

MARGO'S MINI MOVINGHEAD

Erasmus Hogeschool Brussel, departement RITCS

3^{de} bachelor Technical Theatre Design, Academie jaar 2025-2026

1^{ste} zittijd

Margo Van Lancker

*Hoe kan ik de werking van een movinghead vertalen naar een functioneel
miniaturprototype, en welke technische beperkingen ontstaan daarbij op vlak van
lichtopbrengst, beweging, behuizing en besturing?*

Bachelorproef

Professionele Bachelor Technical Theatre Design

Erasmushogeschool, Departement RITCS

Academiejaar 2025-2026

1^{ste} zittijd

Versienummer 1, 1/06/2026

Margo Van Lancker

2026

Docenten: Eric Engels, Saskia Louwaard, Vicky Vermoezen

Begeleidende Docent: Eric Engels

Inhoudsopgave

<i>Woord vooraf</i>	5
<i>Samenvatting</i>	6
<i>Inleiding</i>	7
2. Movingheads	8
Geschiedenis	8
2.1 Wat is een movinghead?	16
2.2 Basiswerking.....	16
2.3 Belangrijkste onderdelen	16
Motoren/beweging	16
Optisch systeem	19
Behuizing	22
2.4 Besturing	22
2.5 Welke onderdelen zijn relevant voor miniaturisatie?	23
3. Mini movinghead	24
3.1 Wat betekent verschaling?	24
3.2 Verschaling onderdelen	24
Motoren/beweging	24
Optisch systeem	25
Behuizing	25
3.3 Besturing	25
3.4 Belangrijkste technische beperkingen	25
4. Vooronderzoek en proeven	26
4.1 Test lichtbron	26
4.2 Test beweging/ motoren	26
4.3 Test behuizing/ 3D-print	29
4.4 Test besturing/code	32
4.6 Keuzes voor het definitieve prototype	35
5. Realisatie van het prototype	36
5.1 Mechanisch ontwerp	36
5.2 3D-ontwerp in Fusion	40
5.3 Elektronica en schema's	41
5.4 Besturing en code.....	41

5.5 Montage.....	42
6. <i>Evaluatie</i>	43
6.1 Wat werkt?.....	43
6.2 Wat werkt gedeeltelijk?	43
6.2 Wat werkt nog niet?	43
6.4 Mogelijke oplossingen	43
6.5 vergelijking met de oorspronkelijke ontwerpcriteria	44
6.5 Reflectie op schaal, techniek en maakbaarheid	44
7. <i>Conclusie</i>	45
7.1 Antwoord op de onderzoeksvraag.....	45
7.2 Beperkingen	45
7.3 Vervolgonderzoek of volgende versie	46
<i>Bronnen</i>	47
<i>Bijlagen</i>	49

Woord vooraf

Al van kinds af aan heb ik een fascinatie van hoe zaken in elkaar zitten. Ik schroef apparaten open om te kijken hoe ze werken, welke onderdelen erin zitten en hoe ik het kan proberen maken als ze kapot zijn. Ik maak en bedenk allerlei systemen en denk hierover graag logisch na. De passie voor miniatuur is er later pas gekomen. Het fascineert me enorm hoe voorwerpen in een kleine schaal toch veel kunnen bijdragen in het tot leven brengen van iets. Het wekt steeds opnieuw een enthousiastheid in me op. Deze 2 fascinaties hebben me gebracht tot het maken van deze bachelorproef, namelijk het bouwen van een miniatuur movinghead. Ik wil graag enkele personen bedanken die dit mee mogelijk hebben kunnen maken.

Eric, mijn coach, voor de goede begeleiding en feedback. Mijn mama, voor de onvoorwaardelijke steun en duwtjes in de rug, en vooral voor de sponsoring om alle, vele, nalu's te kopen. Lucas, voor zijn kennis van elektronica en 3D ontwerp met mij te delen en hiermee op weg te helpen. Ivo, om onze krachten te bundelen en samen te werken met onze bachelorproeven. Zijn bachelorproef heeft mij veel tijd uitgespaard bij het programmeren. Dries Bellinkx, om tijd voor mij vrij te maken en mij de volledige werking van een movinghead uit te leggen. Winter, voor het ophalen van mijn 3D-prints zodat ik deze nog op tijd had om ze te kunnen monteren. En alle andere personen die op een of andere manier betrekking hebben gehad bij het maken van deze bachelorproef.

Samenvatting

Muziek, miniatuur en licht. Dit zijn de 3 uitgangspunten waarop ik het onderwerp van mijn bachelorproef heb gekozen. Hoe bouw je een movinghead in miniatuur? In deze bachelorproef zal ik onderzoeken hoe een movinghead ontstaan is, hoe deze in elkaar zit en precies werkt op verschillende technische vlakken. Op basis daarvan bouw ik mijn eigen miniatuur versie waarmee ik zal onderzoeken welke eventuele beperkingen deze verscaling met zich meebrengt en hoe ik deze in een verder onderzoek zou kunnen verbeteren.

Inleiding

Deze bachelorproef onderzoekt hoe de werking van een professionele movinghead kan vertaald worden naar een functioneel miniatuur prototype. Het vormt het eindpunt van mijn onderzoeksproces over de voorbije jaren waarbij het geëvolueerd is van iets heel breed naar iets praktisch. Aanvankelijk lag de focus op de brede onderzoeksvraag: Hoe breng je cultuur dichterbij de mens? Vanuit deze gedachte ontstond het idee om een miniatuur theater te bouwen waarin verschillende technische elementen samenkomen. Hierin verschoof mijn aandacht meer en meer naar de puur technische kant en leidde het eerst tot het concept van een miniatuur concert en tenslotte tot de specifieke interesse in het maken van een miniatuur lichtarmatuur.

Binnen de opleiding Technical Theatre Design vormt deze bachelorproef een combinatie van verschillende domeinen die aangeleerd worden, waaronder licht, elektronica, programmeren, besturing.. Door al deze disciplines samen te brengen sluit deze bachelorproef nauw aan in de multidisciplinaire richting die TTD is en in onze job als podiumtechniker. Bovendien kan dit prototype zorgen voor educatie en dienen als een schaalmodel om te helpen bij het leren programmeren van licht.

De onderzoeksvraag van deze bachelorproef luidt: Hoe kan ik de werking van een movinghead vertalen naar een functioneel miniatuurprototype, en welke technische beperkingen ontstaan daarbij op vlak van lichtopbrengst, beweging, behuizing en besturing?

Het doel van deze bachelorproef is daarom het ontwerpen, bouwen en testen van een werkend miniatuurprototype dat de belangrijkste functies van een movinghead nabootst. Daarbij heb ik onderzocht welke componenten geschikt zijn voor een schaalmodel. Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden heb ik eerst de werking van professionele movingheads onderzocht, vervolgens een prototype in 3D ontworpen en geprint, hierna gebouwd en vervolgens getest. Tenslotte evalueerde ik de werking ervan om het prototype in de toekomst te kunnen optimaliseren.

2. Movingheads

Geschiedenis

Ik neem jullie graag eerst door de geschiedenis en het ontstaan van de movinghead. Ik ben gefascineerd door geschiedenis en ik deel dit graag met jullie. Ik heb een reeks patenten opgezocht en aan de hand van deze een selectie van 4 patenten gekozen waarmee ik een korte tijdslijn laat zien van het ontstaan van een movinghead.

Het eerste patent dat ik van een movinghead gevonden heb dateert uit 1906 en staat op naam van Edmund Sohlberg (VS). Over dit patent zegt hij het volgende:

‘Mijn uitvinding heeft betrekking tot verbeteringen in lichtprojectie apparatuur. Het relateert zich specifiek tot verbeteringen van schijnwerpers, zoals die in theaters gebruikt worden voor het projecteren van verschillende gekleurde lichten op een persoon die zich over het podium beweegt.

Het doel van mijn uitvinding is om een apparaat aan te bieden waarmee een operator die zich op enige afstand van het lichtprojectie mechanisme bevindt -bijvoorbeeld ergens op het podium - snel de richting, kleur en focus van het geprojecteerde licht kan veranderen.’

Deze lamp van Sohlberg was dus de eerste waarbij je de pan, tilt, focus en kleur op afstand kon veranderen en is specifiek gemaakt voor gebruik in theaters. De pan, tilt en focus konden mechanisch bediend worden door een systeem met touwen en tandwielen. Het aanwezige kleurenwiel bediende je via een elektromagnetisch systeem. Deze kan je beide zien op Figuur 2.

Figuur 3 toont de afbeelding van een theater waar de lamp geplaatst is en rechts onderaan bediend wordt op het podium door een operator.

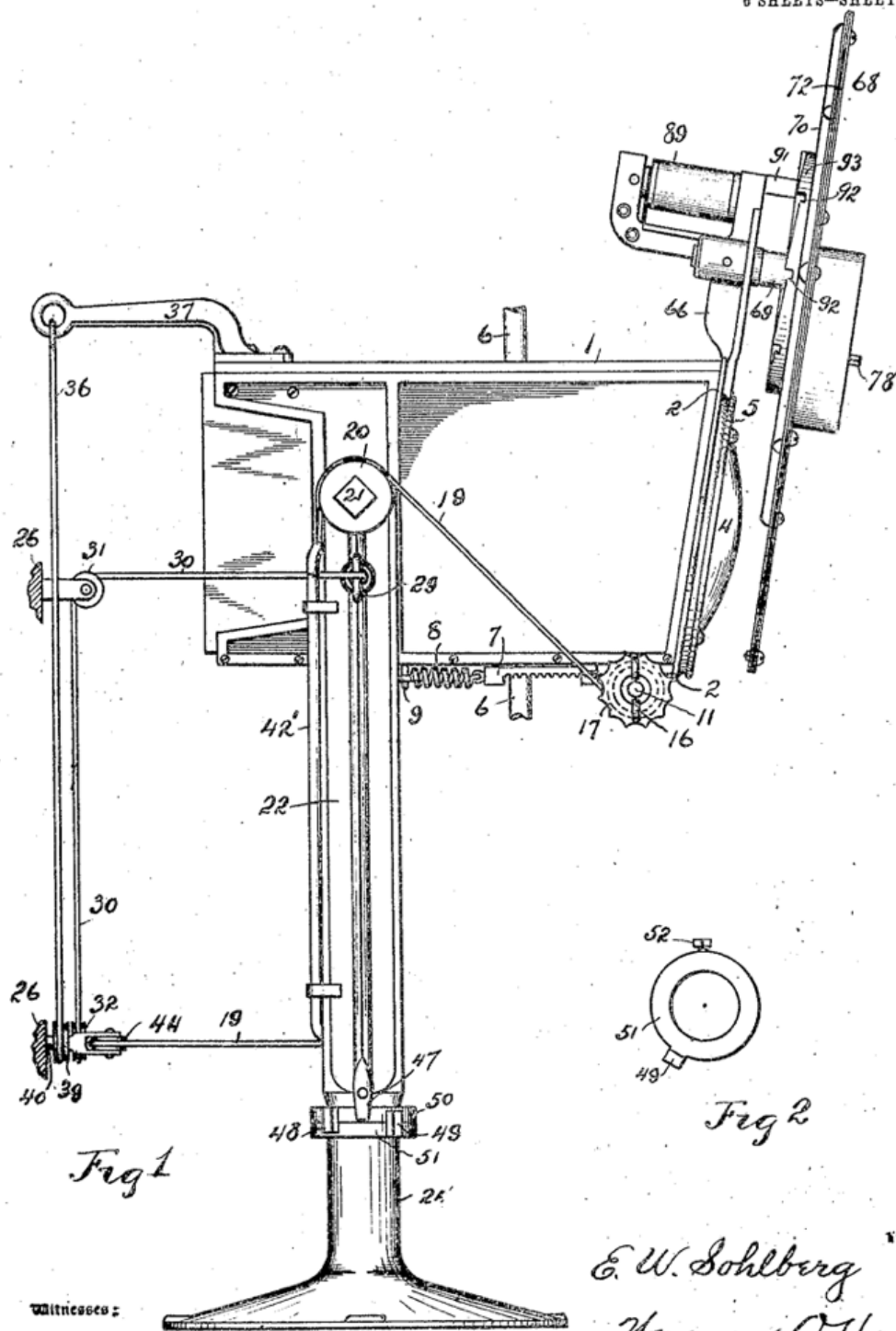
My invention relates to improvements in light-projecting apparatus. It relates particularly to improvements in spot-lights, such as are used in theaters for projecting different-colored lights upon a person moving about the stage.

The object of my invention is to provide an apparatus by which an operator located at a point distant from the light-projecting mechanism—as, for instance, from some place on the stage—may quickly change the direction, color, and focusing of the rays of projected light.

Figuur 1 citaat uit het patent van Edmund Sohlberg

E. W. SOHLBERG.
LIGHT PROJECTING APPARATUS.
APPLICATION FILED DEC. 30, 1904.

6 SHEETS—SHEET 1.



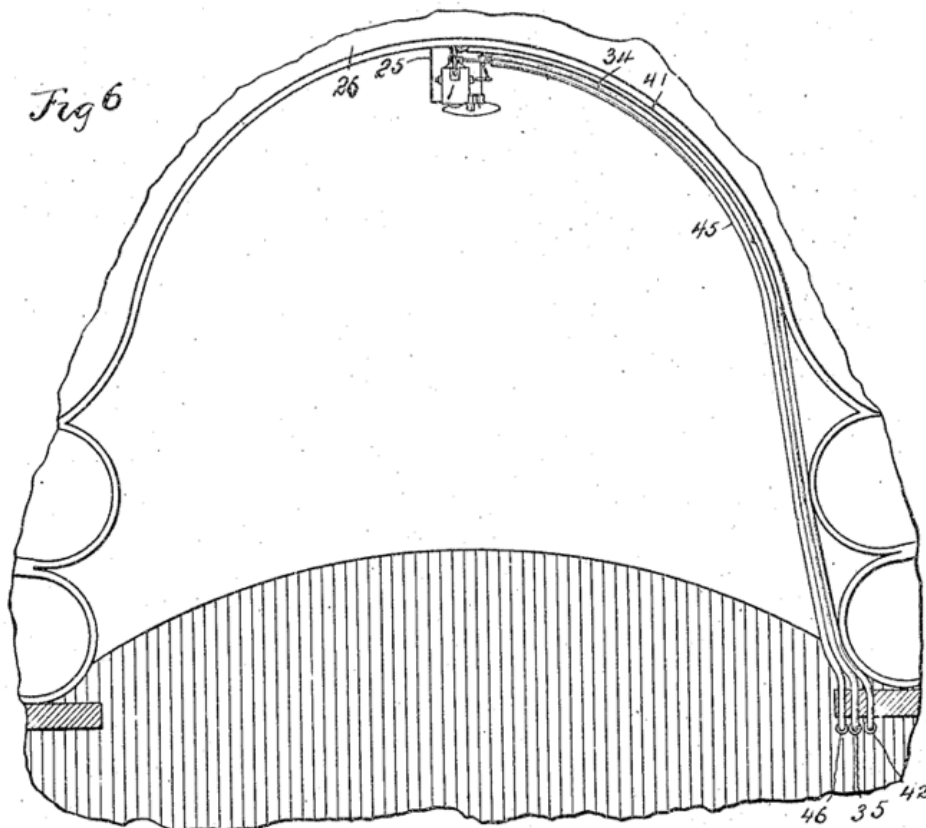
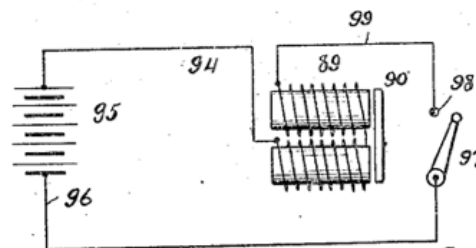
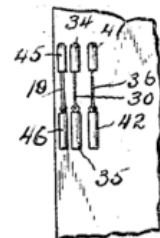
Witnesses:
Robt Hamilton
Law Jennings

E. W. Sohlberg Inventor.
Warren D. House
His Attorney

Figuur 2

E. W. SOHLBERG.
 LIGHT PROJECTING APPARATUS.
 APPLICATION FILED DEC. 30, 1904.

6 SHEETS—SHEET 4.

*Fig 7**Fig 8*

Inventor,

Witnesses:
R. Hamilton.
Max Boemgen.

E. W. Sohlberg
 By *Warren D. House*
 His Attorney

Het volgende patent dat ik heb gekozen is van Herbert F. King en dateert uit 1928. Dit is een volledig geautomatiseerd elektromagnetisch systeem met tandwielen dat ook al zeer hard lijkt op een moderne movinghead. Deze lamp had een bedieningssysteem waarbij je een 'show' kon maken met enkele posities door bepaalde elektronische verbindingen te maken met pinnen. De lamp ging zo vanzelf naar de gemaakte posities en wanneer hij klaar was zette hij zichzelf even uit om nadien ook uit zichzelf terug herop te starten.

Aug. 14, 1928.

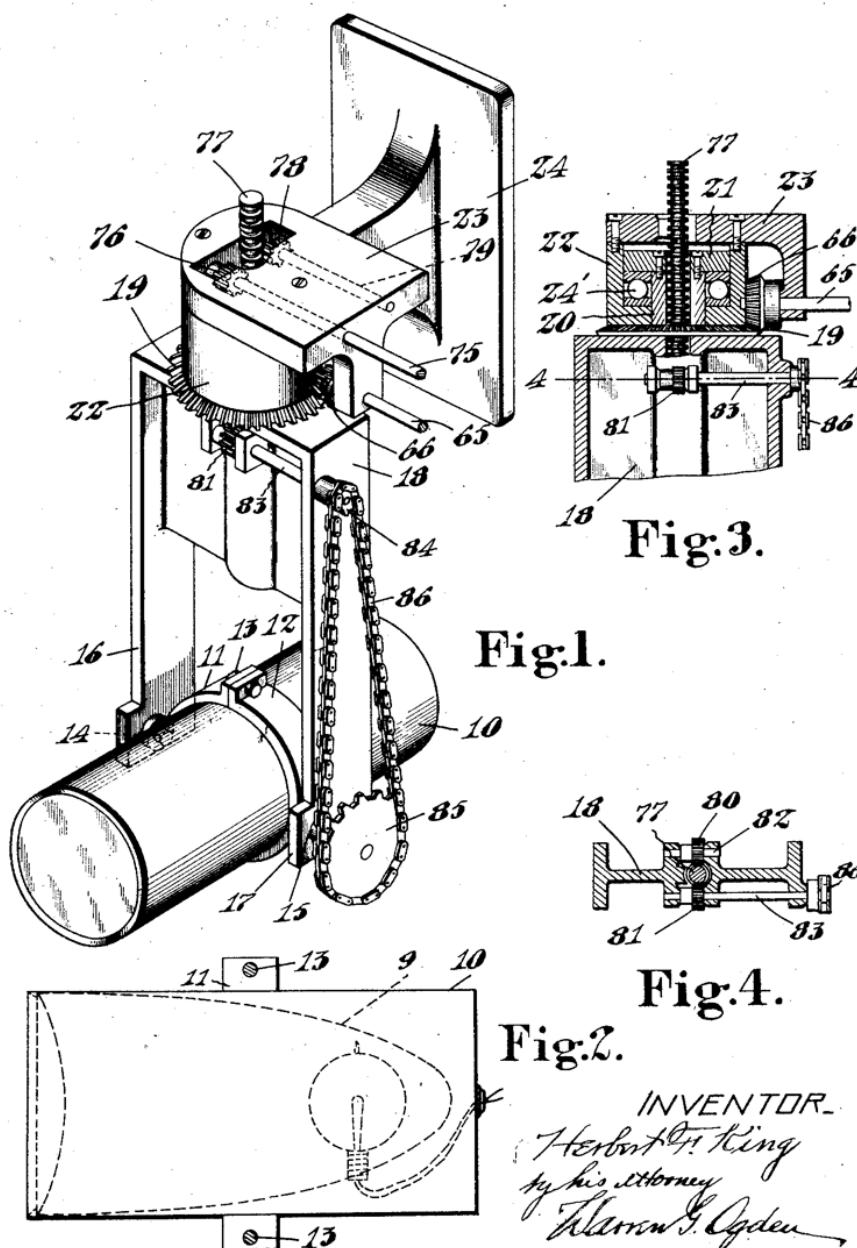
1,680,685

H. F. KING

LIGHT PROJECTOR

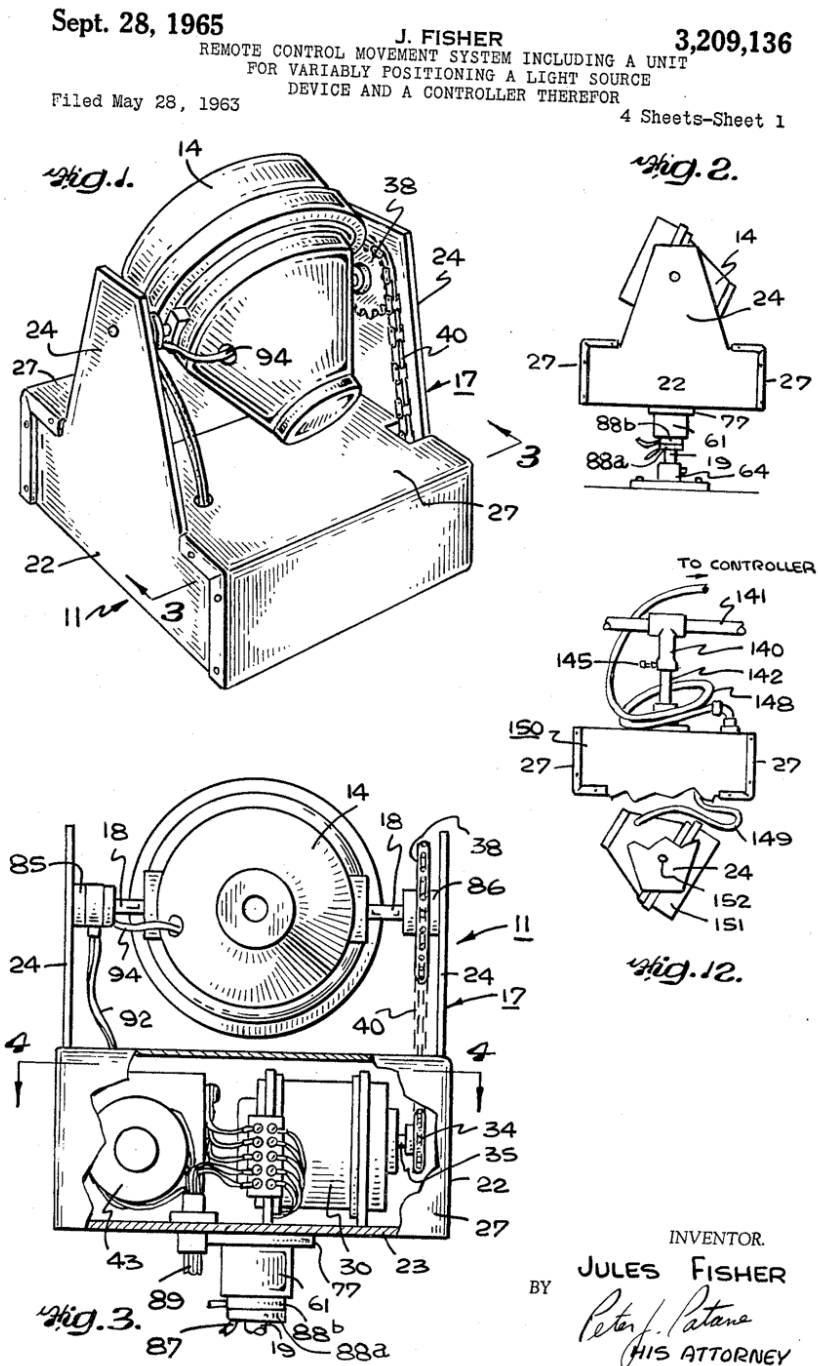
Filed April 27, 1925

2 Sheets-Sheet 1



Figuur 4

Het 3^{de} patent staat op naam van Jules fisher en dateert uit 1965. Zijn uitvinding bevat een compactere versie van een bewegende lamp en is volledig elektromechanisch en gemotoriseerd. (Figuur 5) Bovendien had deze lamp met zijn eigen besturingsconsole om de functies te bedienen. (Figuur 6)



Figuur 5

Sept. 28, 1965

J. FISHER

3,209,136

REMOTE CONTROL MOVEMENT SYSTEM INCLUDING A UNIT
FOR VARIABLY POSITIONING A LIGHT SOURCE
DEVICE AND A CONTROLLER THEREFOR

Filed May 28, 1963

4 Sheets-Sheet 4

Fig. 10.

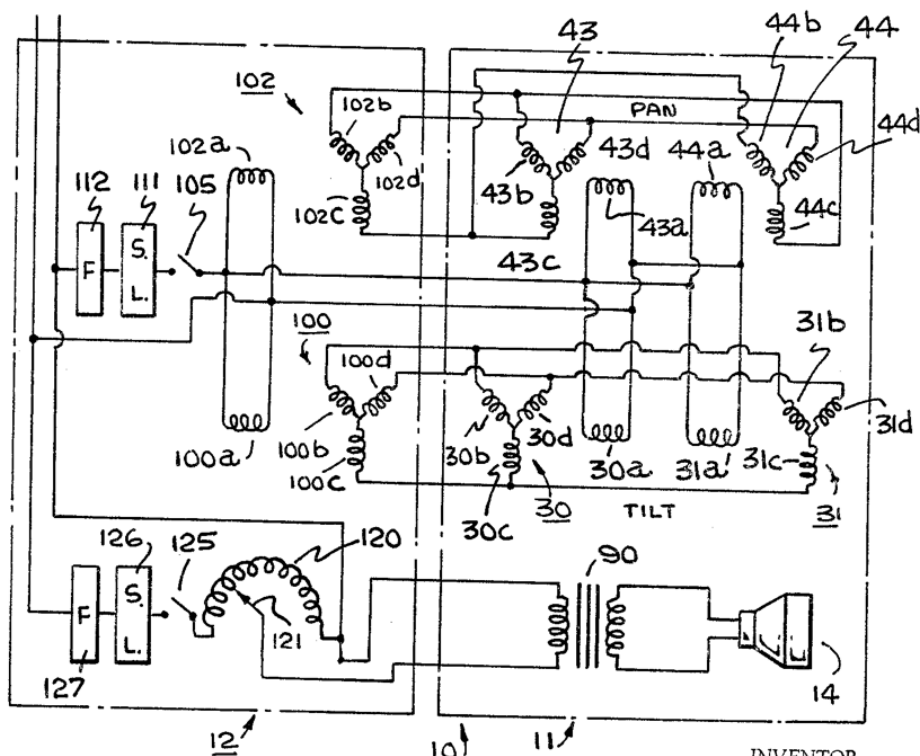
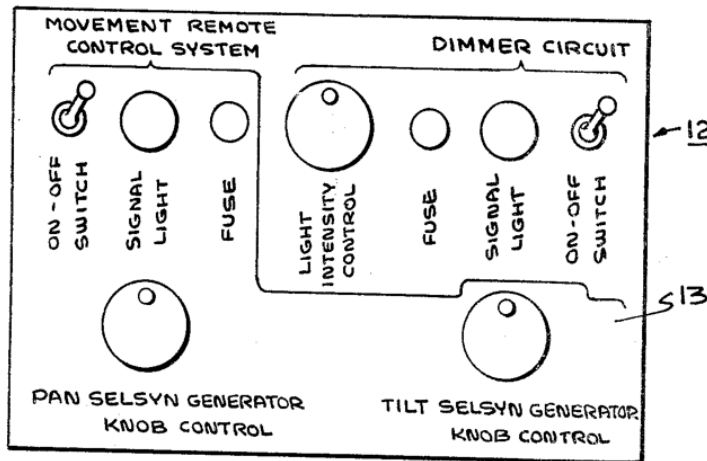


Fig. 11.

INVENTOR
JULES FISHER
BY
Peter J. Patane
HIS ATTORNEY

Het laatste patent dateert uit 1983 en staat op naam van James Bornhorst, een medewerker van Vari-lite, Ltd. Bornhorst ontwikkelde geautomatiseerd lichtapparaat waarin gemotoriseerde functies zoals beweging, kleur en focus computergestuurd werden. (figuur 7) Het systeem maakte het mogelijk om alle parameters digitaal te programmeren en op te slaan in lichtcues. Daarmee ontstond de basis van wat we vandaag kennis als intelligente movingheads.

U.S. Patent Jul. 5, 1983

Sheet 1 of 11

4,392,187

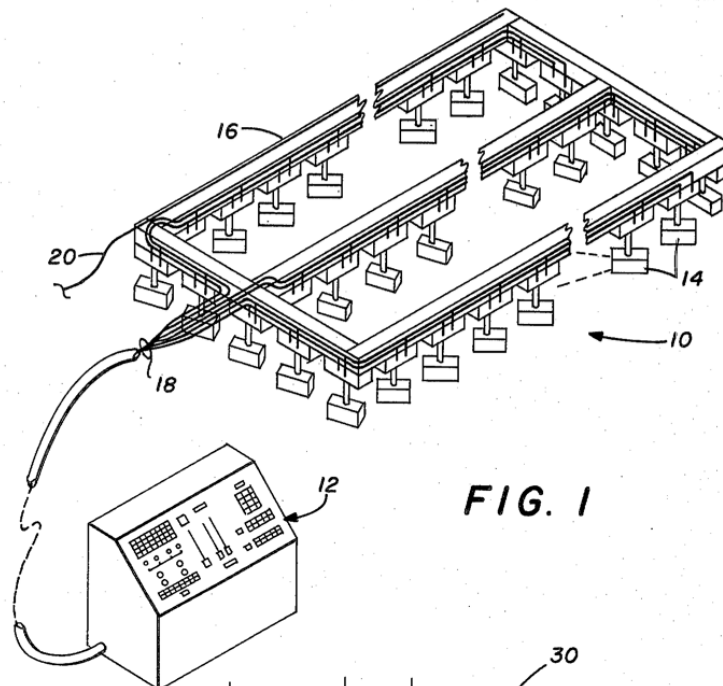


FIG. 1

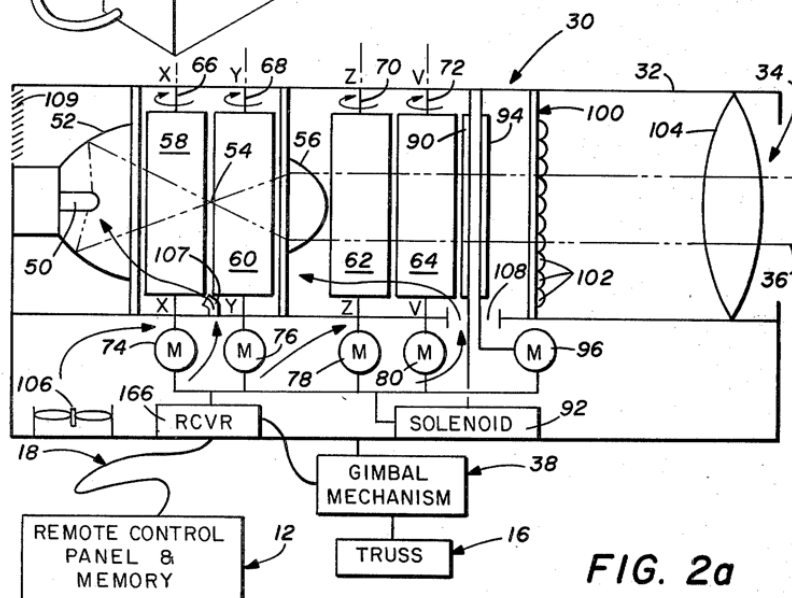


FIG. 2a

Figuur 7

2.1 Wat is een movinghead?

Een movinghead is een gemotoriseerd beweegbaar lichtarmatuur. Het kan zowel horizontaal (pan) als verticaal (tilt) bewegen, wat zorgt voor een groot en dynamisch bereik van de lichtbron. Movingheads bestaan voornamelijk uit spots en washen. Ze worden vooral gebruikt in theater, concerten en evenementen.

2.2 Basiswerking

De basiswerking van een movinghead bestaat uit een pan- en tilt beweging gecombineerd met een lichtbron. Bij een spot worden hier nog verschillende toepassingen aan toegevoegd zoals onder andere gobo's, animatiewielen, messen en frost. Deze zal ik in een volgend hoofdstuk gedetailleerder bespreken. Het belangrijkste verschil tussen een spot en een wash is de spreiding en scherpheid van de lichtbron. Bij een spot is de lens smaller en dikker waardoor je een smallere en scherpere lichtstraal kunt krijgen. Een wash heeft een bredere lens en kan hierdoor grote oppervlaktes belichten.

Om de gedetailleerde werking van een movinghead te begrijpen heb ik uitleg gekregen van Dries Bellinkx, een technicus gespecialiseerd in movingheads die werkzaam is bij Controllux, een bedrijf dat gespecialiseerd is in onder andere het distribueren en verkopen van movingheads binnen de professionele podiumkunstensector. Samen hebben we de T1 spot en LedBeam 350 wash van ROBE in detail bekeken en besproken. Ik heb mijn onderzoek over de werking van een movinghead afgebakend tot deze modellen omdat ze veel worden toegepast in theater en een goede inkijk bieden van de basiswerking van een movinghead.

2.3 Belangrijkste onderdelen

Motoren/beweging

Motoren

Het aantal motoren dat zich in een movinghead bevindt hangt af van hoeveel toepassingen deze movinghead heeft. Elk beweegbaar element heeft minstens 1 motor. Omdat een spot meer toepassingen heeft dan een wash zal dit dus resulteren in een groot verschil in het aantal motoren. Als we kijken naar het verschil in aantal motoren tussen de T1 en de LEDBEAM 350 wordt dit al zeer duidelijk. Zonder de motoren van het koelingssysteem mee te rekenen kom je bij de T1 uit op 22 motoren, terwijl LEDBEAM er maar 6 bevat.

De motoren die hiervoor gebruikt worden zijn stappenmotoren of servomotoren. De belangrijkste factoren in de keuze tussen een stappen- of servomotor zijn hun functie en de prijs.

Stappenmotor

Een stappenmotor draait, zoals de naam het zegt, in stappen. Om een draaibeweging te maken neemt de motor telkens kleine gelijke stapjes om tot zijn positie te komen. Ze zijn eenvoudig te besturen en kunnen zich makkelijk positioneren zonder sensor. Het nadeel

bij een stappenmotor is dat de motor bij hoge belasting stappen kan overslaan en dus minder nauwkeurig wordt. Een stappenmotor is daarom vooral interessant voor toepassingen waarbij de belasting niet te hoog is. Daarnaast is een stappenmotor ook relatief goedkoop.

Servomotor

Een servomotor heeft een complexere manier van besturing en kan door middel van een sensor vloeiend en exact naar zijn positie bewegen. Hij is krachtiger en efficiënter dan een stappenmotor en hierdoor ideaal bij toepassingen voor hoge belasting of snelheden. Door het complexere besturingssysteem heeft een servomotor wel extra elektronica nodig waardoor hij duurder is dan een stappenmotor. Een servomotor wordt vooral gebruikt bij toepassingen waarbij een hoge snelheid en precisie nodig is.

De voornaamste bewegingen die elke movinghead moet kunnen maken zijn de pan- en tilt bewegingen. Die bewegingen komen elk voort uit 1 motor. De motor die deze bewegingen maakt is relatief klein. Door middel van een riemoverdracht kan de kracht van de motor exponentieel toenemen. Ook de gewichtsverdeling binnenin een movinghead is bepalend voor de resulterende kracht op een motor. Is de gewichtsverdeling niet optimaal, dan zal de motor extra kracht moeten uitvoeren om de movinghead in een juiste positie te krijgen en aan te houden.

Wanneer een movinghead opstart begint deze meestal automatisch te roteren. Dit is hun reset, en doen ze om hun 0-punt voor de bewegingen te bepalen. Hun 0-punt bepaling kan zowel mechanisch of sensorisch zijn.

Mechanisch

De eenvoudigste methode om het 0-punt van een beweging te bepalen is een mechanische stop. Dit kunnen we opnieuw onderverdelen in 3 methodes.

De eerste manier hierbij is simpelweg draaien tot hij niet meer kan. Hierdoor kent de movinghead zijn eindpunt. Wanneer hij dit weet kan hij zijn 0 -punt bepalen door terug te keren naar het middelpunt ten opzichte van zijn eindpunt.

De tweede manier is gelijkaardig, maar deze keer bepalen we zelf waar het eindpunt ligt. Dit kan door een blokje ergens in de draaicirkel te steken, dat ervoor zorgt dat de motor niet verder kan draaien. Zodra hij tegen het blokje botst zit hij dus op het einde van zijn draaibeweging en kan hij ook hier terugkeren naar het middelpunt ervan.

De laatste mechanische methode is door middel van een micro mechanische switch. Zodra de switch wordt ingedrukt is het 0-punt bereikt.

Het grootste voordeel van de mechanische methodes is dat ze geen extra elektronica nodig hebben om aangestuurd te worden. Dit maakt ze zeer gemakkelijk en goedkoop.

Sensorisch

De meeste moderne movingheads gebruiken hun 0-punt bepaling door sensoren. Hierbij zijn de meest gebruikte sensoren optisch of magnetisch. De optische sensor werkt door

lichtstralen. Wanneer de movinghead rond zijn as beweegt zal op een gegeven moment de lichtstraal doorbroken worden. Deze geeft het 0-punt aan.

Bij een magnetische sensor detecteert een sensor een kleine magneet op het bewegende deel. De magnetische sensor is de meest betrouwbare optie van alle methodes, zowel mechanisch als sensorisch. Door het magnetisme is er geen contact tussen het bewegende deel en de sensor, waardoor er heel weinig slijtage is en hij goed bestand is tegen stof. Dit zorgt ervoor dat de sensor zeer nauwkeurig is en lang meegaat.

Ook zoals bij de keuze in het soort motor zijn ook hier de belangrijkste keuzefactoren hun functie en prijs. De sensoren zijn een stuk duurder dan de mechanische opties, maar wel veel betrouwbaarder. Het grootste voordeel bij de methodes waarbij het 0-punt elektronisch bepaald wordt is dat de movinghead nauwelijks omwentelingen moet maken om tot zijn 0-punt te komen. Vooral in plaatsen waarbij movingheads in nauwe plaatsen gemonteerd worden, of op bewegende plaatsen zoals een hangende truss, zal voor deze methodes geopteerd worden.

Beweging

Bij movingheads zijn de meest voorkomende draaibewegingen 540° voor de pan en 270° voor de tilt. Deze bewegingen zijn de standaard geworden voor vele movingheads omdat ze de beste balans bieden tussen een groot bewegingsbereik, snelle positie en een betrouwbare mechanische werking.

Voor de pan beweging wordt meestal gekozen voor 540° , wat overeenkomt met anderhalve omwenteling. Door te kiezen voor een extra halve omwenteling en niet de standaard 1 omwenteling bij 360° kunnen ze makkelijk de kortste weg naar elke positie nemen zonder daarbij telkens een volledige omwenteling te moeten maken. Dit zorgt er ook voor dat de interne bekabeling niet te veel moet draaien en hierdoor snel beschadigd zou raken. Iets wat beide bij een beweging van 360° wel het geval zou zijn.

Sommige meer geavanceerde movingheads hebben een infinite pan beweging, wat betekent dat ze eindeloos kunnen draaien. Om dit te kunnen realiseren wordt er gebruikt gemaakt van een slistring, een elektromagnetisch apparaat dat zorgt voor de overdracht van stroom en data tussen een stilstaand en continue roterend apparaat. Zo raken de kabels niet in de knoop en hebben ze geen kans op doorscheuren.

Voor de tilt beweging wordt meestal een bereik van 270° genomen. 270° is er gekomen door $180^\circ + 90^\circ$ te gebruiken. Bij een draaibeweging van 180° kan de movinghead perfect van voor naar achter kantelen, maar die extra 90° zorgt ervoor dat hij makkelijk over zijn uiterste punt kan gaan. Dit biedt meer bewegingsvrijheid en kan de fixture sneller van richting doen veranderen. Een volledige rotatie van 360° is bij de tilt beweging niet praktisch. De lamp zit vaak in een nauwe positie tussen de zijanten van de movinghead waardoor er minder plaats is voor rotatie. Ook zou dit intern meer problemen en storing kunnen veroorzaken bij de bekabeling en heeft het meer kans op botsingen. Een verminderde beweging dan 270° komt wel vaker voor. Vooral bij kleinere spots of washen waarbij er door de behuizing niet veel plaats is voor rotatie. Zo heeft de LEDBEAM 350 bijvoorbeeld maar een maximale tilt beweging van 228° .

Optisch systeem

Alle elementen die bepalend zijn op welke manier licht uit een movinhead komt noemt tezamen het optisch systeem. Bij een spot is dit systeem zeer uitgebreid met zaken zoals, kleur, animatie, gobo, zoom, focus... Het optisch systeem bij een wash beperkt zich tot een lichtbron, kleurbron en zoomfunctie. De volgorde waarin deze elementen voorkomen is in de meeste movingheads min of meer hetzelfde en ik zal ze in deze volgorde bespreken. Sommige heb ik gegroepeerd door overeenkomende functies.

Lichtbron

Het licht begint bij een lichtbron. De soorten lichtbronnen die gebruikt worden in movingheads zijn per fixture, en hun functie ervan, verschillend. Momenteel zijn de meest gebruikte lichtbronnen gasontladingslampen, ledlampen en lasers.

Gasontlading

Gasontladingslampen werken door een elektrische boog te creëren tussen twee elektroden in een glazen omhulsel gevuld met geïoniseerd gas. Die boog zorgt voor een geleiding van de aanwezige elektronen en ionen waardoor er een gasontlading plaats vindt en er een zeer fel licht geproduceerd wordt. Dit resulteert in een zeer krachtige lamp met een hoge lichtopbrengst en extreme helderheid. Doordat het licht voorkomt uit een zeer klein punt heeft de lichtbundel een groot bereik en is bovendien extreem goed te focussen. Hierdoor wordt de gasontladingslamp nog veel gebruikt in situaties waar de lichtbundel over een grote afstand scherp en krachtig moet blijven.

Led

Led lampen zijn de meest voorkomende en gestandaardiseerde lichtbronnen in de hedendaagse movingheads. Er wordt gebruikt gemaakt van leds met een heel hoog rendement, wat betekent dat ze elektrische energie efficiënt omzetten in licht en niet in warmte. Hierdoor zijn ze energie zuinig en hebben ze een zeer lange levensduur.

Laser

De duurdere modellen movingheads zijn meer en meer uitgerust met een laser als lichtbron. Meer bepaald een fosforlaser. Deze werkt door een blauw laserlicht te richten op een draaiend fosforwiel. Wanneer het fosfor geraakt wordt door het blauwe licht ontstaat er een zeer fel geel/wit licht. Het resterende blauwe licht mengt zich hiermee waardoor er een intens wit licht ontstaat. Omdat de bron van dit licht extreem klein en krachtig is kan de fixture hierdoor een zeer smalle, scherpe en intense lichtstraal produceren die een gigantisch bereik heeft.

Kleur

De kleur die movingheads produceren kunnen ontstaan op verschillende manieren. de manieren variëren tussen de verschillende soorten lichtbronnen.

Kleurenwiel

Bij lichtbronnen die enkel een wit licht creëren wordt er gebruikt gemaakt van een kleurenwiel. Dit kan gaan van een kleurenwiel met vaste kleuren tot een CMY -cyaan magenta geel - kleurenwiel. Bij het vaste kleurenwiel zijn er een beperkter aantal kleuren beschikbaar.

Om een betere en meer gevarieerde kleurmenging te bereiken wordt er gebruik gemaakt van het CMY kleurenwiel. Elke kleur heeft zijn eigen draaischijf en werkt subtractief, wat wil zeggen dat de filters bepaalde golflengtes van het licht blokkeren waardoor er andere kleuren ontstaan. Cyaan absorbeert rood, magenta absorbeert groen en geel absorbeert blauw. Ook krijg je door de 3 verschillende schijven een heel vlotte overgang in kleuren die nauwelijks zichtbaar is.

Led RGBW

Bij movingheads die een led als lichtbron gebruiken worden ook vaak leds als kleurbron gebruikt. Deze manier werkt via RGB en is adaptief, wat wil zeggen dat kleuren aan elkaar worden toegevoegd om een nieuwe kleur te bekomen. Naast RGB wordt vaak ook een witte led toegevoegd waardoor je mooiere kleuren en een hogere intensiteit krijgt. Alle leds worden op een multichip geplaatst. Per multichip zijn er 4 leds, 3 voor de RGB kleuren en 1 voor wit. Bij movingheads waarbij je een breed lichtbereik wil hebben worden er meerdere multichips geplaatst. De LEDBEAM 350 heeft er zo bijvoorbeeld 12.

Om de lange levensduur van de ledkleuren te garanderen worden deze regelmatig geherkalibreerd. Kleuren zoals blauw worden meer gebruikt waardoor ze sneller slijten. Deze kleur wordt daarom meer gekalibreerd dan andere.

CRI

Hoe goed de kleurenoutput van een lamp is wordt berekend aan de hand van de CRI waarde ofwel Color Rendering Index. De CRI waarde meet hoe natuurgetrouw kleuren worden weergegeven onder kunstlicht ten opzichte van natuurlijk daglicht. De schaal loopt van 0 tot 100, waarbij 100 een perfecte kleurweergave van die lichtbron is. Een lagere CRI waarde kan ervoor zorgen dat kleuren fletser of grauwer overkomen en dit kan betekenen dat objecten of personen er minder levendig uitzien.

Movingheads met een witte lichtbron hebben doorgaans een hogere CRI waarde dan een movinghead met RGB menging. Dit komt omdat het een hogere opbrengst heeft en kleuren natuurgetrouwer produceert. Dat verschil zien we ook bij de T1 en de LEDBEAM 350 waarbij de T1 een CRI waarde van 95 heeft tegenover een maximale CRI waarde van 90 bij de ledbeam 350. De ledbeam heeft geen vaste CRI waarde omdat hij meerdere kleuroutputsstanden heeft en afhankelijk van de modus waarin hij ingesteld staat een betere of slechtere kleur output heeft.

Optiek/spiegels

Nadat er licht is gecreëerd in een lichtbron moet dit verspreid worden. Dit gebeurt aan de hand van optieken en spiegels.

Bij een witte lichtbron zit er direct achter de bron een optiek met lenzen en reflectoren die het licht samenbundelen. Zo kan het als heldere, gebundelde straal door het kleurenwiel of CMY module om zijn kleur te verkrijgen.

Bij een rgbw lichtbron zorgen spiegels ervoor dat elke kleurgolf gereflecteerd wordt en samenkomt op 1 punt als een uniforme kleur bij het moment van buitenkomen. Als een spiegel verschuift is dat zeer zichtbaar en zal je aan de uiteinden van de beam een dunne lijn kleur waarnemen van de verschoven spiegel.

Optieken zijn tegenwoordig zo goed dat wanneer 2 lampen naar elkaar gericht zijn, ze elkaars optiek doorbranden. Dit is hetzelfde effect als de zon die door een vergrootglas schijnt en je een brandpunt creëert.

Animatie/gobo's

Animatie en gobo's zorgen voor vormeffecten van de lichtstraal. Ze komen voor in een stilstaande of roterende vorm en hangen doorgaans vast aan een draaiend wiel. Ze werken door een vorm op kleine schijfjes uit te sparen waardoor het licht enkel door de gewenste openingen kan passeren. Hierdoor kan de vorm of patroon dat erop staat worden geprojecteerd.

Messen/ iris

Messen en het iris zijn mechanische systemen die de vorm en diameter van de lichtbundel kunnen aanpassen.

Het messensysteem bestaat uit 4 beweegbare messen die elk afzonderlijk kunnen bewegen. Door de messen te bewegen kunnen rechte randen en geometrische vormen zoals vierkanten en driehoeken worden gecreëerd. Dit maakt het mogelijk om het licht nauwkeurig af te richten en ongewenste belichting in bepaalde gebieden af te bakenen.

Het iris is een aantal overlappende metalen lamellen dat een opening creëert. Door het iris te openen of te sluiten kan de diameter van de lichtbundel worden aangepast zonder hierbij de focus te beïnvloeden.

Prisma/frost

Een prisma en een frost kunnen beide ingezet worden om een effect te creëren op de verspreiding en uitstraling van een lichtbundel. Een prisma is een doorschijnend object dat door zijn vorm binnenkomende lichtstralen opbreekt en als meerdere lichtstralen naar buiten brengt en zorgt zo voor verspreidend lichteffect. Een frost is een diffuus optisch plaatje dat ervoor zorgt dat de doorkomende lichtstralen verstrooid worden. Dit creëert een zachtere, bredere en gelijkmatige lichtbundel.

Focus/zoom

De zoom en focus zijn lensgroepen die zorgen voor scherpheid en spreiding van de lichtbundel. Beide systemen werken door de positie van hun lensgroep te verplaatsen.

Het focussysteem beïnvloedt de scherpte van een lichtbundel, terwijl het zoomsysteem de openingshoek en spreiding ervan aanpast. Hierdoor kan je schakelen tussen een concentreerde, smalle bundel of net hele brede lichtspreiding.

De zoom bij een wash movinghead ontstaat niet door beweging van een lensgroep ten opzichte van de front lens, maar ontstaat door beweging van de volledige lens. Deze gaat met 4 motoren op en neer en wordt begeleid door wormwielen om de hoogte te bepalen.

Behuizing

De behuizing bestaat uit de basis, de armen en de lamp. Het beschermt de onderdelen binnenin tegen stof en vuil. Ze is gemaakt van verschillende stukken harde plastic die aan elkaar worden gemonteerd met schroeven. Eerst wordt er een 3D ontwerp gemaakt en maken ze hiervan een 3D print. Wanneer dit ontwerp volledig op punt staat wordt er een mal van de vorm gemaakt en kan deze gebruikt worden voor de productie van de stukken behuizing.

2.4 Besturing

De besturing van een movinghead gebeurt via PCB's (Printed Circuit board), een printplaatje dat besturingssignalen binnenkrijgt en alle elektronische functies van het toestel coördineren. Deze printplaten verwerken inkomende besturingssignalen, sturen de motoren en optische modules aan en beheren de voeding van de verschillende componenten. Elk onderdeel dat bestuurd moet worden heeft een pcb. Er zijn verschillende protocollen om deze signalen te communiceren naar de pcb's.

Dmx512 (digital multiple xed)

Dmx 512 is het meest gebruikte lichtprotocol in de podium-en eventensector. Via een fysieke datakabel worden er vanuit de lichttafel waardes doorgestuurd naar de movinghead. Elke functie zoals pan, tilt, dimmer, kleur.. krijgt bepaalde dmx-kanalen toegewezen. Elk dmxkanaal stuurt waardes uit tussen 0 en 255 waardoor de pcb's weten hoe de bepaalde functie moet aangestuurd worden. Bij een dimfunctie is het licht bij de waarde 0 uit en bij de waarde 255 100% aan. Bij alle waardes die daartussen liggen is het licht dus op een bepaalde sterkte gedimd. Hoe meer functies een movinghead heeft, hoe meer kanalen deze zal innemen.

Alle 512 dmx kanalen vormen samen een universe. Als een movinghead 40 kanalen nodig heeft om al zijn functies te kunnen aansturen kan je maximum 12 van deze movingheads op 1 universe aansturen. $512 : 40 = 12,8$

RDM (remote device management)

Rdm is een uitbereiding op het DMX512 protocol die tweerichtingscommunicatie tussen de lichttafel en de movinghead mogelijk maakt. Naast het ontvangen van signalen en opdrachten kan de movinghead ook informatie terugsturen zoals foutmeldingen en toestelgegevens.

Art-net/sACN (streaming ACN)

Art-net en sACN zijn protocollen die dmx gegevens via een ethernet netwerk versturen. Hierdoor kunnen er veel meer universes verzonden worden dan via een dmx kabel, die per kabel maar 1 universe kan besturen. Deze protocollen worden vooral gebruikt bij grote installaties waarbij een groot aantal movingheads moet aangestuurd worden.

2.5 Welke onderdelen zijn relevant voor miniaturisatie?

De onderdelen die het meest relevant zijn voor miniaturisatie zijn de beweging, lichtbron, behuizing en besturing. Deze vormen namelijk de basis van elke movinghead. In mijn onderzoek naar de verschaling van elementen zal ik mij daarom focussen op deze onderdelen. Nadien kunnen bijkomende onderdelen worden toegevoegd om mijn miniatuur movinghead uit te breiden met meer functies.

3. Mini movinghead

3.1 Wat betekent verschaling?

Verschaling betekent het proportioneel veranderen van de dimensie van een object zodat het aangepaste en originele object een gelijke vorm hebben, maar verschillende afmetingen. (Milner-Bolotin, 2009)

Een schaal geeft aan hoe groot het object is tegenover het origineel en wordt berekend door de grootte van het schaalmodel te delen door de werkelijke grootte van het geschaalde object.

$$\text{Schaal} = \frac{\text{Grootte van het model}}{\text{Werkelijke grootte}}$$

De notatie van een schaal wordt uitgedrukt als een verhouding $a : b$, waarbij a de grootte van het geschaalde object voorstelt en b de grootte van werkelijke object. Wanneer a kleiner is dan b is het object verkleind. Wanneer b groter is, is het object vergroot. Bij een notatie van $1:10$ wil dit dus zeggen dat 1cm op het schaalmodel, 10cm is op het werkelijke model.

3.2 Verschaling onderdelen

De onderdelen waarmee een echte movinghead gebouwd zijn kan ik niet gebruiken voor mijn miniatuur. Deze zijn hiervoor te groot. Daarom heb ik onderzoek gedaan naar het verschalen van deze onderdelen zodat ze bruikbaar zijn voor het bouwen van een miniatuur movinghead.

Motoren/beweging

De afmetingen van een stappenmotor hebben een gestandaardiseerde norm volgens de NEMA (National Electrical Manufacturers Association). Voor de pan- en tilt beweging in movingheads wordt vaak gebruik gemaakt van een NEMA 17 motor, waarvan de afmetingen 42x42mm bedragen. Als we deze motor perfect willen verschalen naar een schaal van $1:10$ zouden we een motor moeten hebben van 4,2x4,2mm, maar dat is praktisch onmogelijk.

Een veelgebruikte, elektronisch aanstuurbare motor voor toepassingen in miniaturisatie is een micro servo. Deze heeft meestal de afmetingen van $23 \times 12 \times 29$ mm. Stel dat we deze motor gebruiken in een schaalmodel van $1:10$ van een movinghead is dit dus eigenlijk veel te groot om schaalgetrouw te zijn. Er bestaan nog kleinere motoren dan de micro servo, maar deze hebben dikwijls niet genoeg kracht of kunnen niet elektronisch aangestuurd worden. Voor het miniatuur model van mijn movinghead zal ik dus gebruik maken van een micro servo. Hiervoor doe ik een toegeving in het niet exact kunnen schalen van een motor, maar zo wordt het wel praktisch realiseerbaar.

Optisch systeem

Lichtbron

De lichtbron in moderne movingheads is ontzettend klein. Ik heb de ledchip in de LEDBEAM 350 kunnen bekijken en deze had de afmetingen van ongeveer 2x2mm. Omdat deze observatie enkel diende voor het begrijpen van een lichtbron heb ik hiervan geen foto's opgenomen in mijn verslag. Ondanks het kleine formaat van deze chips zijn ze niet bruikbaar voor mijn onderzoek vanwege de prijs omdat ik daarvoor ook het totale optische systeem moet toevoegen. Deze systemen kosten enkele honderden euros en dat is voor dit project daarom niet haalbaar. Ik ben dus op zoek gegaan naar een kleine, betaalbare en programmeerbare rgb ledchip die kan dienen als lichtbron voor mijn mini movinghead. Ik ben uitgekomen op de WS2812 van BTF lighting. Deze heeft met de printplaat een diameter van 5mm. Als we de schaal van deze ledchip tegenover de ledchip van de LEDBEAM 350 zouden berekenen kom ik op een schaal van 2,5:1. Mijn led zal dus een andere schaalverhouding hebben dan andere elementen in mijn movinghead en hierbij groter worden in plaats van kleiner. Dit vormt echter geen hinder op de realisatie.

Behuizing

De behuizing is het makkelijkste onderdeel om te verscalen. Ik zal dit zelf ontwerpen in een 3D programma waardoor alle opties van maten en schaal mogelijk zijn. Hetgeen me wel zal beperken bij de verscaling van de behuizing is de plaats die ik binnenin zal hebben om de onderdelen in kwijt te kunnen. Deze zal immers significant veel kleiner zijn.

3.3 Besturing

In een movinghead worden voor het DMX protocol fysieke kabels gebruikt. Hiervoor zal ik in mijn schaalmodel geen plaats hebben. Omdat ik zo veel mogelijk ruimte wil besparen ga ik voor een netwerk gestuurde besturing van mijn movinghead. Ik zal hiervoor een ESP32 gebruiken waardoor ik hier enkel de datakabels van mijn servomotoren en led moet op aansluiten. De ESP32 zal via een netwerkprotocol verbinding maken met de lichttafel zodat ik draadloos dmx kan uitsturen.

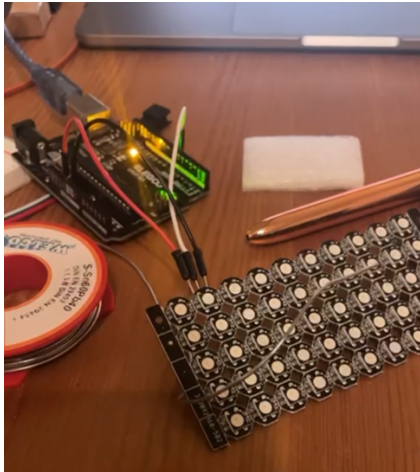
3.4 Belangrijkste technische beperkingen

De belangrijkste technische beperking zal vooral het gebrek aan plaats binnenin de movinghead zijn. Omdat ik micro servo's zal gebruiken voor de pan en tilt gaan deze al veel ruimte in beslag nemen en zal er weinig plaats zijn voor andere functies. Hierdoor zal mijn mini movinghead een vereenvoudigde versie zijn van een echte movinghead. Stel dat ik later meer functies wil integreren in mijn movinghead zal ik de schaal moeten aanpassen en een groter model maken.

4. Vooronderzoek en proeven

4.1 Test lichtbron

Als lichtbron heb ik gekozen voor de WS2812 van BTF lighting. Deze ledchip is individueel programmeerbaar en makkelijk aansluitbaar met andere leds als ik meerdere movingheads wil maken. Mijn eerste test hiermee was deze aansluiten op de Arduino om de verschillende kleurmogelijkheden hiervan te bekijken.



Figuur 8

Resultaten

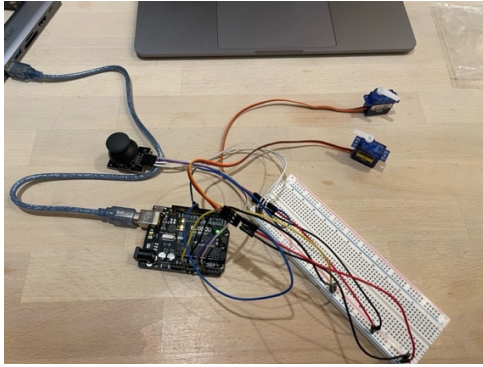
Deze ledchip is een goede eerste keuze als lichtbron. Hij is eenvoudig aan te sturen en heeft een heldere lichtopbrengst. Het enige nadeel is dat deze RGB-menging heeft waardoor het een slechtere kleurweergave heeft dan een RGBW led.

4.2 Test beweging/ motoren

Mijn eerste testen van de motoren heb ik in het 2^{de} jaar gedaan als proof of concept. Ik sloot 2 micro servo's aan een Arduino, 1 van 180 graden en 1 van 360 graden. Mijn test diende om 1 motor te gebruiken voor de x-as en 1 voor de y-as, die de pan en tilt voorstelden. Deze bediende ik met een joystick waarop elke motor reageerde op 1 van de assen van de joystick. (Figuur 9)

Resultaten

Ik ondervond dat een motor van 360° niet echt bruikbaar was voor mijn project omdat deze niet exact zijn positie kan onthouden. Hierdoor kon ik nooit 2 dezelfde posities verkrijgen, iets wat voor een movinghead wel noodzakelijk is. De motor van 180 graden was hiervoor wel geschikt. Hij heeft namelijk een eindpunt en daardoor ook een 0-punt waaruit hij kan afleiden waar hij op dat moment staat.

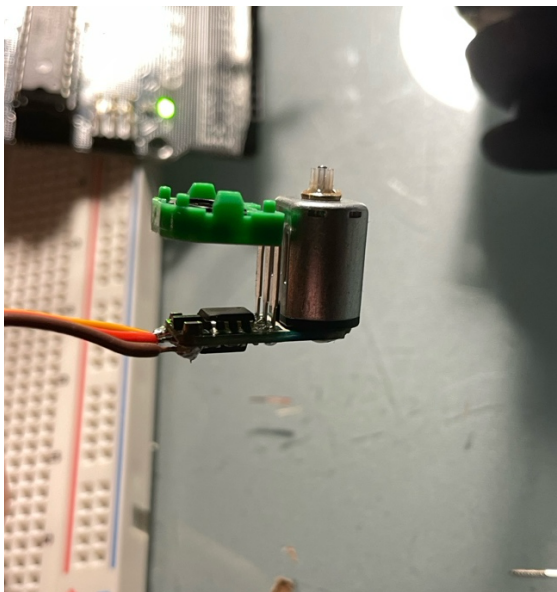


Figuur 9

Een andere test die ik uitvoerde met de motor was het proberen verkleinen van de plaats die deze zou innemen. Ik haalde de servomotor volledig uit elkaar om te ondervinden wat er zeker nodig was om deze te laten functioneren. (Figuur 10)

Resultaten

Een microservo heeft een aantal tandwielen die de draaisnelheid van de motor doen afnemen. Iets wat cruciaal is om een correcte beweging te kunnen uitvoeren. In een deel van de behuizing zit een ijzeren staafje waarover de tandwielen bevestigd zijn. Daarom is het niet mogelijk de volledige behuizing van de servo motor weg te laten. Ik kan echter wel het deel weglaten dat hiervoor niet gebruikt wordt en zo het formaat ietwat verkleinen.



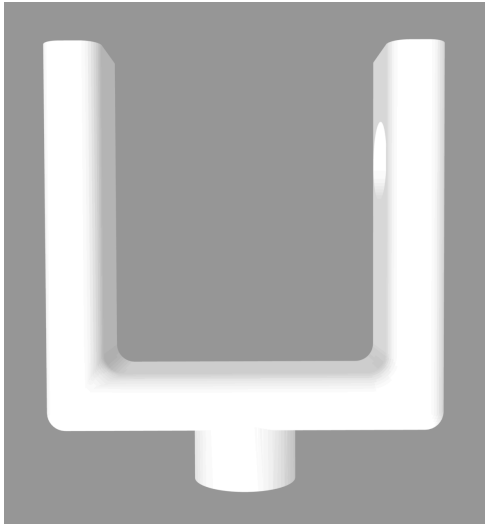
Figuur 10 Servomotor zonder behuizing



Figuur 11 Deel van behuizing waarin ijzeren staafje bevestigd is

4.3 Test behuizing/ 3D-print

Toen ik begon aan mijn bachelorproef had ik nog geen enkele kennis van 3D-ontwerp. Ik starte met het bekijken van een tutorial om het programma te leren kennen namelijk Fusion 360 – later Autodesk Fusion. Dit programma had Lucas Maes (medestudent Technical Theatre Design) me aangeraden omdat hij hier zelf al mee gewerkt had. Deze test verliep vlotter dan ik had voorzien en ik was snel weg met de basis. Hierna maakte ik een snel ontwerp, zonder exacte afmetingen, hoe mijn movinghead er zou kunnen uitzien en om het 3D-printen te kunnen uit proberen.



Figuur 12 Screenshot van de stl file van mijn allereerste ontwerp van het draaistelsel



Figuur 13 3D-print van het ontwerp

Een tweede test die ik heb gedaan van 3D-printen is het printen met verschillende nozzles.

Resultaten

Hoe fijner de nozzle, hoe gedetailleerder je kunt printen, iets wat bij miniatuur zeer voordelig is. Het nadeel aan heel fijn printen is dat het veel langer duurt. Ik heb momenteel al de uitkomst van een nozzle van 0.6 en 0.4 uitgeprobeerd en het verschil is zeker merkbaar. Bij de 0.4 nozzle komen de kleine deeltjes in het ontwerp er beter uit. De nozzle van 0.2 heb ik wegens technische problemen met de printer nog niet kunnen testen. Ik vermoed dat deze nozzle enkel een nog betere uitkomst zal geven voor mijn ontwerpen.



Figuur 14 Print met 0.6 nozzle



Figuur 15 Print met 0.4 nozzle

Een laatste test die ik uitvoerde van 3D-printen was de richting waarin het object geprint werd.

Resultaten

Voor de aansluiting op de micro servo zitten er in mijn ontwerp uitsparingen waar het tandwiel inpast. Tot mijn grote verbazing werd dit tandwiel nooit geprint als ik het verticaal liet printen. Bij een horizontale ligging werd dit wel geprint. Hiervoor heb ik nog geen verklaring.



Figuur 16 Verticaal geprint



Figuur 17 Horizontaal geprint

4.4 Test besturing/code

Mijn eerste test om mijn movinghead aan te sturen deed ik door beide servomotors en het ledlampje aan elkaar te koppelen en een simpele code te laten schrijven om deze te besturen. Dit was vooral om de bedrading van mijn project uit te zoeken.

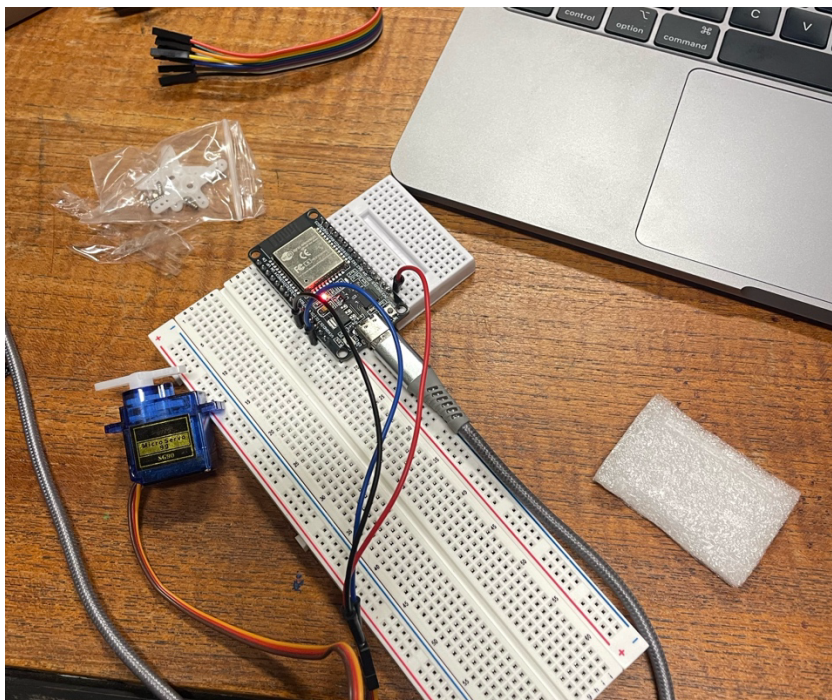
Resultaten

Wanneer beide servomotors zijn aangesloten op de Arduino verliest er 1 zijn volledige functie wegens een te lage spanning. Ik zal hiervoor een aparte voedingsbron moeten voorzien zodat deze voldoende stroom krijgen om te kunnen functioneren.

De tweede test was het aansturen van de motoren met de esp 32 en chamsys. (Figuur 19) Ik wil dat mijn movinghead net zoals een echte bestuurbaar is via een lichttafel. Dankzij de bachelorproef van Ivo Hendriksen (medestudent Technical Theatre Design) kon ik dit op een eenvoudigere manier doen. Later zal ik de werking hiervan duidelijker uitleggen.

Resultaten

Deze test verliep vlot en ik kon mijn beide motoren besturen via de pc versie van Chamsys.



Figuur 18 Aansluiten van een microservo op een ESP32



Figuur 19 Beide motoren worden aangestuurd via Chamsys

Een laatste test was het aansturen van mijn led via een chamsys mq70 console. (

Figuur 20)

Resultaten

Deze test liep minder vlot dan verwacht. Er waren communicatieproblemen tussen de apparaten waardoor het een tijd duurde vooraleer ik de led kon aansturen. Dit werd opgelost door een vast IP-adres te gebruiken op alle apparaten.



Figuur 20 led aansturing met mq70

4.6 Keuzes voor het definitieve prototype

Uit de testen kwamen heldere uitkomsten voor mijn toekomstige keuzes om mijn mini movinghead te maken.

Als lichtbron kies ik voor de WS2812 ledchip. De servomotoren zal ik een stuk kunnen verkleinen door een deel van de behuizing weg te laten. Dit zal me meer ruimte geven in mijn ontwerp. De test met de ESP32 en chamsys was veelbelovend en zeker bruikbaar als aansturing voor mijn mini movinghead. Voor de 3D-print zal ik een fijne nozzle kiezen (0.4 of 0.2) zodat details beter uitkomen. Tenslotte zal ik afhankelijk van het ontwerp, de printrichting kunnen bepalen voor de beste uitkomst van dat onderdeel.

5. Realisatie van het prototype

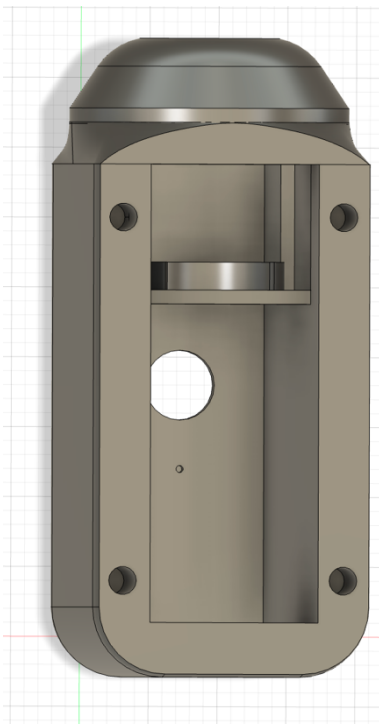
5.1 Mechanisch ontwerp

Toen ik begon aan het maakproces van mijn mini movinghead was het me nog niet helemaal duidelijk hoe ik het mechanisch in elkaar zou steken. Het was een proces van systemen bedenken, testen of het werkt, en zo niet, aanpassen.

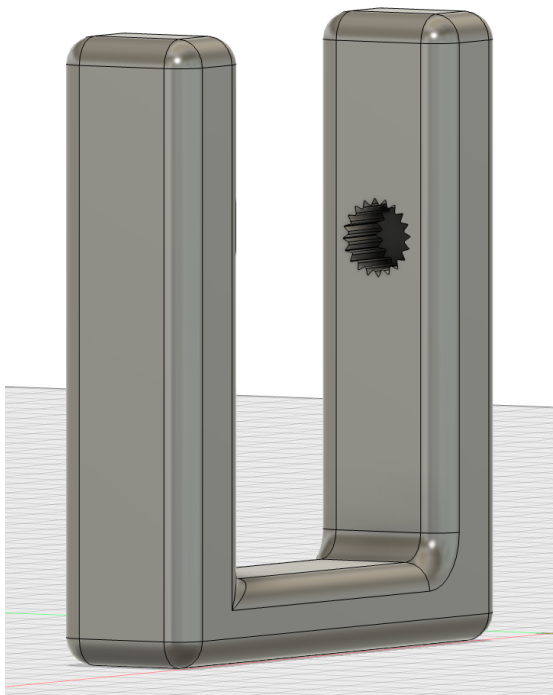
Pan- en tilt beweging

Mijn eerste idee was om beide motoren, net zoals in een echte movinghead, weg te stoppen in de basis voor de pan-beweging, en in de zijarm van de yoke voor de tilt-beweging. (De yoke is de U-vormige draagbeugel van de armatuur waarin onder andere de motor bevindt die de tilt-beweging mogelijk maakt.) Door de grootte van de servo's was dit voor de basis wel mogelijk, maar voor de zijarm niet, tenzij ik mijn project een stuk groter zou maken. Voor de tilt beweging moest ik dus op zoek naar een andere oplossing.

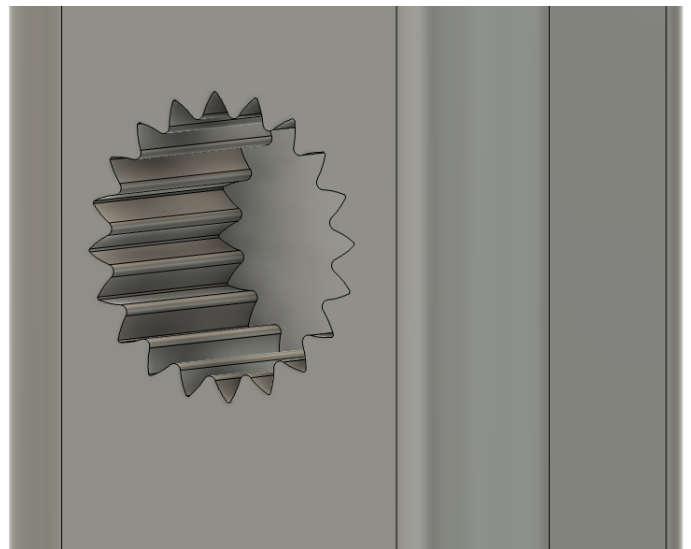
Ik bedacht toen om de servo weg te werken in de behuizing van de lamp zelf. (Figuur 21) De servo arm (het koppelstuk van de servomotor waarop mechanische aansluitingen worden gemonteerd) zou dan in de yoke van de movinghead zitten waardoor de hele servo zou draaien bij een tilt beweging. Hier moest ik er voor zorgen dat de aansluiting tussen beide nauw zou aansluiten zodat er voldoende krachtuiting was om de draaiing te kunnen maken. Om dit te realiseren moest ik een negatief van het tandwiel van de servoarm implementeren in de yoke van mijn ontwerp. (Figuur 22)



Figuur 21 Behuizing van de lamp met onderaan een uitsparing voor een servomotor



Figuur 22 Yoke met negatief van servoarm.

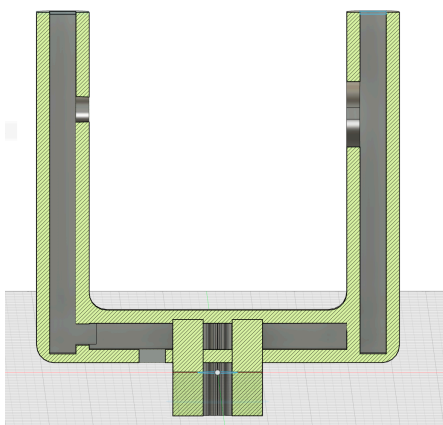


Figuur 23 Detailbeeld van negatief

Bekabeling

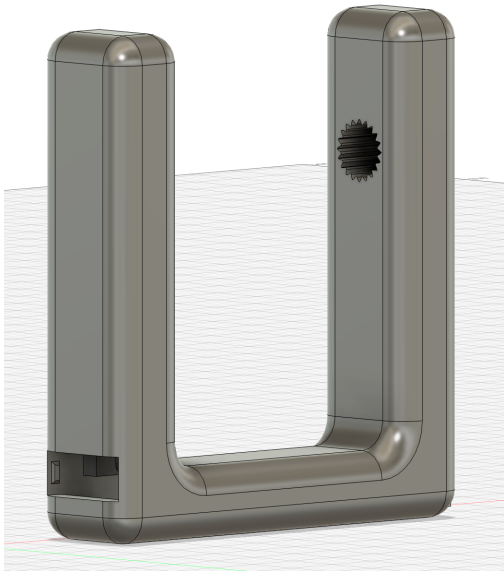
Het volgende stuk dat ik uitzocht was hoe ik het systeem waardoor de bekabeling loopt zou maken. Ik heb daartoe verschillende manieren uitgetoetst vooraleer ik bij mijn definitieve keuze ben uitgekomen.

De eerste manier was een volledige uitholling van een zijarm in de yoke. Via een gat bovenaan in de zijarm en een gat in de basis kunnen de kabels hierdoor passeren. (Figuur 24) De basis van dit idee was goed, maar het vergde een betere uitwerking omdat het hier moeilijk was de kabel van het ene naar het andere gat te leiden door de vele hoeken.

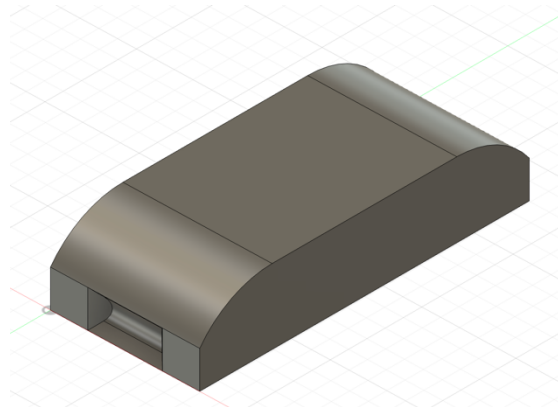


Figuur 24 Doorsnede van een ontwerp van de yoke

Een oplossing voor betere kabelbegeleiding was het voorzien van een gat in de zijkant van de zijarm. (Figuur 25) Om het gat te dichten had ik een plaatje voorzien met een kliksysteem. (Figuur 26)



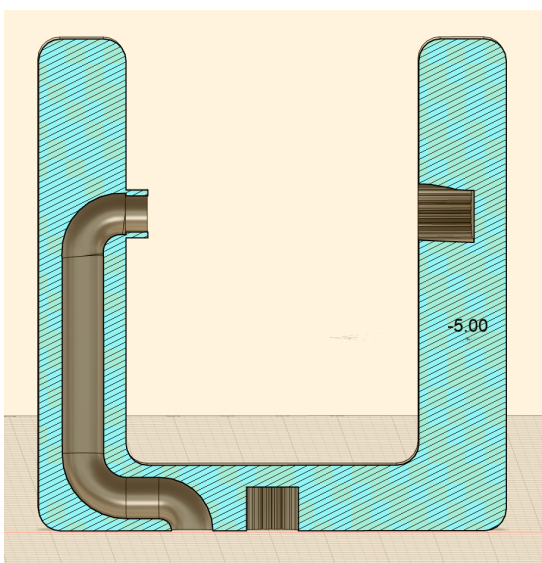
Figuur 25 zijarm met uitsparing.



Figuur 26 plaatje voor kliksysteem

Deze oplossing was in theorie goed, maar in werkelijkheid niet. Door het kleine formaat van mijn mini movinghead viel dit gat en het kliksysteem te klein uit om te kunnen functioneren.

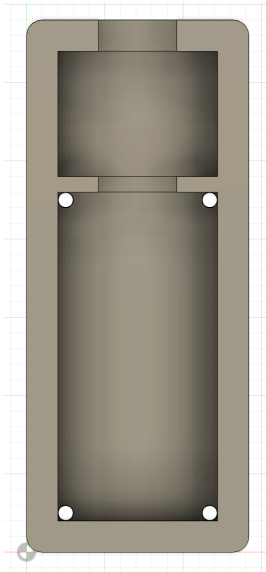
De definitieve versie van mijn kabel begeleidingssysteem is een holle buis in de zijarm die van het bovenste gat tot het onderste gat loopt. (Figuur 27) Door de bochten in de buis kan de kabel zichzelf naar buiten begeleiden en hoef ik enkel maar de kabel erdoor te duwen. Hierna gaat de kabel door een gat in de basis en komt zo onderaan uit de movinghead.



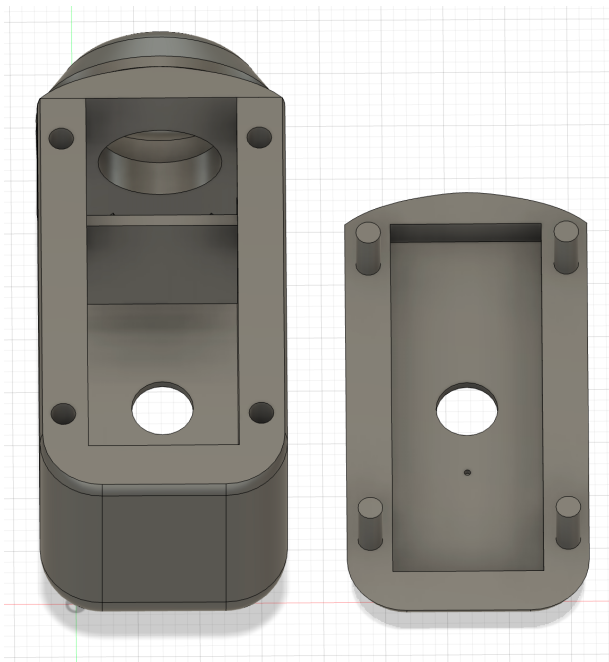
Figuur 27 doorsnede van de holle buis in de linker zijarm

Modulair ontwerp

Het maken van een modulair ontwerp was een vereiste die ik zeker wou bereiken bij het ontwerpen van mijn mini movinghead. Dit betekent dat je alle onderdelen gemakkelijk in elkaar kunt steken. Mocht er iets kapotgaan binnenin kan ik het hierdoor makkelijk herstellen. In de basis heb ik dit voorzien door kleine gaatjes te maken waar de vijsjes doorpassen die ik kan vastschroeven in de behuizing van de servomotor. (Figuur 28). Voor de behuizing van de lamp heb ik dit onderdeel in twee delen gemaakt, waarbij in het ene deel 4 gaatjes zitten en aan het andere deel 4 staafjes. (Figuur 29) Deze staafjes passen in de gaatjes en maken zo de 2 delen aan elkaar.



Figuur 28 onderste deel van de basis waarin gaatjes voorzien zijn voor vijzen

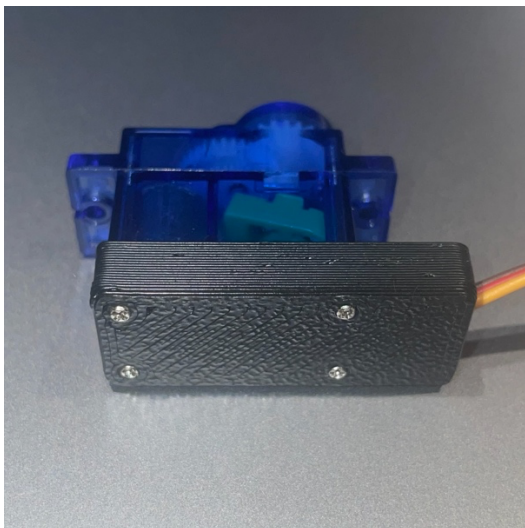


Figuur 29 delen van de behuizing van de lamp

5.2 3D-ontwerp in Fusion

Het proces van het 3D-ontwerp verliep met ups en downs. Beginnen deed ik door alle maten van de servo motor nauwkeurig te meten en te bepalen hoe groot mijn mini movinghead zou worden. Omdat ik geen exact schaalmodel heb gemaakt van een bepaalde lamp kon ik hierin wat kiezen. Ik heb me gebaseerd op de afmetingen van de servo motor en daarnaast gekeken wat er realistisch zou uitzien als movinghead.

Het eerste ontwerp dat ik maakte waren de 2 stukken van de basis waar de servomotor voor de pan-beweging in zit. Omdat ik het zo klein en compact mogelijk wou maken heb ik een deel van de oorspronkelijke behuizing van de servomotor nagemaakt. Op die manier kon ik dit deel direct implementeren in mijn ontwerp en kon ik bovendien het onderste deel van de basis door middel van de vijzen vastschroeven aan het bovenste deel. (Figuur 30) Bij de eerste print waren de 2 delen een millimeter verschillend van grootte, maar dat was snel aangepast.



Figuur 30 servomotor vastgevezen aan het onderste deel

Toen de basis volledig af was heb ik me gefocust op het ontwerpen van de yoke. De vorm heb ik redelijk simpel en hoekig gehouden omdat ik dat artistiek mooier vond dan een meer rondere yoke. Bij dit ontwerp heb ik het meest gewerkt aan het systeem voor de begeleiding van de bekabeling en het hechtingspunt met de behuizing van de lamp. Hierbij ben ik vooral tevreden met het proces omdat het is geëvolueerd van een hele simpele basis, naar een nog steeds simpel, maar praktisch en functioneel ontwerp.

De laatste stap was het ontwerpen van de behuizing van de lamp. Dit ontwerp vond ik het moeilijkst. Omdat de vorm waar het stuk dat de servomotor zich bevindt rechthoekig is en de vorm aan het uiteinde met de lens bol is moest ik een overgang maken van een rechthoek naar een bol. Met deze overgang ben ik zeer lang bezig geweest om deze zo realistisch mogelijk te maken.

Het fijne aan het 3d-ontwerpen vond ik dat je goed logisch moet nadenken. Je bouwt steeds voort op een bepaalde zijde van je ontwerp dus je moet goed nadenken over wat je eerst maakt. In het begin heeft me dit soms tijd gekost door zaken in een verkeerde volgorde te doen en ik stappen moest terugkeren. Ik heb hierin in een korte tijd grote vooruitgang geboekt. Al mijn ontwerpen beginnen vanuit basisobjecten zoals kubussen of cilinders, maar hoe verder in het ontwerpproces, hoe meer gecompliceerde zaken erin verwerkt zijn. Het was leuk om verschillende manieren te ontdekken in hoe je iets kon realiseren wat je voor ogen had. Alleen moest ik er op toezien hierin niet te veel tijd te verliezen. Soms was het eenvoudiger en sneller om te blijven bij een manier dat ik al kende.

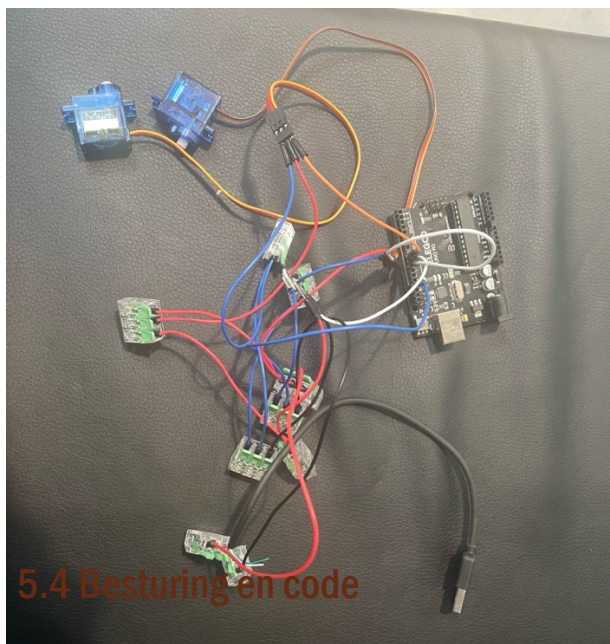
Alle technische tekeningen van mijn ontwerpen kan je vinden in bijlage.

5.3 Elektronica en schema's

Zowel de led als de servo's werken op 5V. Omdat de servo's via de ESP32 samen niet genoeg spanning krijgen heb ik een aparte voeding voorzien van een 5V DC/2,1A adapter die op netspanning kan worden aangesloten. Deze adapter zet de netspanning van 230V AC veilig om naar 5V DC. Zowel de led, servo's en ESP32 kunnen op deze adapter in een parallelle kring worden aangesloten. Alle GNDS van alle componenten moeten met elkaar verbonden worden om te kunnen werken. Omdat de servo's een piekspanning leveren bij het opstarten kan de voedingspanning dalen en zo storingen bij de ESP32 of led veroorzaken. Om dit te voorkomen voorzie ik een condensator tussen de voedingslijn en GND. Deze levert dan gedurende korte tijd extra stroom zodat de spanning stabiel blijft.

De servo's en led hebben elk een datalijn die verbonden is met een pin op de ESP32. Op de datalijn van de led voorzie ik een weerstand van 330 ohm. Deze beschermt de eerste led tegen storingen en spanningspieken.

Alle berekeningen en het elektrische schema vind je in bijlage.



Figuur 31 alle componenten aaneengesloten met wagoklemmen

Het besturingssysteem gaat via een esp32. Tijdens de lessen toolbox in het 2^{de} jaar hebben we kennis gemaakt met Arduino. Ik wist dat je op deze manier makkelijk micro servo's en leds kon aansturen. Omdat ik wou dat mijn mini movinghead zou waarheidsgetrouw mogelijk is wou ik ervoor zorgen dat ik deze op afstand met een lichttafel kon aansturen. Na onderzoekswerk ben ik uitgekomen om alles aan te sturen met een ESP32. Alle codes heb ik door AI laten maken. Dit was een bewuste keuze in tijdsbesparing. Zelf die code leren schrijven zou te veel tijd in beslag hebben genomen hierdoor kon ik mij focussen op de andere componenten in het ontwerpen van de movinghead.

De besturing zelf loopt via netwerk. Dankzij de bachelorproef van Ivo Hendriksen heb ik veel tijd kunnen uitsparen in het afregelen van de movinghead. De aansturing vanuit de lichttafel werkt volgens het dmx protocol, maar de esp 32 gaat via een osc protocol. Kort samengevat heeft Ivo's bachelorproef deze protocollen voor mij vertaald naar elkaar. Via zijn programma Chataigne kan je een protocol binnen nemen, en die op een andere manier eruit laten komen. Dat programma laat de apparaten dus met elkaar communiceren. Mocht ik Chataigne niet hebben gehad zou ik al die vertalingen zelf hebben moeten implementeren in de code. Dit zou betekenen dat ik bijvoorbeeld voor alle posities van mijn servo hiervoor de dmx waarde moet bekijken en nadien noteren in de code als osc protocol zodat de esp32 deze verstaat.

Een deel van de code en het programma van Ivo vind je terug als bijlage.

5.5 Montage

Nadat alle onderdelen geprint zijn is het moment aangebroken om de movinghead volledig in elkaar te steken.



Figuur 32 eerste montage van movinghead

6. Evaluatie

6.1 Wat werkt?

De pan-beweging en de led werken perfect zoals het hoort. Hierbij heb ik geen problemen ondervonden.

6.2 Wat werkt gedeeltelijk?

De tilt-beweging werkt, maar niet altijd naar behoren. Het contactpunt tussen de servoarm en de zijarm is nog niet optimaal waardoor er bij de draaiing soms stappen worden overgeslagen en de servoarm zelf meedraait. Hierdoor verandert de positie van de lamp telkens een beetje en maakt het ook veel geluid.

De voorziene plaats voor de ledlamp is ook nog niet helemaal in orde. Ik heb daar een kleine ontwerpfout gemaakt waardoor de binnenste diameter te klein is.

Ook met het resultaat hoe de movinghead er uit ziet ben ik nog niet volledig tevreden. Het is het begin van een realistisch model, maar de basis klopt nog niet in verhouding met de rest van de movinghead. Omdat mijn servomotoren redelijk hoog zijn is de basis dat daarom ook.

6.2 Wat werkt nog niet?

De montage van de 2 basis delen krijg ik niet meer aan elkaar. Omdat in mijn originele ontwerp voorzien was dat ik het bovenste deel van de behuizing van de servomotor zou behouden, kon ik de vijzen hierin vastdraaien en zo de 2 delen aan elkaar bevestigen. Door een toevalligheid is het toch gelukt om de servomotor zonder deze behuizing te implementeren in mijn ontwerp. Hierdoor zal ik een andere methode moeten vinden om de delen aan elkaar te krijgen. Ook de montage van de 2 delen van de behuizing van de lamp werken nog niet. Momenteel hebben de gaten en staven dezelfde diameter waardoor de speling te nauw is en ze niet in elkaar passen. Ook zal ik moeten herzien waar de splitsing van de delen zit. Dat is nu aan de zijkant van de behuizing, maar dat maakt het bij de montage moeilijk om in elkaar te steken.

6.4 Mogelijke oplossingen

Bovenstaande zaken die nog niet of gedeeltelijk werken zou ik bijna allemaal op eenvoudige manieren kunnen oplossen:

Het probleem met de tilt-beweging: Hiervoor zou ik de servoarm kunnen vastlijmen in de zijarm. Hierdoor zal deze niet meer kunnen meebewegen wanneer de motor zijn draaibeweging maakt. Het enige probleem is dat ik het na vastlijmen uiteraard ook niet meer zal kunnen losmaken en het daardoor niet meer modulair is.

De plaats voor de ledlamp: dit is makkelijk te voorzien door dit in mijn ontwerp aan te passen naar de juiste diameter en het opnieuw te printen.

Een realistischer model van de basis: Ook dit is makkelijk aan te passen door de basis breder te maken in het ontwerp. Hierdoor zal de verhouding met de rest van de movinghead beter uitkomen.

Montage van de 2 delen in de behuizing van de basis en de lamp: deze problemen zijn minder eenvoudig aan te pakken omdat het gaat over een structureler probleem. Ik zal voor beide een nieuw mechanisch systeem moeten bedenken, ontwerpen en printen.

6.5 vergelijking met de oorspronkelijke ontwerpcriteria

De oorspronkelijke ontwerpcriteria die ik mezelf had opgelegd voor het bouwen van een miniatuur movinghead waren een lichtbron, een pan- en tilt beweging en een behuizing. Al deze criteria komen aan bod in het eerste prototype van mijn miniatuur movinghead

6.5 Reflectie op schaal, techniek en maakbaarheid

Mijn minimovinghead is geen exact schaalmodel van een bestaande movinghead. Daarom is het moeilijk om er een exacte schaal op te plakken. Als ik mijn movinghead vergelijk met de T1 van ROBE kan ik daar wel een vergelijking tussen maken.

De afmetingen van de T1 zijn:

Hoogte: 726 mm

Breedte: 400mm

Diepte: 258mm

De afmetingen van mijn mini movinghead zijn:

Hoogte: 81mm

Breedte: 42mm

Diepte: 20mm

Als ik per afmeting de schaal bereken kom ik uit op:

Hoogte: 1:9

Breedte: 1:9,5

Diepte: 1:13

Hierbij is duidelijk dat het geen exact schaalmodel is. Vooral in de diepte is dit niet waarheidsgetrouw. Als we echter een gemiddelde nemen van elke schaal komen we uit op een gemiddelde schaal van 1:10,5

De technieken die ik gebruikt heb om mijn movinghead te maken zijn allemaal haalbaar voor iemand zonder enige voorkennis. Van sommige heb ik een basis aangeleerd op school, maar de meeste zaken heb ik al doende geleerd. Ik heb vooral gebruik gemaakt van elementen die overal te verkrijgen zijn en waarvan de prijs niet te duur is. Daarom is het een toegankelijk project om te maken.

7. Conclusie

7.1 Antwoord op de onderzoeksvraag

Hoe kan ik de werking van een movinghead vertalen naar een functioneel miniatuurprototype, en welke technische beperkingen ontstaan daarbij op vlak van lichtopbrengst, beweging, behuizing en besturing?

De werking van een movinghead kan vertaald worden naar een functioneel miniatuurprototype door de belangrijkste functies van het originele toestel te vereenvoudigen en op schaal na te bootsen. Hier worden onder andere de lichtbron, pan- en tilt beweging, optische onderdelen, behuizing, en elektronische besturing omgezet naar compacte en toegankelijke componenten zoals een led, microservo's, ESP32 en een behuizing uit kunststof.

7.2 Beperkingen

Lichtopbrengst

Een miniatuur kan nooit dezelfde lichtsterkte leveren als een professionele movinghead. Dit wordt beperkt door de grootte van de led, een beperktere koeling en een minder efficiënte optiek.

Beweging

De beweging van een movinghead kan je relatief makkelijk schalen door de micro servo's. De grootste beperking hierbij is dat je nooit het aantal graden van draaiing kan bereiken zoals bij een echte movinghead. Hiervoor zou je net zoals daar een sensor moeten implementeren die het 0-punt kan bepalen.

Behuizing

De grootste beperking die ik bij de behuizing ondervonden heb is het gebrek aan plaats. Vele functies die je in een movinghead terugvindt kan je in de schaal dat ik mijn miniatuur heb gemaakt niet implementeren. Dit wijs ik vooral aan de grootte van de servomotors. Op zich is de motor zelf niet groot, maar omdat het ook een pcb nodig heeft en tandwielen om zijn draaisnelheid te verminderen wordt de servomotor in totaliteit veel groter. Daardoor verlies je hieraan veel plaats in je ontwerp.

Bij het maken van de behuizing ondervond ik anderzijds de minste beperking omdat je hierin de meeste vrijheid hebt. Door te kunnen 3D-printen kan je werkelijk alles maken wat je wilt en elke optie is mogelijk. Daarom maakt het dus niet uit hoe groot je ontwerp is. Enkel sommige systemen zijn in miniatuur behuizing niet mogelijk, maar dat geeft dat weer opties om net een systeem uit te vinden dat hiervoor wel toepasbaar is.

Besturing

Met een ESP32 kan je de basisfuncties van een movinghead aansturen, maar professionele protocollen zoals DMX, RDM, Art-Net of sACN moeten hiervoor vereenvoudigd worden.

Een miniatuurprototype kan de basiswerking van een movinghead dus nabootsen, maar vormt geen volledig geschaalde kopie. De belangrijkste functies kan je eenvoudiger recreëren maar blijven beperkt in mogelijkheden door de kleine schaal en de hiervoor gekozen componenten.

7.3 Vervolgonderzoek of volgende versie

Het ontwikkelde prototype vormt een functionele basisversie van een miniatuur movinghead, maar biedt nog verschillende mogelijkheden aan voor optimalisatie. Een eerste verbeterpunt is de uitbreiding van optische functies zoals zoom of focus. Hiervoor zal wel echter een groter ontwerp nodig zijn, aangezien de huidige afmetingen geen plaats bieden voor extra motoren en mechanische onderdelen.

Ook de lichtbron biedt nog ruimte voor optimalisatie. Een krachtigere of efficiëntere led en een verbeterde optiek kunnen de lichtopbrengst verhogen.

Daarnaast kan het bewegingssysteem worden verbeterd. Een eerste mogelijkheid is het uitbreiden van de draaibeweging die momenteel beperkt is tot 180° . Hierin heb ik al een eerste aanzet gedaan door het vinden van micro servo's die tot 270° kunnen en dezelfde afmetingen hebben als een micro servo van 180° . De reden waarom ik deze nog momenteel nog niet gebruikt heb in mijn prototype is omdat ik hier te laat heb naar gezocht. Ik was al bekend met de 180° en 360° servo motoren waardoor ik me op deze types heb gefocust.

Een andere mogelijkheid tot verbetering van het bewegingssysteem zou kunnen zijn door middel van het ontwikkelen van compactere motoren of een alternatief aandrijvingssysteem.

Op 2 vlakken heb ik al een aanzet gedaan in verder onderzoek.

Op vlak van vermenigvuldiging zit er momenteel in de code al een mogelijkheid verwerkt voor het aansturen van meerdere fixtures. Er moet echter nog verder onderzoek gebeuren naar hoeveel toestellen gelijktijdig kunnen aangestuurd worden en de hiervoor nodige stroomvoorziening. Daarnaast ben ik al gestart met een onderzoek naar een eerste verschaalde versie van de frontlens en een gobo. Dit zullen de eerste onderdelen zijn die ik in een volgend prototype zou willen implementeren.

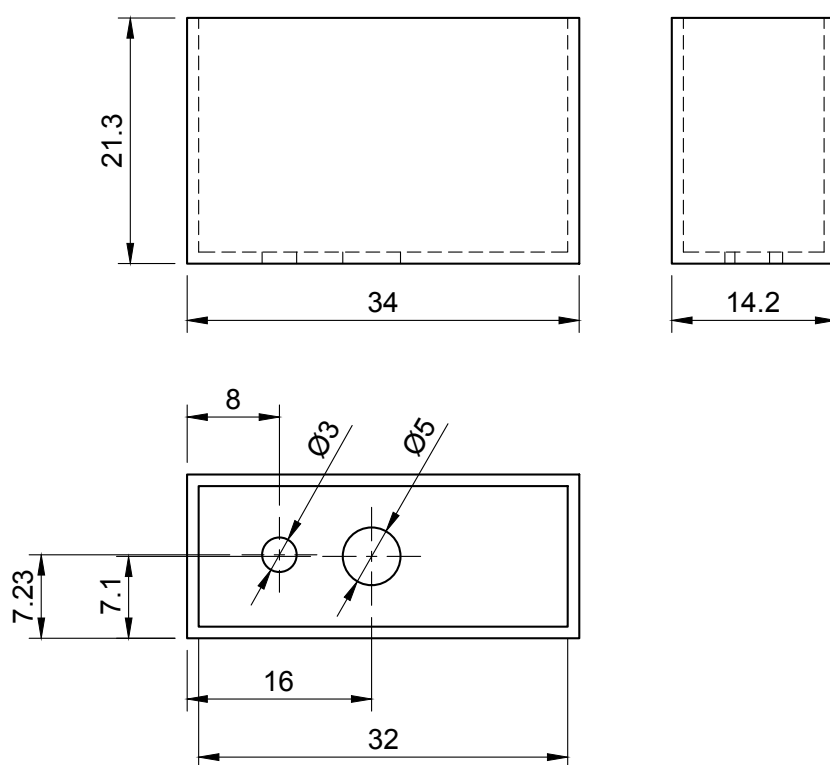
(btf-lighting, 2026) Een volgende versie van dit prototype zou door deze verbeteringen niet alleen functioneel uitgebreider worden, maar ook een grotere en meer exacte overeenkomst tonen van een professionele movinghead.

Bronnen

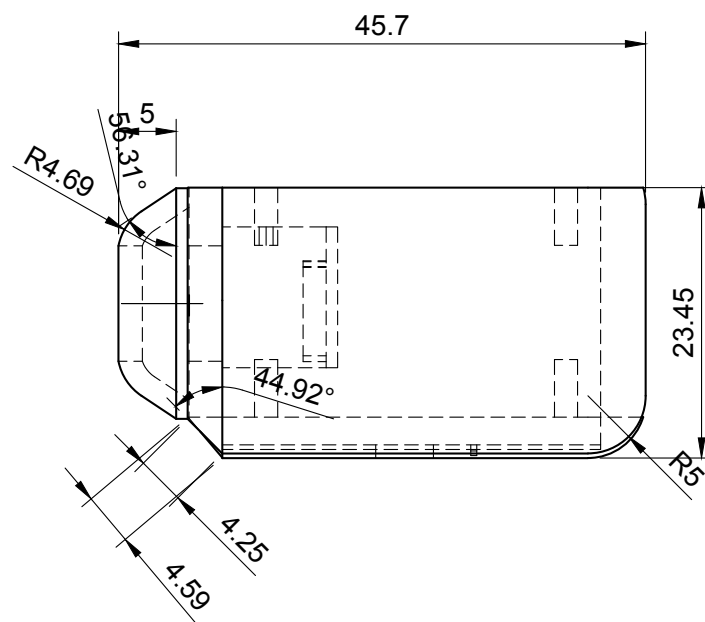
- (2026). Opgehaald van djlight: <https://djlicht.nl/de-verschillen-in-movingheads-een-diepere-duik-in-led-kleuren/>
- (2026). Opgehaald van rotero: <https://rotero.com/nl/blog/nema-17-24-en-34-de-standaard-in-stappenmotoren/#>
- (2026). Opgehaald van adobe: <https://helpx.adobe.com/nl/illustrator/desktop/manage-objects/reshape-transform-objects/scale-objects.html>
- (2026). Opgehaald van aduioeffetti: <https://audioeffetti.com/en/news/inside-a-moving-head-fixture-anatomy-of-motorized-lighting-for-entertainment-n213070>
- Bornhorst, J. (1983). *Verenigde Staten Patentnr. 4,392,187*.
- btf-lighting. (2026). *products*. Opgehaald van btf-lighting: <https://www.btf-lighting.com/en-intl/products/ws2812b-led-board-heatsink-led-chips-5-1000pcs-with-black-white-pcb-10mm-3mm-ws2811-ic-built-in-5050-smd-rgb-sk6812rgbw-dc5v?variant=45934440874210>
- Cadena, R. (2006). *Automated Lighting: The Art and Science of Moving Light in Theatre, Live Performance, Broadcast, and Entertainment*. New York.
- controllux. (2026). Opgehaald van controllux: <https://controllux.com>
- cri waarde. (2026). Opgehaald van led24: <https://www.led24.nl/blogs/advies-en-blogs/uitleg-over-cri-waarde-kleurweergave-index/>
- Fisher, J. (1965). *Verenigde Staten Patentnr. 3,209,136*.
- gigapointe. (2026). Opgehaald van robe: <https://www.robe.cz/gigapointe>
- Halliday, R. (2011). *classic gear: the varilite. Plasa events*.
- history of moving lights. (2020). Opgehaald van etconnect: <https://blog.etconnect.com/2020/09/history-of-moving-lights>
- King, H. (1928). *Verenigde Staten Patentnr. 1,680,685*.
- Lighting, A. H. (1999). Bill Williams.
- Milner-Bolotin, M. (2009). *Exploring Scaling: From Concept to Applications* .
- Moody, J., & Dexter, p. (1989). *Concert Lighting: The Art and Business of Entertainment Lighting*. taylor and francis.
- ROBE. (2026, 5 18). LEDBEAM 350. Tsjechie.
- ROBE. (2026, 4 21). T1 Profile. Tsjechie.
- Sohlberg, E. (1906). *Verenigde Staten Patentnr. 819,611*.
- Williams, B. (1999). *A history of light and lighting*.

Bijlagen

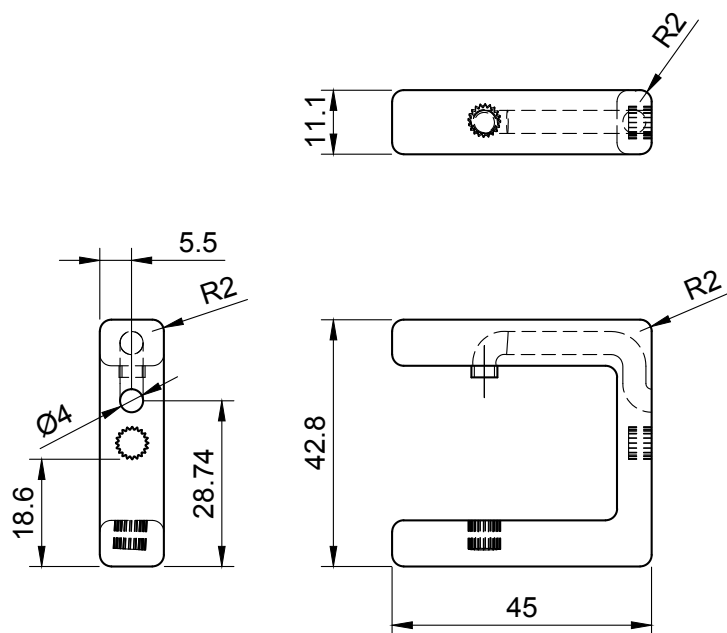
Technische tekeningen:



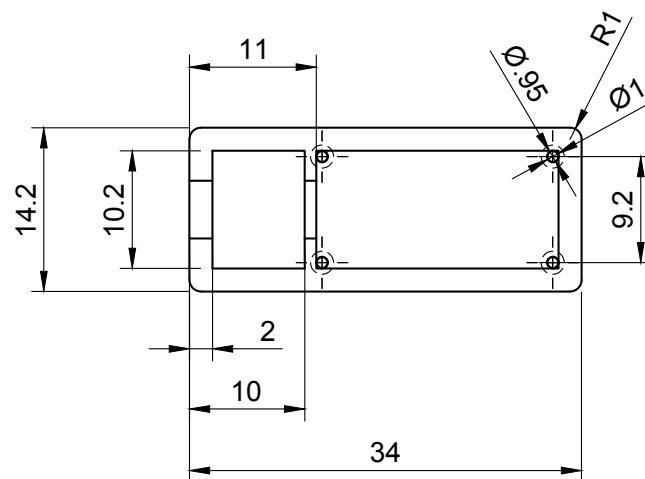
Dept.	Technical reference	Created by margo van lancker 31/05/2026	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title bovenstel van het onderstel	DWG No.		
			Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Dept.	Technical reference	Created by margo van lancker 31/05/2026	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Configuration 1	DWG No.	
			Rev.	Date of issue



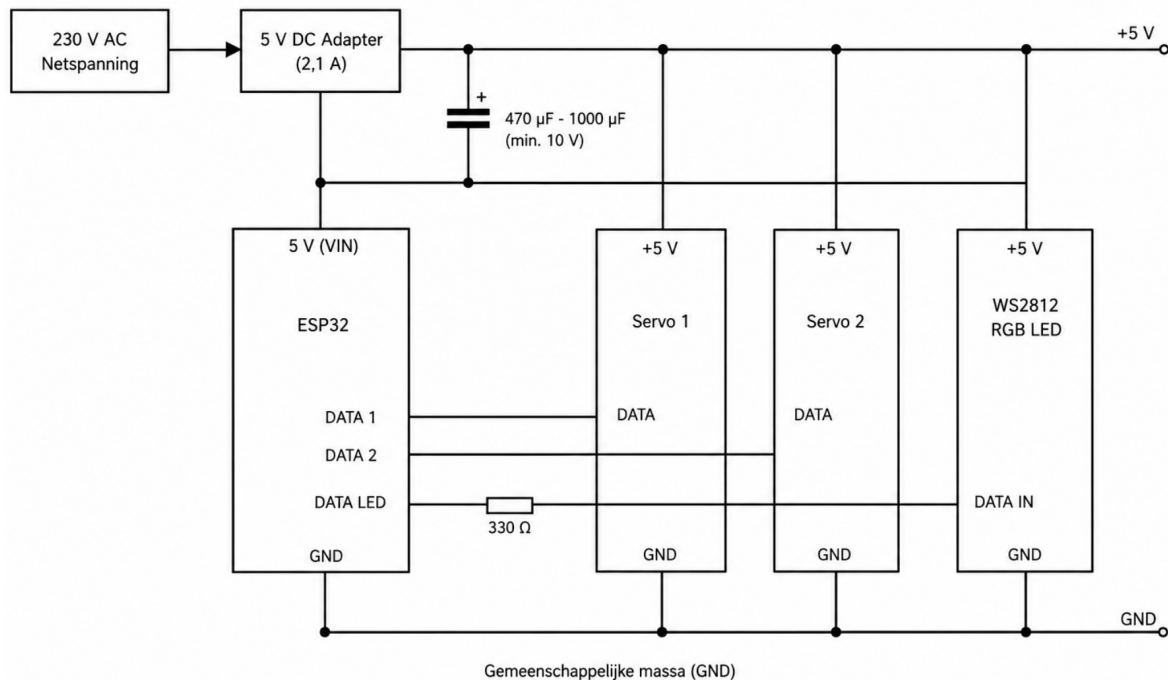
Dept.	Technical reference	Created by margo van lancker 31/05/2026	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title draaistelsel 4	DWG No.	
			Rev.	Date of issue
			Sheet 1/1	



Dept.	Technical reference	Created by margo van lancker 31/05/2026	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Onderstel van het onderstel	DWG No.		
			Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

Elektrisch schema en berekeningen:

Elektrisch schema ESP32 - 2 servo's en WS2812 LED



Adapter:

Het maximale beschikbare vermogen van de adapter bedraagt:

$$P = U \times I$$

$$5V \times 2,1A = 10,5 W$$

Servo's:

De servo's hebben volgens hun technische specificaties een stall current van 500mA tot 750 mA+- 10%. Hierdoor hebben per servo ze een maximale stroom van:

$$I = 750mA \times 1,10 = 825mA = 0,825A$$

Voor 2 servo's wordt dit

$$0,825A \times 2 = 1,65 A$$

Led:

Volgens de specificaties bedraagt de led een vermogen van 0,2w en een voedingsspanning van 5V. Dit betekent:

$$I = 0,2W/5V = 40mA = 0,04A$$

ESP32:

Het stroomverbruik van een ESP varieert enorm, afhankelijk van de modus waarin deze gebruikt wordt. Voor de berekening ben ik daarom uitgegaan van een maximale stroom van $250\text{mA} = 0,25\text{A}$

Nu we alle stroomopnames per component kennen kunnen we de totale stroomopname berekenen:

$$I_{\text{totaal}} = 1,65\text{A} + 0,04\text{A} + 0,25\text{A} = 1,94\text{A}$$

De voeding kan maximaal $2,1\text{ A}$ leveren waardoor dit dus voldoende capaciteit is om alle componenten te voorzien van stroom. Er blijft een marge over van $2,1\text{A} - 1,94\text{A} = 0,16\text{A}$

Codering:

```
12 // ===== STATIC IP =====
13 IPAddress local_IP(2, 0, 0, 100);
14 IPAddress gateway(2, 0, 0, 1);
15 IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
16
17 // ===== OSC =====
18 WiFiUDP Udp;
19 const int localPort = 8000;
20
21 // ===== LED =====
22 #define LED_PIN 5
23 #define NUMPIXELS 1
24 Adafruit_NeoPixel pixel(NUMPIXELS, LED_PIN, NEO_GRBW + NEO_KHZ800);
25
26 // ===== SERVO PINS =====
27 #define PAN_PIN 18
28 #define TILT_PIN 19
29
30 Servo panServo;
31 Servo tiltServo;
32
33 // ===== STATE =====
34 struct MovingHead {
35     float panTarget = 127;
36     float tiltTarget = 127;
37
38     float panCurrent = 127;
39     float tiltCurrent = 127;
40
41     int speed = 20; // lager = sneller
42
43     int r=0,g=0,b=0,w=0;
44     int dimmer = 255;
45
46     int effect = 0;
47 };
48
49 MovingHead mh1;
50
```

```

51 // ===== DEBUG =====
52 bool DEBUG = true;
53
54 void log(const char* label, float val) {
55     if (!DEBUG) return;
56     Serial.print(label);
57     Serial.print(": ");
58     Serial.println(val);
59 }
60
61 // ===== OSC SAFE READ =====
62 int getOSCValue(OSCMessage &msg) {
63     if (msg.isInt(0)) return msg.getInt(0);
64
65     if (msg.isFloat(0)) {
66         float f = msg.getFloat(0);
67         if (f <= 1.0) return (int)(f * 255);
68         return (int)f;
69     }
70
71     return 0;
72 }
73
74 // ===== SETUP =====
75 void setup() {
76     Serial.begin(115200);
77     delay(1000);
78
79     Serial.println("=== MOVING HEAD START ===");
80
81     // Static IP instellen
82     if (!WiFi.config(local_IP, gateway, subnet)) {
83         Serial.println("Static IP instellen mislukt");
84     }
85
86     WiFi.begin(ssid, password);
87
88     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
89         delay(500);

```

