



Bachelorproef ingediend met het oog op het behalen  
van de graad van Schakelprogramma Master of Science in de industriële  
wetenschappen: elektronica-ICT Verkort traject

# ONTWIKKELING VAN EEN ELEKTRONISCHE PLC OPSTELLING: LIFT

**TIM JÄGER**

**2022-2023**

Promotoren: Dr. Ir. Péter Zoltán Csurscia en Prof. Dr. Ronald Van Ham

Ingenieurswetenschappen

## Abstract

Deze bachelorproef richt zich op de ontwikkeling van een interactieve liftopstelling voor de module regeltechniek, waarbij gebruik wordt gemaakt van een PLC. De opstelling is praktijkgericht en biedt studenten de mogelijkheid om te werken met verschillende aspecten van liftechnologie, zoals positiebepaling, een liftdeur met sensoren, een foto-elektrische barrière en een bedieningspaneel. Het hoofddoel van deze bachelorproef is het ontwerpen van een bruikbare PLC-opstelling voor studenten tijdens de labo's regeltechniek, met als extra element dat de opstelling een reflectie is van wat men in het dagelijkse leven tegenkomt.

Om de opstelling te optimaliseren, is er een fysieke test gehouden met studenten op een tussentijdse versie van de opstelling tijdens een van de labo's. Hierbij is feedback verzameld om de opstelling verder te verbeteren en aan te passen aan de noden en verwachtingen van de studenten.

# Inhoud

Abstract	1
Inleiding	4
PLC	5
3.1    Introductie	5
3.2    Crouzet CD12S	5
Bediening	6
4.1    Doel	6
4.2    Bedieningspaneel	6
4.3    Oproepknoppen	6
Foto-elektrische barrière	7
5.1    Principe	7
5.2    Implementatie	7
Deuren	8
6.1    Inleiding	8
6.2    Eerste ontwerp	8
6.3    Huidig ontwerp	8
Verticale verplaatsing	9
7.1    Introductie	9
7.2    Ontwerp aandrijving	9
7.3    Motor	9
7.4    Verbinding motor en spindel	10
7.5    Positiebepaling	10
Serviceluik en kabelgoot	11
8.1    Serviceluik	11
8.2    Kabelgoot	11
Elektronica	12
9.1    Bediening	12
9.2    Foto-elektrische barrière	13
9.3    Deuren	13
9.4    Spindel	14
9.5    Positiebepaling	15
Software	16
10.1    Testprogramma	16
10.2    Voorbeeldprogramma	16
Conclusie	18
Appendices	19
Appendix A.    Berekening positiebepaling	19

A.1	Introductie	19
A.2	Berekening	19
Appendix B.	Perfboard pinout	20
Appendix C.	Broncode, ontwerpbestanden, en demomateriaal	21
<a href="#">Figuren- en tabellenlijst</a>		<a href="#">22</a>
<a href="#">Bibliografie</a>		<a href="#">23</a>

# Inleiding

In deze bachelorproef is een interactieve liftopstelling ontwikkeld voor de module Regeltechniek, waarbij gebruik wordt gemaakt van een PLC. De opstelling is praktijkgericht en biedt studenten de mogelijkheid om te werken met verschillende aspecten van lifstechnologie, zoals positiebepaling, een liftdeur met sensoren, een foto-elektrische barrière en een bedieningspaneel. Het hoofddoel van deze bachelorproef is het ontwerpen van een bruikbare PLC-opstelling voor studenten om te gebruiken tijdens de labosessies regeltechniek, met als extra element dat de opstelling een reflectie vormt van wat men in het dagelijkse leven tegenkomt.

De opstelling is ontworpen rond de Crouzet CD12S PLC, die wordt geprogrammeerd met M3 Soft. De opstelling bestaat uit twee verdiepingen, een interactieve liftdeur met actuatoren om deze te openen en sluiten, en een lichtpoort om de aanwezigheid van objecten tussen een virtuele deur te detecteren, evenals een sensor om te detecteren of de deuren effectief gesloten zijn. Verder is er ook een bedieningspaneel met knoppen om een verdieping te kiezen en om de deuren te openen of sluiten. De liftkooi wordt aangedreven door een spindel, met bovenaan en onderaan eindeloopschakelaars om te voorkomen dat de lift te ver gaat bij foute programmatie. Verder is er ook een sensor die de positie van de lift detecteert. De gehele opstelling wordt gevoed door een omvormer die de netspanning omvormt naar 24 V DC en een verdere kleine omvormer die 5V DC levert voor de logische componenten.

Bij het ontwerpen van deze opstelling zijn er twee prominente uitdagingen. Eerst en vooral is er het maken van een liftopstelling met beperkte hardware, zoals de PLC met slechts 8 ingangen en 4 uitgangen. Daarnaast moet er ook rekening worden gehouden met het gebruik door de studenten. Hierbij moet de complexiteit van de oplossing afgewogen worden met de tijd die een student heeft in een labosessie.

Om deze opstelling op de proef te stellen, is er tussentijds een test gehouden met meerdere groepen studenten tijdens de labosessies van regeltechniek. Hierbij is feedback verzameld om de opstelling verder te verbeteren en aan te passen aan de noden en verwachtingen van de studenten en het vak.

De uiteindelijke implementatie maakt gebruik van een bedieningspaneel voor de lift en oproepknoppen op iedere verdieping. Het bedieningspaneel heeft knoppen om de lift naar de eerste verdieping of de begane grond te sturen en om de deuren te openen of te sluiten. De oproepknoppen bevinden zich op de zijkant van de lift en dienen om de lift naar hun respectievelijke verdieping te brengen.

De verticale aandrijving van de liftkooi is gerealiseerd met behulp van een spindel. Deze spindel wordt door een 24 V DC-motor aangedreven, terwijl drie geleidestangen de liftkooi stabiel houden en deze over het hele traject begeleiden.

Om de positie van de liftkooi te bepalen, zijn er reedschakelaars gebruikt. Deze schakelaars werken contactloos en worden geactiveerd door een magneet op de liftkooi. Om het aantal benodigde ingangen te beperken, worden hun digitale waardes omgevormd naar één analoge waarde die de PLC inleest.

De deuren van de lift worden aangestuurd door omgevormde servomotoren, die via een tandwiel-tandlat mechanisme zorgt voor het openen en sluiten, terwijl eindeloopschakelaars de beweging van de deur limiteert en de positie hiervan detecteert. Verder is er een foto-elektrische barrière, bestaande uit een TCST2103 sensor, die ervoor zorgt dat de deuren niet sluiten als er een object tussen zit.

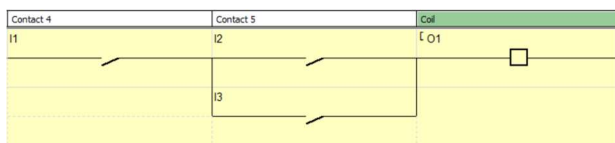
Tot slot is de opstelling ook voorzien van een serviceluik aan de achterzijde voor onderhoud.

# PLC

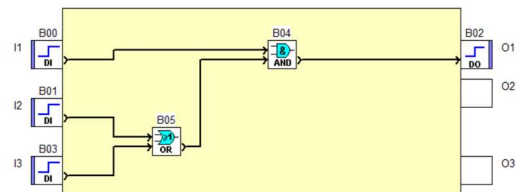
## 3.1 Introductie

Een PLC, of *Programmable Logic Controller*, is een elektronische regelaar die wordt gebruikt voor het regelen van industriële processen en applicaties. Het belangrijkste kenmerk van een PLC is de mogelijkheid om de functionaliteit ervan te programmeren en aan te passen aan specifieke behoeften. PLC's zijn ontworpen met het oog op robuustheid en betrouwbaarheid, waardoor ze geschikt zijn voor gebruik in veeleisende industriële omgevingen.

PLC's hebben doorgaans een beperkt aantal digitale en analoge ingangen en uitgangen, die worden gebruikt om signalen van sensoren in te lezen en om actuatoren aan te drijven. De programmeertaal om deze functies in te stellen is vaak gestructureerd en gebaseerd op logische instructies, zoals ladderdiagrammen of functieblokken.



Figuur 3.1.1: Voorbeeld ladderdiagram



Figuur 3.1.2: Voorbeeld blokdiagram

## 3.2 Crouzet CD12S

Voor dit ontwerp was de opdracht om de Crouzet Millenium 3 CD12S, specifiek het model 88 970 042 [1], te gebruiken als PLC. Deze Crouzet CD12S is een PLC van Crouzet dat werkt op een voedingsspanning van 24 V DC.

In het totaal heeft het systeem 4 digitale ingangen, 4 analoge ingangen, 3 digitale uitgangen en 1 PWM-uitgang. De digitale ingangen kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om schakelaars of drukknoppen in te lezen, terwijl de analoge ingangen geschikt zijn voor het meten van variabele signalen zoals een elevatie- of infraroodsensor. De digitale uitgangen kunnen worden gebruikt om bijvoorbeeld motoren of indicatoren aan te sturen, terwijl de PWM-uitgang kan worden gebruikt voor bijvoorbeeld de snelheid van een systeem in te stellen.

Vanwege het beperkt aantal in- en uitgangen is het uiterst belangrijk om de interface met ieder systeem zo minimalistisch mogelijk te maken. Zo kan het bijvoorbeeld nodig zijn om meerdere digitale signalen te combineren in één analoog signaal.

De Crouzet M3 reeks wordt geprogrammeerd met behulp van de bijbehorende Crouzet software genaamd M3 Soft [2], die een intuïtieve omgeving biedt voor het ontwerpen en implementeren van de gewenste functionaliteit. In M3 Soft is er de keuze uit twee programmeertalen, Ladder (ladderdiagrammen) en FBD (Function Block Diagram).



Figuur 3.2.1: Crouzet 88 970 042

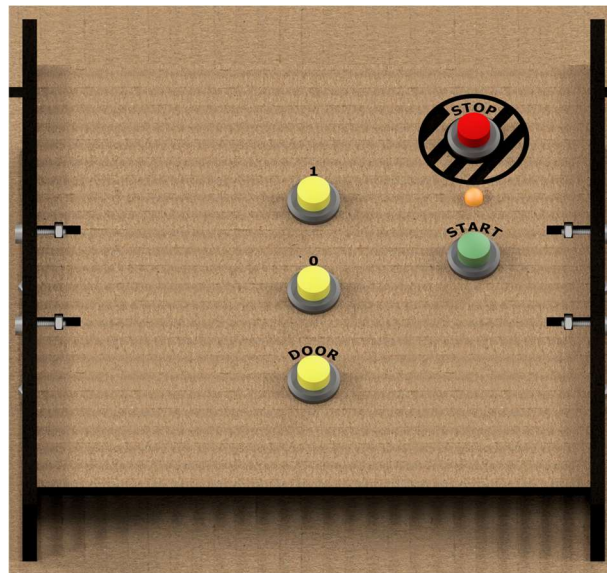
# Bediening

## 4.1 Doel

De bediening van een lift kan op drie manieren gebeuren: via het bedieningspaneel dat zich normaliter in de lift bevindt, via oproepknoppen die zich op iedere verdieping bevinden en via een verborgen systeem voor onderhoudstechniekers.

## 4.2 Bedieningspaneel

Het bedieningspaneel bestaat uit 5 knoppen. De eerste drie dienen om de liftkooi aan te sturen en bestaan uit één knop per doelverdieping en één om de deur te openen en te sluiten. De andere twee knoppen zijn een start- en stopknop die de stroomvoorziening voor de gehele opstelling aan en uit schakelen. Hierbij is het belangrijk op te merken dat waar de eerste drie knoppen rechtstreeks naar de PLC worden teruggekoppeld, gebeurt dit niet met de start- en stopknop, deze zijn namelijk hardwarematig verbonden met de start-stop-schakeling. Tot slot is er ook nog een LED-indicator die licht geeft als de opstelling van stroom is voorzien, en uit staat indien niet.



Figuur 4.2.1: Bedieningspaneel

## 4.3 Oproepknoppen

De oproepknoppen bevinden zich op de zijkant van de lift ter hoogte van hun respectievelijke verdieping. Iedere knop is afzonderlijk verbonden met de PLC.

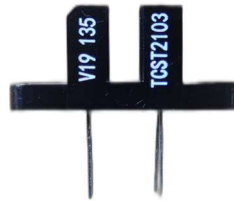


Figuur 4.3.1: Oproepknoppen

# Foto-elektrische barrière

## 5.1 Principe

Om de veiligheid van passagiers te verzekeren, is in een lift meestal een foto-elektrische barrière geïmplementeerd. Deze zorgt dat als er iemand tussen de deuren staat, dat deze niet zullen proberen te sluiten. In deze opstelling is dit dan ook geïmplementeerd met behulp van een kleine TCST2103 [3] sensor.



Figuur 5.1.1: TCST2103

De TCST2103 sensor bestaat uit een infrarood (IR) zender en een fototransistor ontvanger. De IR-zender zendt een IR lichtstraal uit, terwijl de fototransistor het licht detecteert. Zo lang dit het geval is, blijft de transistor geleiden, en kan dit naar een logisch signaal worden omgevormd.

Indien de lichtstraal onderbroken is, zal de transistor uit geleiding gaan, wat dan ook weer als een logische waarde kan worden geïnterpreteerd.



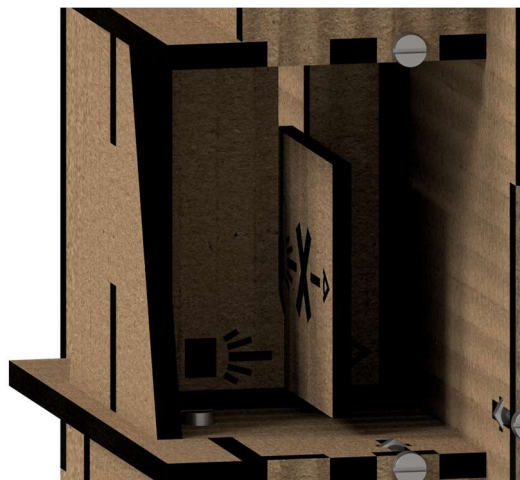
Figuur 5.1.2: Sensor ziet straal



Figuur 5.1.3: Sensor ziet geen straal

## 5.2 Implementatie

Voor de veiligheid is in deze opstelling de sensor niet aan de liftkooi zelf gemonteerd, maar op een houder aan de rand. Dit is hoofdzakelijk zodat de student fouten kan maken in de implementatie van code en hier dan ook uit kan leren, maar niet het risico loopt dat er iets kapot gaat of in het ergste geval dat er iemand gewond raakt.



Figuur 5.2.1: Externe foto-elektrische barrière met kaart

Om de lichtstraal in deze gleuf gemakkelijk te onderbreken is er ook een kaartje voorzien voor het gebruiksgemak. Indien deze kaart niet aanwezig is, is dit geen probleem aangezien alles wat de lichtstraal kan doorbreken werkt, zo kan een stuk papier of een meetlat ook dienen.



# Deuren

## 6.1 Inleiding

Al hoe wel liften zonder deuren bestaan, denk aan paternosters, is dit niet iets wat nog veel voorkomt wegens veiligheidsoverwegingen. In deze opstelling zijn er dan ook deuren met enkele sensoren.

## 6.2 Eerste ontwerp

In een initieel ontwerp was het plan om de deuren met behulp van solenoïdes aan te sturen. Deze aanpak werkte wel, maar was niet optimaal. Een van de grootste problemen is dat goedkope solenoïdes allemaal mono-stabiel zijn, wat inhoudt dat deze constant stroom vereisen om in hun actieve positie te blijven. Er zijn wel bi-stabiele solenoïdes, maar dit is niet de meest economische optie.

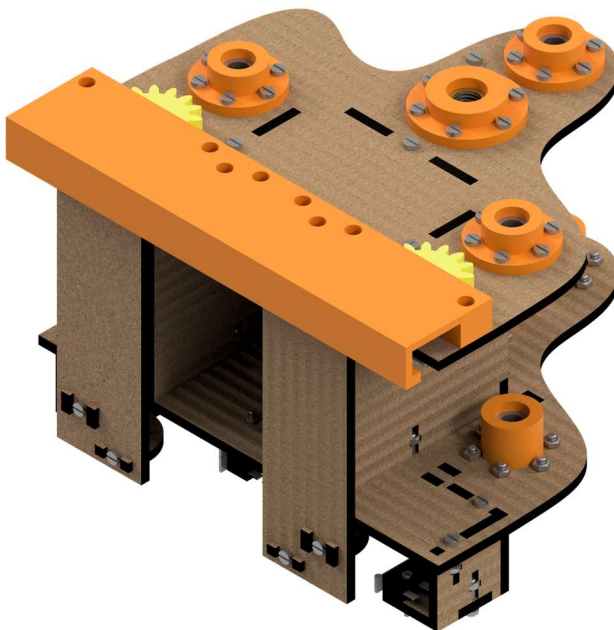
Om de solenoïdes aan te sturen was er gekozen om te werken met relais die door de PLC werden aangestuurd. Dit was nodig vanwege dat de PLC de gevraagde stroom te groot was.

## 6.3 Huidig ontwerp

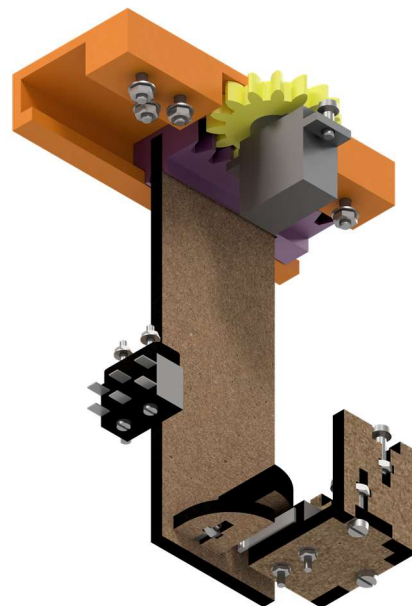
Om de problemen met de solenoïdes tegen te gaan, zijn er enkele mogelijkheden. In dit geval is er gekozen om de solenoïdes te vervangen door servomotoren. Het aansturen van deze servomotoren is echter niet eenvoudig met de CD12S PLC's, en geeft soms ook foutposities, waardoor de motor door blijft draaien. Om dit tegen te gaan, is er gekozen om een veelvoorkomende aanpassing aan de motoren toe te brengen. In deze aanpassing wordt het feedback systeem van de motor omzeild en wordt de motor rechtstreeks aangestuurd als DC motor.

Op deze motor wordt dan een tandwiel geplaatst, wat met een tandlat verbonden is; en aan die tandlat hangt dan de deur. Om te voorkomen dat de deur te ver open of dicht gaat, zijn er dan ook eindeloopschakelaars aangebracht die het stroompad onderbreken.

Naast het bewegen van de deuren moet er ook gecontroleerd worden of de deuren effectief gesloten zijn. Ook hiervoor worden eindeloopschakelaars gebruikt. Al hoe wel men hiervoor dezelfde schakelaars kan gebruiken als voor de limietregeling van de deuren, is dit relatief complex om in de PLC te implementeren en dus geen goede keuze voor gebruik met studenten.



Figuur 6.3.1: Afbeelding liftkooi



Figuur 6.3.2: Deurmechanisme

# Verticale verplaatsing

## 7.1 Introductie

De liftkooi is de gesloten ruimte die mensen en goederen transporteert tussen verscheidene verdiepingen van een gebouw, en die zich meestal in een liftschacht bevindt. In de praktijk zijn er veel verschillende aandrijfsystemen om deze verplaatsing te verwezenlijken. Dit gaat van een traditionele tractielift, waarbij een liftkooi aan een contragewicht is verbonden via een hijskabel, tot een hydraulische lift, of zelfs een vacuümliften. Ieder systeem heeft zijn eigen voor en nadelen die geval per geval moeten worden afgewogen.

Verder is er de positiebepaling. Ook al kan een lift op een zeer precieze manier bewegen, het altijd best om een sensor systeem te hebben dat de positie van een liftkooi kan bepalen. Hierbij zijn er weer veel verschillende systemen waarvan de keuze voor dit systeem hieronder wordt besproken.

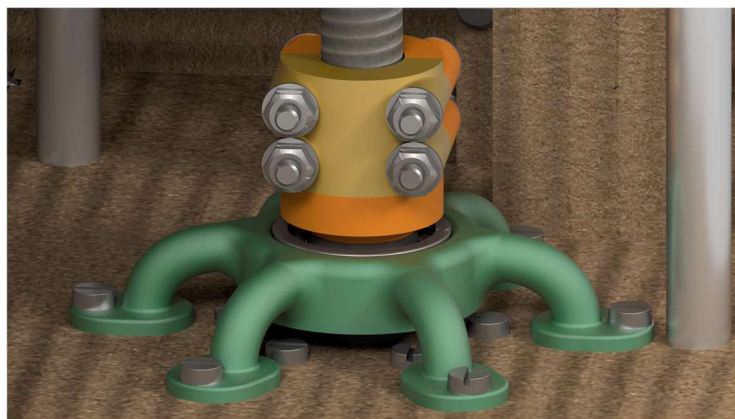
## 7.2 Ontwerp aandrijving

In het kiezen van een aandrijfsysteem voor deze lift zijn er vier punten die zeer belangrijk zijn. Eerst en vooral, moet het systeem robuust zijn aangezien het frequent door studenten zal worden gebruikt. Ten tweede, moet het systeem niet al te veel onderhoud vereisen. Verder, moet de opstelling puur elektromechanisch werken aangezien dit de opgave was. Dit maakt dat een hydraulisch systeem bijvoorbeeld geen optie is. Tot slot, moet het systeem ook in de kleine vorm van deze opstelling passen.

Met deze zaken in gedachte is er dan ook gekozen om een spindellift te ontwerpen. Een spindellift is, zoals de naam zegt, een lift waar de liftkooi omhoog klimt via een mechanische spindel. Een van de grootste voordelen van het gebruik van een spindel is dat deze geen slip heeft. Dit betekent dat de liftkooi niet onbedoeld naar beneden kan zakken als de motor uit staat, en dus dat hier ook geen extra voorzorgsmaatregelen voor nodig zijn. Verder is een spindel ook zeer goed te onderhouden, waar deze mogelijks eens gesmeerd moet worden, zijn er verder geen zorgpunten. Dit maakt ook dat een spindel zeer lang kan mee gaan zonder dat er reparaties of groot onderhoud aan moet gebeuren, in tegenstelling tot een systeem met bijvoorbeeld een hijskabel.

In het algemeen is een spindel dus een zeer eenvoudig en robuust systeem, en is daarom ook zeer goed bestand tegen studenten.

Bij deze spindel komen dan ook drie geleidestangen om de liftkooi stabiel te houden en over het gehele traject te begeleiden.



Figuur 7.2.1: Verbinding spindel

## 7.3 Motor

Voor de motor van deze constructie werd een 24 V DC-motor gekozen, wat maakt dat de motor rechtstreeks van de voeding van de opstelling kan worden gevoed. Wat betreft het toerental, kan er naar eigen voorkeur gekozen worden. In de huidige opstelling is er gekozen voor een motor met een toerental van 1000 RPM, wat met een spoed van 2mm een snelheid van 33mm/s geeft. Dit toerental maakt het mogelijk om snel op en neer te gaan, zonder dat dit een probleem stelt voor het aansturen van het systeem.

## 7.4 Verbinding motor en spindel

Om de motor aan de spindel te verbinden is er gebruik gemaakt van een op maat ontworpen verbindingstuk. Dit onderdeel bestaat uit drie aparte delen die samen de motor en de spindel vast klemmen. In het eerste deel zit een uitsparing voor de as van de motor, een uitsparing voor een lager om de motor te ontlasten en de helft van de verticaal doorgesneden schroefdraad. Het tweede deel bestaat enkel uit de rest van de schroefdraad om de as vast te klemmen. En het laatste deel vangt het gewicht van de liftkooi op, om de motor te ontlasten. Hiervoor is het voorzien van een uitsparing voor een lager.

Waar voor de as van de motor er geen zorgen zijn rond stevigheid, is er wel de kans dat als de spindel niet strak genoeg vast zit, dat deze spontaan los komt door het gebruik. Om dit te voorkomen, zijn er schroefgaten voorzien, die een zeer stevige klemming van de spindel kunnen waarborgen. Aangezien dit verbindingstuk van PLA is gemaakt, en de spindel gemaakt is van een in verhouding zeer hard metaal, is er ook geen risico op het beschadigen van de schroefdraad van de spindel.



Figuur 7.4.1: Spindeladapter A



Figuur 7.4.2: Spindeladapter B



Figuur 7.4.3: Lagerhouder

## 7.5 Positiebepaling

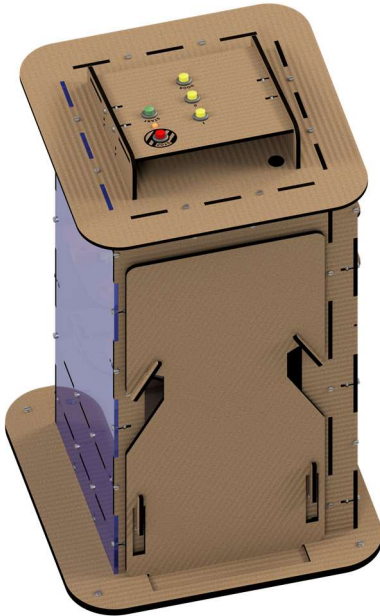
Voor de positiebepaling is er gekozen om een onderhoudsvrij en robuust systeem te kiezen. Dit houdt in dat een klassieke mechanische verbinding zoals bij een knop niet de voorkeur geniet. Echter is hier gekozen voor een reedschakelaar die via magnetisme de nabijheid van de liftkooi detecteert.

Al hoe wel het idee eenvoudig is, stoot men op het probleem dat er slechts 8 ingangspinnen zijn bij deze PLC, wat het niet mogelijk maakt om voor iedere reedschakelaar een aparte ingang te voorzien. Om dit op te lossen kan de staat van de reedschakelaars naar een analogoog signaal worden omgevormd. Om dit op een passieve manier te verwezenlijken, is er gebruik gemaakt van een variant op de spanningsdelers.

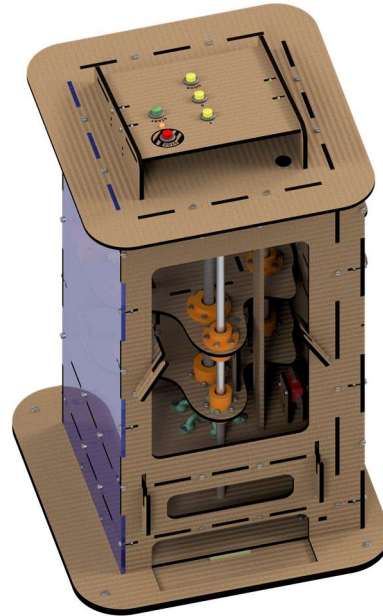
# Service luik en kabelgoot

## 8.1 Service luik

Eender hoe goed men een systeem ontwerpt, er zal vrijwel altijd toegang toe nodig zijn, al is het maar voor onderhoud. In dit geval is dit voorzien in de vorm van een eenvoudig afneembare plaat aan de achterzijde van de opstelling.



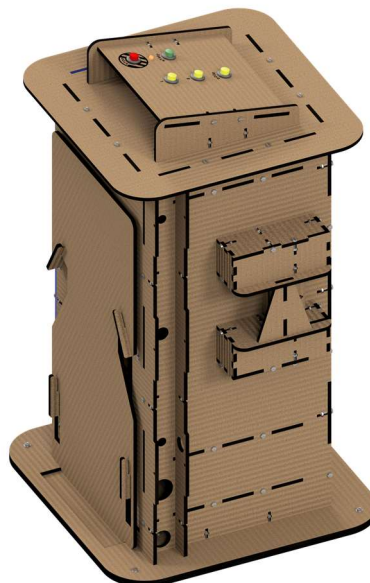
Figuur 8.1.1: Service luik afgedekt



Figuur 8.1.2: Service luik open

## 8.2 Kabelgoot

Gezien de hoeveelheid elektronische componenten, is er ook een grote hoeveelheid aan kabels die bij voorkeur ordelijk zijn weg gewerkt. Om dit in een compact ontwerp, op redelijke wijze, te verwezenlijken, is er dan ook een kabelgoot voorzien aan de zijkant van de opstelling.

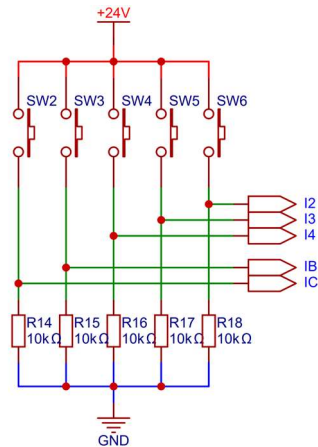


Figuur 8.2.1: Open kabelgoot

# Elektronica

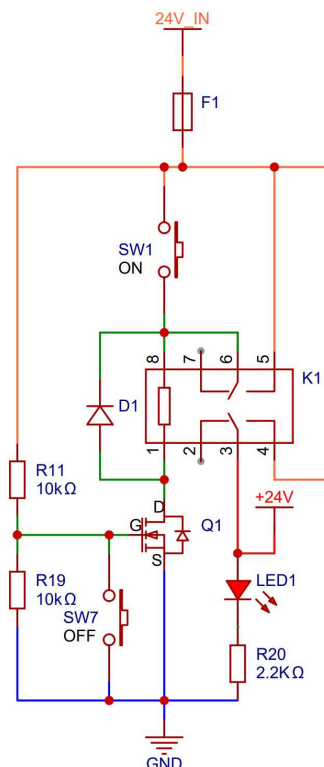
## 9.1 Bediening

Zowel de knoppen op het bedieningspaneel, als de oproepknoppen aan de zijkant van de opstelling werken via een  $10\text{k}\Omega$  pull-down weerstand. Met de schakelaar aan de hoge kant en de weerstanden als pull-down weerstanden, is de gelezen waarde hoog als de knop is ingedrukt en anders laag.



Figuur 9.1.1: Bediening knoppen

Naast deze vijf knoppen, is er ook nog een startknop en een stopknop. Deze knoppen zijn rechtstreeks verbonden met het start-stop-systeem, wat er voor zorgt dat de student hier niet aan hoeft te werken, en de verbinding dus niet kan breken.



Figuur 9.1.2: Start-stop-schakeling

De start-stop-schakeling, zoals in Figuur 9.1.2 hierboven, werkt als volgt:

1. SW1 en SW7 zijn niet ingedrukt en de spanning is net aangebracht. Op dit moment is Q1 in geleiding, door de 12 V die op de gate is aangelegd.
2. Eens SW1 wordt ingedrukt, zal de stroom door de schakelaar, door het relais, en dan door de MOSFET kunnen vloeien. Zodra het relais schakelt, zal op pin 8 van het relais rechtstreeks de voedingsspanning worden aangelegd via de nieuwe verbinding tussen pinnen 5 en 6 in het relais zelf. Dit zorgt ervoor dat ook als de drukknop losgelaten wordt, dat er wel een stroom pad blijft bestaan.

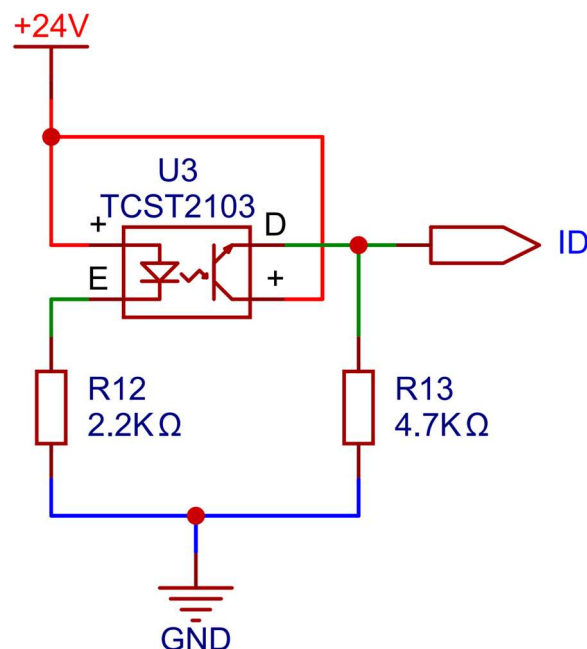
3. Nu het relais geschakeld is, is er ook een verbinding tussen pinnen 3 en 4. Dit maakt dat de voedingsspanning nu doorgeschakeld is op de 24 V rail. Hierbij zal ook LED1, die zich op het bedieningspaneel bevindt, licht gaan geven.
4. Eens SW7 wordt ingedrukt, zal deze de gate van Q1 laag trekken. Dit haalt de MOSFET uit geleiding, wat het stroompad door de relais zal onderbreken. Dit zal op zijn beurt dan de verbinding tussen pinnen 5 en 6, en 3 en 4 doorbreken. Hierdoor zal er geen spanning meer staan op de 24 V rail en zal de overbrugging die pinnen 5 en 6 maakten ook niet meer het relais van spanning voorzien.
5. Eens SW7 weer is losgelaten en SW1 wordt ingedrukt, zal het circuit weer activeren.

In het geval dat zowel SW1 en SW1 gelijktijdig worden ingedrukt, zal het circuit niet activeren. Dit komt doordat Q1 uit geleiding blijft, wat maakt dat deze schakeling geen stroompad kan vormen.

## 9.2 Foto-elektrische barrière

De schakeling voor een TCST2103 foto-elektrische barrière is te realiseren met een zeer minimalistische opstelling. Hierbij werkt R12 als een voorschakelweerstand voor de IR diode in de TCST2103 module en zorgt R13 voor een stroompad voor de fototransistor. Door het juist kiezen van deze weerstanden komt de module ook rechtstreeks op 24 V werken, wat maakt dat er geen niveau shifter nodig is om de nodige 15 V te genereren voor een hoog signaal.

In deze configuratie zal de lichtsensor een logische 1 geven zo lang de fototransistor de lichtstraal van de IR-LED kan zien. Eens deze straal doorbroken is, zal deze een logische 0 geven.



Figuur 9.2.1: Schakeling TCST2103

## 9.3 Deuren

De schakeling om de deuren open en dicht te laten gaan werkt op basis van twee motoren. Deze motoren worden aangestuurd via de PLC via een L293 of L293D, wat een viervoudige Half-H driver is. Hoewel deze driver voornamelijk wordt gebruikt om met een lagere spanning motoren op een hogere spanning aan te sturen, zoals in hoofdstuk 9.4 Spindel hieronder wordt besproken, kan dit ook op dezelfde spanning als de logica, 5 V in dit geval. Om dit te verwezenlijken, wordt de spanning van de uitgang PLC verlaagd naar 5 V via een spanningsdeler, en worden zowel  $V_{cc1}$  als  $V_{cc2}$  met 5 V gevoed.

Om te zorgen dat de motoren niet te ver draaien, duwt de deur op het einde van zijn pad tegen een eindeloopschakelaar. Als dit gebeurt dan zal de respectievelijke kant 5 V vast aanleggen op de motor, in plaats van de normale stuurlijn van de L293D. Dit maakt dat de motor enkel nog in de andere richting kan sturen.

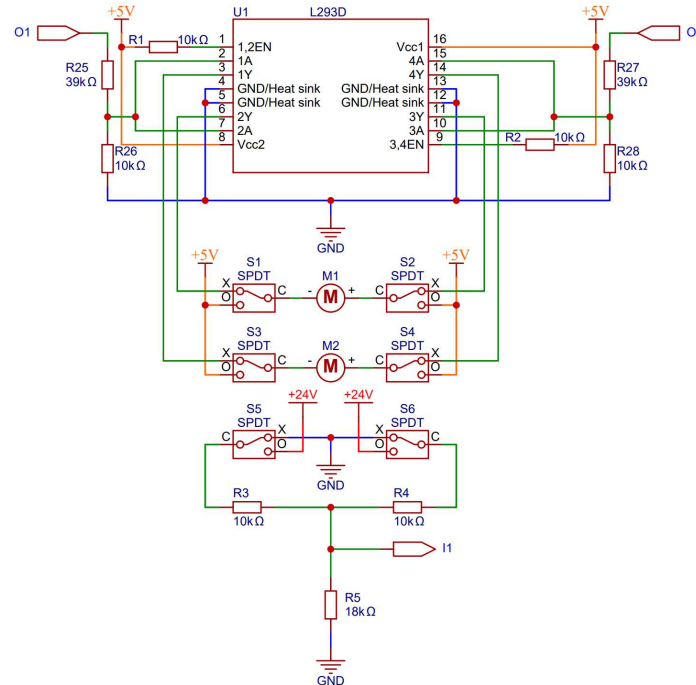
Naast de eindeloopschakelaars om de motor te limiteren, zijn er ook twee eindeloopschakelaars detecteren of de deuren gesloten zijn. Om een soort logische en-poort te maken wordt er variant van de spanningsdeler gebruikt. Indien beide eindeloopschakelaars niet ingedrukt zijn, dan zal I1 0 V zijn, aangezien er enkel een verbinding naar GND is. Indien slechts één eindeloopschakelaar is ingedrukt, dan zal de uitgangsspanning 9,4 V zijn. En als ze beide zijn ingedrukt, dan zal de



spanning 18.8 V zijn. Doordat de PLC een logisch hoog signaal ziet vanaf 15 V, zal één schakelaar nog een logische 0 genereren, maar eens ze beide ingeduid zijn, zal er een logische 1 worden gegenereerd.

$$V_{out@1SW} = V_{cc} \cdot \frac{R_{4||5}}{R_{4||5} + R_3} = 24V \cdot \frac{\left(\frac{1}{18 \cdot 10^3 \Omega} + \frac{1}{10 \cdot 10^3 \Omega}\right)^{-1}}{\left(\frac{1}{18 \cdot 10^3 \Omega} + \frac{1}{10 \cdot 10^3 \Omega}\right)^{-1} + 10 \cdot 10^3 \Omega} = 9.39V \quad (9.3.1)$$

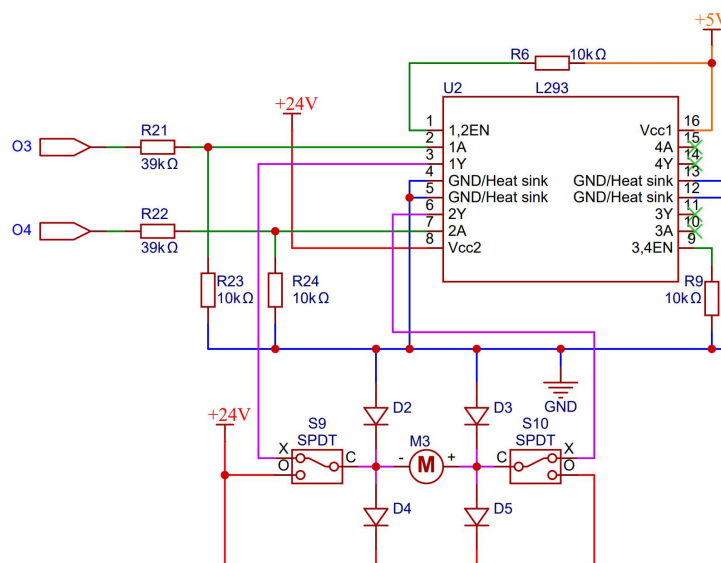
$$V_{ou @2SW} = V_{cc} \cdot \frac{R_5}{R_5 + R_{3||4}} = 24V \cdot \frac{18 \cdot 10^3 \Omega}{18 \cdot 10^3 \Omega + \frac{10 \cdot 10^3 \Omega}{2}} = 18.78V \quad (9.3.2)$$



Figuur 9.3.1: Schakeling deur

## 9.4 Spindel

Zoals hierboven in hoofdstuk 9.3 Deuren, wordt voor de motor een L293 IC gebruikt. In tegenstelling tot daar, wordt voor de spindel een 24 V DC-motor gebruikt. Om de IC hiervoor te configureren wordt  $V_{cc2}$  nu aangesloten op 24 V DC. Ook wordt de enable pin 3,4EN laag getrokken omdat slechts twee van de vier Half-H-bridgen worden gebruikt.



Figuur 9.4.1: Motor driver

Tot slot zijn hier externe clamping diodes nodig, vanwege dat de stromen hier groter zijn, en de L293 geen interne diodes heeft, waar de L293D dit wel heeft.

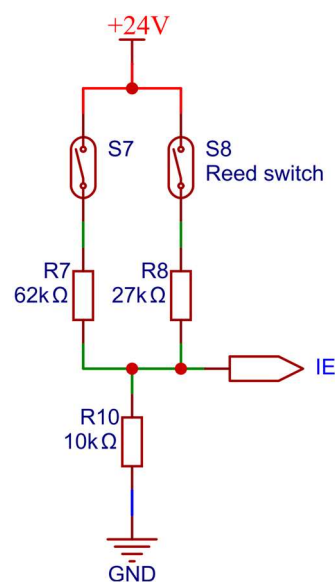
## 9.5 Positiebepaling

Voor de positiebepaling wordt een reedschakelaar gebruikt op iedere verdieping. Vanwege het beperkte aantal ingangen is er één ingang te kort om beide reed switches apart in te lezen. Om dit op te lossen wordt er gebruik gemaakt van een analoge ingang. In de analoge modus kan een ingang maximaal 10 V zijn, en moet hiermee dus ook rekening worden gehouden in de berekeningen die in Appendix A Berekening positiebepaling te vinden zijn.

Uiteindelijk resulteert dit in een circuit waar de uitgang de volgende waarden krijgt:

Tabel 9.5-1: Waardes positiebepaling

Positie van liftkooi	Uitgangsspanning
Boven	6.48 V
Midden	0 V
Onder	3.33 V



Figuur 9.5.1: Positiebepaling circuit

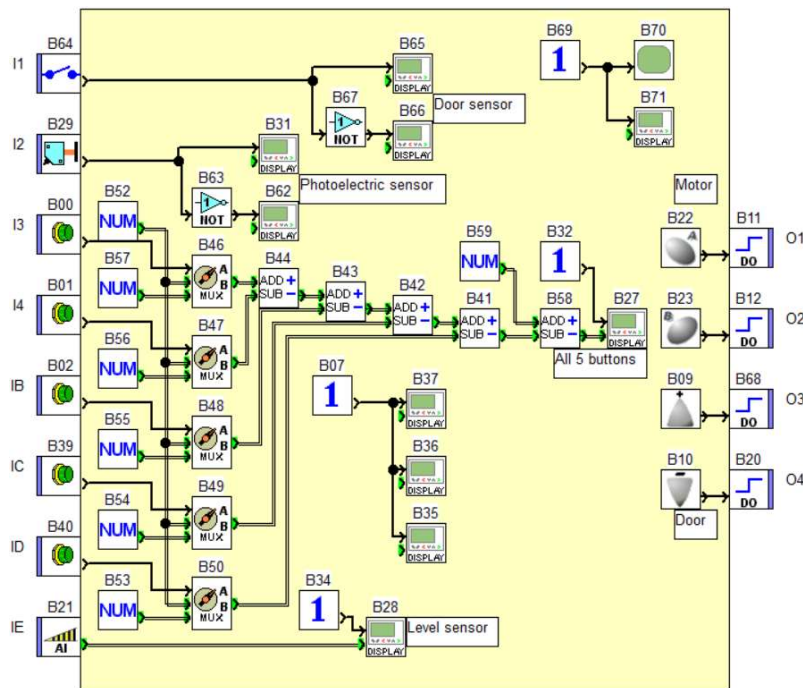


# Software

## 10.1 Testprogramma

Het eerste programma is een testprogramma waarmee men kan nagaan of alle componenten in tact zijn en of deze reageren zoals bedoeld. Hierbij kan men aan de hand van het ingebouwde scherm op de PLC de ingangen nagaan, en met de vier knoppen op de PLC de vier uitgangen aansturen.

Naast het controleren met de PLC zelf, staat M3 Soft ook toe om het gehele systeem te monitoren. Hierbij kan de interne logica worden gevolgd en kan men ook zien in welke staat een in- of uitgang zich bevindt.



Figuur 10.1.1: Testprogramma

Tijdens het controleren van iedere component, kan men ook onmiddellijk de analoge positiewaarden van de positiebepalen vastleggen. Hierbij laat men de liftkooi manueel naar beneden gaan, en eens die daar is, noteert men de getoonde waarde. Dan zet men de liftkooi in het midden, en controleert men of de waarde 0 is. Indien dit niet het geval is, dient men de schakeling en al diens verbindingen te controleren. Als er geen fout wordt gevonden, en als de waarde onder 10 blijft, dan kan dit aan de ingang van de PLC liggen of aan externe ruis. In sommige gevallen is dit geen probleem, maar dit moet geval per geval bekeken worden. Als men dan verder gaat, brengt men de lift naar boven tot deze weer van waarde verspringt. Eens dit gebeurt noteert men die waarde en heeft men normaliter alle waarden voor het gebruik van de opstelling.

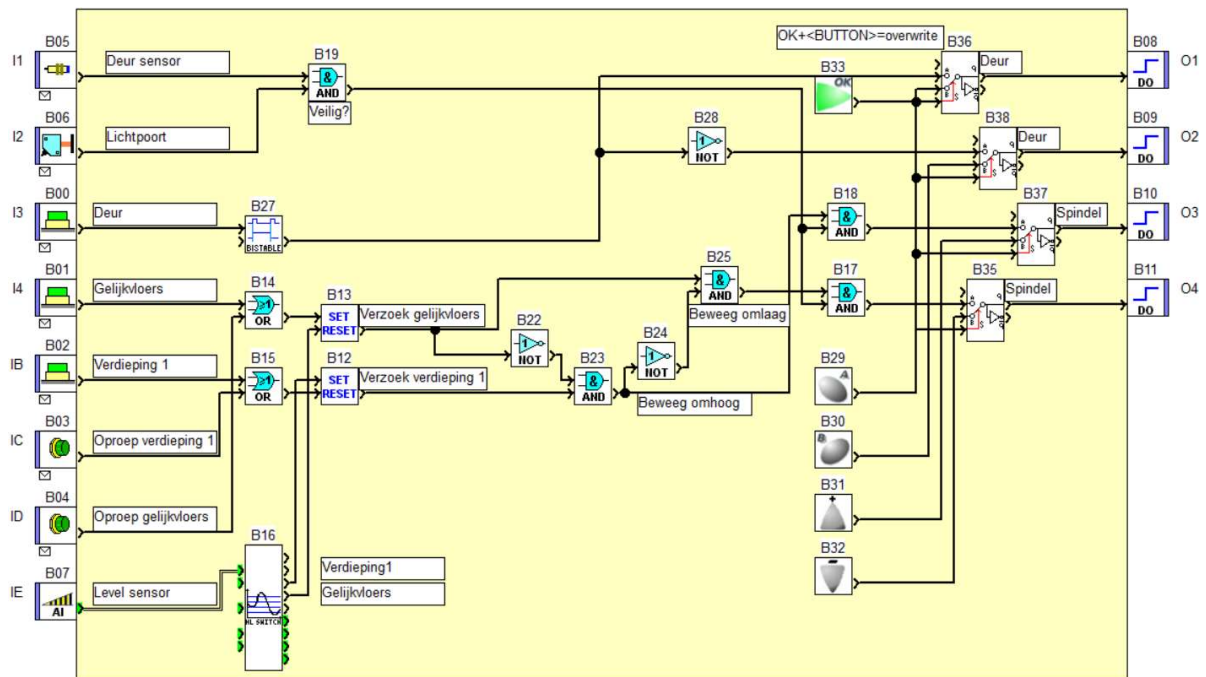
Verder is dit ook een goed moment om te testen of de eindeloopschakelaars van de lift goed werken. Hierbij is het zeer belangrijk dat als men de lift naar boven of naar onderen brengt, dat men dan een manier heeft om te visueel zien wanneer de opstelling de schakelaar bereikt. Hiervoor kan men ofwel het serviceluik aan de achterkant verwijderen of, als men een doorzichtige zijkant heeft, hier door zien.

## 10.2 Voorbeeldprogramma

Naast een testprogramma is er ook een voorbeeldprogramma dat het basis programmasturing voorziet. Dit programma zal de lift in staat stellen om met een druk op de knop de lift omhoog te laten gaan, en dan eens deze boven aan komt, automatisch te doen stoppen en de deuren te openen. Vanzelfsprekend kan deze dan ook weer naar beneden, waar u weer zult zien dat de deuren automatisch sluiten. Indien de lift in het midden staat, en het programma de spindel niet actief aan het aansturen is, zal de lift zichzelf naar onderen positioneren en eens daar zal het de deuren weer vrijgeven.

Verder, is in deze implementatie ook de deurknop geïmplementeerd als bi-stabiel systeem. Met andere woorden, een druk op de knop om de deuren te sluiten, en dan bij de volgende keer zal deze weer open gaan.

Ook de foto-elektrische barrière is hier geïntegreerd en zal indien de lift in beweging is deze tot stilstand doen komen. Hetzelfde geldt als de deuren van de lift niet volledig blijken gesloten te zijn.



Figuur 10.2.1: Voorbeeldprogramma

# Conclusie

Het doel van deze bachelorproef was het ontwikkelen van een interactieve liftopstelling voor de module regeltechniek, waarbij gebruik wordt gemaakt van een PLC.

De bekomen opstelling is praktijkgericht en biedt studenten de mogelijkheid om te werken met verschillende aspecten van lifttechnologie, zoals positiebepaling, een liftdeur met sensoren, een foto-elektrische barrière en een bedieningspaneel. Het hoofddoel van deze bachelorproef was het ontwerpen van een bruikbare PLC-opstelling voor studenten tijdens de labosessies regeltechniek, met als extra element dat de opstelling een reflectie is van wat men in het dagelijkse leven tegenkomt.

Het is hierbij dan ook gelukt om de gewenste functies van de liftopstelling te realiseren, zoals de bediening via het bedieningspaneel en de oproepknoppen, de werking van de foto-elektrische barrière en de deuren. De opstelling is robuust en kan tegen een stootje, wat belangrijk is voor het gebruik in een educatieve omgeving.

Echter, er is één aspect dat niet gelukt is om te realiseren, namelijk de doorzichtige kant van de liftopstelling. Hoewel het technisch gezien mogelijk is om dit te realiseren, was er geen 4mm plexiglas voorhanden in het fablab op het moment van schrijven. Dit is echter iets dat in de toekomst gemakkelijk kan worden gedaan door simpelweg de nieuwe plaat te bestellen, deze te snijden, de oude los te schroeven en de nieuwe vast te zetten.

Naast het produceren van de plexiglazenwand, zijn er nog twee andere verbeteringen die kunnen worden toegepast. Eerst is er het perfbord, dit is iets dat veel tijd vergt om te maken en niet gemakkelijk reproduceerbaar is. Hierbij zou het dan ook naar de toekomst toe ideaal zijn om er een PCB van te maken. Waar dit initieel niet gewenst was, is er in de laatste week toch nog het verzoek gekomen om er een te maken. Dit was jammer genoeg niet meer realiseerbaar, maar de schema's zijn beschikbaar om dit in de toekomst gemakkelijk te kunnen verwezelijken. Het tweede verbeterpunt is het coaten van het project in vernis. Dit zou de opstelling een langere levensduur kunnen geven en dit kan het in die tijd ook in een betere staat houden. Wegens tijdsgebrek is deze coating niet aangebracht.

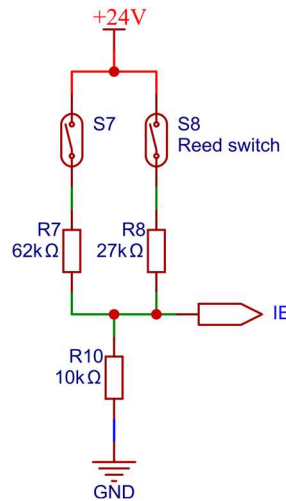
Uiteindelijk is deze bachelorproef succesvol in het ontwikkelen van een interactieve liftopstelling voor de module regeltechniek, waarbij zowel de gewenste functies van de lift als de educatieve aspecten zijn gerealiseerd. Er zijn nog enkele punten die verbeterd kunnen worden, maar dit zijn geen zaken die de werking in de weg staan. Kortom, de opstelling is robuust en kan effectief worden gebruikt tijdens de labosessies regeltechniek om studenten te laten werken met verscheidene aspecten van lifttechnologie tijdens het leren werken met PLC's en toepassingen van regeltechnieken.

# Appendices

## Appendix A. Berekening positiebepaling

### A.1 Introductie

Zoals in hoofdstuk 9.5 Positiebepaling wordt besproken, moet de positiebepaling gevoed worden van 24 V en moet de te lezen waarde onder 10 V zijn voor de analoge ingang van de PLC. Om de stroom te beperken in dit circuit zal  $R_{10}$  een waarde van  $10k\Omega$  krijgen, wat maakt dat de stroom in de grootte orde van 1 mA zal blijven.



Figuur 10.2.1: Schakeling positiebepaling

### A.2 Berekening

In deze berekeningen zal naar  $R_{10}$  verwezen worden met  $R_B$  ( $R_{Bottom}$ ) en  $R_7$  en  $R_8$  respectievelijk met  $R_{T1}$  en  $R_{T2}$  ( $R_{Top}$ ) voor het leesgemak.

$$\begin{aligned}
 S_{open}: V_{out} &= 0V \\
 S_1: V_{out} &= 3.33V = \frac{R_B}{R_{T1} + R_B} \cdot V_{cc} \\
 S_1: V_{out} &= 6.66V = \frac{R_B}{R_2 + R_B} \cdot V_{cc} \\
 S_{1,2}: V_{out} &= V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_B + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_{T1}} + \frac{1}{R_{T2}}}\right)^{-1}} < 10V \\
 S_1 \Rightarrow 3.33V &= \frac{10 \cdot 10^3}{R_{T1} + 10 \cdot 10^3} \cdot 24 \Leftrightarrow R_{T1} = 62k\Omega \\
 S_2 \Rightarrow 6.66V &= \frac{10 \cdot 10^3}{R_{T2} + 10 \cdot 10^3} \cdot 24 \Leftrightarrow R_{T2} = 26k\Omega
 \end{aligned}$$

( 10.2-1 )

Hier zijn  $R_B$  en  $R_{T1}$  beide respectievelijk te vinden in de E3 en de E24 reeksen.  $R_{T2}$  is met  $26k\Omega$  een waarde die wel in de E48 reeks voor komt, maar deze kan ook worden vervangen door de  $27k\Omega$  waarde uit de E12 reeks.

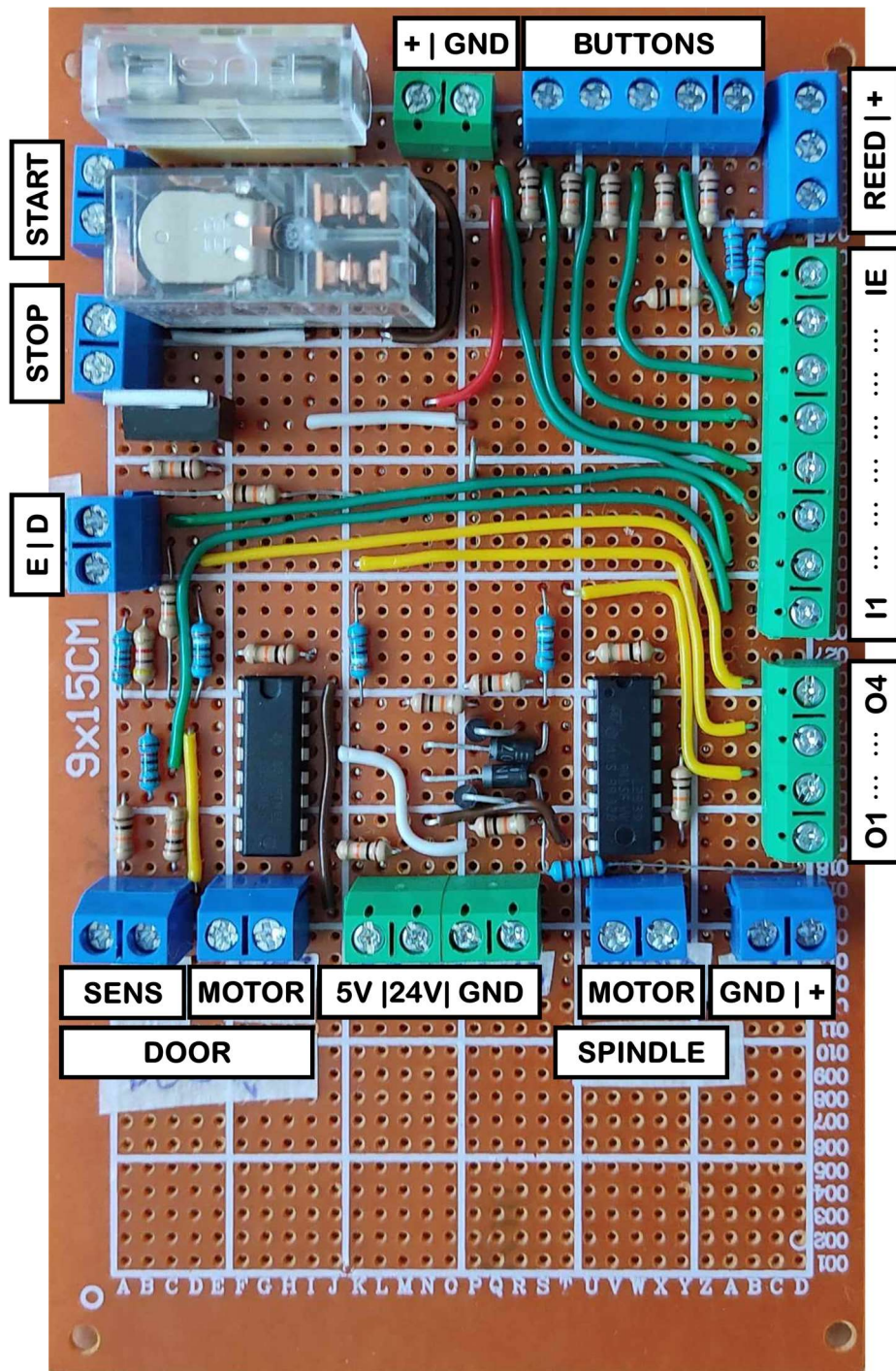
Tot slot, is het belangrijk om te controleren of de uitgangsspanning nog acceptabel is indien de schakelaars gelijktijdig gesloten zijn.

$$\begin{aligned}
 V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_B + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_{T1}} + \frac{1}{R_{T2}}}\right)^{-1}} &<? 10V \\
 24 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + \left(\frac{1}{62 \cdot 10^3} + \frac{1}{27 \cdot 10^3}\right)^{-1}} &= 8.33V <! 10V
 \end{aligned}$$

( 10.2-2 )

Hieruit is dan ook af te leiden dat in deze opstelling de waardes van  $R_B$ ,  $R_{T1}$  en  $R_{T2}$  goede waardes zijn om te gebruiken in deze schakeling.

## Appendix B. Perfboard pinout



Figuur 10.2.2: Perfboard pinout

## Appendix C. Broncode, ontwerpbestanden, en demomateriaal

De broncode, ontwerpbestanden, productiebestanden en afbeeldingen zijn te vinden op [https://github.com/Jaeger-Tim/VUB-Bachelor\\_Thesis\\_Lift\\_2022\\_2023](https://github.com/Jaeger-Tim/VUB-Bachelor_Thesis_Lift_2022_2023)  
Beschikbaar videomateriaal kan teruggevonden worden op het YouTube kanaal <https://youtube.com/@Tim-Jaeger>

## Figuren- en tabellenlijst

Figuur 3.1.1: Voorbeeld ladderdiagram.....	5
Figuur 3.1.2: Voorbeeld blokdiagram .....	5
Figuur 3.2.1: Crouzet 88 970 042.....	5
Figuur 4.2.1: Bedieningspaneel .....	6
Figuur 4.3.1: Oproepknoppen.....	6
Figuur 5.1.1: TCST2103 .....	7
Figuur 5.1.2: Sensor ziet straal .....	7
Figuur 5.1.3: Sensor ziet geen straal.....	7
Figuur 5.2.1: Externe foto-elektrische barrière met kaart .....	7
Figuur 6.3.1: Afbeelding liftkooi.....	8
Figuur 6.3.2: Deurmechanisme .....	8
Figuur 7.2.1: Verbinding spindel.....	9
Figuur 7.4.1: Spindeladapter A.....	10
Figuur 7.4.2: Spindeladapter B.....	10
Figuur 7.4.3: Lagerhouder.....	10
Figuur 8.1.1: Serviceluik afgedekt.....	11
Figuur 8.1.2: Serviceluik open .....	11
Figuur 8.2.1: Open kabelgoot.....	11
Figuur 9.1.1: Bediening knoppen .....	12
Figuur 9.1.2: Start-stop-schakeling.....	12
Figuur 9.2.1: Schakeling TCST2103 .....	13
Figuur 9.3.1: Schakeling deur .....	14
Figuur 9.4.1: Motor driver.....	14
Figuur 9.5.1: Positiebepaling circuit.....	15
Figuur 10.1.1: Testprogramma .....	16
Figuur 10.2.1: Voorbeeldprogramma .....	17
Figuur 10.2.1: Schakeling positiebepaling.....	19
Figuur 10.2.2: Perfboard pinout .....	20
Tabel 9.5-1: Waardes positiebepaling .....	15



## Bibliografie

- [1] Crouzet, "88970042 Microcontrôleur 3 M3 Essential Cd12S-24Vdc...", Crouzet, [Online]. Available: <https://soda.crouzet.com/pn/?i=88970042>. [Accessed 2022-2023].
- [2] Crouzet, "Automation Softwares by Crouzet," Crouzet, [Online]. Available: <https://www.crouzet.com/softwares/download>. [Accessed 2022].
- [3] Semiconductors, Vishay, "Datasheet TCST2103, TCST2202, TCST2300," 01 Jan 2023. [Online]. Available: <https://www.vishay.com/docs/81147/tcst2103.pdf>. [Accessed 2023].
- [4] T. Jäger, „Tussentijdsverslag - Bachelorproef IW,” November 2022.
- [5] "Oxford Languages," [Online]. Available: <https://languages.oup.com/google-dictionary-en/>. [Accessed 2022-2023].