

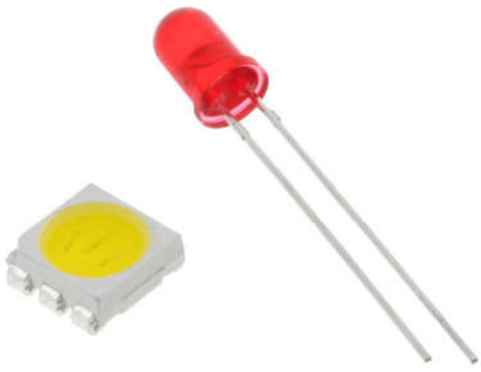
Laser

Een laser zorgt voor licht met een parallelle lichtstraal hierdoor verlicht het een even groot oppervlak als dat het uitzend. Maar geeft het ook een zeer gefocust licht. De toepassingen hiervoor zijn bekend als feestverlichting, maar laser wordt ook veel toegepast in de wetenschap. Door de parallelle straal is laser minder geschikt om consumentenproducten van verlichting te voorzien.

Verlichting wordt gecontroleerd door verschillende soorten optica die er voor kunnen zorgen dat de stralen van het licht afbuigen of divergeren. Door deze optische principes goed toe te passen kunnen voor de ontwerper wenselijke resultaten behaald worden. Zo wordt acryl gebruikt om licht op de juiste plaatsen te krijgen in het dashboard van een auto.

Welke manier van verlichten past het beste bij het product?

Omdat we licht gebruiken op kleine schaal en kleine oppervlakken voor een energiezuinige situatie, zijn we op zoek naar een combinatie van een goedkope, duurzame, efficiënte, niet al te felle en vooral kleine verlichtingsmethode. Hierdoor is



Figuur 3-14: SMD led(links), 5mm led(rechts)



Figuur 3-16: Fluorescentielampen



Figuur 3-15: Laserlicht

Figuur 3-17: Gloeilamp

Figuur 3-18: Neonlicht

een keuze voor een LED voor de hand liggend. De keuze voor welke specifieke soort is dan tussen SMD Leds of standaard Leds. Deze keuze gaat afhangen van de constructie die wordt gebruikt om de verlichting op de juiste positie te krijgen en de benodigde verlichtingshoek. Dit is getest en te lezen onder het volgende kopje.

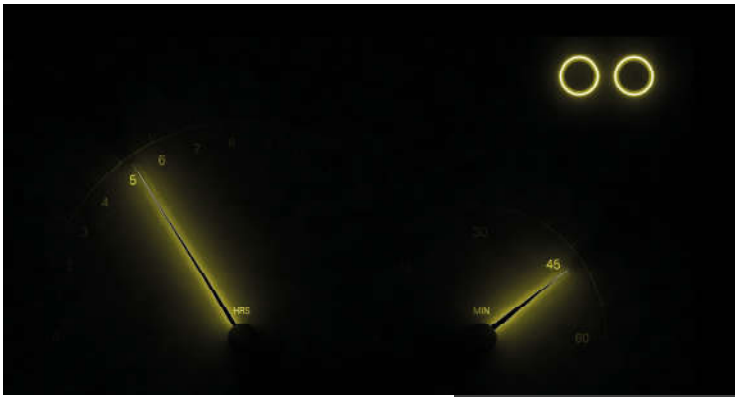
Om er achter te komen waar op getest moest worden zijn er een aantal verlichtingsideeën gemaakt, welke te zien zijn in figuur 3-19. Er is voor gekozen om het ontwerp zo simpel mogelijk te houden en alleen de wijzers van verlichting te voorzien. Dit is makkelijker in te bouwen maar heeft als mogelijk nadeel dat de wijzerplaat niet goed verlicht wordt. Daarom is dit getest in de vorm van een render(figuur 3-18). Dit resultaat gaf genoeg voldoening om een keuze te maken voor dit idee.

Omdat er nog geen zekerheid was over de rol die verlichting kon gaan spelen bij de interactie van het product, is er voor RGB leds gekozen.

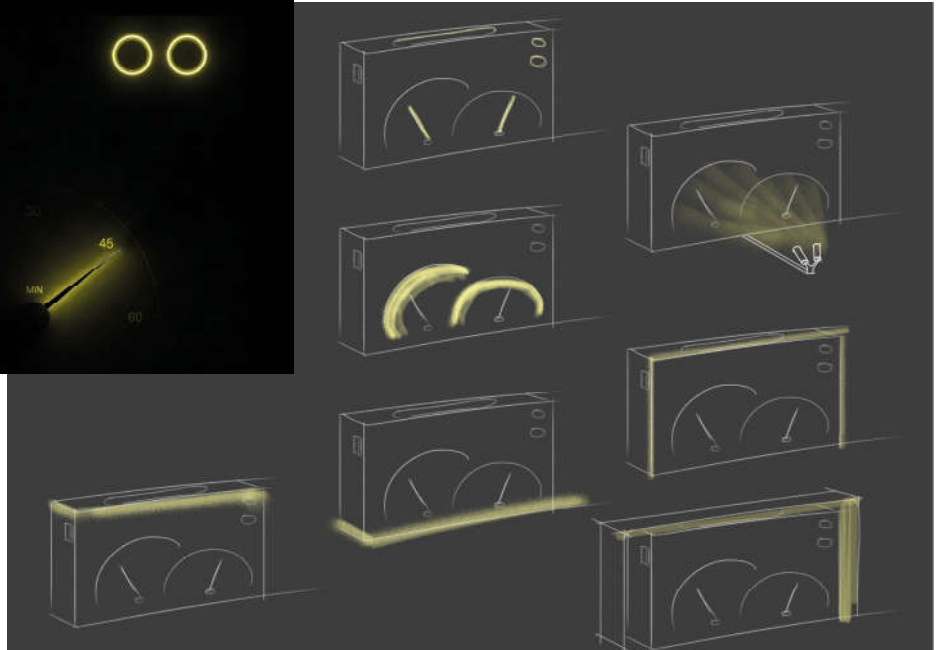
Deze kunnen van kleur wisselen waardoor er extra communicatie mogelijkheden ontstaan.

Test

Om er achter te komen hoe de wijzers het beste verlicht konden worden is er een test gedaan met standaard leds. Dit was om te kijken of de Leds sterk genoeg waren om de wijzers juist te kunnen verlichten. Ook is er opgezocht hoe de wijzers normaal gesproken verlicht worden. Dit is te zien in figuur 3-23. Hieruit was op te maken dat er twee leds per wijzer werden gebruikt die vrij dicht bij de motoras geplaatst worden(de gele vierkantjes. Hierdoor wordt de onderkant van de wijzer zo optimaal mogelijk verlicht. Dit bleek ook zo te zijn tijdens het testen. Zie figuur 2-22. Naast het hoofddoel van de test viel er ook op dat de wijzers beter verkleuren als deze blank zijn. Hiermee moet rekening worden gehouden bij het kiezen van een wijzer.



Figuur 3-20: Render



Figuur 3-19: Verlichtingsideeën

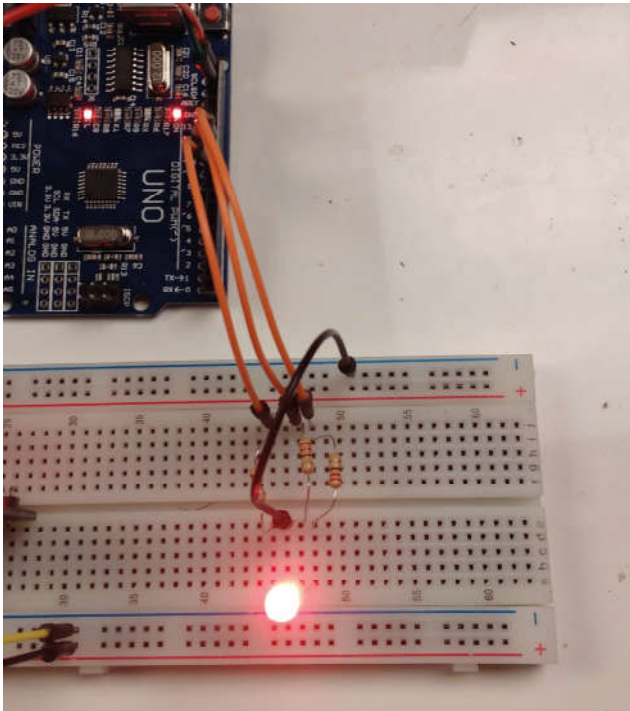
Wijzers

Wijzers kennen we van klokken en meters. In het vooronderzoek is bedacht dat de wijzers uit auto dashboards geschikt zijn voor het product. Ze passen bij het de thematiek van de klok en hebben als effect dat ze oplichten als ze verlicht worden. Zelf ontwerpen geeft meer vormvrijheid maar kost ook meer tijd. Vanwege andere prioriteiten is er gekozen om autowijzers te gebruiken en deze te bestellen.

De wijzers kunnen bij twee bedrijven in Europa besteld worden. A.MAIER Präzision in Duitsland en H G Brunner Ltd in Engeland. Er is contact geweest met deze bedrijven echter zijn de minimum order grootte boven de 5000 tenzij er besteld wordt wat de bedrijven al op voorraad hebben. Een probleem hierbij is dat de uurwijzer 78mm lang moet zijn. En de voorraden van de twee bedrijven bevatten geen wijzers van boven de 50mm. Hierdoor is er gekozen om de wijzers van het zichtmodel te gebruiken en dit onderwerp open te laten voor de toekomst.

Conclusie

Er is gekozen voor vier RGB Leds om de wijzers te verlichten. De Leds zijn goed aan te sturen met de Arduino en geven voldoende licht om de wijzers duidelijk zichtbaar te maken in het donker. En hebben ze een goede levensduur.



Figuur 3-21: Verlichting aansluiting



Figuur 3-23: Verlichting wijzer



Figuur 3-22: Verlichting Test

3.4. Prototype 3

In prototype 3 zijn de bevindingen van prototype 1 en prototype 2 samengevoegd. Dit om zeker te weten dat de onderdelen ook samen nog functioneren maar ook om updates door te voeren. Zo is er in prototype 3 gewerkt met een stappenmotor en is er gekeken naar het verbeteren van instelknoppen. Hier komt ook een stukje interactie bij kijken. Omdat alle onderdelen hier bij elkaar zijn, is er gemeten hoeveel energie het systeem nodig heeft.

Update motor

Omdat servo's niet geschikt zijn voor de functie is er overgestapt op stappenmotoren. Stappenmotoren werken op een zeer andere manier en moeten hierdoor ook op een andere manier worden bediend en geprogrammeerd. De grootste uitdaging hierbij is het omgaan met de positie van de wijzers.

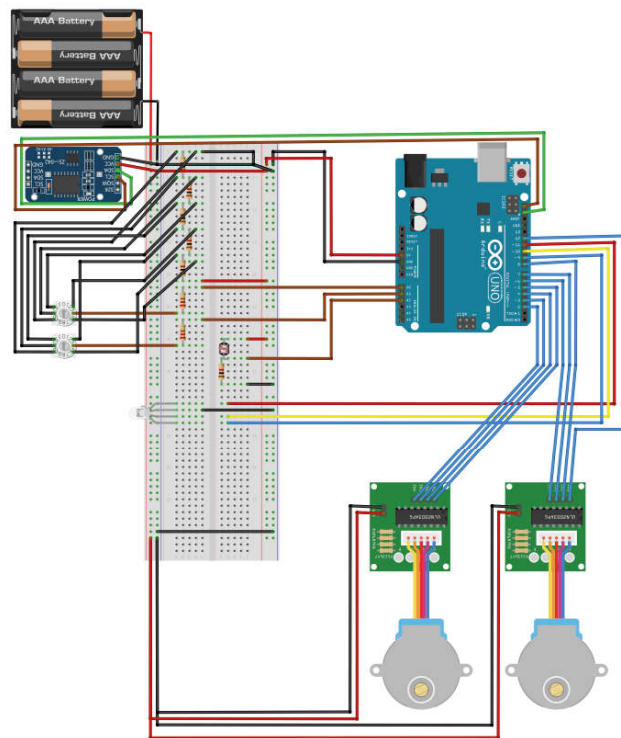
Stappenmotor

Stappenmotoren hebben een aantal stappen waarin ze 360 graden draaien. In dit prototype is er een 28BYJ-48 stappenmotor gebruikt. Een kleine niet al te krachtige motor die geleverd wordt met een motor controller module om hem aan te kunnen sturen. Elke stappenmotor heeft zijn eigen karakteristieken, waarbij vooral de overbrengingsverhouding, stap hoek en aantal stappen per 360 graden belangrijk zijn. Deze gegevens heeft de software nodig om de motor aan te sturen en de programmeur om de positie te bepalen na een aantal stappen.

In dit geval heeft de motor de volgende karakteristieken:

Eigenschappen 28BYJ-48	
Stappen per 360	4076
Stap hoek	5.657
Overbrengingsratio	63.68395
Stap mode	Half step
Spanning	5-12V DC

Tabel 2-2: Eigenschappen 28BYJ-28 (Stan. 2014)



Figuur 3-24: Prototype 3(fritzing,2016)

Doordat we het aantal stappen weten kunnen we het bereik beperken. Zo heeft de wijzer voor de minuten een bereik van 2038 stappen omdat dit overeen komt met 180 graden.

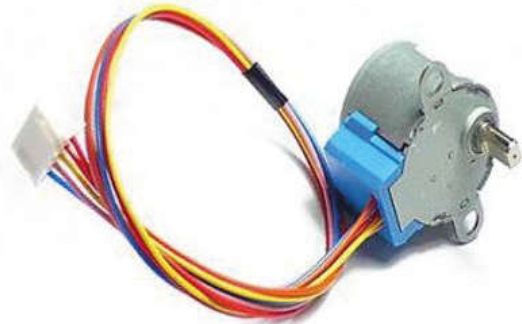
Implementatie

Een stappenmotor slaat af en toe stappen over. Hierdoor is de positie onvoorspelbaar op de lange termijn. Om dit op te lossen is er een calibratie mechanisme ingebouwd. Telkens als de motor terug moet naar minuut nul of twaalf uur. Draait de motor een stuk verder door tegen de wijzers van de klok in. Waarbij de wijzer, die normaal gesproken mee draait, tegengehouden wordt in de nul of twaalf positie. Zodra de motor weer met de klok mee loopt gaat de wijzer weer mee.

Een ander probleem wat zich voordeed was een gebrek aan stroomsterkte om de motoren goed te laten draaien. Dit is opgelost door de motoren op een eigen stroomkring aan te sluiten. Waardoor ze meer stroom kunnen trekken van de batterijen.

Conclusie

Na deze laatste aanpassing werkte de motoren goed en waren de problemen die in prototype 1 te zien waren opgelost. Helaas moest er wel een extra stroomkring worden aangelegd omdat deze motoren meer stroom vragen. Dit kan opgelost worden door zuinigere motoren te vinden.



Figuur 3-25: 28BYJ-48 stappenmotor

Update draaiknoppen

In prototype 1 is er geëxperimenteerd met rotatie potentiometers als instelknoppen. Dit werkte, maar niet intuïtief. De knoppen kunnen niet 360 graden rond draaien en kunnen ook niet één op één aan de positie van de wijzers worden gekoppeld. Dit is omdat de wijzers wel met de tijd mee lopen, en de knoppen niet. Hier moet dus een andere oplossing voor komen.

Dit is in eerste instantie geprobeerd met een schakeldraaiknop. De schakelknoppen werden geprogrammeerd om per klik, de tijd een minuut of uur verder of terug te zetten. Deze manier van instellen werkte, maar de schakelknoppen zijn erg groot 6x3cm(hoogte x breedte) en zouden nooit in het product passen. Daarnaast bleek dat er veel kracht nodig was om de schakelaar verder te draaien en dat er veel aansluitingen nodig waren op de Arduino om hem te laten werken. Deze nadelen hebben er voor gezorgd dat er naar een rotatie encoder is overgestapt, een ander type draaiknop.

Deze rotatie encoder kan wel 360 graden draaien. Heeft maar 3 aansluitingen nodig en geeft feedback bij het draaien in de vorm van klikjes die te voelen zijn door de gebruiker. Daarnaast zijn er veel standaard knophoofden beschikbaar ter verfraaiing. Het grootste nadeel is dat deze zeer lastig te programmeren zijn.

Bij het programmeren van deze knoppen zijn namelijk speciale poorten nodig. Zogenoemde interruptpoorten. Dit zijn poorten die op de arduino zitten. Als ze een signaal binnen krijgen dan onderbreken ze de standaard code, om een los stuk code voorrang te geven. Voor elke knop zijn twee van deze poorten nodig en de Arduino Uno heeft er hier maar twee van. Dit zorgde er dan ook voor dat er voor het volgende prototype gezocht moest gaan worden naar een nieuw platform waarop deze poorten wel voldoende aanwezig zijn.



Figuur 3-26: Draaischakelaar (Conrad, 2017)

Energieverbruik

Een belangrijk onderdeel van de prototypen is het energieverbruik. Dit moet geoptimaliseerd worden mocht het systeem op een accu kunnen werken.

De meting

Om er achter te komen hoeveel energie het systeem gebruikt, zijn er verschillende gegevens verzameld. Er zijn twee stroomkringen aanwezig welke elke van een andere spanningsbron gebruik maken. Voor beide moet gemeten worden hoeveel spanning(Volt) ze afgeven en hoeveel stroom(Ampère) er wordt verbruikt. Dit is gemeten met een multimeter.

In stroomkring A zijn de Arduino, twee knoppen en een RGB led aangesloten. Deze is aangesloten op een 9v batterij. Zowel de spanning als de stroom worden gemeten over de plus en min pool van deze batterij. De stroom wordt in twee situaties gemeten. In situatie 1 staan de leds aan en in situatie 2 staan deze uit.

In stroomkring B zijn de twee motoren en motorcontollers aangesloten op drie AA batterijen. De stroom en spanning worden gemeten over de plus en min pool van de batterij. Ook dit wordt in twee situaties gemeten. In situatie 1 staan de motoren stil en in situatie 2 zijn de motoren aan het draaien.

Resultaten

Situatie	Spanning(Volt)	Stroom(mA)
Situatie A1	8,5	29
Situatie A2	8,5	55
Situatie B1	3,5	90
Situatie B2	3,5	190

Verwerking resultaten

We willen uiteindelijk uitrekenen hoeveel energie er per jaar verbruikt wordt. Hiermee kunnen we namelijk zien hoe groot de accu moet zijn om het

Tabel 2-3: Testresultaten energieverbruik

systeem een jaar lang van energie te voorzien. De berekening is opgedeeld in stroomkring A en B.

Stroomkring A

Ten eerste moet situatie A2 omgerekend worden van het gebruik van 1 led naar 4 leds. $55-29= 26$ mA per led. Dus de reële situatie is $29+4*26=133$ mA.

Uiteindelijk willen we E in mAh uitrekenen, dit is een standaardeenheid voor accu's.

Gegevens:

$$T = 365 * 24h$$

$$U = 8,5v$$

$$I = 0,133A$$

Formules:

$$P = I * U = 0,133A * 8,5v$$

$$P * T = E$$

$$E(mAh) = 1000 * \left(\frac{E}{U}\right)$$

$$E(mAh) = 1000 \left(\frac{(I * U) * T}{U}\right)$$

Met licht:

$$E = \frac{1000((0,133 * 8,5) * (365 * 24))}{8,5}$$

$$E = 1.165.080mAh$$

Zonder licht:

$$E = \frac{1000((0,029 * 8,5) * (365 * 24))}{8,5}$$

$$E = 254.040mAh$$

Stroomkring B:

Motoren lopen op 3.5v

Motoren lopen 1sec per min en 4 sec per uur

Totale looptijd is 63s per uur

Dus $63*24*365=551.880$ s per jaar

$551.880/60/60=153,3$ h per jaar

Gegevens:

$$T = 153,3h$$

$$U = 3,5v$$

$$I = 0,19A$$

Formules:

$$P = I * U = 0,190A * 3,5v$$

$$E = P * T$$

$$E = 1000 * \left(\frac{E}{U}\right)$$

$$E = 1000 \left(\frac{(I * U) * T}{U}\right)$$

Energie actieve uren:

$$E = \frac{1000((0,19 * 3,5) * (153,3))}{3,5}$$

$$E = 29,127mAh$$

Energie passieve uren:

$$E = \frac{1000((0,90 * 3,5) * (24 * 365 - 153,3))}{3,5}$$

$$E = 7.746.030mAh$$

Totaal:

$$\text{Stroomkring A met licht: } E = 1.165.080mAh$$

$$\text{Stroomkring A zonder licht: } E = 254.040mAh$$

$$\text{Stroomkring B totaal: } E_b = 7.746.030 + 29.127$$

$$E_b = 7.775.157mAh$$

$$\text{Totaal met licht} = 8.940.237mAh$$

$$\text{Totaal zonder licht} = 8.029.197mAh$$

Conclusie

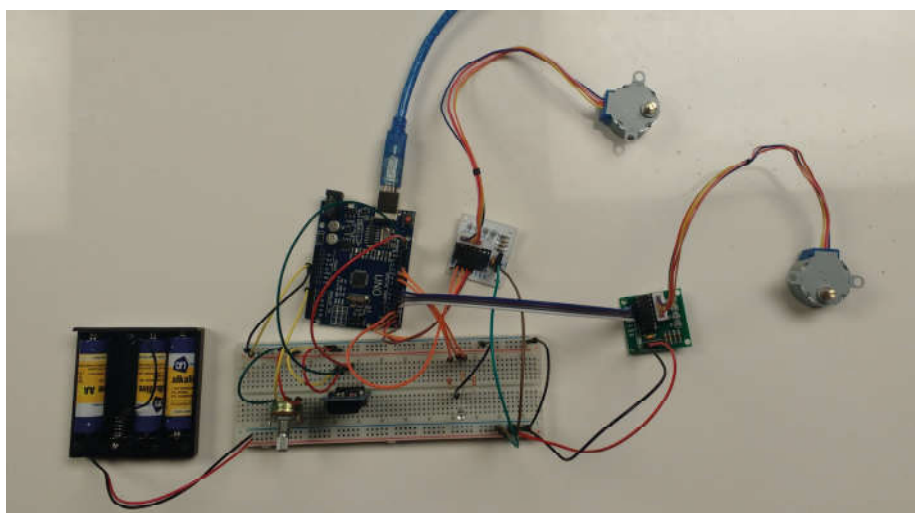
Als we het aantal mAh wat het product per jaar verbruikt vergelijken met de grote van een grote externe oplader van 10.000mAh dan komen we er achter dat het product op dit moment te veel stroom verbruikt om het een jaar lang uit te houden op één accu. De accu zou ongeveer 804x per jaar opgeladen moeten worden. Meer dan twee maal per dag.

Om dit te verminderen zijn er meerdere opties beschikbaar. De motor geen stroom toevoeren als deze passief is, scheelt al 7.746.030mAh. Daarnaast kunnen er zuinigere stappenmotoren gebruikt worden. Er kan er een systeem bedacht worden waardoor de verlichting niet constant aan hoeft te staan. En er kan gezocht worden naar een zuinigere PCB.

Conclusie

Prototype 3 heeft een aantal problemen blootgelegd. De grootste problemen zitten in het energieverbruik. Hier moeten veel onderdelen voor worden vervangen. Waaronder de nieuwe stappenmotoren. Als dit niet gedaan wordt, dan is het gebruik van een accu uitgesloten. De nieuwe knoppen hebben de potentie om een betere gebruikerservaring te creëren maar de Arduino Uno biedt niet de mogelijkheden om deze ten volle te benutten.

Al deze aanpassingen worden gemaakt in het eindprototype. Daarnaast moet de behuizing worden ontwikkeld.



Figuur 3-27: Prototype 3

3.5. Behuizing

Onderdelen

Zoals beschreven in 2.1 is de behuizing nu ontworpen als zichtmodel en niet optimaal voor productie. Dit willen we verbeteren. Ook zal de nieuwe elektronica geïntegreerd moeten worden in de behuizing. Dit betekent dat genoeg ruimte moet zijn voor de elektronica maar ook dat er uitsparingen moeten komen voor connecties met de buitenwereld. Zoals een usb poort voor het opladen, luchtgaten voor afvoer van warmte en plaats voor sensoren.

Uiteindelijk ziet dat er uit zoals in figuur 3-28.

Bij het ontwerpen is er eerst gekeken naar de productiemethode. Deze keuze hangt af van de productieschaal, materiaalgebruik, afwerking en kosten. In dit geval gaat het om 100 stuks aan aluminium componenten met een geanodiseerde afwerking. Voor een zo laag mogelijke prijs.

Om deze prijs laag te houden is er gekozen voor het gebruik van plaatmateriaal.

Er is gekozen voor een ontwerp waarbij er zo veel mogelijk kan worden lasergesneden. Dit productieproces biedt de mogelijkheid van kleine series plaatwerk voor relatief lage prijzen. Een bijkomend voordeel is dat daardoor de hele behuizing gemaakt worden bij één partij. Dit maakt de productie eenvoudiger en goedkoper.

Voorplaat

De voorplaat wordt laser gesneden uit aluminium, waarna deze zwart geanodiseerd wordt. Als laatste stap wordt de grafiek er op geëtsd. De voorplaat krijgt een extra gat voor de bewegingssensor en twee kleine gaten om stoppers voor de wijzers in te maken.

Het geheel wordt verlijmd met de bevestigingsplaat.

Bevestigingsplaat

De bevestigingsplaat is een nieuw onderdeel waaraan alle elektronica bevestigd wordt. Hij

is zo ontworpen dat zowel de metalen als de houten behuizingen er om heen kunnen. De plaat bevat gaten voor de twee motoren, de twee draaiknoppen, bevestigingspunten voor de pcb en bevestigingsgaten voor de structuur die de het product bij elkaar houden.

Het wordt gemaakt uit 8mm multiplex, dit omdat hout makkelijk aan te passen is mocht er iets niet kloppen in het prototype. Daarnaast is het goed te verlijmen.

Assemblage

Het product zal bij elkaar gehouden worden door draadeind met busjes als afstandhouders. Deze stukken draadeind kunnen vastgezet worden op de bevestigingsplaat en door de behuizing heen worden gehaald. Met behulp van afstandshoudende busjes wordt alles op zijn plek gehouden.

Behuizing

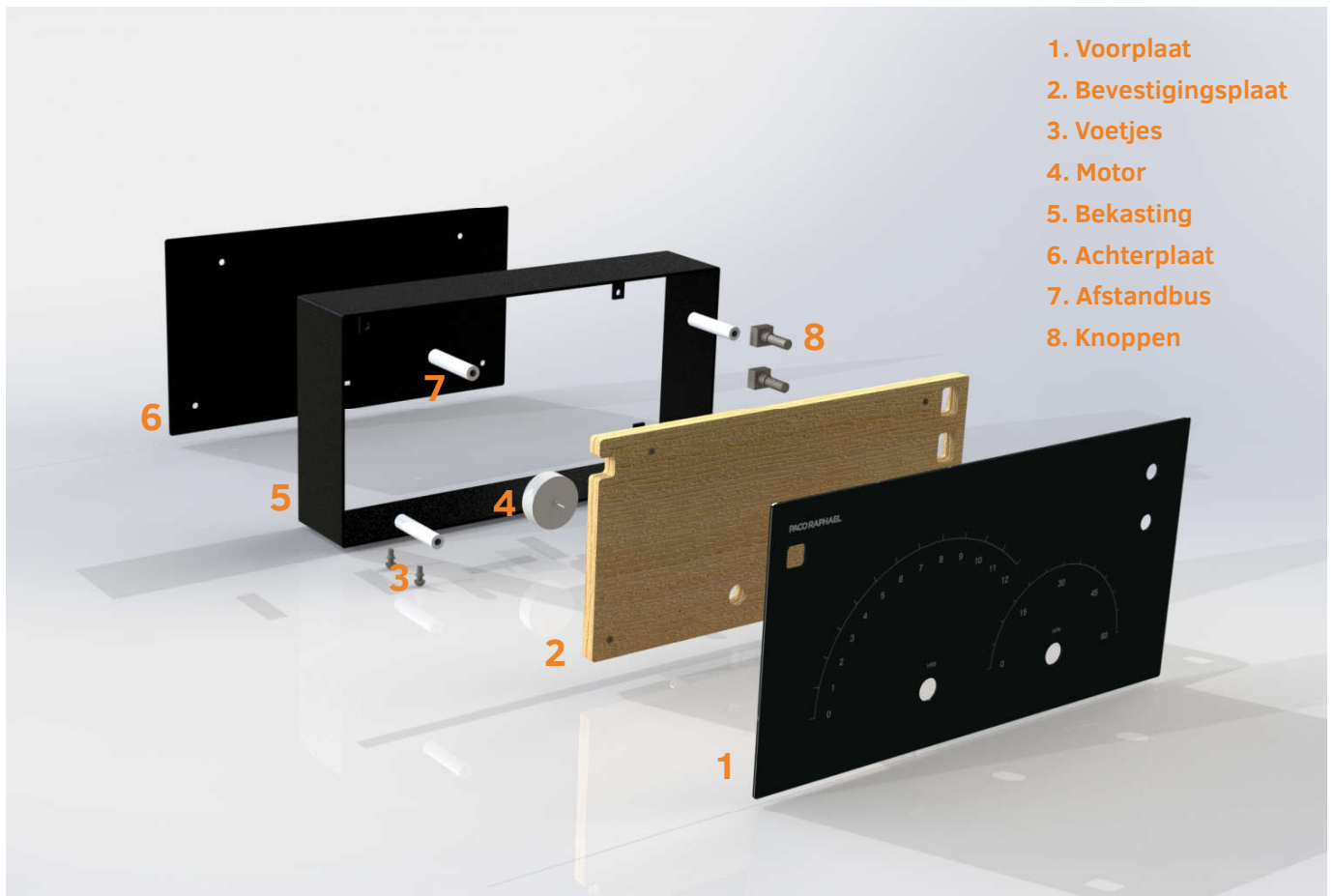
De behuizing is net als de voorkant laser gesneden. Hierna wordt deze gebogen en vast gelast aan de onderkant zodat er zo min mogelijk zichtbaar is van de las. Hierna worden er bevestigingspunten vast gelast op de behuizing. En wordt alles geanodiseerd.

Achterplaat

De achterplaat zit vast geschroefd door middel van de stukken draadeind. Hierdoor zijn er 4 schroeven zichtbaar aan de achterkant. Hiernaast is er ruimte gemaakt voor een micro usb poort. De achterplaat wordt lasergesneden uit aluminium en daarna geanodiseerd.

Rest componenten

De onderdelen op zich werken niet zolang er geen bedrading is. Daarnaast is het ook nog nodig om weerstand in te bouwen op bepaalde plaatsen. En zijn er kleine onderdelen nodig zoals pootjes waar het product op staat. Dit is allemaal opgenomen in een Bill Of Materials. Welke per prototype te vinden is in bijlage 7.5.



Figuur 3-28: Exploded view V1 vooraanzicht

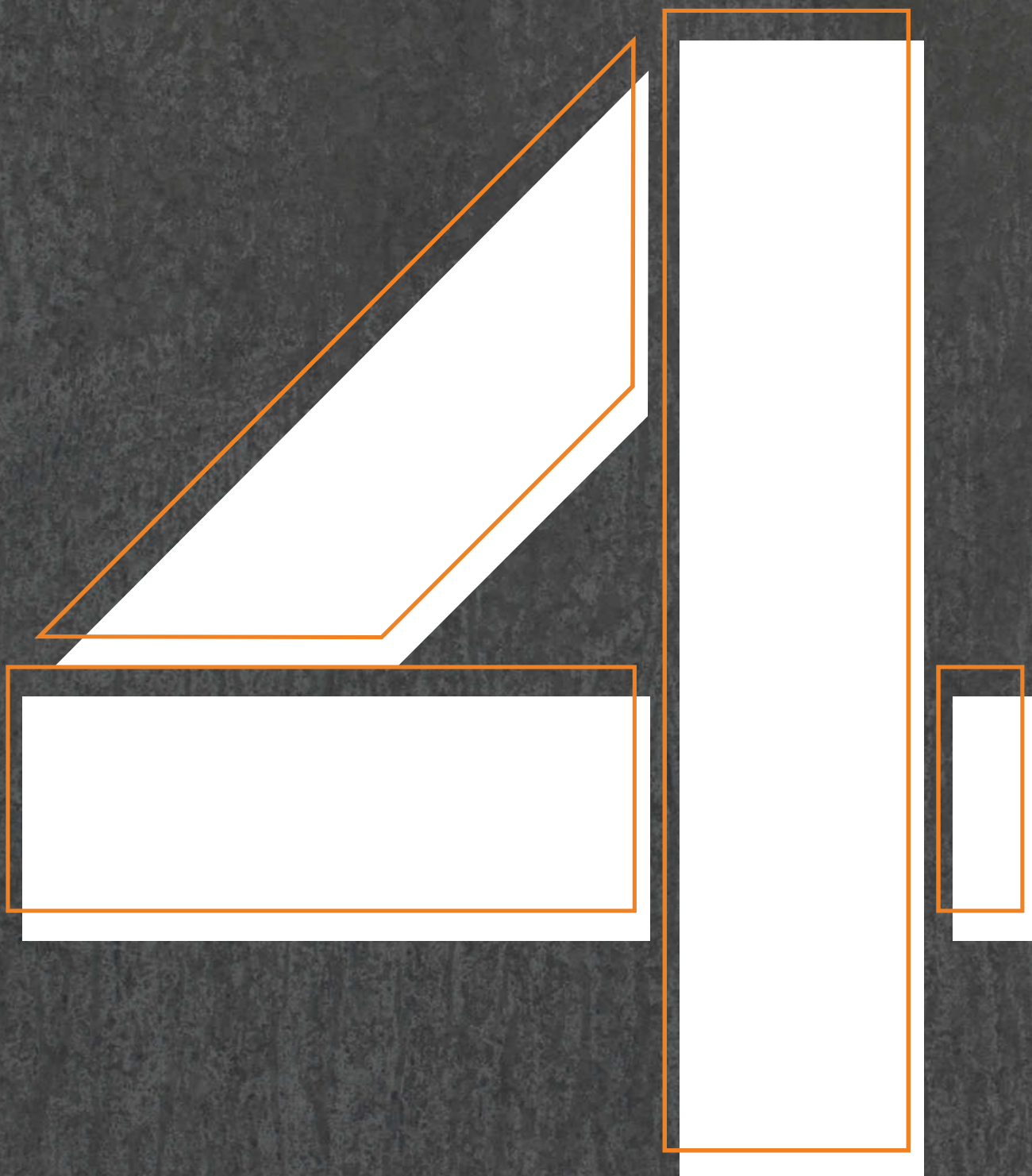
3.6. Conclusie



De prototypen hebben stuk voor stuk bijgedragen aan het functioneel krijgen van het concept. De in prototype 3 naar boven gekomen problemen op het gebied van energieverbruik moeten aangepakt worden. Dit zorgt er voor dat er veel aanpassingen gedaan moeten worden in prototype 4.

Alle onderdelen die energiezuiniger kunnen, worden vervangen. Daarnaast wordt er gezorgd dat de verlichting minder energie gaat gebruiken. Hierna kan er dan alsnog een accu worden ingebouwd.

De behuizing moet worden voorgelegd aan een productiebedrijf, zodat deze kan worden gecheckt en geproduceerd.

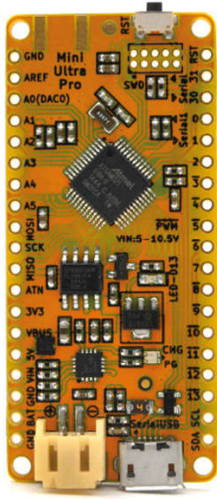


4. Detaillering

In het vorige hoofdstuk was te lezen hoe er van een probleemstelling werd gewerkt naar een ontwerp.

Dit ontwerp wordt in dit hoofdstuk verder uitgewerkt. Er wordt gekeken naar de details van het ontwerp, de programmatuur en de productie van het eindprototype.

4.1. Hardware	39
PCB	39
Motoren	39
Sensoren	39
Accu	40
Conclusie	40
4.2. Software	41
4.3. Behuizing	42
Productie	42
Evaluatie prototype	43
Conclusie	43



Figuur 4-1: Rocketscream pro mini PCB

4.1. Hardware

Het eindprototype bevat een aantal veranderingen ten opzichte van prototype 3. Dit is gedaan om de energieverbruik problemen op te lossen en de gebruikerservaring te verbeteren. De PCB is vervangen, er zijn sensoren toegevoegd en de motoren zijn vervangen.

PCB

De Arduino Uno is vervangen voor een rocketscream pro mini (Rocket Scream, n.d.). Deze PCB werkt nog steeds op Arduino programmatuur maar heeft een aantal voordelen. Het board is gemaakt voor energiezuinige apparaten. En heeft een speciale slaapstand waarin weinig tot geen energie wordt verbruikt. Daarnaast heeft het board 17 interruptpoorten waardoor beide knoppen aangesloten kunnen worden. Daarnaast zit er een RTC module ingebouwd en kan er een accu op aangesloten worden. Het nadeel is dat de PCB alleen een stroomkring van 3.3v ondersteunt.

Motoren

De twee 28BYJ-48 motoren zijn vervangen voor X27 stappenmotoren (JUKEN Swiss Technology, 2011). Deze worden ook veelvuldig gebruikt in de auto-industrie. Ze zijn zuiniger en hebben het extra voordeel dat de as aansluit op de wijzers waardoor deze makkelijker te monteren zijn. Het nadeel was dat er minder support voor te vinden was en het hierdoor lastig was om ze op 3.3V te laten werken.

Sensoren

Om het energieverbruik verder terug te dringen is er gekozen om een tweetal sensoren te implementeren. Een bewegingssensor en een lichtsensor. Deze zorgen er samen voor dat de verlichting aanschakelt als het donker genoeg is en er iemand voorbij loopt.



Figuur 4-2: X27 motor



Figuur 4-3: PIR sensor (MartoParts, n.d.)

Pir sensor

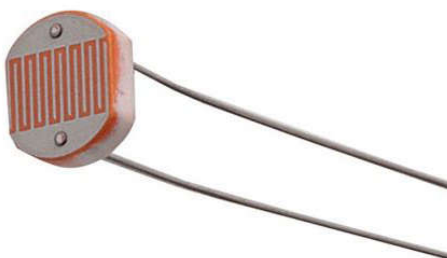
Een PIR sensor is een bewegingssensor. Dit is in het product een goede toevoeging om er voor te zorgen dat de gebruiker betrokken wordt bij het product. Er kan hierdoor een actie gekoppeld worden aan de aanwezigheid van de gebruiker. Waardoor de klok niet meer als een levenloos object de ruimte versiert.

Een PIR sensor werkt door een infrarood beeld van de ruimte te maken en dit uit te zenden in de vorm van een waarde. Dit beeld verandert als er een warm object voorbij komt, hierdoor verandert de waarde ook en kan er een actie aan gekoppeld worden in de software.

Licht-intensiteitsensor

De licht-intensiteit sensor zorgt er voor dat het product kan reageren op het omgevingslicht zoals beschreven staat in de lijst van eisen en wensen. Hiermee kan de software de verlichting aanschakelen wanneer het donker is. En uitschakelen als het licht is, wat weer zorgt voor een energiereductie.

De licht-intensiteit sensor werkt d.m.v. een stroom die door een lichtgevoelige stof loopt. Deze stof heeft een andere weerstand bij andere licht-intensiteiten. Dit zorgt voor een variabel uitgangssignaal welke gemeten wordt door de PCB.



Figuur 4-4: Lichtintensiteit sensor

Accu

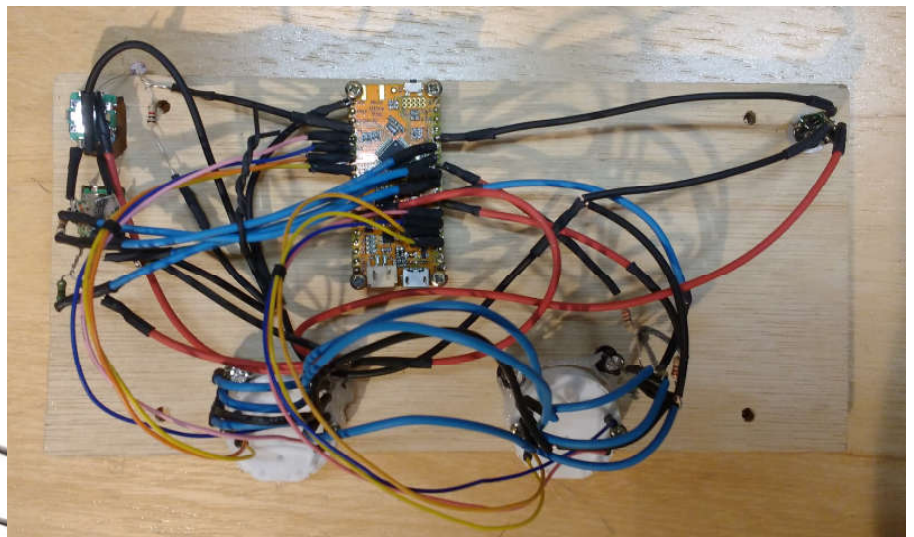
De keuze van een accu hangt af van het verbruik, de benodigde spanning en het soort gebruik. Voor een product wat in twee uur de accu leeg trekt bestaan er andere accu's dan voor een product wat in een jaar een acculading verbruikt.

In dit geval is er gekozen voor een 3.7v 3600mAh oplaadbare batterij. Deze batterij kan de energie een jaar lang vasthouden. Deze batterij houdt het met de nieuwe hardware 72u vol. De berekening hiervoor is te vinden in bijlage 7.6.

Hieruit is op te maken dat de bewegingssensor voor een grote reductie in de energiebehoefte zorgt. Helaas is dit niet genoeg omdat de PCB in passieve toestand nog 40mA nodig heeft. Dit kan softwarematig worden opgelost bij een volgende ronde van verbetering.

Conclusie

Met de nu gebruikte onderdelen werkt het prototype naar behoren. De volgende stap zou zijn om het product te laten testen door een groep gebruikers. En er zal gekeken moeten worden naar de assemblage/productie van de elektronica. Hiervoor wordt het in de arm nemen van een expert bedrijf aangeraden.



Figuur 4-5: Hardware

4.2. Software

De software van het eindprototype zorgt er voor dat de hardware op het juiste moment het gewenste gedrag vertoont. Deze software is geschreven in de eigen programmeertaal van Arduino.

De software bestaat uit een algemeen deel, een setup en een hoofd-loop waarin een aantal functies worden aangeroepen.

In het algemene deel worden zogenoemde bibliotheken ingeladen en variabelen gecreëerd. Dit zorgt er in feite voor dat de software weet met welke hardware het te maken heeft.

De setup fase wordt eenmaal uitgevoerd tijdens het opstarten. Hierin worden de sensoren gekalibreerd en de wijzers geijkt.

De hoofd-loop bevat code die continue wordt herhaald. Hierin bevinden zich functies die de hardware onderdelen opdrachten geven.

Er zijn aparte functies voor: de verlichting, motoren, RTC, knoppen en sensoren.

De code zorgt er nu voor dat de tijd, bij het instellen, per tik van de minutenknop een minuut vooruit gaat. Deze tijd wordt opgeslagen in de RTC. De motoren lezen per loop uit wat de tijd is in de RTC. En passen de wijzerpositie daarop aan. Hierdoor raakt er geen input verloren.

```
void loop()
{
    updateRtcTime();
    calculatePosition();
    updateMotors();
    updateSensorReading();
    updateColour();
}
```

```
void updateColour() {
    if (prevR == R && prevG == G && prevB == B) {
        return;
    }
    if (prevR < R) {
        ++prevR;
        analogWrite(Red, prevR);
    }
    if (prevG < G) {
        ++prevG;
        analogWrite(Green, prevG);
    }
    if (prevB < B) {
        ++prevB;
        analogWrite(Blue, prevB);
    }
    if (prevR > R) {
        --prevR;
        analogWrite(Red, prevR);
    }
    if (prevG > G) {
        --prevG;
        analogWrite(Green, prevG);
    }
    if (prevB > B) {
        --prevB;
        analogWrite(Blue, prevB);
    }
}

void updateColourBreaking() {
    while (R != prevR && G != prevG && B != prevB) {
        updateColour();
        delay(4);
    }
}
```

Figuur 4-6: updateColour functie

Daarnaast reageert de verlichting op de lichtintensiteit en beweging in de ruimte. En wordt de verlichting, als deze wordt aangeschakeld, langzaam aan steeds feller. Dit ziet er hierdoor eleganter uit en draagt bij aan de kwaliteitsbeleving.

De volledige code is te vinden in bijlage 7.7.

```
// Update rtc time
// Calculate pointer position
// Update motors
// Update the sensors readings
// Update the rgb leds
```

Figuur 4-7: Hoofd-loop

4.3. Behuizing

In dit hoofdstuk is te lezen hoe het eindmodel gerealiseerd is.

Hoe het prototype geassembleerd wordt is te vinden in bijlage 7.10.

Productie

De behuizing zal geproduceerd moeten worden door een extern bedrijf omdat Paco Raphael hier zelf de middelen niet voor heeft. Daarnaast bestaat er de wens dat er een bedrijf wordt gevonden om de productie en assemblage van het product uit te voeren. Er is contact gezocht met Olpa Hank, een bedrijf waarmee al tijdens het vooronderzoek contact is geweest. Samen met dit bedrijf zijn er een aantal punten naar boven gekomen ter verbetering van het productieproces.

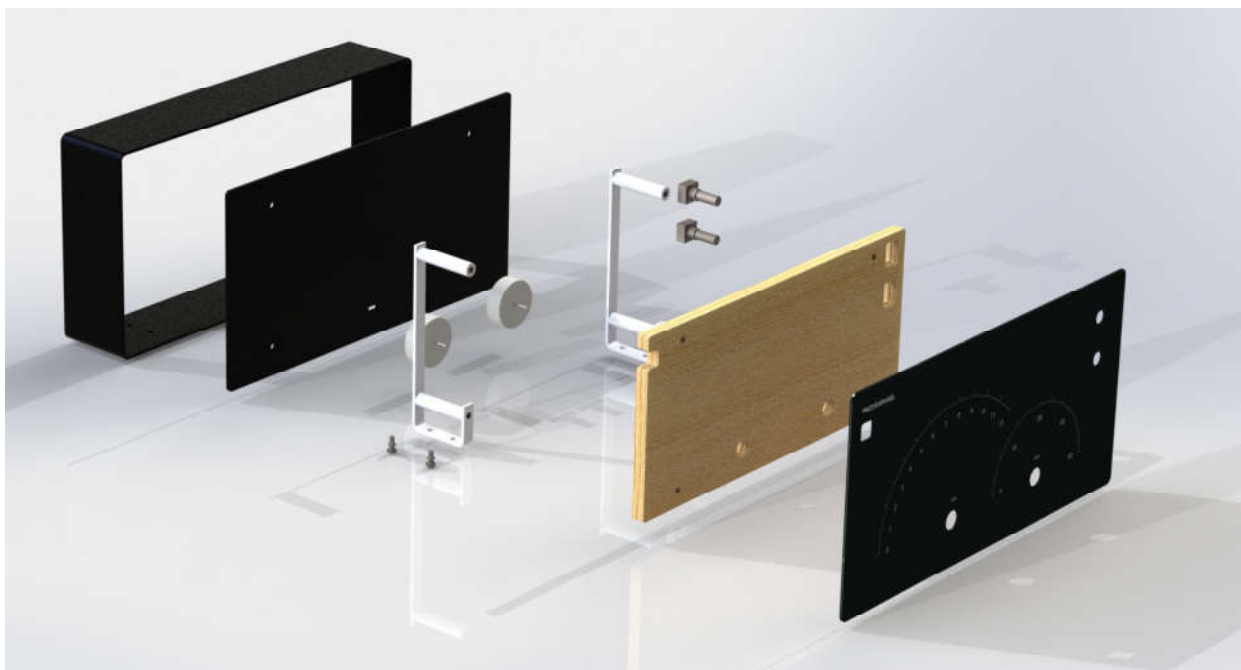
Zo konden zij geen hout lasersnijden, waardoor de bevestigingsplaat niet geproduceerd kon worden. Dit is uiteindelijk zelf gedaan.

Hiernaast kon de behuizing niet gemaakt worden als er bevestigingspunten aan vast gelast moesten worden. Dit zou voor verkleuringen zorgen op de behuizing. Om deze reden is er gekozen om de structuur te veranderen.

Er is gekozen voor twee u-vormige beugels die binnen aan de onderkant van de behuizing vastgeschroefd kunnen worden. De achterplaat en bevestigingsplaat kunnen ook aan deze beugels vastgeschroefd worden. Het eindmodel is te zien in figuur 4-8.

Na deze verandering was het voor Olpa Hank mogelijk om een offerte op te stellen, zoals te zien in bijlage 7.4. De 900 euro die het bedrijf vroeg voor het produceren van een enkelstuks prototype was te hoog, waardoor er gekozen is over te stappen naar FPC plaatwerk, zij boden aan het product voor 250 euro te produceren (bijlage 7.4). Dit verschil kwam voornamelijk voort uit het opnemen van risico in de offerte. Daarnaast heeft dit bedrijf de faciliteiten voor assemblage en een partner voor het beprinten van de voorplaat.

Het zoeken en communiceren met bedrijven bleek veel tijd te kosten en dit heeft ook voor veel vertraging gezorgd tijdens het project. De onderhandelingsperiode met Olpa Hank duurde 6 weken. Toch heeft de expertise van deze bedrijven veel bijgedragen aan het realiseren van het product. Zo is er getest met het verlijmen van de beugels aan de achterplaat en zijn er suggesties gedaan voor de productievolgorde zodat er zo min mogelijk bewerkingssporen zichtbaar zijn.



Figuur 4-8: Exploded view met beugels

Evaluatie prototype

De behuizing zorgt er voor dat het eindprototype er uit begint te zien als een consumentenproduct. Zo is de materiaalafwerking juist. Voelt het prototype in eerste instantie robuust aan. En werkt de verlichting naar behoren.

Het geeft daarnaast het inzicht dat er nog een aantal details zijn die nog aandacht behoeven.

Bij de assemblage bleek dat de beugels niet stijf genoeg zijn om zowel de voorplaat als de achterplaat te positioneren. De beugels zijn erg gevoelig voor buiging. Hierdoor zijn zowel de voorplaat als achterplaat niet opgelijnd met de bekasting. Daarnaast bleek de volgorde van assemblage onhandig. De busjes moeten op hun plaats blijven terwijl er schroeven door de achterplaat naar binnen moeten. Omdat deze niet ingeklemd worden, vallen ze snel om waardoor ze op de verkeerde plek komen te zitten.

Doordat de voorplaat een millimeter van de bekasting af zit is de bevestigingsplaat te zien. Hierdoor lijkt de behuizing niet goed in elkaar te zitten. Hetzelfde geldt voor de bewegingssensor. De bevestigingsplaat is te zien door het gat naar de bewegingssensor.

De bevestigingsplaat vervult zijn taak deels. Het werkt goed voor het positioneren van de

hardware, maar het vastzetten van de knoppen, leds en bewegingssensor en lichtsensor werkt nog niet goed. Er is uitgegaan van bevestiging van deze onderdelen door inklemming. Dit blijkt niet te werken, waardoor er een kans is dat deze onderdelen naar binnen vallen. Dit is opgelost door de onderdelen te verlijmen met de bevestigingsplaat.

De kosten voor het produceren van 1 behuizing waren nog hoog (€256, bijlage 7.4). Maar zouden in een 100 stuks productie al terugvallen op 38 euro per stuk.

Conclusie

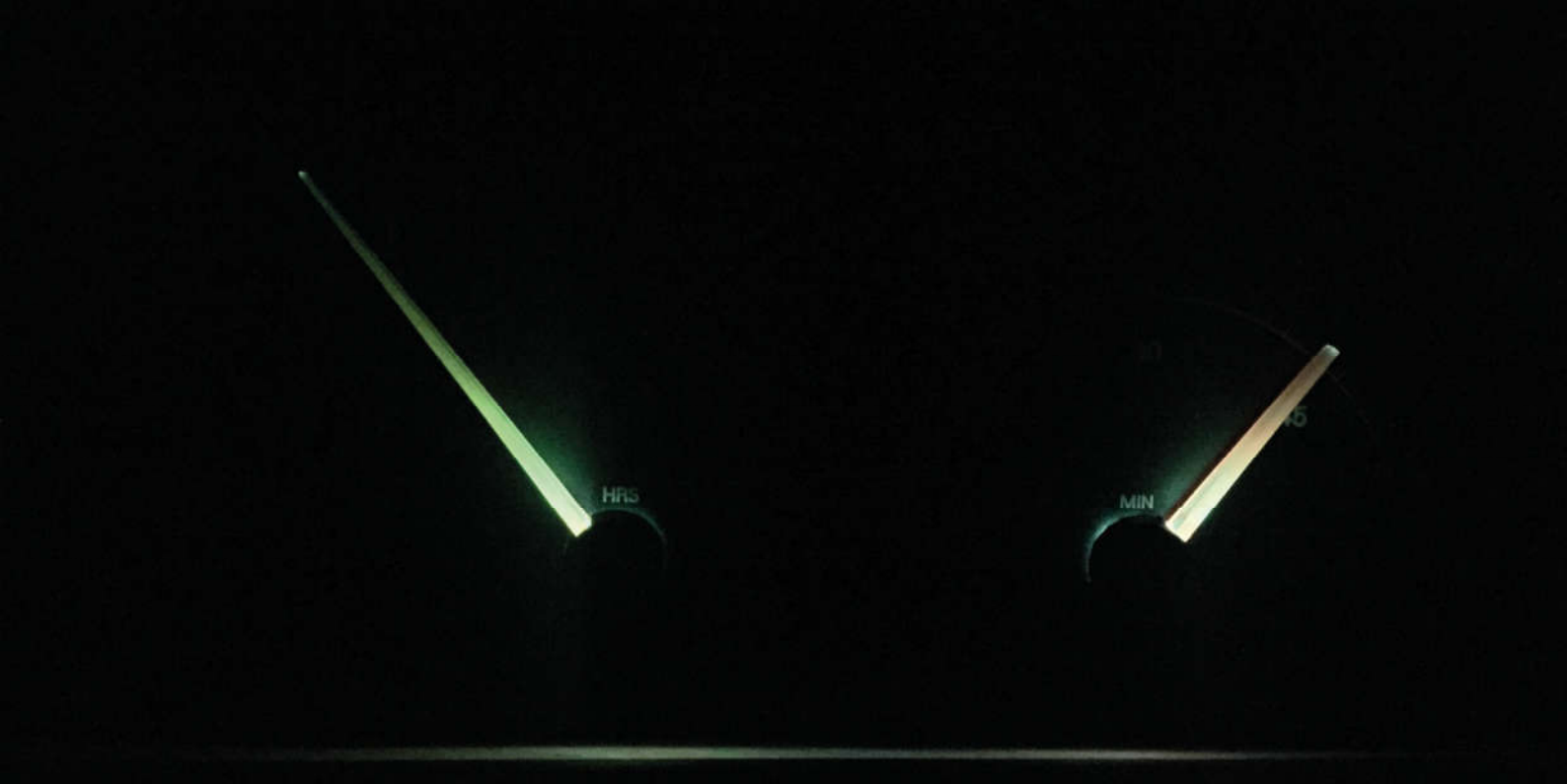
Het ontwikkelen van de behuizing heeft veel tijd gekost. Met name de aansluiting van verschillende onderdelen op elkaar gaf problemen.

Daarnaast moet er ook rekening gehouden worden met de partij die het product gaat produceren. Hierbij is het van groot belang dat er goed gecommuniceerd wordt.

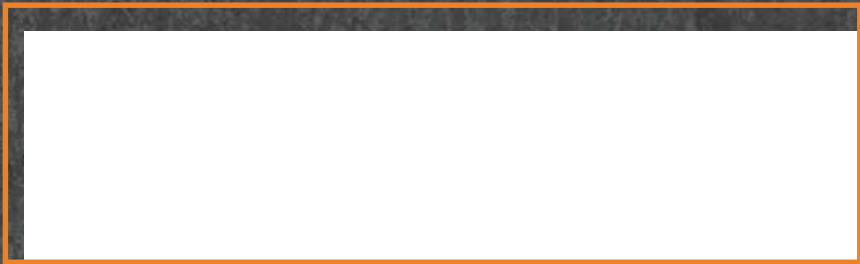
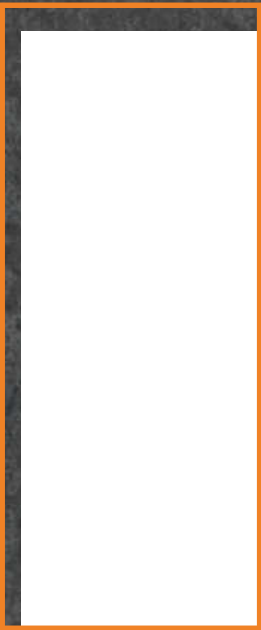
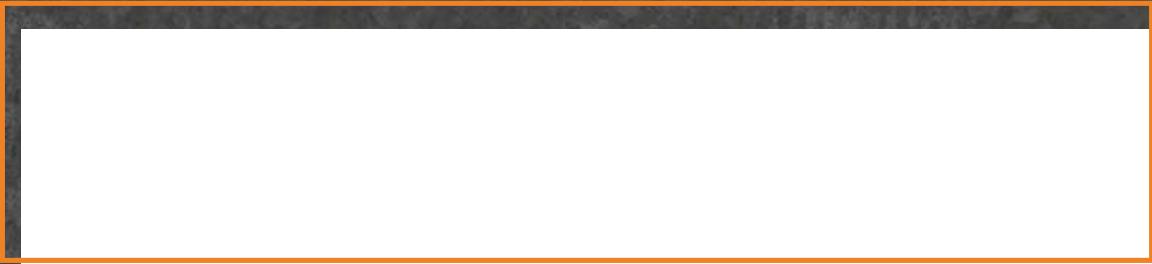
Al met al is de uitstraling van de behuizing goed. De assemblage moet nog verbeterd worden om assemblagetijd te verminderen en onderhoud van de klok makkelijker te maken. Ook de kosten vallen goed uit.



Figuur 4-9: 1. Kier te zien tussen voorplaat en kast. 2. Bevestigingsplaat lijmen. 3. Bevestigingsplaat te zien door voorplaat. 4. Instabiele busjes.



Figuur 4-10: Eindresultaat.



5. Test en evaluatie

In dit hoofdstuk wordt het prototype getest en geëvalueerd. Hiermee wordt de kwaliteit van het prototype getest.

Het prototype heeft een gebruikstest ondergaan. De resultaten en conclusies hier van zijn te vinden in 5.1 Gebruikstest.

Hierop volgt de eind evaluatie van het prototype.

5.1. Gebruikstest	47
Doel	47
Opzet	47
Analyse resultaten	47
Conclusie	48
5.2. Evaluatie	49
Algemeen	49
Technisch	49
Functioneel	49
Onderhoud	49
Productie	49
Conclusie	49

5.1. Gebruikstest

Om het eindprototype goed te kunnen evalueren is er een gebruikstest gedaan. Hierbij hebben testgebruikers opdrachten uitgevoerd met de klok om er achter te komen of het eindproduct naar behoren functioneert.

Doel

Het doel van deze test is om het eindprototype functioneel te testen. Daarmee wordt bedoeld dat de testgebruikers het eindprototype gaan gebruiken om te zien of alles werkt zoals de gebruiker verwacht. Hiermee kan er onderzocht worden hoe goed het eindprototype functioneert en wat voor reacties de interactie met het eindprototype veroorzaakt bij de testgebruikers.

Opzet

De test is uitgevoerd door een kleine groep van 7 testgebruikers omdat het hier om een kwalitatieve analyse gaat. De testgebruikers krijgen de klok, een vragen- en opdrachtenlijst voor zich. Deze lijst is gericht op het gebruikmaken van het eindprototype. Hiermee wordt gesimuleerd hoe een consument met het product zou omgaan. Hoe verwacht wordt hoe consument met het product omgaat is beschreven in 1.4 functieanalyse.

Zo wordt er gevraagd om het product aan te sluiten op een voedingsbron, de tijd in te stellen en deze af te lezen in licht en donker. Dit laatste zal gedaan worden door de kamer te verduisteren. Hier worden vragen over gesteld in de vragenlijst. Ondertussen zit er een observator naast om bevindingen in het gedrag van de testgebruikers te noteren.

Analyse resultaten

Uit de gebruikstest zijn veel verbeterpunten naar boven gekomen. De resultaten zijn te vinden in bijlage 7.9. Hieronder zijn per functie de genoemde verbeterpunten te vinden.

Ten eerste het product aansluiten op stroom. Dit werd erg makkelijk bevonden aangezien iedereen weet hoe micro usb aansluitingen werken. Wel werd er opgemerkt dat een statusled of een aan/uitknop ontbreekt. Dit is nu zo gekozen omdat de klok automatisch aan gaat zodra deze stroom heeft. Een statusled zou een goede toevoeging zijn om aan de gebruiker te laten zien dat het apparaat aan het opladen is. Daarnaast wordt de accu als een goede toevoeging gezien i.v.m. de bewegingsvrijheid van het apparaat.

Ten tweede het instellen van de tijd. Dit werd door alle testgebruikers goed gedaan zonder uitleg. Al liepen de wijzers van de klok te traag mee met de knoppen om een soepele gebruikservaring te creëren. Hierdoor moesten alle testgebruikers wennen aan de trage snelheid van bediening. Dit zou opgelost kunnen worden door de wijzers directer te laten reageren op input.

Ten derde het aflezen van de tijd in licht en donker. In het licht was te zien dat gebruikers moeite hadden om de tijd exact af te lezen. Doordat de wijzers niet direct op de wijzerplaat zitten zijn er verschillende tijden af te lezen onder verschillende hoeken. Dit zou opgelost moeten worden door de wijzers dichterbij de grafiek te plaatsen.

Het aflezen van de klok in het donker werd als moeilijk ervaren. De wijzers zijn goed te zien maar de uurwijzer is zonder zichtbare wijzerplaat niet af te lezen. Een oplossing zou zijn om de wijzerplaat ook te verlichten. De verlichting werd wel mooi bevonden maar is dus tot zo ver nog niet functioneel.

Ten slotte nog aandachtspunten voor de behuizing. De testgebruikers gingen erg voorzichtig om met de klok. Dit duidt er op dat de gebruikers de klok als of fragiel dan wel als waardevol inschatten. Bij navraag bleek dit vooral het eerste te zijn omdat de voorplaat doorbuigt bij het vastpakken en er dan een blikkerig geluid ontstaat. Daarnaast werd de klok omschreven als opvallend van uiterlijk en licht van gewicht.

Conclusie

Het uitvoeren van een gebruikstest is erg nuttig gebleken bij het opsporen fouten. Het eindprototype vervult de beoogde functies, alleen nog niet met de gewenste kwaliteit. De communicatie van het eindprototype naar de gebruiker kan nog beter en moet vooral directer. Zo is er wel te zien dat het eindprototype aan staat zodra de ledverlichting aan gaat. Maar is dit minder direct dan een statusled die aangeeft dat het eindprototype aan het opladen is. Deze directheid in communicatie mist ook bij het instellen van de tijd. De tijd is in het donker af te lezen nadat de gebruiker is gewend aan de nieuwe vorm van de wijzerplaat. Al deze punten zorgen er voor dat de gebruiker moet wennen aan de werking van het product. Dit is voor een klok gericht op een duurder marktsegment nog niet goed genoeg. Er is dus ruimte voor verbetering.



Figuur 5-1: Opstelling

5.2. Evaluatie

Ten slotte een evaluatie aan de hand van het programma van eisen. Hierin wordt het concept kritisch tegen het licht gehouden met behulp van deze eisen en wensen.

Algemeen

Ten eerste de uitstraling van de klok. Deze is nagenoeg hetzelfde gebleven. Er is vooruitgang geboekt op details zoals knoppen en voetjes. Maar de toegevoegde bewegingssensor verstoort het beeld nog. De klok voelt nog niet echt waardevol aan vanwege de doorbuiging van de voorplaat.

De kennis die is opgedaan tijdens dit project is wel goed overdraagbaar gemaakt door middel van het maakverslag.

Technisch

De klok voldoet aan de technische specificaties. De klok weegt maar 0.5kg, bevat verlichting en heeft een accu.

Maar dit is niet genoeg, de gebruikers vinden de klok nu te licht en de verlichting te zwak. De accuduur van 4 dagen is ook niet toereikend. Er zal dus gekeken moeten worden naar de verlichting van de wijzerplaat en naar het energieverbruik.

Wat daarnaast opvalt is het feit dat de klok goed te horen is als de wijzers terug slaan naar hun nul positie. De motoren kunnen stiller zijn maar in het huidige ontwerp maken ze veel geluid.

Functioneel

Gebruikers gingen goed met de klok om en reageerden enthousiast op de klok.

De klok is af te lezen en te bedienen zolang het licht is. De eis om de klok in het donker af te kunnen lezen is niet gehaald. Alleen met oefening is dit voor de gebruiker mogelijk.

Daarnaast reageert de verlichting wel op de lichtintensiteit van de omgeving. En is de klok makkelijk op te laden via USB.

Wat mist zijn statusaanduidingen voor de batterij. De gebruiker weet niet hoe vol

de batterij nog zit, en wanneer de klok opgeladen wordt. Daarnaast zou een aan/uitknop nog een waardevolle toevoeging zijn mocht het nodig zijn om de klok niet te laten lopen. Dit zelfde geldt voor de verlichting, welke 's nachts als vervelend kan worden ervaren.

De accu houdt het nog niet lang genoeg vol. Het systeem zal nog zuiniger moeten. Dit kan waarschijnlijk goed opgelost worden via de software.

Onderhoud

De klok is voor onderhoud makkelijk uit elkaar te halen dankzij de vier schroeven op de achterkant. Mocht er iets mis zijn met de elektronica dan kan dit via deze weg makkelijk vervangen worden. Daarnaast kan er door de modulaire opbouw gemakkelijk de volledige elektronica vervangen worden.

Productie

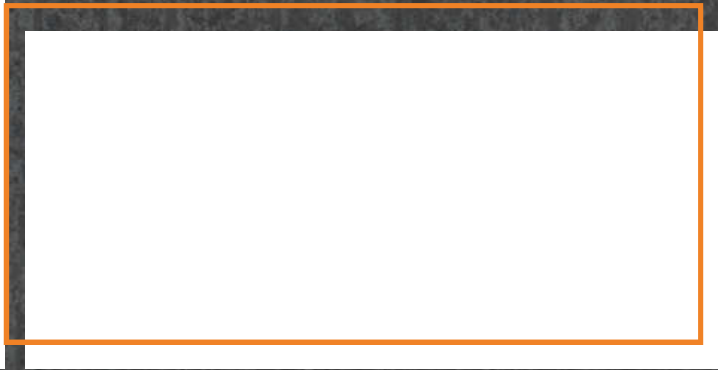
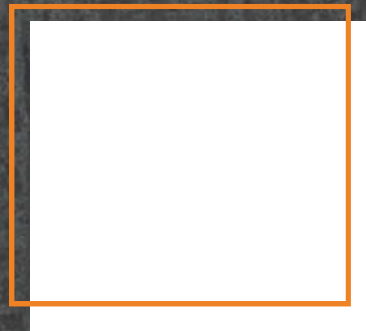
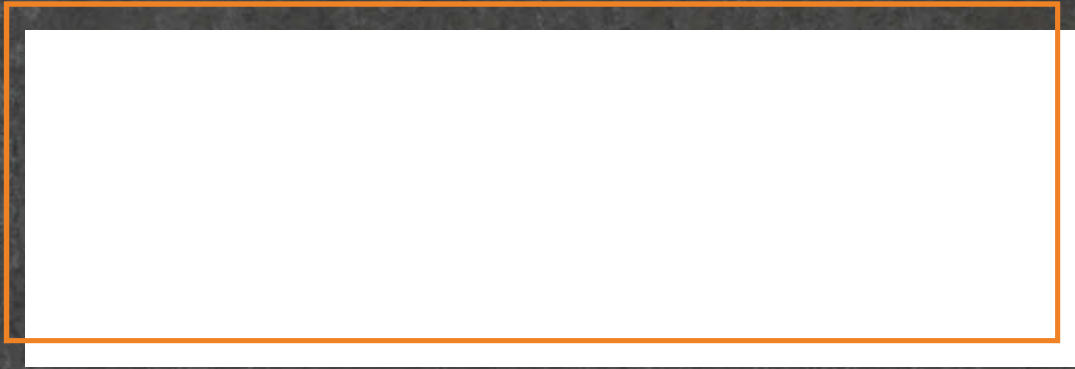
Eventuele productie van de klok is nog niet mogelijk. Er is nog te veel onduidelijk over het produceren van elektronica. Hiervoor zal een extern bedrijf uitkomst bieden. De kostprijs is dan ook niet gezakt ten opzichte van het voorgaande concept. Wel zijn de kosten voor de behuizing gezakt van 65 naar 38 euro per stuk. Bij een oplage van 5 stuks is de kostprijs van 75 euro niet reëel. Het reproduceren van dit prototype kost aan onderdelen alleen al 445 euro (bijlage 7.5).

Bij 100stuks zou dit mogelijk worden maar dit hangt allemaal af van de kosten voor de elektronica.

Conclusie

De klok in zijn huidige staat is nog niet klaar voor productie. Er zal op alle vlakken nog verbeterd moeten worden. Het niet verlagen van de kostprijs is een groot gemis. Maar daarnaast is er wel bewezen dat het concept uitvoerbaar is. Daarbij komt dat er inmiddels veel meer bekend is over de werking van het product.





6. Conclusie

In dit concluderende hoofdstuk worden, op basis van de resultaten van dit project, conclusies getrokken.

Hierna zullen er aanbevelingen gegeven worden voor de verdere ontwikkeling van het product.

Er wordt afgesloten met een reflectie waarin te lezen is hoe het mij als ontwerper bevallen is om aan dit project te werken.

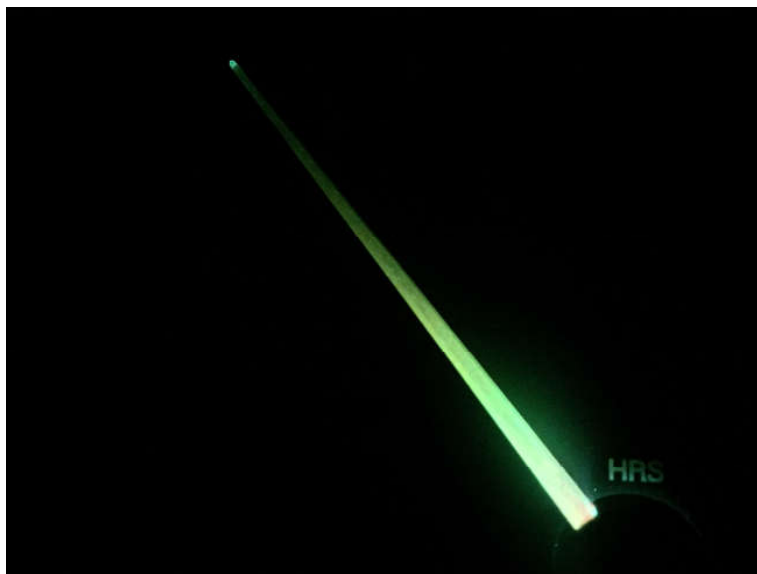
6.1. Conclusie	53
6.2. Aanbevelingen	54
6.3. Reflectie	55
6.4. Referentielijst	56
6.5. Figurenlijst	59
6.6. Tabellenlijst	60

6.1. Conclusie

Het doel van dit project is “Het herontwerpen van een concept design klok voor functionaliteit en productie”. Dit is gerealiseerd in de vorm van een functioneel prototype.

Dit prototype simuleert door middel van een op arduino gebaseerd elektronisch circuit functies voor het instellen en weergeven van de tijd. Daarnaast is er een bewegingssensor, lichtsensor, meerkleurige verlichting en een accu geïntegreerd. Hierdoor trekt het product meer aandacht en is het op meer plaatsen neer te zetten.

Het functionele prototype heeft bewezen dat het bedachte concept maakbaar is. En het heeft verbeterpunten blootgelegd op gebied van product gebruiker interactie, productie van de elektronica, energieverbruik en behuizing. Het product in zijn huidige vorm is nog niet klaar voor productie. Dit moet verder worden uitgezocht in samenwerking met een bedrijf wat zich specialiseert in het produceren van elektronische apparaten.



6.2. Aanbevelingen

De uitwerking van het concept is nog niet af en er zal nog veel moeten gebeuren voordat het de markt op kan. Hieronder staat een aantal aanbevelingen om verder te komen in dit proces.

Zoek een partner bedrijf met ervaring in elektronica en productie. Het bedrijf heeft hier niet de juiste kennis voor in huis. Bij marktgang is het belangrijk dat alles aan het product klopt. Hier is de kennis van experts voor nodig.

De kwaliteitsbeleving van de gebruiker kan nog verbeterd worden met de volgende punten:

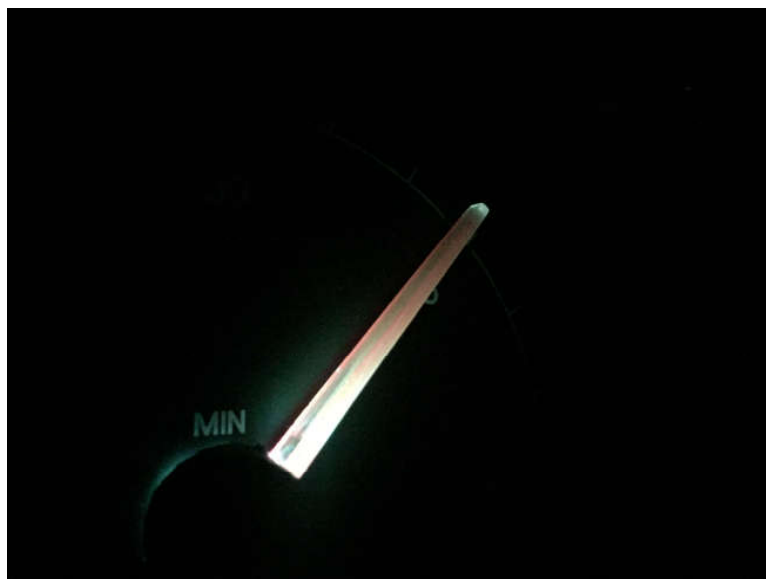
Kijk nogmaals naar structuur van de behuizing. Deze voelt nu nog niet robuust genoeg. Maak de communicatie van het apparaat duidelijker. Door middel van statusleds, tekst bij de knoppen en snellere feedback van de

wijzers. Hierdoor kan de gebruiker zekerder zijn van zijn acties met het product.

Kijk naar de verlichting van de wijzerplaat, deze is tot nu toe onvoldoende leesbaar in het donker. Een idee is om dit af te kijken bij auto dashboards.

Verleng de levensduur van de accu door energie-zuinigere codering. De accu zou een jaar lang kunnen volhouden als de elektronica niet zo veel energie zou gebruiken terwijl deze passief is.

Denk na over het investeren in een grotere productieschaal. Hierdoor kunnen ontwikkelingskosten beter gedekt worden en kan de kostprijs drastisch omlaag. Daarnaast komen er hierdoor meer productiemogelijkheden naar boven voor bijvoorbeeld een kunststof binnenbehuizing.





Figuur 6-1: Paco Raphael

6.3. Reflectie

Na vijf maanden werk aan deze opdracht kan ik zeggen dat de opdracht op zijn eind komt. Tijdens deze vijf maanden heb ik bijzonder veel geleerd. Zo ben ik als industrieel ontwerper gegroeid in het ontwerpen van elektronische prototypen. Heb ik een beter beeld van het werk van een industrieel ontwerper binnen een bedrijf. Kan ik beter inschatten hoeveel werk een opdracht is als deze zelfstandig moet worden uitgevoerd. En ben ik tegenwoordig in staat om elektronische prototypen te ontwikkelen. Iets waar ik tot voorkort geen kennis van bezat.

Daarnaast heb ik op persoonlijk vlak veel geleerd over doorzettingsvermogen, werkethiek en zelfstandigheid. Eigenschappen die ik bij deze opdracht vaak nodig heb gehad.

Het werken voor een bedrijf beviel mij erg goed. Het feit dat je elke dag een routine kan

opbouwen en in een fijne sfeer kan werken, heeft mij en de opdracht goed gedaan.

De opdracht viel groter uit dan ik had gedacht. Achteraf gezien ben ik lang blijven hangen in het maken van tussenprototypen. Waardoor er minder tijd was voor de rest. Contact onderhouden met bedrijven was ook nieuw voor me. Dit bleek lastiger te zijn dan gedacht. En ik denk dat ik hier vaak te afwachtend in was.

Desondanks ben ik erg trots op het resultaat. En ben ik blij dat ik de kans heb gekregen om deze vaardigheden op te doen. Deze ervaring zal ik niet snel vergeten.

En het project heeft mij verder geïnspireerd om verder te leren in de richting van embodiment design.

6.4. Referentielijst

1. Abbtech. (n.d.). Multimeter Clock. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Multimeter-Clock/>
2. AccelStepper. (n.d.). AccelStepper Class Reference. Retrieved from <http://www.airspayce.com/mikem/arduino/AccelStepper/classAccelStepper.html>
3. Adafruit. (2017). Automotive Gauge Stepper Motor - x27.168. Retrieved from <https://www.adafruit.com/product/2424>
4. Adafruit. (n.d.). Lithium Ion Battery Pack - 3.7V 6600mAh. Retrieved from <https://www.adafruit.com/product/353>
5. Adafruit. (n.d.). PIR Motion Sensor Tutorial. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/PIR-Motion-Sensor-Tutorial/>
6. AddOhms. (2014). BJTs as Transistor Switches | AddOhms #10. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=sRVvUkK0U80>
7. Aisler. (n.d.). The smartest, most affordable prototyping service in Europe. Retrieved from <https://go.aisler.net/>
8. Alexis Matelin. (2015). How to turn an Arduino based proof of concept into a final prototype. Retrieved from <http://digitaljunky.io/how-to-turn-an-arduino-based-proof-of-concept-into-a-final-prototype/>
9. Alibaba.com. (n.d.). Shanghai bingfeng instrument plastic factory. Retrieved from <https://chinabingfeng.en.alibaba.com/>
10. AliExpress. (n.d.). 37MM Lengte DIY Auto Speedo Motorfiets Toerenteller Snelheidsmeter Naalden Pointers. Retrieved from <https://nl.aliexpress.com/item/37MM-Length-DIY-Auto-Car-Speedo-Motorcycle-Tachometer-Speedometer-Needles/32786735246.html?scm=1007.13339.33317.0&pvid=042c443a-d3db-466a-bcb9-31762524c24b&tpp=1>
11. AliExpress. (n.p.). DIY 43MM Length Auto Car Fuel Gauge Motorcycle Speedometer Speedo Needles Pointers. Retrieved from <https://nl.aliexpress.com/item/DIY-43MM-Length-Auto-Car-Fuel-Gauge-Motorcycle-Speedometer-Speedo-Needles/32784642187.html?isOrigTitle=true>
12. Anubiss Electronics Manufacturing Services. (2017). Inkoop van elektronica componenten. Retrieved from http://www.anubiss.nl/nl_NL/electronic_manufacturing_services/electronic_components_procurement
13. Arduino. (n.d.). PIRsense code. Retrieved from <http://playground.arduino.cc/Code/PIRsense>
14. Arduino. (©2017). DS1302 Real Time Clock. Retrieved from <http://playground.arduino.cc/Main/DS1302>
15. Berg, D van den. (2016). Title. Amsterdam: Paco Raphael.
16. bltd, Katie. (2013). Nimbus Dashboard. Retrieved from <http://www.betterlivingthroughdesign.com/accessories/clocks/nimbus-dashboard/>
17. Brian. (n.d.). Easy Driver Examples. Retrieved from <http://www.schmalzhaus.com/EasyDriver/Examples/EasyDriverExamples.html>
18. C. Uitvlucht. (2015). Enigma. Den Haag: de Haagse Hogeschool.
19. Conrad. (2017). Draaiknoppen. Retrieved from [https://business.conrad.nl/nl/Search.html?searchType=REGULAR&search=draaiknop&category=1FComponenten 2B- 2BPassief&tfo_ATT_DIMENSION_DIAMETER=8 20mm---9 20mm---10 20mm---10.1 20mm---10.7 20mm---11 20mm---11.4 20 mm---11.5 20mm---12 20mm---13 20mm---13.5 20mm---14 20mm---14.5 20mm---15 20 mm&tfo_ATT_KAT_DEVICE_STUD_TYPE=Draaiknop---Knevelknop---Schaalverdeling](https://business.conrad.nl/nl/Search.html?searchType=REGULAR&search=draaiknop&category=1FComponenten%202B-2BPassief&tfo_ATT_DIMENSION_DIAMETER=8%20mm---9%20mm---10%20mm---10.1%20mm---10.7%20mm---11%20mm---11.4%20mm---11.5%20mm---12%20mm---13%20mm---13.5%20mm---14%20mm---14.5%20mm---15%20mm&tfo_ATT_KAT_DEVICE_STUD_TYPE=Draaiknop---Knevelknop---Schaalverdeling)
20. Conrad. (2017). Joy-it Arduino™ MEGA 2560R3 Compatible board. Retrieved from [https://www.conrad.nl/nl/joy-it-arduino-mega-2560r3-compatible-board-1409778.html?sc.ref=Product 20Details](https://www.conrad.nl/nl/joy-it-arduino-mega-2560r3-compatible-board-1409778.html?sc.ref=Product%20Details)
21. Conrad. (2017). NKK Switches MRA112-A Draaischakelaar 125 V/AC 0.25 A Schakelposities 12 1 x 30 ° 1 stuks. Retrieved from <https://www.conrad.nl/nl/nkk-switches-mra112-a-draaischakelaar-125-vac-025-a-schakelposities-12-1-x-30-1-stuks-709286.html>

22. Conrad. (2017). Würth Elektronik WS-RPTL 481RV12172100 Draaischakelaar 12 V/DC 0.1 A Schakelposities 8 1 . Retrieved from <https://www.conrad.nl/nl/wuerth-elektronik-ws-rptl-481rv12172100-draaischakelaar-12-vdc-01-a-schakelposities-8-1-stuks-1230154.html>
23. Conrad. (n.d.). Welke elektronikabeuizing is de juiste?. Retrieved from <https://www.conrad.nl/nl/informatie-tips/componenten/algemeen/welke-elektronikabeuizing-is-de-juiste.html?searchType=CONTENT>
24. Cutthroat912. (n.d.). Servo controlled Car Gauges. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Servo-Controlled-Car-Gauges/>
25. Dawid U. (n.d.). Arduino Clock (With LCD and Stepper Motor). Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Arduino-Clock-With-LCD-and-Stepper-Motor/>
26. Dimension Engineering. (n.d.). A beginner's guide to switching regulators. Retrieved from <https://www.dimensionengineering.com/info/switching-regulators>
27. Domiflichi. (n.d.). Standalone Arduino / ATmega Chip on Breadboard. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Standalone-Arduino-ATmega-chip-on-breadboard/>
28. ElectricalEngineering. (2013). How do I create a permanent application from something prototyped with Arduino?. Retrieved from <https://electronics.stackexchange.com/questions/67112/how-do-i-create-a-permanent-application-from-something-prototyped-with-arduino>
29. European Commision. (2017). CE marking Manufactureres. Retrieved from https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/manufacturers_en
30. Flightdeck737. (2016). Overhead gauges. Retrieved from <http://www.flightdeck737.be/en/hardware/fwd-aft-overhead/overhead-gauges/>
31. Fritzing. (2016). fritzing electronics made easy. Retrieved from <http://fritzing.org/home/>
32. fungus amungus. (n.d.). Three Part Clock. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Three-Part-Clock/>
33. Gaugette. (2012). Arduino library for Switec X25.168. Retrieved from <https://github.com/clearwater/SwitecX25>
34. Guy Carpenter. (2012). Using the SwitecX25 Library. Retrieved from <http://guy.carpenter.id.au/gaugette/2012/02/16/using-the-switecx25-library/>
35. Henning Karlsen. (2014). Library: DS3231. Retrieved from <http://www.rinkydinkelectronics.com/library.php?id=73>
36. Hifiduino. (n.d.). RotEnc. Retrieved from <https://hifiduino.files.wordpress.com/2010/10/rotenc.jpg>
37. Innofab. (2017). Technische productinnovatie. Retrieved from <http://innofab.nl/index.php>
38. J.Heirbaut. (2016). GELUIDSGOLVEN VORMEN ONZICHTBARE BEDIENINGSKNOPPEN. Retrieved from <https://www.deingenieur.nl/artikel/geluidsgolven-vormen-onzichtbare-bediensknoppen>
39. James Caska. (n.d.). Create a PCB Directly From a Breadboard. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Create-a-PCB-directly-from-a-Breadboard/>
40. JUKEN Swiss Technology. (2011). X27. Retrieved from http://www.jukenswisstech.com/JSTFiles/downloads/2011/06/X27_Flyer_v1.3.pdf
41. Julian Ilett. (2014). 1-Day Project: Build Your Own Arduino Uno for \$5. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=sNIMCdVOHOM>
42. Kouichi Okamoto. (n.d.). Water Clock Kyoei Design. Retrieved from <https://shop.gessato.com/water-clock-kyoei-design.html>
43. Lauren Orsini. (2014). Arduino Vs. Raspberry Pi: Which Is The Right DIY Platform For You?. Retrieved from <http://readwrite.com/2014/05/07/arduino-vs-raspberry-pi-projects-diy-platform/>
44. Lighting design lab. (2017). Retrieved from <https://www.lightingdesignlab.com/gallery#@gid=2&pid=13>
45. Lightsearch.com. (2017). Lighting Design: Basic Strategies. Retrieved from <http://www.lightsearch.com/resources/lightguides/design.html>

46. MartoParts. (n.d.). Mini PIR-sensor. Retrieved from <https://www.martoparts.nl/Mini-pir-sensor>
47. Matas Electronics. (n.d.). Markten. Retrieved from <http://www.matas.nl/markten/>
48. Medicinfo. (2011). Levensfasen - Jonge volwassenheid. Retrieved from <https://medicinfo.cz.nl/7B1AE35AB9-1CEF-4870-BCAA-D947B40E837D7D>
49. Medicinfo. (2011). Levensfasen - Middelbare leeftijd. Retrieved from <https://medicinfo.cz.nl/7BCD2AFE9E-E9BD-49E0-882A-3BF62569D26D7D>
50. Microchip. (n.d.). PIC16F628A In Production. Retrieved from <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F628A>
51. Mouser Electronics. (2017). ams TMD3700 Proximity & Color Sensor Module. Retrieved from <http://nl.mouser.com/new/ams/ams-TMD3700/>
52. Mouser Electronics. (2017). Knobs & Dials. Retrieved from http://nl.mouser.com/Electromechanical/Knobs-Dials/Images/_/N-5g22?Nao=50
53. MUCO Technologies BV. (2017). MUCO TECHNOLOGIES, ELEKTRONICA ONTWIKKELING. Retrieved from <https://muco-technologies.nl/nl>
54. Newegg. (n.d.). WWH-28YBJ-48 DC 5V 4 Phase 5 Wire Stepper Motor With ULN2003 Driver Board. Retrieved from https://www.newegg.com/Product/Product.aspx?Item=9SIA4W329F1648&nm_mc=KNC-GoogleMKP-PC&cm_mmc=KNC-GoogleMKP-PC-_-pla-_-Sensors+26+Transducers-_-9SIA4W329F1648&gclid=CNuTr9zbnsUCFem7Aod5XkAZg&gclsrc=aw.ds
55. Oliver B. (n.d.). Voltmeter Clock. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Voltmeter-Clock/>
56. PJRC. (n.d.). Encoder Library. Retrieved from https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_Encoder.html
57. randof0. (2016). getting started with electronics. Retrieved from <http://www.instructables.com/lesson/Getting-Started-With-Electronics/>
58. Raymond Klompsma. (2009). Hoe persona's en user stories bijdragen aan een succesvol designproces. Retrieved from <https://www.frankwatching.com/archive/2009/04/01/hoe-personas-en-user-stories-bijdragen-aan-een-succesvol-designproces/>
59. RENA Elektronica. (n.d.). Industrial Electronics. Retrieved from http://www.rena-electronica.com/industrial_electronics.php
60. Rocket Scream. (n.d.). Mini Ultra Pro Hookup Guide. Retrieved from <http://www.rocketcream.com/blog/docs-item/mini-ultra-pro-hookup-guide/>
61. Rocket Scream. (n.d.). Mini Ultra Pro(Without Radio). Retrieved from <http://www.rocketcream.com/blog/product/mini-ultra-pro-without-radio/>
62. Samuel. (2015). Real Time Clock Using DS3231. Retrieved from <http://www.instructables.com/id/Real-time-clock-using-DS3231-EASY/>
63. Stan. (2014). 28BYJ-48 Stepper Motor with ULN2003 driver and Arduino Uno. Retrieved from <http://42bots.com/tutorials/28byj-48-stepper-motor-with-uln2003-driver-and-arduino-uno/>
64. Talk2. (2016). Temp. and Humidity Sensor with a CR2032 for over 1 year!. Retrieved from <https://www.hackster.io/Talk2/temp-and-humidity-sensor-with-a-cr2032-for-over-1-year-580114>
65. The LED light. (n.d.). How To Work With 3 And 5mm LEDs. Retrieved from <http://www.theledlight.com/LED101.html>
66. University of Maryland. (n.d.). Big and little endian. Retrieved from <https://www.cs.umd.edu/class/sum2003/cmsc311/Notes/Data/endian.html>
67. UX booth. (2015). Complete beginnersguide to UX design. Retrieved from <http://www.uxbooth.com/articles/complete-beginners-guide-to-interaction-design/>
68. VDR Electronics. (n.d.). PCB Service. Retrieved from <http://www.mijnprintplaat.nl/printplaat-service/>
69. Vitsch electronics. (2017). Embedded software. Retrieved from <http://www.vitsch.nl/werkgebieden/programming/>

6.5. Figurenlijst

1. Inleiding

Figuur 1-1: Overview Paco Raphael	4
-----------------------------------	---

2. Analysefase

Figuur 2-1: Zichtmodel Hout	7
Figuur 2-2: Zichtmodel Aluminium	7
Figuur 2-3: Zichtmodel Aluminium	8
Figuur 2-4: Studio Paco Raphael	10
Figuur 2-5: Procesdiagram gebruik	12
Figuur 2-6: Technisch proces diagram	13
Figuur 2-7: Interactie diagram	13
Figuur 2-8: F.A.S.T. diagram	14
Figuur 2-9: Ontwerpcyclus	15
Figuur 2-10: Raspberry pi	16
Figuur 2-11: Grafiek design	17
Figuur 2-12: Arduino Uno(links) en Mega(rechts)	17

3. Concept Ontwikkeling

Figuur 3-1: Arduino klok door Dawid U	21
Figuur 3-3: Auto wijzers	21
Figuur 3-2: Driedelige klok	21
Figuur 3-4: Multimeter klok	21
Figuur 3-5: Real Time Clock	23
Figuur 3-6: RTC aansluiting	23
Figuur 3-7: DC motor	23
Figuur 3-8: Stappenmotor	23
Figuur 3-9: Servo	23
Figuur 3-10: Potmeter	25
Figuur 3-12: Prototype 1	25
Figuur 3-11: Rotatie encoder	25
Figuur 3-13: Werking oog	27
Figuur 3-14: Leds	28
Figuur 3-15: Laserlicht	28
Figuur 3-17: Gloeilamp	28
Figuur 3-16: Fluorescentielampen	28
Figuur 3-18: Neonlicht	28
Figuur 3-19: Verlichtingsideeën	29
Figuur 3-20: Render	29
Figuur 3-21: Verlichting aansluiting	30
Figuur 3-23: Verlichting wijzer	30
Figuur 3-22: Verlichting Test	30

Figuur 3-24: Prototype 3	31
Figuur 3-26: Draaischakelaar	32
Figuur 3-25: 28BYJ-48 stappenmotor	32
Figuur 3-27: Prototype 3	34
Figuur 3-28: Exploded view V1 vooraanzicht	36

4. Systeem ontwerp

Figuur 4-2: X27 motor	39
Figuur 4-1: Rocketscream pro mini PCB	39
Figuur 4-3: PIR sensor	39
Figuur 4-4: Lichtintensiteit sensor	40
Figuur 4-5: Hardware	40
Figuur 4-7: Main loop	41
Figuur 4-6: setColor functie	41
Figuur 4-8: Exploded view met beugels	43
Figuur 4-9:	44
Figuur 4-10: Eindresultaat.	44

5. Test en evaluatie

Figuur 5-1: Opstelling	48
------------------------	----

6. Conclusie

Figuur 6-1: Paco Raphael	55
--------------------------	----

6.6. Tabellenlijst

2. Analysefase

Tabel 1-1: Prototype kosten	8
-----------------------------	---

3. Concept Ontwikkeling

Tabel 2-2: Eigenschappen 28BYJ-28 (Stan. 2014)	31
--	----

Tabel 2-3: Testresultaten energieverbruik	33
---	----

7.Bijlage

Tabel 6-4: BOM Eindproduct	11
----------------------------	----

