

Elektrotechnisch plan voor RoboCell

Scriptie van Dennis van den Berg

Een rapport voor de meerdere mechanismes die met elkaar moeten samenwerken



[6]

Naam: Dennis van den Berg
Studentnummer: 16078969
E-mail: 16078969@student.hhs.nl
Voor: de Haagse Hogeschool
Afstudeer periode: 03/02/2020 tot en met 29/05/2020
Jaar: 4
Type: afstuderen
Begeleider: Loek Eg
Functie begeleider: R&D project leider
Datum: 29/05/2020
Versie: 1.17.9.13

Voorwoord

Het project is tot stand gekomen doordat het bedrijf de minor van de student heeft bezocht. Hierdoor is er in contact gekomen met het bedrijf en werd er bij het bedrijf gekeken of er een stage mogelijk was om in af te studeren. Na een gesprek waren zowel het bedrijf als ik enthousiast en werd er op 3 februari 2020 begonnen met de stage.

De afstudeerstage is met plezier afgerond bij AV Flexologic en daarom wil ik graag het bedrijf bedanken voor het verlenen van de stage. Hierbij in het bijzonder Loek Eg vanwege zijn inzet en ondersteuning daar waar nodig. Ook wil ik Seth Haanstra bedanken voor de technische ondersteuning.

Dit verslag is voor zowel het bedrijf als voor school geschreven. Beide partijen zijn betrokken bij de ontwikkelingen die er gemaakt zijn. De school moet de student namelijk beoordelen en het bedrijf wil alles later kunnen teruglezen wanneer er nieuwe ontwikkelingen zijn.

Samenvatting (Nederlands)

Vanwege de vraag vanuit de grafische drukindustrie naar een machine die meerdere sleeves kan beplakken met platen, wil AV Flexologic een nieuwe machine realiseren en vervolgens op de markt introduceren.

De te realiseren machine is de RoboCell welke sleeves en platen moet combineren tot sleeves met platen erop. Om dit proces te bewerkstelligen bestaat de RoboCell uit meerdere machines:

1. Een ABB IRB-6700 robotarm met end of arm tool
2. Een tape station, TAM (Tape Application Machine)
3. Een montage machine, FAMM (Fully Automatic Mounting Machine)
4. Een platenlader, APL (Automatic Plate Loader)

Echter moeten er nog enkele problemen verholpen worden voordat de machine op de markt geïntroduceerd kan worden. De RoboCell mist nog documentatie en moet nog volledig gerealiseerd worden. Het grootste probleem is dat de vier verschillende machines onderling nog niet kunnen samenwerken. Het gebrek aan communicatie onderling brengt verschillende problemen met zich mee. Een van de grootste problemen is dat het gebrek aan communicatie ter preventie van gevaarlijke situaties voor mens en machine.

Om tot een optimale oplossing te kunnen komen van het bovenstaande probleem is er eerst geanalyseerd wat het bedrijf wil. Hieruit is de volgende hoofdvraag opgesteld: "Hoe gaan alle mechanismes van de AV Flexologic RoboCell elektrotechnisch met elkaar op een veilige manier samenwerken binnen zeventien weken?"

Om alle machines onderling te kunnen laten communiceren is er onderzocht welke in- en uitgangen alle machines (nodig) hebben. Vervolgens is er gekeken welke machines er onderlinge communicatie vereisen. Daarna is er gekeken welke van de communicatie al aanwezig was in de RoboCell. De overige communicatie moest nog worden opgezet. Om achter de ideale communicatiemethode(s) te komen, zijn de volgende communicatiemethoden onderzocht en vergeleken:

- Via een protocol
- Via I/O
- Via sensoren

De manieren van communicatie zijn met elkaar vergeleken, waardoor er voor elk component een zo optimaal mogelijke oplossing naar voren is gekomen. Hierbij is gekeken naar:

- Hoe makkelijk is het te implementeren.
- Hoeveel onderzoek moet er nog naar gedaan worden.
- Hoeveel kans is er op fouten.

Bij de keuze is de aanwezige PLC vaak beslissend geweest voor de uiteindelijke wijze van communicatie, omdat de communicatie van en naar de machines over het algemeen via een PLC gaat. Zo is er gekozen om Profinet te gebruiken voor communicatie met de robot, doordat deze manier van communicatie al door Taniq onderzocht was. Er is voor de communicatie naar de FAMM het VARAN protocol gekozen, omdat dit door Sigmatek zelf geleverd werd. Daarnaast is er voor I/O gekozen in de platenlader, zodat dit snel geprogrammeerd kon worden.

Verder is de platenlader gerealiseerd tijdens de stageperiode. De platenlader is voorzien van een eigen besturingskast die eerst ontworpen is in EPLAN. De bijbehorende PLC van de besturingskast is geprogrammeerd in ST. Door het communiceren via I/O kon de platenlader sneller geprogrammeerd en getest worden.

Uiteindelijk heeft het werk van de student geleid tot de realisatie van de platenlader en communicatiemethodes voor elk van de vier machines van de RoboCell. Hierbij is de communicatie van de RoboCell zo opgezet dat deze correct handelt in geval van een gevaarlijke situatie. Alle gevaarlijke situaties worden gemeld naar alle machines. Binnen de zeventien weken van het afstuderen zijn dit de best mogelijke resultaten, maar er is nog ruimte voor verbetering. Zo zal de platenlader via VARAN kunnen gaan communiceren, omdat I/O foutgevoeliger en onhandiger is. Tevens zal er één PLC in de RoboCell kunnen komen om zo de meeste logica op één punt te hebben.

Samenvatting (Engels)

Due to demands from within the graphical printing industry for a machine that can cover multiple sleeves with plates. AV Flexologic wants to construct and develop a new machine to meet the market in its demands. The to be realized machine consists of a RoboCell, which task it is to combine sleeves and plates into sleeves with plates attached to it. To accomplish this process, the RoboCell consists of several individual machines:

1. A tape machine, called TAM (Tape Application Machine)
2. A robotic arm ABB IRB-6700 with an end of arm tool
3. A plate mounting machine, called FAMM (Fully Automatic Mounting Machine)
4. A plateloader, APL (Automatic Plate Loader)

However, a few issues must be dealt with before the product is ready to be sold. First of, the RoboCell has yet to be constructed. Furthermore, the RoboCell lacks any form of written documentation. However, the main problem is that the four different machines communicate with each other. The lack of communication with each other poses various problems. One of the biggest problems is the lack of communication to prevent dangerous situations for man and machine.

In order to develop an optimal solution for the previously described problems, the first step was to analyze what the company desired. The main problem the company wanted answered, was: "How will all mechanisms of the AV Flexologic RoboCell work together safely in an electrical manner within seventeen weeks?"

Multiple steps need to be completed in order to allow all machines to communicate with each other. The first step was making a list of all the in- and outputs each machine needs to have or already has. The second step was finding out which machines require a mutual communication. The last step is investigating if, and if so, which, communication method is already present in the different machines within the RoboCell. The machines lacking a communication method will undergo thorough research in order to find an optimal communication method. In order to find out the ideal communication method (s), the following communication methods were investigated and compared:

- a protocol
- I/O
- sensors

The different ways of communication were compared with each other, resulting in the best possible solution for each individual machine. The criteria on which the outcome is based are:

- How easy is it to implement.
- The amount of research that is required before it can be implemented.
- The likelihood of failures occurring.

Communication to and from the machine, is generally initiated via a PLC. Therefore, the PLC is a vital part in determining the best suitable method of communication. This usually made the PLC already present in the machine, the deciding factor and would determine which method of communication would be implemented. As such, it was decided to use Profinet for communicating with the robot, because this method of communication had already been investigated by Taniq. The VARAN protocol was chosen for the communication with the FAMM, because it was supplied by Sigmatek itself. In addition, I/O was chosen for the plateloader, this ensures that programming the plateloader would be rather quick and easy.

As part of the internship, the previously mentioned platelader had yet to be constructed. Therefore, a design of the electrical cabinet including all its components and PLC's was made using EPLAN. The PLC's included in the electrical cabinet were then programmed using ST. By choosing I/O as a communication method for the platelader, programming was faster compared to other communication methods. Therefore, the machine could be tested within the available time period.

Ultimately, the student's work led to the realization of the platelader and communication methods for each of the four machines within the RoboCell. The communication of the RoboCell is set up in such a way that it acts accordingly when a dangerous situation occurs.

Every dangerous situation gets reported to each individual machine, as such each machine can act accordingly to guaranty a safe environment. These are the best possible results within the given time period, but there is still room for improvements. For example, the platelader could be improved by communication via VARAN, as opposed to I/O which is more error-prone and clumsy. Furthermore, the RoboCell could be improved by implementing one PLC which would act as the main PLC wherefrom the RoboCell can do all of the operation and direct the other four machines.

Begrippenlijst

De begrippenlijst bevat enkele termen die gebruikt zullen worden in het verslag. Als eerste wordt de term genoemd en vervolgens de uitleg van die term.

- De as van een robot: een standaard robot heeft zes assen en een as houdt in dat het één onderdeel is van de robot dat kan bewegen.
- RoboCell: een soort kooi waarin allerlei onderdelen samenwerken. Deze RoboCell is een benaming voor de plek van het gehele proces. De belangrijkste aanwezige onderdelen zijn: een platenlader, FAMM, robot, TAM, HMI, PC, sensoren, deuren, lichtschermen en de besturingskast
- Plaat: een plaat bevat reliëf en wordt gebruikt in drukkerijen om met dat reliëf verpakkingen heel nauwkeurig te bedrukken door inkt op het reliëf te doen. Deze platen moeten op een sleeve komen.
- Sleeve: een sleeve is een soort cilindervormige buis. Deze cilinder kan verschillen qua binnen en buiten diameter. Een sleeve wordt gebruikt om er een plaat op te doen.
- FAMM: dit staat voor Full Automatic Mounting Machine en is een machine die een plaat op een sleeve monteert met een vrij hoge nauwkeurigheid. Deze machine bevindt zich in de RoboCell.
- TAM: dit staat voor Tape Application Machine en zorgt ervoor dat een sleeve getapet wordt. Deze machine bevindt zich in de RoboCell.
- Platenlader: een machine die de platen met reliëf vanuit een rek met platen in de FAMM brengt.
- Machine: de TAM, FAMM, robot en de platenlader zijn machines die zich in de robot cel bevinden.
- Mechanismes: alle machines die zich in de RoboCell bevinden zijn een mechanisme. Ook losse delen, zoals een deurvergrendeling, vallen onder mechanismes
- Mandrel: een soort staaf die zich in de TAM en de FAMM bevindt. De omtrek van deze mandrel is net zo groot als de kleinste binnendiameter van een sleeve. Deze mandrel wordt gebruikt voor de sleeves in de machine te krijgen en vervolgens om de sleeves rond te draaien in de machine.
- Adapter: een cilindervormige buis die wordt gebruikt om tussen een mandrel en een sleeve te doen. Het kan dus gezien worden als een vergroting van de mandrel. Er zijn verschillende soorten maten van (afhankelijk van de sleeves die gebruikt worden)
- EOAT of end of arm tool: een onderdeel dat op de robot bevestigd zit. Hiermee kan de robot daadwerkelijk iets doen. Afhankelijk van het ontwerp hiervan kan de robot bijvoorbeeld pakken/loslaten/tapen/snijden/blazen/etc.
- NEN-normen: normen die zijn vastgelegd door de overheid en waaraan voldaan moet worden, want anders ben je strafbaar of mag het product niet op de markt verschijnen.
- Schakelkast: wordt ook wel besturingskast genoemd en bevat alle elektronische apparatuur in de kast.
- I/O diagram: een input en output diagram waarbij makkelijk te zien is wat ingaande en uitgaande signalen zijn. Een enkele pijl is een signaal en een dubbele pijl staat voor iets materieels. Een bolletje staat voor een proces.
- Sigmatek: PLC-fabrikant die voor AV Flexologic de PLC levert en de bijbehorende software
- VARAN: een protocol waarmee dat machines en apparaten onderling communiceren.

- LASAL: de PLC programmeeromgeving van Sigmatek. Hier valt niet alleen de programmeertaal onder, maar ook het aangeven van de juiste PLC modules.
- Taniq: een bedrijf dat gespecialiseerd is in het wikkelen van rubber om buizen. Dit bedrijf doet bij hen in het pand ontwikkelingen naar tape wikkelen voor AV Flexologic.
- Geschild: een kabel kan geschild zijn en is een stuk metaal dat om de draden heen zit. Hierdoor wordt de kabel minder EMC uitstotend of juist minder EMC gevoelig.
- ST: de programmeertaal waarmee de Sigmatek PLC is geprogrammeerd. ST staat voor Structured Text.
- Viroteq: een bedrijf dat gespecialiseerd is in robotbewegingen en bijbehorende zaken (zoals een end of arm tool)
- Job: een lijst met informatie die de gebruiker opgeeft. Hierin staat alles wat nodig is, zoals bijvoorbeeld welke sleeve en welke plaat.
- Pneumatiek: samengeperste lucht waarmee pompen en cilinders aangedreven kunnen worden. Ventielen kunnen de lucht een bepaalde kant op sturen.
- Pick and place: de tool van de platenlader die ervoor zorgt dat er een plaat opgepakt wordt van het rek en wordt neergelegd op de transportband van de FAMM
- Arm van de TAM/FAMM: de mandrel met eventuele adapter waar sleeves omheen kunnen.
- NEMA 42: een type motor die AV Flexologic gebruikt. Dit is een van de zwaarste motoren die ze gebruiken.
- NEMA 34: een type motor die AV Flexologic gebruikt. Een veel voorkomende stappermotor in de machines van AV Flexologic

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting (Nederlands)	3
Samenvatting (Engels)	5
Begrippenlijst	7
1. Inleiding.....	12
1.1 Het bedrijf	12
1.2 Probleemstelling	12
1.3 Opbouw van het verslag	13
2 Methode	13
2.1 Analyse	13
2.2 Onderzoek.....	14
2.3 Ontwerpen	14
2.4 Realiseren.....	14
2.4.1 Testen.....	15
3 Analyse van de aanwezige onderdelen.....	15
3.1 Verdere uitwerking probleemstelling	15
3.2 Opstellen van de eisen	16
3.2.1 Eisen RoboCell	16
3.2.2 Eisen platenlader.....	17
3.3 Flowchart	18
3.3.1 Globale proces van de flowchart	18
3.3.2 Sub-processen van de flowchart.....	21
4 Onderzoek.....	22
4.1 Onderzoek naar Deelvragen	22
4.1.1 Welke mechanismes komen er in de cel en wat is hun taak?	22
4.1.2 Welke veiligheidsaspecten zijn er van toepassing?	26
4.1.3 Hoe communiceren deze mechanismes?	29
4.1.4 Wat is de beste indeling voor de besturingskast?	31
4.2 Onderzoek naar de eisen	33
4.2.1 Eisen RoboCell.....	33
4.2.2 Eisen Platenlader.....	42
4.3 NEN normen.....	46

4.3.1	NEN-EN-IEC 61439-1:2011 Laagspanningsschakel-en-verdeelinrichtingen.....	46
4.3.2	NEN-EN-IEC 60204-1:2018 Veiligheid van machines - Elektrische uitrusting van machines	
	47	
5	Gedetailleerde uitwerking van het gekozen ontwerp	49
5.1	Platenlader uitwerking.....	49
5.1.1	EPLAN ontwerp	49
5.1.2	LASAL code	56
5.1.3	Uitgevoerde platenlader testen.....	60
5.2	RoboCell uitwerking.....	61
5.2.1	EPLAN ontwerp	61
5.2.2	Gerealiseerde schakelkast	64
5.2.3	Uitgevoerde RoboCell tests.....	65
6	Conclusie	66
	Conclusie platenlader	66
	Conclusie RoboCell.....	67
7	Aanbevelingen voor het bedrijf	68
7.1	NEN-normen en machinerichtlijnen	68
7.2	Grotere kast voor de platenlader	68
7.3	Software Simatek PLC	68
7.4	Veiligheid platenlader	69
7.5	Elektrotechnische tekeningen.....	69
7.6	Minder PLC's	69
7.7	Sensoren RoboCell	69
7.8	Connectoren	70
7.9	Signalering.....	70
8	Literatuurlijst.....	71
9	Bijlage.....	72
9.1	Competenties.....	72
9.1.1	Analyseren	72
9.1.2	Onderzoeken.....	72
9.1.3	Ontwerpen	73
9.1.4	Realiseren.....	73
9.1.5	Managen	74

9.2 EPLAN platenlader	75
9.3 EPLAN RoboCell.....	91
9.4 I/O Diagrammen.....	127
9.4.1 FAMM.....	127
9.4.2 veiligheid	128
9.4.3 platenlader	129
9.4.4 TAM.....	130
9.4.5 robot	131
9.5 Overzicht elektrotechnische eisen.....	132
9.5.1 Algemeen	132
9.5.2 Sleeve rek.....	132
9.5.3 FAMM.....	132
9.5.4 TAM.....	132
9.5.5 Platenlader	132
9.5.6 Robot.....	132
9.5.7 Platenlader	133
9.6 Flowchart	134
9.7 Sub-processen flowchart	136
9.8 Statemachine	137
9.9 LASAL code	138

1. Inleiding

In dit hoofdstuk is te lezen dat het bedrijf zich bezig houdt met het maken van machines voor het bedrukken van verpakkingen 1.1. Vervolgens is er te lezen dat het bedrijf een nieuwe machine op de markt wil zetten die ervoor moet zorgen dat er sneller en meer sleeves gemonteerd kunnen worden. Hierbij is ook te lezen wat het aandeel van de student hierbij is 1.2. Tot slot wordt er besproken wat de volgorde van het verslag is 1.3.

1.1 Het bedrijf

De afstudeerstage is gedaan bij AV Flexologic te Alphen aan den Rijn. Hier werken ongeveer 60 mensen en is één van de meerdere vestigingen. Zo zijn er ook nog vestigingen in Amerika, Colombia en Roemenië. De vestiging in Nederland werkt vooral samen met de vestiging in Roemenië, want in Roemenië worden de machines opgebouwd en daarna komen deze machines naar Nederland.

Het bedrijf is gespecialiseerd in het maken van machines voor in een drukkerij. Deze machines monteren platen met reliëf op een sleeve. De sleeves met platen erop worden gebruikt voor het bedrukken van verpakkingen. Dit kunnen allerlei soorten verpakkingen zijn, denk aan colablikjes of een doosje voor schroeven. De verschillende soorten machines die AV Flexologic heeft zijn voor verschillende doelen. Zo zijn er machines die volledig geautomatiseerd werken, handmatig werken en machines voor grote platen. Daarnaast zijn er nog meer machines voor allerlei toepassingen.

Op de verpakking van een klant zitten meerdere kleuren. Om dit te krijgen wordt er door de platen met reliëf op een nauwkeurige plek inkt aangebracht. Door meerdere platen te gebruiken kunnen er meerdere kleuren gebruikt worden en zo ontstaat een verpakking. Klanten kopen zo'n machine, zodat ze zelf die platen op een sleeve kunnen monteren. De machines zorgen er dus voor dat een plaat op een sleeve wordt gemonteerd, zodat deze sleeve met plaat daarna in de drukwerkmachine kan.

1.2 Probleemstelling

Op de research and development afdeling van AV Flexologic wordt er gewerkt aan een RoboCell. Deze RoboCell moet ervoor gaan zorgen dat klanten sneller en meer platen op sleeves kunnen monteren zonder dat er menselijke handelingen gedaan moeten worden. Er is namelijk vraag naar een machine die meerdere sleeves en platen kan monteren. Verder is er ook vraag naar een machine die sleeves kan tapen. Het bedrijf wil een machine op de markt brengen die dit allebei kan doen voor de klanten.

In de RoboCell staan een aantal mechanismes die samen een RoboCell moeten gaan vormen. Deze mechanismes werken los van elkaar en moeten samen gaan werken en hier komt het een en ander bij kijken. De hoofdvraag is dan ook:

- Hoe gaan alle mechanismes van AV Flexologic RoboCell elektrotechnisch met elkaar op een veilige manier samenwerken binnen zeventien weken?

De deelvragen die hierbij horen zijn:

1. Welke mechanismes komen er in de RoboCell en wat is hun taak?
2. Welke veiligheidsaspecten zijn er van toepassing?
3. Hoe communiceren deze mechanismes?
4. Wat is de beste indeling voor de besturingskast?

De afstudeeropdracht zelf gaat over het elektrotechnisch plan maken voor een RoboCell. Deze cel wil AV Flexologic graag ontwikkelen en op de markt brengen. De opdrachtgever en projectleider is Loek Eg, R&D projectleider bij AV Flexologic. De robotcel die op de markt komt bestaat uit een afgeschermd werkcel van 9 bij 10 meter met daarin meerdere machines. Deze machines zijn:

1. een robotarm ABB IRB-6700 met eindeffector
2. een tape station, TAM (Tape Application Machine)
3. een montage machine, FAMM (Fully Automatic Mounting Machine)
4. een platenlader, APL (Automatic Plate Loader)

Het initiële doel van de opdracht is om alles wat er zich in en om deze cel bevindt met elkaar te verbinden en te noteren in het elektrisch schema. Dit alles komt samen in een prototype van de besturingskast die ook tijdens de afstudeerstage wordt gemaakt. Later tijdens de stageperiode is besloten om ook de platenlader te noteren in een elektrisch schema en ook hiervan een prototype te bouwen met bijbehorende PLC software.

1.3 Opbouw van het verslag

In dit verslag wordt er als eerste besproken hoe er te werk is gegaan. Dit gebeurt in het hoofdstuk methode. Daarna wordt er naar de analyse gegaan. Hier wordt de probleemstelling besproken en de eisen. Vervolgens wordt er naar het onderzoek gegaan. Hier komt naar voren hoe het onderzoek gedaan is en wat de doelstelling is. Nadat dit gedaan is, worden de resultaten besproken met een gedetailleerde uitwerking ervan. Dan komen de conclusies en tot slot de aanbevelingen. Verder is er nog een literatuurlijst en een bijlage. De bijlage bestaat uit behaalde competenties, elektrotechnische tekeningen, I/O diagrammen en een overzicht van de eisen.

Doordat er tijdens de stage twee producten opgeleverd zijn, worden de hoofdstukken in het verslag verdeeld in hoofdstukken over de platenlader en hoofdstukken over de RoboCell. Als voorbeeld wordt er in het hoofdstuk onderzoeken een paragraaf gewijd aan de eisen. Deze eisen zijn onderverdeeld in eisen van de platenlader en eisen van de RoboCell.

2 Methode

Tijdens de periode van het afstuderen is er eerst een analyse gedaan naar het probleem van de opdrachtgever Analyse2.1. Vervolgens zijn de stappen onderzoeken 2.2, ontwerpen 2.3 en realiseren 2.4 uitgevoerd. Deze stappen zijn zowel voor de platenlader als voor de RoboCell uitgevoerd.

2.1 Analyse

Het probleem dat het bedrijf heeft, is in het kort: ze willen een besturingskast voor de RoboCell. Hier is de student mee aan de slag gegaan. Er is gekeken wat het bedrijf belangrijk vindt bij het maken van zo'n besturingskast en daarbij is een programma van eisen opgesteld. Daarna is er van het proces een flowchart gemaakt, zodat er geverifieerd kan worden of de student en het bedrijf op één lijn zitten.

Ook is er geanalyseerd wat de platenlader specifiek moet gaan doen. Deze analyse is vooral gegaan over de softwarematige functies van de PLC die de platenlader aanstuurt.

2.2 Onderzoek

Een logische stap na het in kaart brengen van het probleem, is het formuleren van de hoofdvraag en daarbij bijbehorende deelvragen te maken. Vervolgens is er onderzoek gedaan naar mogelijkheden om de hoofd- en deelvragen op te lossen. Dit is gedaan door eerst te kijken naar de eisen en hoe de eisen opgelost gaan worden. Er zijn verschillende soorten eisen, namelijk eisen voor de besturingskast, eisen voor de platenlader en eisen voor de totale RoboCell.

Verder is er onderzocht wat er in de RoboCell moet komen om aan de eisen te voldoen en is er onderzocht wat er in de besturingskast moet komen om het goed te realiseren. Het onderzoek naar wat er in de RoboCell moet komen is gestart met het maken van diagrammen en het onderzoek naar wat er in de besturingskast moet komen is gestart met een onderzoek naar de bijbehorende NEN-normen.

Het onderzoek naar de platenlader ging vooral om de LASAL software, wat kan je ermee en hoe gebruikt het bedrijf de software. Ook is er gekeken naar een manier om de eisen te verwerken.

2.3 Ontwerpen

Na het uitvoeren van het grootste gedeelte van het onderzoek, is er gewerkt aan de ontwerpen voor zowel de platenlader als de RoboCell en hierbij zijn de onderzochte eisen meegenomen. De ontworpen delen zijn:

1. Software voor de PLC.
2. Elektrotechnische documentatie voor de besturingskast voor de platenlader
3. Elektrotechnische documentatie voor de besturingskast voor de RoboCell
4. De indeling van de besturingskastkast.

De software voor de PLC is gemaakt in LASAL. Dit is het programma dat hoort bij de Sigmatek PLC. Als programmeertaal is ST gebruikt. Het ontwerp van de software is als eerst uitgetekend door een statemachine te maken. De elektrotechnische ontwerpen zijn gemaakt met EPLAN. De indeling van de kast is ontworpen door de mogelijke opties uit te tekenen

2.4 Realiseren

Na het ontwerpen van de software, de kast voor de platenlader, de kast voor de RoboCell en de indeling van de kast, zijn deze natuurlijk gerealiseerd. Als eerste de software. Deze is gemaakt in LASAL en de ontworpen statemachine is gerealiseerd in code. Dit is op zo'n manier gedaan dat de code ook getest kon worden

Het realiseren van de besturingskast voor de platenlader is gedaan met behulp van het ontwerp. Er is gekeken naar de beste indeling voor in de kast en er is gekeken naar een mogelijkheid om snel van testopstelling naar daadwerkelijke implementatie te gaan.

De realisatie van de RoboCell is ook gedaan met behulp van het ontwerp. Ook is de rest van de cel (zoals sensoren plaatsen) grotendeels gerealiseerd. Hierbij is het van belang dat er aan alle eisen wordt voldaan. Bij de realisatie van de RoboCell is de ervaring van het realiseren van de platenlader gebruikt.

2.4.1 Testen

Wanneer het gehele ontwerp klaar en opgebouwd is, begint het testen. Door het testen zijn de fouten naar voren gekomen en zijn er aanpassingen gemaakt. Dit geldt voor de besturingskast, maar ook voor de PLC software. Ook hier bleken een paar kleine aanpassingen nodig te zijn.

3 Analyse van de aanwezige onderdelen

Om aan de opdracht te kunnen beginnen is het eerst van belang om te weten wat het bedrijf precies wil en verwacht. Voor de opdracht begon, was er bekend dat het bedrijf een schakelkast wilde voor een RoboCell. Een logische stap is dan om te achterhalen wat deze kast precies moet kunnen en wat het bedrijf graag wil zien in de kast. Dit wordt verder besproken bij de probleemstelling 3.1. Vanuit de probleemstelling wordt er naar de analyse van de eisen 3.2 gegaan. Hier worden de belangrijkste eisen genoemd. Tot slot wordt de flowchart behandeld in 3.3 en dit diagram geeft het totale proces van de RoboCell weer.

3.1 Verdere uitwerking probleemstelling

Door in overleg te gaan met de opdrachtgever is er meer duidelijkheid gekomen over de RoboCell. Ze willen dat de RoboCell volledig elektrotechnisch geregeld wordt vanuit een besturingskast. Onder de RoboCell vallen een aantal machines die in figuur 1 zijn weergegeven. Dit zijn de TAM, de FAMM, de platenlader en de robot. Ook moeten er andere mechanismes in de RoboCell, zoals aanvoer van materieel, een opslagplek voor het materieel en eventuele andere onderdelen die nog in ontwikkeling zijn.



Figuur 1: Overzicht van de aanwezige mechanismes van de RoboCell. [6]

De vier genoemde machines zijn op zichzelf staande machines en moeten gaan samenwerken met elkaar om een goed werkende RoboCell te kunnen vormen. Dit moet gaan gebeuren in de besturingskast. Het is van belang dat de besturingskast goed te onderhouden is en dat deze veilig is. De besturingskast moet namelijk verkocht gaan worden samen met de RoboCell.

Ook de RoboCell zelf moet dus veilig zijn. Er mogen geen gevaarlijke situaties mogelijk zijn en ook daar moet de student aandacht aan gaan besteden. Gevaarlijke situaties kunnen voor mens en machine zijn.

Tot slot zijn er veel ontwikkelingen binnen de cel. Dit houdt in dat er nog veel kan veranderen en dus moet er ook rekening gehouden worden met mogelijke veranderingen.

3.2 Opstellen van de eisen

De eisen bestaan uit zowel eisen voor de RoboCell 3.2.1 als eisen voor de platenlader 3.2.2. Alle eisen die opgesteld zijn staan in de bijlage, maar de belangrijkste eisen worden in dit hoofdstuk nog extra toegelicht. De eisen zijn opgesteld aan de hand van de wensen van de klant. Om de eisen logisch op te stellen is er mechanisme voor mechanisme bekeken wat het doet en wat er nog moet gebeuren om dit mechanisme uiteindelijk te laten werken in de RoboCell.

3.2.1 Eisen RoboCell

Voor de RoboCell worden de drie belangrijkste eisen besproken. Deze drie RoboCell eisen zijn:

- 1 De RoboCell mag niet zomaar te betreden zijn.
- 2 De RoboCell moet veilig zijn voor de gebruiker.
- 3 Het project moet met zo veel mogelijk standaardmethodes en componenten gerealiseerd worden.

De eerste eis is dat de RoboCell niet zomaar te betreden mag zijn. Dit is een eis die van belang is vanwege de robot in de cel. Deze robot heeft in tegenstelling tot machines geen echte behuizing die de bewegende delen beschermt. Een persoon die ernaast staat kan daardoor dodelijk gewond raken. Het is dan ook van belang dat er gezorgd wordt dat er op één of andere manier wordt voorkomen dat een persoon in de cel komt terwijl de cel bezig is.

De tweede eis is dat RoboCell veilig moet zijn voor de gebruiker. Dit houdt in dat alle machines veilig zijn, maar ook dat de besturingskast veilig is. Onder veilig wordt verstaan dat er (bijna) geen gevaarlijke situaties kunnen ontstaan. Ook valt hier bijvoorbeeld onder dat er bij een verknelling of ander gevaar een noodstop kan worden ingedrukt en dat een bekneld iemand manueel bevrijd kan worden.

De derde eis is dat het project met zo veel mogelijk standaardmethodes en componenten gebruikt moet worden. Het bedrijf wil namelijk zo veel mogelijk dezelfde componenten in machines die ze leveren. Hiermee hoeft er maar één soort component op voorraad te liggen in plaats van bijvoorbeeld vier verschillende. Omdat ze dit in de toekomst willen gaan bereiken, willen ze hier momenteel al stappen mee zetten en is het dus aan de student om zo veel mogelijk componenten te gebruiken die al op voorraad zijn.

3.2.2 Eisen platenlader

Ook voor de platenlader geldt natuurlijk dat er zo veel mogelijk standaardmethodes en componenten gebruikt moeten worden. Daarnaast zijn er ook nog een paar specifieke eisen die voor de platenlader gelden. Ook deze zijn terug te vinden in de bijlage 9.5 en twee belangrijke platenlader eisen worden hieronder nog verder besproken.

- 1 Er mogen geen delay's in de code zitten.
- 2 De platenlader moet voor de implementatie eerst zelfstandig getest worden.

Voor de software is het belangrijk dat er geen delay's in de code zitten. Dit is belangrijk omdat de code cyclisch wordt doorlopen. Wanneer er dus gewacht wordt door middel van een delay, zal de code in de rest van het programma niet verder gaan zolang de delay nog aanwezig is. Een voorbeeld is het aansturen van een driver. Doordat er een hoeveelheid pulsen wordt gegeven gaat de stappermotor bewegen. Doordat dit cyclisch gebeurt, blijft de motor bewegen en wanneer er dus een delay in de code staat, zal de motor stil komen te staan (mogelijk wanneer dit niet gewenst is).

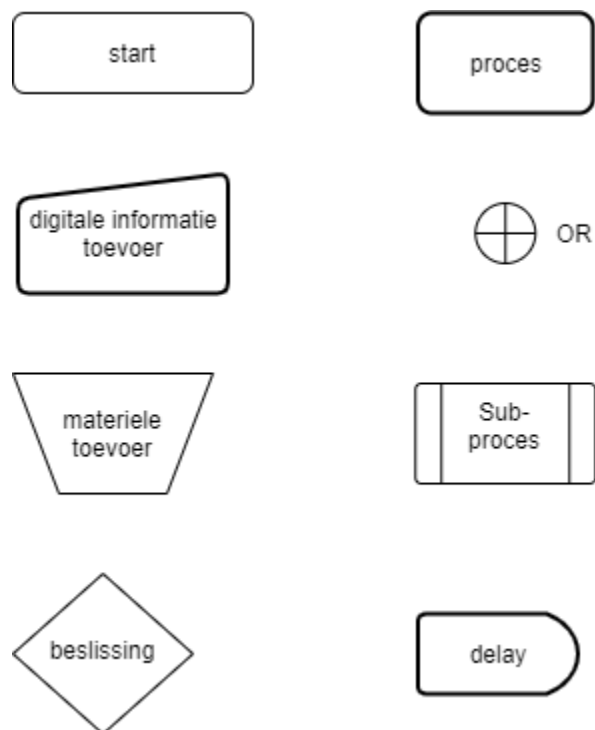
Verder moet de platenlader voor de implementatie eerst zelfstandig getest worden, zodat deze vervolgens makkelijk te integreren is in de RoboCell. Het zelfstandig testen houdt in dat de platenlader getest wordt voordat deze in de cel komt te staan. Hiermee kunnen grote fouten eruit worden gehaald. Het is dan ook de bedoeling dat de besturingskast van de platenlader zo goed als afgemaakt wordt voor het testen begint en wanneer het testen voorbij is de gehele opstelling bij de daadwerkelijke machine komt.

3.3 Flowchart

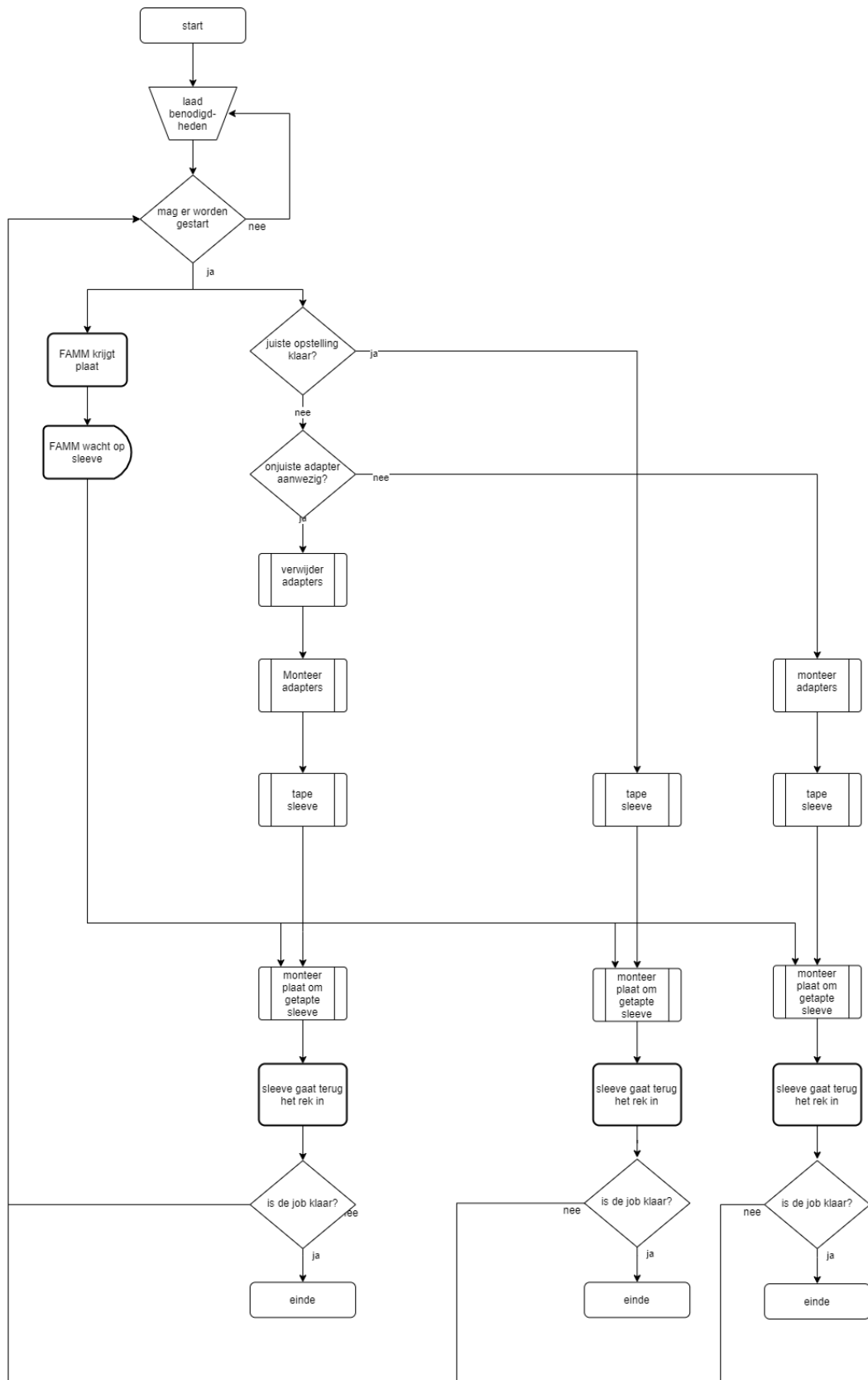
Voor het laatste deel van de analyse is het proces geanalyseerd. Dit proces is het proces dat zich in de RoboCell moet gaan afspelen als alles klaar is. Dit proces is in kaart gebracht door middel van een flowchart. Het bedrijf had deze flowchart nog niet opgesteld en het idee achter de flowchart is om eventuele toekomstige betrokken een snel overzicht te kunnen geven van het proces.

3.3.1 Globale proces van de flowchart

In figuur 3 op de volgende pagina wordt er een samenvattende flowchart weergegeven. De gedetailleerde flowchart bevindt zich in de bijlage 9.6. De legenda van de flowchart is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: legenda van de flowchart(s)



Figuur 3: flowchart van de RoboCell

In figuur 3 staat een samenvatting van de gemaakte flowchart. Vanaf start tot de eerste beslissing wordt er gekeken of alle benodigde informatie aanwezig is. Dit is een bestandje met de informatie en twee materiële ingangen die door de gebruiker ingegeven moeten worden. Als niet alle informatie aanwezig is of het materieel niet goed is ingegeven, dan wordt er weer opnieuw gekeken naar de stappen.

Als de input van de gebruiker ingegeven is, wordt er overgegaan in twee stappen. De linkerhelft geeft aan dat de FAMM een plaat wil en vervolgens moet wachten tot de sleeve klaar is voor gebruik. De rechterhelft geeft aan door middel van de beslissingen of de robot nog een van de volgende stappen moet doen:

- robot tool wisselen
- adapter verwijderen
- adapter plaatsen

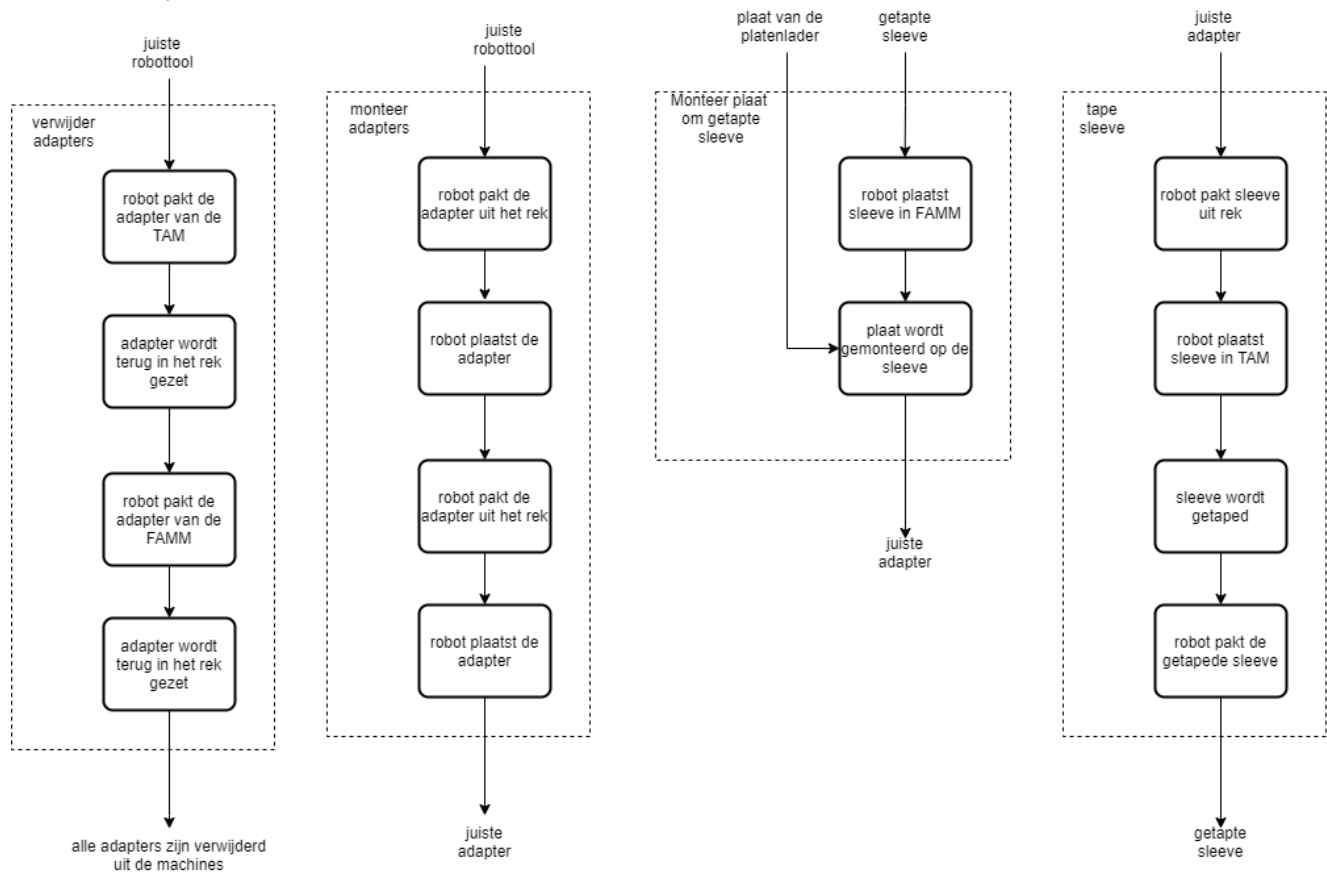
De precieze beslissingen waar doorheen wordt gelopen, zijn terug te vinden in de flowchart in de bijlage.

Wanneer deze beslissingen zijn gemaakt, volgt er een bijbehorend sub-proces. Deze staan verder uitgelegd in het volgende hoofdstuk, maar de naam in het sub-proces geeft al aan wat het doet. Het sub-proces “tape sleeve” wordt altijd doorlopen.

Wanneer de sleeve getapet is, kan deze in de FAMM worden gestopt en hoeft de FAMM dus niet langer te wachten. Dit gebeurt bij sub-proces “monteer plaat om getapte sleeve” en wanneer alle platen op de sleeve zitten, mag de robot de sleeve pakken en terugzetten in het rek.

Als de job klaar is, dan is het proces klaar. Wanneer er nog sleeves gedaan moeten worden, dan wordt er teruggegaan en wordt het proces nog een keer doorlopen. Het kan zijn dat de beslissingen anders zijn en er dus een andere route doorlopen wordt dan dat er eerst werd gedaan. De stappen die de informatie laden hoeven niet doorlopen te worden, want alles is nog aanwezig in het proces.

3.3.2 Sub-processen van de flowchart



Figuur 4: sub-processen van de flowchart

Figuur 4 geeft vier sub-processen aan van de flowchart die in de vorige paragraaf werd behandeld. Ook deze sub-processen zijn samengevat en bevat een gedetailleerdere afbeelding in de bijlage. Alle vier sub-processen zijn linksboven in de bijbehorende gestippelde rechthoek van een naam voorzien dat het sub-proces representeert.

Het eerste sub-proces is het verwijderen van adapters. Eerst wordt hier de adapter stap voor stap verwijderd uit de TAM en vervolgens uit de FAMM. De TAM en FAMM kunnen in principe ook verwisseld worden in het proces, zolang er maar eerst de ene en dan de andere wordt gedaan.

Voor het sub-proces "monteer adapters" heeft de robot al de juiste tool op zijn end of arm tool. Vervolgens pakt hij de juiste adapter van het rek om deze in de TAM te gaan plaatsen. Als de TAM zijn adapter heeft, gaat de robot dezelfde adapter pakken om deze vervolgens op de FAMM te plaatsen. Als ook dit gedaan is, heeft de robot alle adapters geplaatst en kan er verder worden gegaan met het proces. Ook hier zouden de TAM en FAMM verwisseld kunnen worden in de volgorde van uitvoeren.

Voor het sub-proces “monteer plaat op getapte sleeve” is er een getapte sleeve en een plaat nodig. Als eerste wordt de getapte sleeve in de FAMM geplaatst en als deze zich in de machine bevindt wordt de plaat op de sleeve gemonteerd. Het resultaat is een sleeve die klaar is en alleen nog door de robot terug in het rek gezet moet worden.

Het laatste sub-proces is het tapen van de sleeve. Er komt een ingetapet sleeve aan van de robot. Deze wordt geplaatst en vervolgens gaat de robot tapen. De robot tapet dus de sleeve terwijl deze in de TAM zit. Vervolgens laat de robot weten dat het tapen gedaan is en de TAM dus zijn arm moet openen. De robot pakt de sleeve en de TAM sluit zijn arm. Het proces is klaar.

4 Onderzoek

Het onderzoek naar het project bestaat uit meerdere stappen. Zo is er onderzoek gedaan naar de deelvragen 4.1. Hier wordt besproken wat er onderzocht is van de vier opgestelde deelvragen. Verder is er eerst onderzocht hoe de eisen gerealiseerd konden worden 4.2. Dit zijn zowel eisen van de RoboCell als de platenlader. De eisen die besproken worden, zijn de belangrijkste eisen die ook genoemd zijn in 3.2. Tot slot is er een onderzoek gedaan naar de NEN-normen die horen bij de besturingskast 4.3. Hier zijn enkele NEN-normen genoteerd die van belang zijn voor de te ontwikkelen machine.

4.1 Onderzoek naar Deelvragen

Om het antwoord te vinden op de hoofdvraag is er eerst antwoord gezocht op de deelvragen. Er zijn in totaal vier deelvragen waar antwoord op gegeven wordt. In 4.1.1 worden de verschillende machines besproken. In 4.1.2 worden de veiligheidsaspecten die van toepassing zijn besproken. In 4.1.3 worden de verschillende manieren van communicatie besproken op machineniveau. Tot slot volgt er in 4.1.4 wat de beste indeling voor de besturingskast is.

4.1.1 Welke mechanismes komen er in de cel en wat is hun taak?

In de RoboCell komen een aantal machines. Deze machines zijn:

- 1 De TAM
- 2 De FAMM
- 3 Een ABB-robot
- 4 Een platenlader

De taak van elke machine wordt in 4.1.1.1 tot en met 4.1.1.4 uitgelegd.

4.1.1.1 De TAM

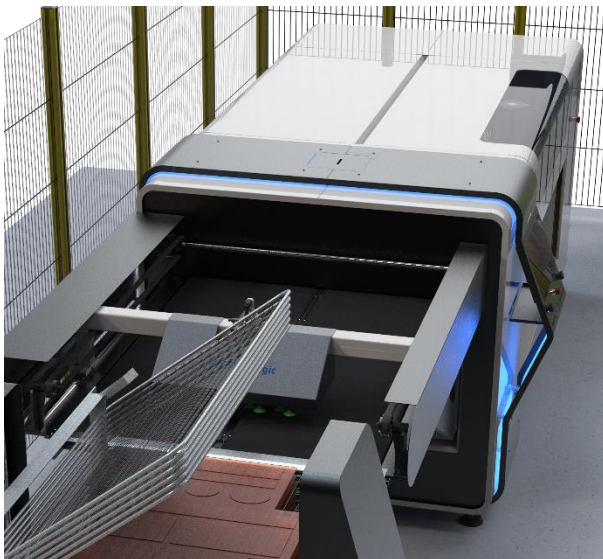
De TAM is een tape station waar ongetapete sleeves naar binnenkomen en getapete sleeve naar buiten gaan. Hiervoor moet worden gecommuniceerd met de robot. De robot moet namelijk laten weten dat er een sleeve aankomt en moet laten weten wanneer er een sleeve klaar is. Dit moet de robot doen, zodat de TAM weet dat de mandrel (met eventuele adapter) open moet gaan. De robot kan vervolgens een sleeve op de TAM doen of van de TAM halen.



Figuur 5: De TAM in combinatie met de robot. [6]

De TAM wordt dus gebruikt om de sleeves te tapen. Dit tapen wordt gedaan door de robot en is weergegeven in figuur 5. De sleeve die in de TAM zit moet ronddraaien om getapet te worden en dit wordt gedaan door de robot. Het ronddraaien van de sleeve gebeurt door een extra as van de robot en dit houdt dus in dat de motor hiervan onder de robotcontroller valt en niet onder de PLC. De technieken achter het tapen zijn door Taniq ontwikkeld.

4.1.1.2 De FAMM



Figuur 6: De FAMM [6]

In figuur 6 is de FAMM te zien. De FAMM is een machine die platen op een getapte sleeve monteert. Hierbij moet er gecommuniceerd worden met de platenlader en de robot. De FAMM geeft aan dat er een plaat mag komen van de platenlader en de platenlader moet aangeven dat er inderdaad een plaat naar de FAMM is gegaan.

De plaat die wordt ingeladen wordt door de FAMM verder getransporteerd door middel van een transportband. De plaat wordt zo in de machine getransporteerd en vervolgens wordt deze plaat op de juiste positie aangebracht.

Verder moet de FAMM met de robot communiceren, want de robot geeft aan dat er een getapete sleeve klaar staat voor de FAMM. De FAMM moet vervolgens weer aangeven dat zijn arm open gaat en als die open is dat de robot de sleeve om de arm mag schuiven. Vervolgens sluit de FAMM zijn arm en wordt de plaat op de getapete sleeve aangebracht. Wanneer alle platen zijn geplaatst, is de sleeve klaar en opent de FAMM zijn arm. Vervolgens moet de robot deze sleeve weer van de FAMM halen en terug in het rek stoppen.

4.1.1.3 De ABB Robot

De robot heeft veel taken in dit systeem. De robot moet kunnen zorgen dat er sleeves in de TAM en FAMM kunnen, maar ook dat er eventuele adapters om de mandrel moeten als er een grotere sleeve wordt gebruikt. De robot moet dus ook van tool kunnen verwisselen om alle verschillende maten aan te kunnen.

Verder zorgt de robot voor het tapen van de sleeve en dit gebeurt in de TAM. Het tapen gebeurt met de tape die ook op de robot tool zit. De tape moet worden gesneden aan het begin en aan het eind om zo een specifiek gedeelte van de cilindervormige sleeve te kunnen tapen.



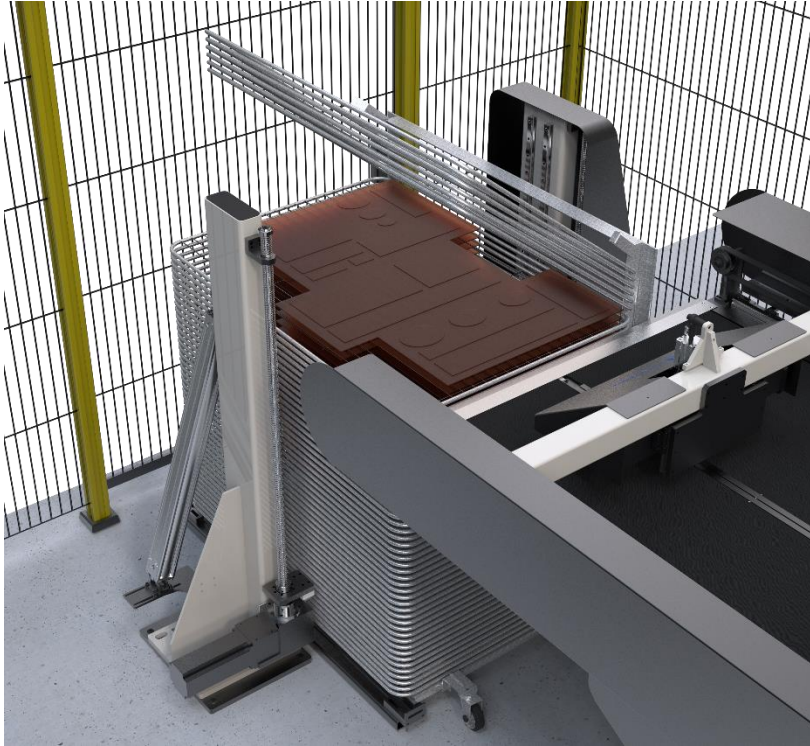
Figuur 7: spiraalvorm zoals de tape om een sleeve komt te zitten. [2]

De tape komt op dezelfde manier als figuur 7. Het is spiraalvormig en om recht te beginnen en te eindigen moet er schuin gesneden worden.

De robot heeft dus in het gehele proces het meeste te doen. Hij zorgt voor een groot deel van het materiële transport in het systeem.

4.1.1.4 De platenlader

De platenlader is een machine die tijdens de stageperiode is ontworpen en geprogrammeerd door de student. Deze machine heeft als doel om platen van een rek in de FAMM te plaatsen. De platenlader moet dus communiceren met de FAMM, want de machine mag alleen maar een plaat gaan halen als de FAMM er om vraagt.



Figuur 8: De platenlader [6]

In figuur 8 is de platenlader te zien. Hier is ook te zien dat er een rek aanwezig is met platen. Deze platen liggen op verschillende niveaus in het rek. De platenlader duwt een deel van het rek weg. Daarna gaat de lift een beetje omhoog om zo bij een nieuw niveau te komen. Vervolgens komt er een pick and place die ervoor zorgt dat de plaat die vrijgekomen is wordt opgepakt. Deze plaat wordt neergelegd op de transportband van de FAMM. Vervolgens begint het proces opnieuw met het wegduwen van een gedeelte van het rek en dat gaat net zo lang door tot alle platen weg zijn.

4.1.2 Welke veiligheidsaspecten zijn er van toepassing?

Om de vraag: “Welke veiligheidsaspecten zijn er van toepassing?” te kunnen beantwoorden, moet er eerst gekeken worden naar wat er zich in en om de RoboCell bevindt en wat hierbij gevaar kan vormen voor de mens en machine.

In en om de RoboCell zit een tool station (waar de robot zijn end of arm tool kan verwisselen), een adapterrek, een sleeverek, een platenrek, een FAMM, een TAM, een platenlader, een HMI en een robot. Er is onderzocht welke onderdelen van de RoboCell invloed hebben op de veiligheid van het gehele product. Hieruit zijn zes belangrijke aspecten naar voren gekomen.

- 1 De RoboCell betreden
- 2 Input van de gebruiker
- 3 Verschillende communicatie methodieken
- 4 Pneumatische onderdelen
- 5 De gehele besturingskast
- 6 Uit te voeren testen en controles
- 7 Opgeloste veiligheidsissues
- 8 Noodstoppen

4.1.2.1 De RoboCell betreden

Om de cel toch te kunnen betreden zijn er deuren nodig in het hek. Om ervoor te zorgen dat niemand zomaar een deur kan openen tijdens het proces is er onderzocht of het mogelijk is om de deuren een vergrendeling te geven. Bij deze vergrendeling moet er een aanvraag gedaan worden om de cel te betreden. Deze aanvraag wordt pas goedgekeurd op het moment dat er geen onderdelen meer bewegen en dus op een veilige stand staan. Het is dan ook niet mogelijk om het proces te starten voordat de deur weer op slot is gedaan door de gebruiker. Echter kwam de opdrachtgever met de vraag of het mogelijk was om een deur te openen terwijl het proces in de cel doorging. Na wat onderzoek bleek dit mogelijk. De processen kunnen allemaal doorgaan, maar in een veilige modus. Dit houdt in dat geen acties gedaan mogen worden in de buurt van die deur. Verder moet er dan nog een lichtsluis bij die deur komen. Deze lichtsluis kijkt of er niemand door deze lichtsluis gaat. Als dit wel gebeurt dan is er dus iets of iemand ongewenst in de RoboCell. Het proces zal dan alsnog stoppen. Om de gehele RoboCell te betreden moeten wel alle processen stoppen en is dus een veilige modus niet realistisch. Een veiligheidsaspect is dus het betreden van de cel en dit is gewaarborgd door de deurvergrendelingen.

4.1.2.2 Input van de gebruiker

De gebruiker heeft in dit proces een grote rol. De gebruiker moet namelijk opgeven wat de afmetingen zijn van de sleeves. Deze informatie komt in de job te staan. Indien de afmetingen fout zijn ingevoerd, zal de robot een verkeerde adapter en een verkeerde end of arm tool gebruiken. Dit zal voor schade gaan zorgen, want de robot zal zijn bewegingen gewoon voortzetten zonder dat deze weet dat er ergens iets fout gaat. Er zijn veel manieren mogelijk om dit te voorkomen, maar omdat het bedrijf ervoor heeft gekozen eerst een basisopstelling te maken, wordt hier nog niets mee gedaan. Voor de demo's die worden gegeven is het namelijk niet mogelijk dat informatie fout wordt ingegeven, want het proces al is getest en gecontroleerd.

Het verminderen van fouten van de gebruiker kan gedaan worden door het plaatsen van een luchtdruksensor op de end of arm tool en het uitlezen van een reedcontactje. Wanneer de gebruiker een te grote diameter opgeeft, zal er te weinig druk gemeten worden als de robot de sleeve probeert te

pakken en dus zal een fout optreden. De robottool is dan namelijk kleiner dan de sleeve. Wanneer de gebruiker een te kleine diameter opgeeft, zal de robottool de sleeve en het sleeveerek naar achteren duwen. Door de pneumatische cilinder en het bevestigde reedcontactje kan er gezien worden dat de robot de sleeveerek wegduwt. De cilinder wordt ingeschoven en het reedcontactje wordt laag. Er is onderzocht dat deze beweging van de robot de eerste beweging is die gevaar kan vormen. Als er namelijk bij dit punt geen gevaar opgemerkt is, dan is de gebruikers input goed.

Verder kan de gebruiker rekken inladen. Dit kan een platenrek of een sleeveerek zijn. Deze rekken moeten nauwkeurig geplaatst worden, omdat de platenlader en robot anders niet weten waar deze rekken staan. Als dit zo is, dan kan dat lijden tot een botsing tussen het rek en de platenlader of tussen het sleeveerek en de robot. Om dit te voorkomen is een stukje veiligheid ingebouwd. Er zijn namelijk inductiesensoren geplaatst die aangeven dat er een goed rek staat. Het aspect positioneren van rekken is dus opgelost door sensoren te plaatsen.

4.1.2.3 Verschillende communicatie methodieken

Een veiligheidsaspect die zeer belangrijk is in de RoboCell is de communicatie van de veiligheids-PLC naar de mechanismes. Zo moest er eerst gekeken worden welke machines moeten weten dat er iets onveilig of veilig is. Vervolgens moest er gekeken worden naar wat voor signalen er verstuurd moeten worden en hoe dat gedaan moet worden. Zo zijn er signalen met de platenlader via I/O gedaan om het makkelijk te programmeren, is de FAMM voorzien van een VARAN kabel en wordt er in de robotcontroller een aanpassing in het circuit gemaakt om de veiligheids-PLC erop aan te sluiten.

De communicatie naar de gebruiker toe is ook een aspect waar rekening mee gehouden moet worden. Zo moet de gebruiker weten dat er bijvoorbeeld een error is of dat er een noodstop is ingedrukt. Bij de huidige opzet is hier geen signalering voor, maar er is met dit aspect wel rekening gehouden. De signalering is genoteerd in EPLAN en de software is er ook voor geschreven. Het veiligheidsaspect voor het communiceren naar de gebruiker toe kan dus nog verder worden uitgebreid door bijvoorbeeld de signalering toe te voegen.

4.1.2.4 Pneumatische onderdelen

Er zijn enkele veiligheidsaspecten die samengaan met pneumatiek. De pneumatiek zorgt er namelijk voor dat er door middel van ventielen en cilinders onderdelen kunnen bewegen. Het is daarom goed om de veiligheidsaspecten te weten die met lucht te maken hebben. Alle machines die lucht moeten hebben voor bewegingen mogen volgens de eisen niet onopgemerkt zonder lucht komen te zitten en dus is er een luchtdruksensor voor de algemene luchttoevoer.

Verder is het belangrijk dat standen van cilinders bekend zijn. Als een cilinder niet volledig in of uit is en de volgende actie wordt ondernomen, kan dit voor problemen zorgen. Als bijvoorbeeld de TAM zijn arm open doet, maar nog niet helemaal open is en de robot zou er al een sleeve omheen willen doen, dan zal er een botsing tussen de twee optreden. Op alle cilinders die aanwezig zijn, zitten reedcontactjes op een dusdanige positie dat de veilige standen altijd bekend zijn.

Ook is er rekening gehouden met de NEN norm die zegt dat pneumatiek niet in de besturingskast mag. Dit is natuurlijk ook een veiligheidsaspect waar rekening mee gehouden is.

4.1.2.5 De gehele besturingskast

Verder is er met het oog op de veiligheid rekening gehouden met de behuizing van de kast. Voor de besturingskast is er als materiaal staal gekozen, omdat staal beter tegen een stootje kan dan aluminium of kunststof. Hiermee wordt de inhoud van de kast beschermd tegen bijvoorbeeld een heftruck die er tegenaan kan rijden. Ook is er rekening gehouden met de kabels die uit de kast komen. Deze zijn aangesloten met een connector op de kast en hiermee wordt de inhoud van de kast ook meer beschermd. Dit komt namelijk door de trekontlasting.

Ook is er onderzocht dat er in de kast zelf enkele regels gehanteerd moeten worden. Deze regels staan in de NEN-normen en in 4.3 staat hier meer over uitgelegd. Veiligheidsaspecten waar rekening mee gehouden moet worden, zijn bijvoorbeeld het aarden van componenten, het onderhoudbaar maken van een kast en juiste documentatie.

4.1.2.6 Uit te voeren testen en controles

Er is ook een veiligheidsaspect met betrekking tot het uitvoeren van testen en controles. Om zeker te weten dat het op te leveren product veilig is, moeten er testen en controles worden uitgevoerd. Het testen gaat elektrotechnisch gezien over de functionaliteit van onderdelen. Hieronder valt bijvoorbeeld of de gekozen sensoren werken zoals verwacht, maar ook of alles goed is aangesloten op bijvoorbeeld een driver.

Verder moeten er ook controles worden uitgevoerd. Deze controles bestaan uit het checken van aansluitingen op juistheid en stevigheid. Hiermee wordt bedoeld dat een connectie op het juiste onderdeel is aangesloten en wel zo dat deze connectie niet los kan raken. Door deze controles worden de testresultaten nauwkeuriger en wordt de uiteindelijke informatieoverdracht beter, doordat er minder fouten in het product zitten.

4.1.2.7 Opgeloste veiligheidsissues

Na een onderzoek naar gebruikelijke veiligheidssignalen is gebleken dat het gebruikelijk is om veiligheidssignalen dubbel uit te voeren. Hiermee wordt er een stukje veiligheid gewaarborgd. Wanneer één kabel breekt of om een andere reden niet meer werkt, kan de andere kabel nog wel functioneren en kan de actie die moest gebeuren om veiligheidsredens alsnog uitgevoerd worden. Hierbij is ook ontdekt dat de PLC de mogelijkheid heeft om te checken of beide signalen goed zijn uitgevoerd. Dit doet de PLC door testpulsen uit te sturen en deze weer af te vangen.

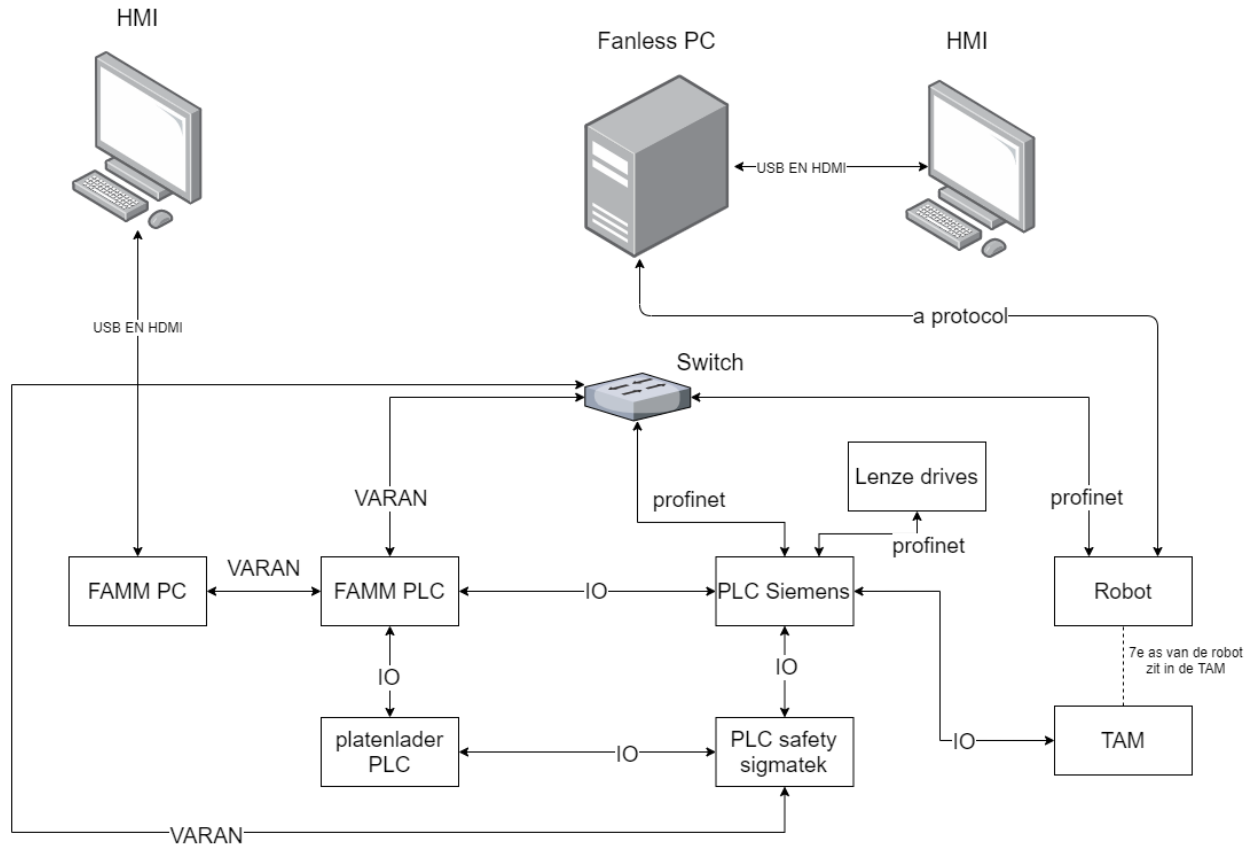
4.1.2.8 Noodstoppen

Het laatste veiligheidsaspect gaat over de noodstoppen van de robotcontroller. De FAMM moet namelijk op zichzelf kunnen werken en bevindt zich in de RoboCell. Wanneer de FAMM op zichzelf werkt en er iets fout gaat, moet er op elke noodstop gedrukt kunnen worden van de RoboCell. Dus ook de noodstoppen van de robotcontroller. De robotcontroller zou uit kunnen staan als de FAMM op zichzelf werkt, maar de noodstoppen zouden dan ook niet meer werken. Daarom is er onderzoek gedaan naar een oplossing en dit is het extern voeden van het veiligheidscircuit van de robotcontroller. Het veiligheidscircuit van de ABB-controller kan vanuit de PLC gevoed worden en daarmee blijft het veiligheidscircuit van de controller werken.

4.1.3 Hoe communiceren deze mechanismes?

De vier machines die zich in de RoboCell bevinden, moeten samenwerken en dus ook communiceren met elkaar. Hierbij zijn er twee aspecten, namelijk communicatie met het oog op de veiligheid en communicatie over het proces.

Als eerste wordt besproken wat er zich in het proces afspeelt. Om dit te verduidelijken wordt er aan de hand van figuur 9 het één en ander uitgelegd.



Figuur 9: communicatie in de RoboCell

Zoals te zien is in figuur 9 zijn er een aantal manieren van communicatie die worden gebruikt in de RoboCell. Dit zijn voornamelijk:

- I/O
- VARAN
- Profinet

Wat wel aangegeven is in figuur 9, maar wat niet besproken wordt is:

- Het protocol tussen de Fanless PC en de robot
- De USB connecties tussen de PC's en de HMI's

Figuur 9 geeft een goed beeld van de communicatie tussen de machines. In hoofdstuk 4.1.3.1 wordt er meer uitleg gegeven over de communicatie van de Siemens PLC. Zo wordt er besproken waarom er met zowel I/O als met Profinet gecommuniceerd wordt. In hoofdstuk 4.1.3.2 wordt de communicatie van de veiligheids-PLC besproken. In dat hoofdstuk is ook te lezen hoe alle vier de machines te weten krijgen dat er gestopt moet worden. Tot slot wordt er nog in 4.1.3.3 besproken hoe de platenlader communiceert.

De reden voor meerdere PLC's in het systeem is, omdat de Sigmatek PLC niet goed kan samenwerken met de robotcontroller. Hierdoor is besloten dat ontwikkelingen van Taniq met een Siemens PLC in het systeem komen, zodat er geen nieuwe onderzoeken gestart hoeven te worden. Deze beslissing heeft veel invloed gehad op het eindresultaat, maar was nodig met het oog op de deadline.

4.1.3.1 I/O Siemens PLC

De Siemens PLC communiceert via I/O. Dit is gedaan omdat er maar weinig signalen zijn die de Siemens PLC moet versturen en ontvangen. Voor de FAMM en de TAM is dit bijvoorbeeld alleen maar "Je arm moet open/dicht" en "Ik ben klaar, mag ik open?". Het is dan ook goed te doen om I/O te gebruiken en een protocol zou gezien het tijdsbestek niet handig zijn. Verder is er ook I/O communicatie met de Sigmatek veiligheids-PLC. Deze I/O communicatie is bedoeld om de Siemens PLC te laten weten dat er gestopt moet worden, want anders zouden de machines stil staan en de Siemens PLC doorgaan met de code doorlopen. Wanneer dit niet gedaan zou worden, zouden er mogelijk gevaren kunnen optreden wanneer bijvoorbeeld de TAM opent of sluit.

De communicatie van de Siemens PLC naar de Sigmatek PLC is om te laten weten of bijvoorbeeld het reedcontactje van het sleeverek laag wordt terwijl deze hoog zou moeten zijn. Doordat er een veiligheidsactie moet worden ondernomen, maar de Siemens PLC de sensor uitleest, moet er dus een communicatielijn naar de Sigmatek PLC zijn. Hiermee wordt er gestopt vanuit de veiligheids-PLC.

Verder communiceert de Siemens PLC door middel van Profinet met Lenze smart drives en de robot. Deze manier van communicatie is door Taniq onderzocht en ontwikkeld.

4.1.3.2 Veiligheids-PLC

De veiligheids-PLC van Sigmatek gebruikt VARAN om met de FAMM te kunnen communiceren. De FAMM heeft namelijk een eigen Sigmatek PLC en kan daarom gemakkelijk via VARAN communiceren. Verder wordt er I/O gebruikt om met de platenlader te kunnen communiceren. Tot slot is er geen echte communicatie met de robotcontroller doordat de PLC is aangesloten op het veiligheidscircuit van de robotcontroller. Wanneer er dus een noodstop is, merkt de robotcontroller dit zelf op en hoeft het dus niet vanuit de PLC gecommuniceerd te worden.

De veiligheids informatie die verstuurd wordt, is een noodstop, reset en 'ga naar veilige stand/positie'. Het laatste signaal geeft aan dat de gebruiker een deur wil openen. Alle machines verzenden naar de veiligheids-PLC een signaal wanneer ze op de veilige stand/positie zijn en pas dan mag de deur geopend worden. De platenlader verstuurt de informatie via I/O, de FAMM via VARAN, de TAM verstuurt informatie vanuit de Siemens PLC en de robot communicatie gebeurt door signalen door de robotcontroller te laten gaan.

4.1.3.3 Platenlader communicatie

Tot slot communiceren de Platenlader en de FAMM door middel van I/O. Deze manier van communiceren was makkelijk en snel te programmeren. Verder zal er in de toekomst verandering in komen doordat er dan verbeteringen komen. De I/O communicatie zal dan gaan veranderen in het VARAN protocol.

De I/O communicatie met de veiligheids-PLC gaat ook via I/O vanwege het makkelijk kunnen programmeren van de communicatie. Ook deze communicatie kan later vervangen worden voor het VARAN protocol.

4.1.4 Wat is de beste indeling voor de besturingskast?

Om te weten wat de beste indeling is, moet er eerst gekeken worden naar wat er allemaal in de kast moet komen. Vervolgens is er naar de volgende punten gekeken:

- Afmetingen
- Onderhoudbaarheid
- Het kunnen aanpassen van instellingen
- Onderling verbonden componenten

Ook zijn de NEN-normen meegenomen, deze normen geven niet aan wat de beste indeling is, maar wel wat er niet in de kast mag of hoe onderdelen geaard moeten worden.



Figuur 10: Uiteindelijke ontwerp van de besturingskast

Om achter de beste indeling te komen, zijn ontwerpen gemaakt. Hierbij zijn de afmetingen meegenomen van de kast en de onderdelen. Vervolgens zijn de voor- en nadelen van een ontwerp bekeken en zijn de ontwerpen vergeleken met elkaar. De punten waar mee is vergelijkt zijn de onderhoudbaarheid, het kunnen aanpassen van instellingen en de onderlinge verbonden componenten. Vervolgens is hier een nieuw ontwerp uit voort gekomen. Na een paar aanpassingen is de ideale indeling gevonden. De indeling is te zien in figuur 10.

Uiteindelijk bleek de strook voor sensoren te klein doordat er meer klemmen kwamen. Hierdoor werd er bij het plekje overig in figuur 10 een extra DIN-rail geplaatst voor de overige klemmen.

In 4.1.4.1 tot en met 4.1.4.4 wordt er besproken waarom het de beste indeling is.

4.1.4.1 Drivers

Het ontwerp van figuur 10 is het ideale ontwerp doordat de drivers ver van de PLC zijn verwijderd. De drivers kunnen storingen opwekken en hier zijn PLC's gevoelig voor [5]. Door de PLC en de drivers zo ver mogelijk uit elkaar te plaatsen zal de PLC er het minste last van hebben.

Verder hebben de drivers veel dikke kabels. Door de drivers onderin de kast te plaatsen hoeven deze kabels niet door de gehele kast te gaan en hoeven er dus minder grote kabelgoten in de kast. Hierdoor is er meer plek voor de kabels van andere componenten.

Tot slot zijn alle drivers bij elkaar in de buurt geplaatst om het overzichtelijk te houden. Er is in één opslag te zien waar de drivers zitten. Het compartiment waar de drivers zitten is zo gemaakt dat de warmte die de drivers opwekken goed afgevoerd kan worden door de ventilatoren. De ene driver warmt de andere driver niet op.

4.1.4.2 Sensoren en actuatoren

Boven de drivers zitten de sensoren en actuatoren aangesloten op klemmen. In figuur 10 wordt dit aangegeven met de tekst "sensoren". De klemmen zitten tussen de PLC's en de onderkant van de kast. De kabels gaan aan de onderkant van de kast erin en eruit. Hierdoor leggen de sensor- en actuator kabels de kortst mogelijke route af.

Uiteindelijk is er een extra DIN-rail geplaatst vanwege het tekort aan ruimte. Deze rail heeft klemmen die 24V DC en 0V overbrengen naar componenten. Er lopen dus een paar kabels door de kast die wat langer zijn. Door in het ontwerp voor brede en hoge kabelgoten te kiezen, konden er langere kabels door de kabelgoten lopen. Het probleem is dus makkelijk verholpen door de ontwerpkeuze van de kabelgoten.

4.1.4.3 PLC's en de switch

Door de PLC's vrij boven in de kast te plaatsen staan deze ver van de drivers vandaan die onder in de kast aanwezig zijn. Ook staan ze dicht bij de sensoren en actuatoren. Verder zijn de PLC's geplaatst op werkhoogte en daarmee goed bereikbaar voor onderhoud. De positie is daardoor perfect.

De DIN-rail waar de PLC's op gevestigd kunnen worden, is groter dan nodig. Het voordeel hiervan is dat het mogelijk is voor het bedrijf om er later nog PLC modules bij te klikken. De Siemens PLC en de Sigmatek PLC zijn namelijk zo gemaakt dat er modules bij kunnen door ze er simpel naast te zetten.

Tot slot zit er naast de PLC's de aarderail en de switch. De aarderail zit hiermee vrij centraal gelegen in de kast. De switch is een vrij storingsgevoelig apparaat en zit in hetzelfde compartiment als de PLC's. Doordat de PLC's niet de gehele breedte van de kast nodig hebben qua ruimte zijn de aarderail en de switch de beste overige componenten om ernaast te plaatsen.

4.1.4.4 Zekeringen en overige

Helemaal boven in de kast zitten de zekeringen. Deze zijn boven in de kast geplaatst zodat deze op werkhoogte zitten. Verder zitten hier alle soorten spanningen, de 400V AC, de 230V AC, de 24V DC en de 12V DC. Alle verschillende spanningen zitten bij elkaar en gaan vanaf daar dus ook de gehele kast in. Deze verschillende spanningen zijn over het algemeen 230V AC spanningen die door zekeringen gaan.

De verschillende spanningen zitten in één compartiment en ook de zekeringen zitten hierbij. Bij onderhoud is het dan ook makkelijk om te achterhalen wat er niet meer werkt.

4.2 Onderzoek naar de eisen

Er is een onderzoek gedaan naar de eisen. Dit houdt in dat er gekeken is naar een manier om de eisen te behalen. Hierbij werd gekeken wat er bekend was, waar meer informatie over opgezocht moest worden en wat er nog onduidelijk was.

De eisen zijn bij de analyse opgedeeld in eisen voor de RoboCell en eisen voor de platenlader. Daarom worden ook hier de twee apart van elkaar behandeld.

4.2.1 Eisen RoboCell

De eisen voor de RoboCell zijn onderverdeeld in:

- Veiligheidseisen 4.2.1.1
- FAMM eisen 4.2.1.2
- TAM eisen 4.2.1.3
- Robot eisen 4.2.1.4

Om gestructureerd aan het werk te gaan, is er gekozen om als eerste in het ontwerp de makkelijkere eisen te tackelen door een voor de hand liggende oplossing te kiezen. Vervolgens kan een I/O diagram gemaakt worden. Door dit toe te passen wordt er een overzicht van in- en uitgangen gemaakt. Het voordeel is dat er nagegaan kan worden of een proces met de bedachte ingangen gedaan kan worden of dat er nog ingangen missen. Op deze manier werden ook signalen tussen machines bekend.

De belangrijkste eisen waren:

- 1 De RoboCell niet zomaar te betreden mag zijn.
 - 2 De RoboCell moet veilig zijn voor de gebruiker.
 - 3 Het project moet met zo veel mogelijk standaardmethodes en componenten gerealiseerd worden.
- Verder zullen er ook behaalde eisen genoemd worden die uit de bijlage komen.

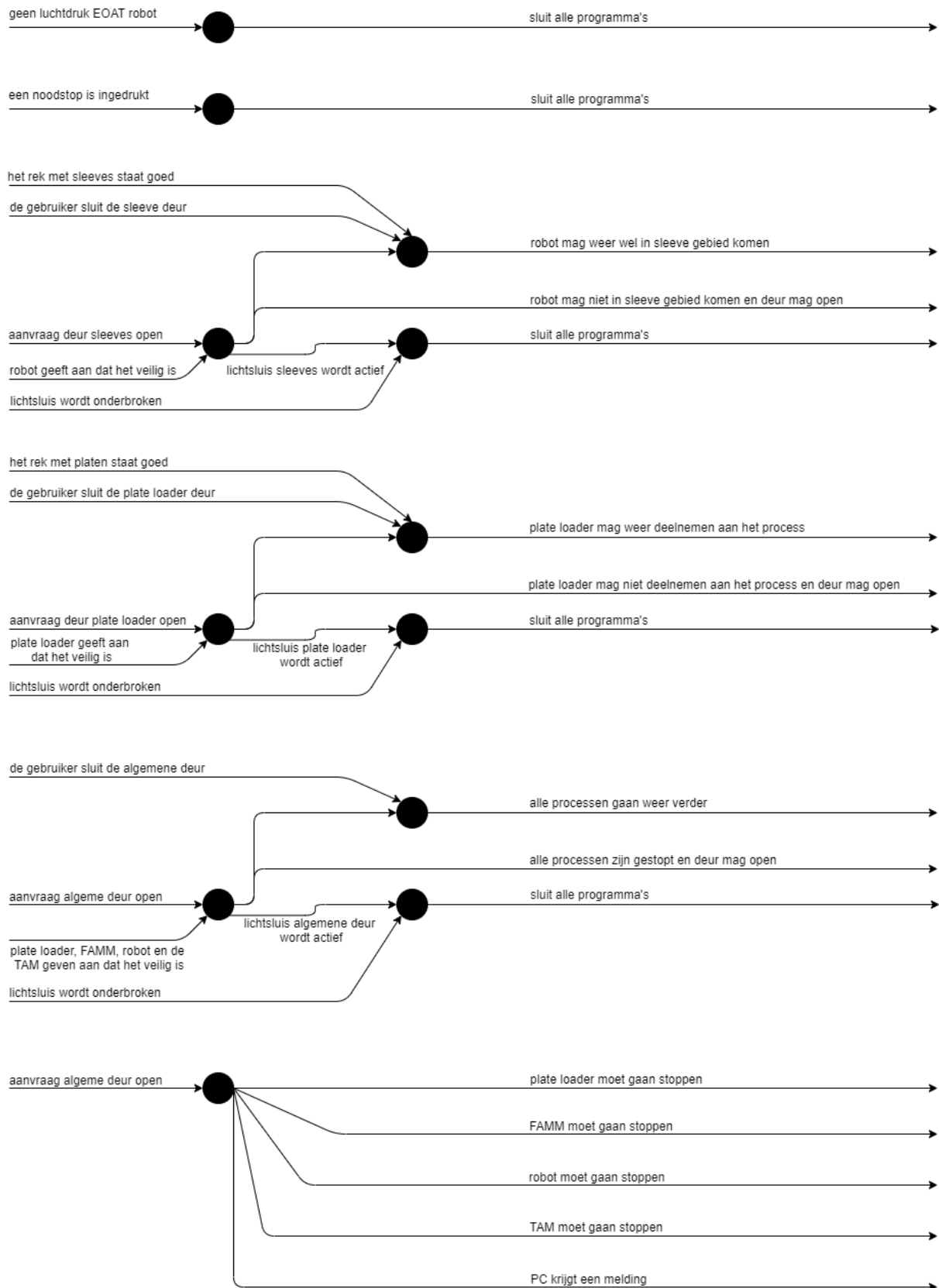
4.2.1.1 Veiligheidseisen

Omdat er veel eisen zijn die betrekking hebben op de veiligheid is er eerst onderzoek gedaan naar mogelijkheden om aan de eisen hiervoor te kunnen voldoen. De eerste logische stap was om te kijken naar een veilige manier om de RoboCell te betreden. Al snel bleek dat er speciale deurvergrendelingen zijn voor zulke cellen. Zo'n deurvergrendeling heeft als functie om een gebruiker alleen naar binnen te kunnen laten als een signaal aangeeft dat dit kan. Wanneer iemand binnen is, kan de deur wel altijd open. Verder hebben deze deurvergrendelingen een noodstop en hiermee zijn al een aantal eisen voldaan. Door deze deurvergrendeling is er aan belangrijke eis één voldaan.

Ook machines die niet onopgemerkt zonder lucht mogen komen te zitten, zijn voorzien van een stukje veiligheid. Voor deze machines werd er al snel gedacht aan een luchtdruksensor. Omdat zowel de TAM als de FAMM als de platenlader niet onopgemerkt zonder lucht mogen komen te zitten, is er gekozen om één luchttoevoer te nemen en hiervan de luchtdruk te checken. Hiermee zijn ook gelijk alle mechanismes die lucht gebruiken in de cel voorzien van een stukje veiligheid. Ook is er bedacht om de robot nog een extra luchtdruksensor te geven, omdat de robot bewegingen door de ruimte maakt. Zo kan het gebeuren dat de luchttoevoer wel lucht geeft, maar er daarna nog ergens lucht wordt verloren door bijvoorbeeld een defect. Dan zit er in ieder geval een extra sensor bij de robot die voorkomt dat er een gevaarlijke situatie ontstaat. Hiermee wordt belangrijke eis twee (deels) gerealiseerd.

Een andere veiligheidsmaatregel is het mogelijk maken van lichtsluizen. Dit is behandeld in 4.1.1.1 en voor het bedrijf is het mogelijk om dit later toe te passen wanneer dit nodig is.

Nu er onderzocht is wat voor soort onderdelen erin komen voor de veiligheid is er een I/O diagram voor gemaakt. Omdat er situaties kunnen zijn waarbij alles moet stoppen is ervoor gekozen om dit “sluit alle programma’s” te noemen. Verder is er rekening gehouden met lichtsluizen die komen in de RoboCell ook al komen deze nog niet in de huidige cel. Het diagram is te zien in figuur 11 op de volgende pagina.



Figuur 11: I/O diagram over de veiligheid van de RoboCell.

Als eerste zijn er in het diagram van figuur 11 de voor de hand liggende dingen neergezet. Dit zijn de situaties waarbij een stop plaatsvindt. Dit is natuurlijk wanneer een noodstop wordt ingedrukt, maar bijvoorbeeld ook wanneer de robot end of arm tool geen lucht meer heeft.

Vervolgens is drie keer eenzelfde soort situatie gemaakt. Dit gaat namelijk over het openen van een deur. Dit is drie keer gemaakt, omdat er drie deuren zijn en er van elke deur afzonderlijk bekend moet worden of die open is. Hierdoor kan bepaald worden welke processen in de cel niet meer verder mogen en welke nog wel. Er is gekeken naar welke processen er stil moeten komen te staan als er een bepaalde deur open gaat. Hierbij is gekeken welke machines een persoon zouden kunnen verwonden als de deur open is en de machine nog bezig is. Als de deur van de platenlader open gaat, kan de robot bijvoorbeeld nooit bij die persoon komen. Wanneer de gebruiker naar binnen zou rennen en daarmee in de buurt komt van een andere machine, dan ziet de lichtsluis dit en zal de gehele cel stoppen.

Wanneer de algemene deur open wil gaan, moeten eerst alle processen naar een veilige stand voor de deur open mag. Dit wordt aangegeven met het onderste deel van het diagram.

De eisen waaraan voldaan wordt zijn:

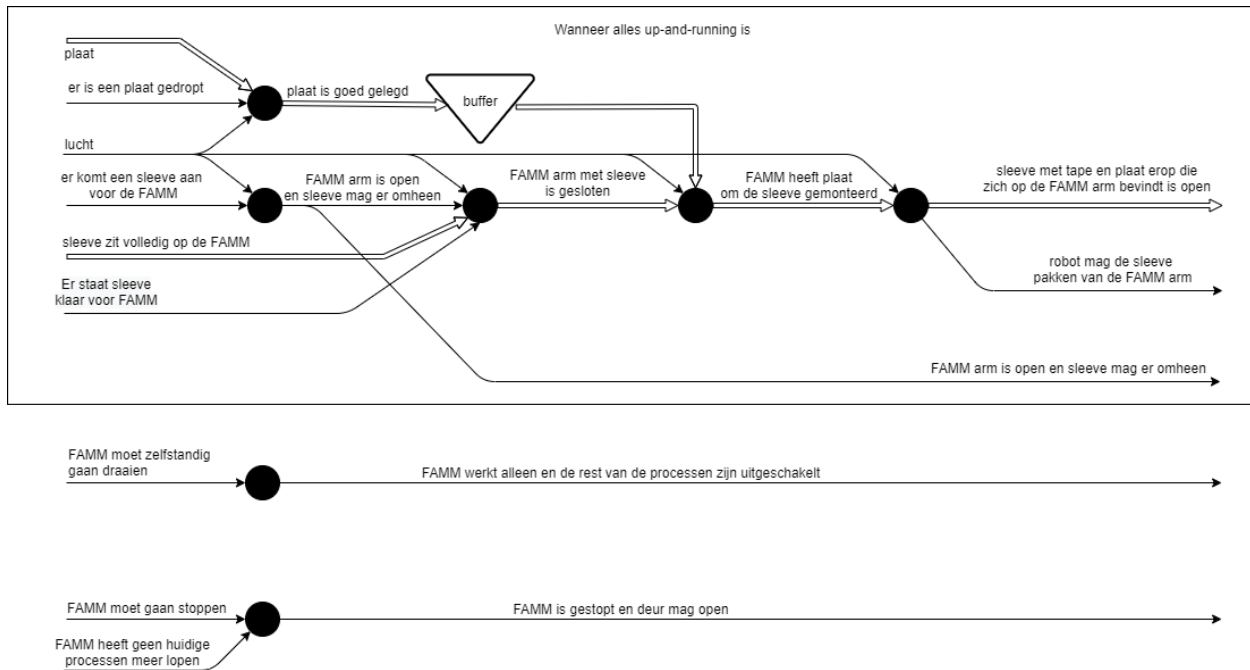
- De cel mag niet zomaar te betreden zijn.
- Er moet minimaal één noodstop aanwezig zijn buiten de cel.
- De RoboCell moet veilig zijn voor de gebruiker.
- Moet bereikbaar zijn van buitenaf.
- De platenlader moet van buitenaf bereikbaar zijn
- De robot mag niet onopgemerkt luchtdruk verliezen tijdens het vasthouden van een sleeve of adapter.
- De robot mag geen verdere bewegingen maken als hij de sleeve vast zou moeten hebben, maar dit niet heeft.
- De platenlader mag niet onopgemerkt zonder lucht komen te zitten
- De TAM mag niet onopgemerkt zonder lucht komen te zitten
- De FAMM mag niet onopgemerkt zonder lucht komen te zitten

Aan al deze eisen wordt voldaan, ook wanneer de lichtsluizen niet aanwezig zijn.

4.2.1.2 Eisen FAMM

De FAMM is een op zichzelf werkende machine die platen op een sleeve monteert. Deze machine heeft een PLC in zich en deze kan dus gebruikt worden om te communiceren. Omdat het een op zichzelf werkende machine is, hoeft er vrij weinig extra aan gedaan te worden. Er moet alleen maar communicatie met andere machines aanwezig te zijn. Alle sensoren en logica zitten namelijk al in de FAMM en hoeven dus niet extra gedaan te worden.

Door het I/O diagram te maken, werd er bekend wat er aangesloten moest worden op de FAMM en wat voor signalen hij krijgt en geeft om samen te kunnen werken met de rest van de RoboCell. Het diagram is te zien in figuur 12.



Figuur 12: I/O diagram van de FAMM

De FAMM heeft twee eisen en beide zijn verwerkt in figuur 12. Deze eisen zijn:

- Moet communiceren met de robot en de platenlader.
- Moet stand-alone kunnen werken (kunnen werken zonder dat de rest van de cel in het proces meedoet).

De FAMM geeft aan dat hij een plaat wilt en krijgt een signaal dat een plaat neergelegd is. Dit zijn de communicatiesignalen met de platenlader. De robot krijgt te weten van de FAMM wanneer er een sleeve om de mandrel mag komen en wanneer de sleeve opgehaald mag worden. Wat de FAMM te weten krijgt van de robot is dat er een sleeve klaar staat voor de FAMM.

4.2.1.3 Eisen TAM

De TAM is een vrij simpel station waar de robot ervoor zorgt dat er tape op een sleeve komt. Toch komt hier het een en ander bij kijken.

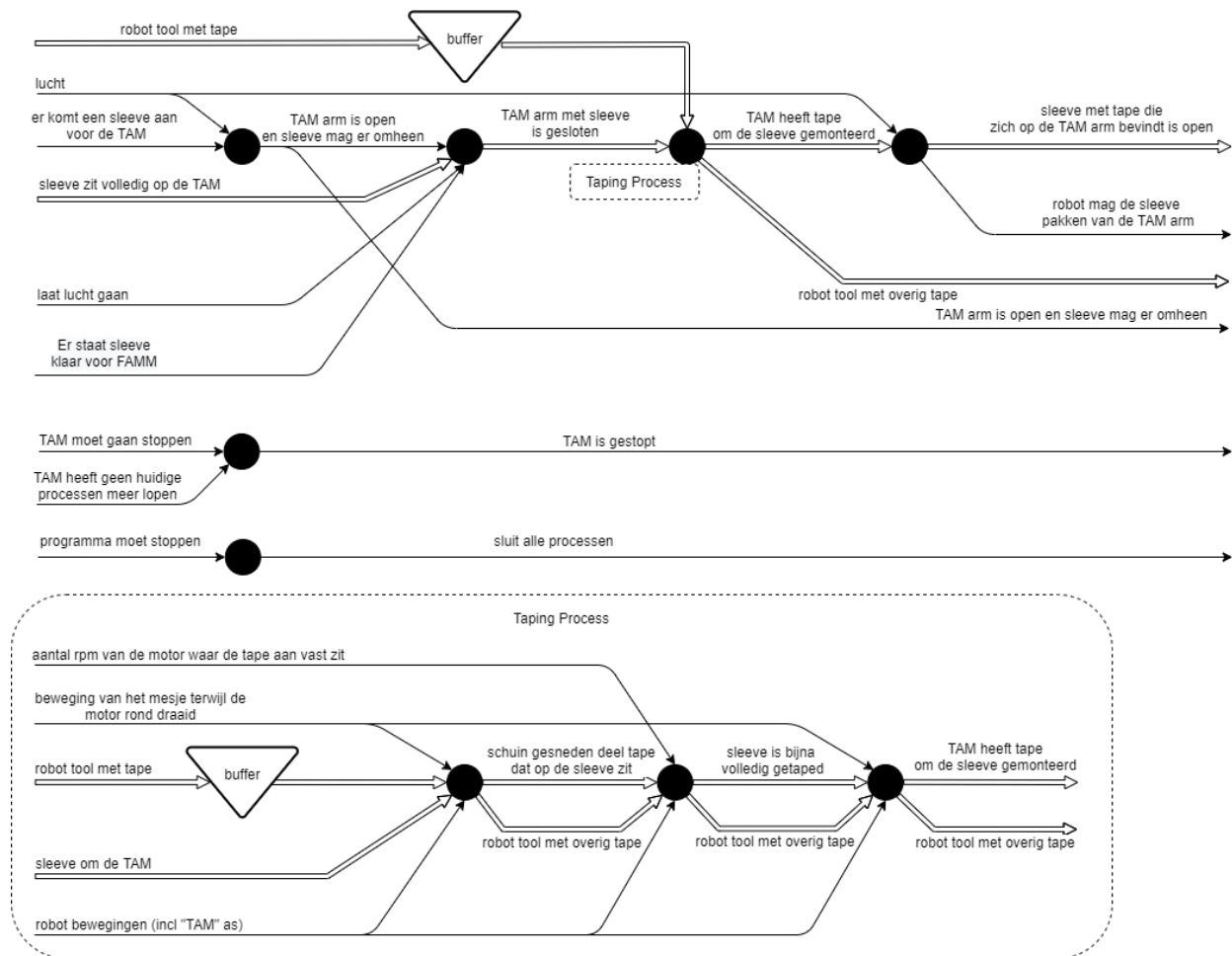
- De TAM arm moet werken als een as van de robot.
- De TAM moet ook kunnen communiceren met de robot.

Als eerste is er nagedacht over het openen en sluiten van de arm. Het eerste ontwerp was met een motor die de arm laat openen en sluiten, maar er bleek een beter ontwerp. De TAM arm kan namelijk op dezelfde manier geopend en gesloten worden als in de FAMM. Dit gebeurt door middel van pneumatiek. Hierbij duwt een cilinder de arm open en sluit hij deze ook weer. Dit is een beter ontwerp omdat er meer standaardisatie in zit, wat een belangrijke eis is. Tevens gaat er toch al lucht naar de TAM om een sleeve over de mandrel of adapter te laten gaan. Wanneer er namelijk een sleeve om een mandrel of adapter wordt geschoven, is er lucht nodig. Dit omdat de sleeve en de mandrel of adapter bijna dezelfde diameter hebben. Door het laagje lucht schuift de sleeve er makkelijk overheen. Ook de FAMM gebruikt dit principe.

Naast het openen en sluiten van de arm zit er ook een cilinder die de mandrel vastklemt of loslaat in de FAMM. Daarom is ervoor gekozen om dit ook in de TAM te doen. De functie hiervan is om de mandrel altijd op dezelfde positie te brengen. Het is voor de mandrel nog wel mogelijk om nu rond te draaien.

Het ronddraaien van de mandrel van de TAM moet als een as van de robot werken. Na een onderzoekje hiernaar is eruit gekomen dat dit kan door de motor aan te sluiten op de robotcontroller. Dit kan vrij makkelijk met een ABB-robot die zowel AV Flexologic b.v. als Taniq gebruiken. Doordat Taniq deze ontwikkelingen in hun bedrijf al hebben gedaan, is dit overgelaten aan Taniq aangezien zij de TAM ontwikkelen.

Er is ook een I/O diagram gemaakt van de TAM. Hiermee wordt er een beter beeld van het proces verkregen en werd er misschien gedacht aan extra sensoren of aansluitingen die Taniq niet ontwikkelde. Ook komt er hiermee meer duidelijkheid over welke communicatie er nodig is voor de TAM. Het diagram van de TAM is te zien in figuur 13.



Figuur 13: I/O diagram van de TAM

Het diagram bestaat uit drie delen. Namelijk het bovenste deel dat bestaat uit het globale proces van de TAM, het middelste deel dat bestaat uit "safety handling" en het onderste deel dat bestaat uit het taping proces.

Het globale proces (bovenste deel) geeft het proces van begin tot eind aan. Het openen en sluiten van de TAM is hierbij belangrijk. Dit is namelijk communicatie van de TAM en de robot die Taniq niet ontwikkeld en dit stukje communicatie is belangrijk en is een eis.

De andere eis is de TAM motor die als een as van de robot moet werken. Dit komt terug in het onderste deel van het diagram. Het taping proces deel geeft aan wat Taniq ontwikkeld. Zij zorgen ervoor dat de motor van de TAM als een as van de robot werkt en dat het tapen daarmee goed werkt. Het was handig om dit deel ook in het diagram te zetten om te begrijpen wat er ontwikkeld wordt door Taniq. Uiteindelijk moest dit namelijk ook door de student in de RoboCell geplaatst worden.

4.2.1.4 Eisen Robot

De robot moet het volgende kunnen:

- Sleeves en adapters kunnen vasthouden
- Communiceren met andere machines
- Kunnen tapen (in combinatie met de TAM)
- De tape kunnen snijden.

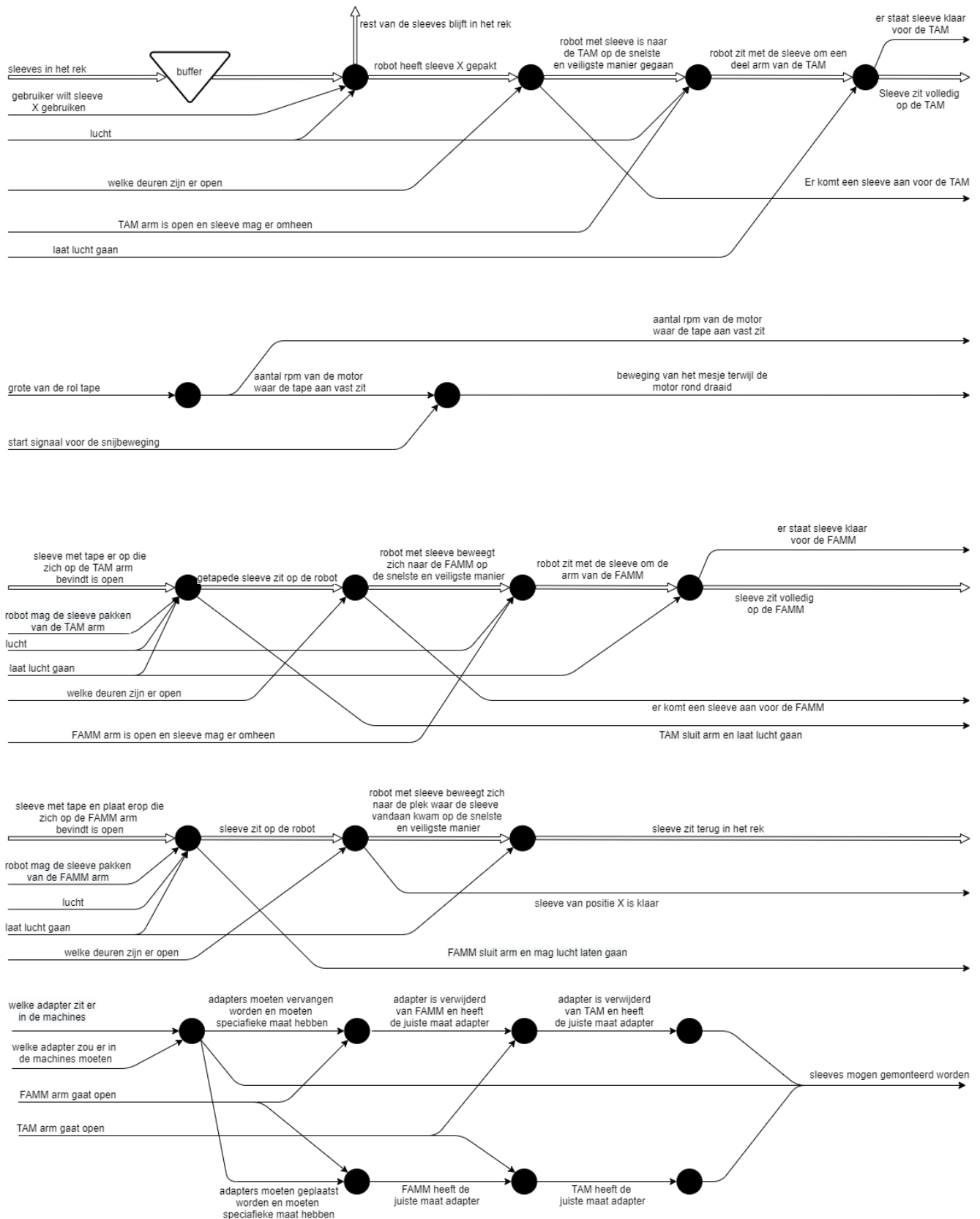
Voor het onderzoek naar deze eisen is er gekeken naar welke ontwikkelingen er al gedaan zijn en wat daarbij elektrotechnisch van belang is.

Als eerste het vasthouden van sleeves en adapters. De robot end of arm tool is zo ontworpen dat er tool wissels kunnen plaatsvinden. Door deze tool wissels kunnen er verschillende binnen diameters opgepakt worden. Deze tool wissels gebeuren door een bepaalde beweging van de robot en er is dus (nog) geen elektrotechnische apparatuur voor nodig. Het vasthouden van de sleeves en adapters is wel elektrotechnisch. Het beethouden wordt namelijk gedaan met behulp van pneumatiek. Als er lucht wordt doorgelaten dan wordt de sleeve of adapter beetgehouden. Als er geen lucht is dan kan de sleeve of adapter van de end of arm tool afglijden. Om lucht op zo'n slang te zetten, wordt er een 3/2 ventiel gebruikt en deze wordt aangestuurd door middel van een relais. Als er 24V DC op het relais wordt gezet dan schakelt het ventiel aan en komt er lucht op de end of arm tool en bij 0V dan schakelt het ventiel uit.

Het tapen en het snijden van de tape is een ontwikkeling die Taniq doet, maar doordat dit uiteindelijk in de RoboCell komt is het handig om te weten wat er voor de robot elektrotechnisch allemaal gebruikt wordt. Door bij Taniq langs te gaan, is er ontdekt dat er twee motoren zitten op de end of arm tool van de robot die het afwikkelen van het tape regelen. De ene motor wikkelt namelijk tape af en de andere motor wikkelt het schudfolie op. Er is hier ook ontdekt dat de snelheid waarmee dit gebeurt afhankelijk is van de dikte van de tape rol. Deze dikte wordt gemeten door een nauwkeurige afstandsmeter die ook op de robottool gevestigd zit.

Het snijden van de tape met het mesje gebeurt ook op de end of arm tool. Dit snijden gebeurt ook als een extra as. Een extra as voor de robot heeft als voordeel dat een beweging in die as synchroon loopt met een beweging van de robot. Het snijden van de tape gebeurt aan het begin van het tapen en aan het eind. Door het snijden en het afwikkelen synchroon te laten lopen komt er een mooie schuine afsnede van de tape. Daarnaast kan het mesje omhoog en omlaag en in een bepaalde hoek gezet worden. Als het mesje omlaag staat kan deze de tape niet raken. Het mesje omhoog zorgt dat deze kan snijden. De hoek van het mesje bepaald de hoek waarin de tape wordt gesneden. De links/rechts beweging zorgt voor de daadwerkelijke snijbeweging.

Het I/O diagram van de robot is belangrijk. De robot doet namelijk veel bewegingen in de cel. Dit is zo goed mogelijk in kaart geprobeert te brengen en heeft dan ook meer tijd gekost dan andere diagrammen. In het diagram zijn signalen van de FAMM en de TAM aangegeven, maar ook een stukje veiligheid. Het I/O diagram bevindt zich in figuur 14 op de volgende pagina.



Figuur 14: I/O diagram van de robot

Het eerste deel van het diagram geeft aan hoe de robot een sleeve pakt en deze om de mandrel van de TAM doet. Er zijn hier al een aantal signalen die gebruikt worden. Dit zijn communicatielijnen met de TAM, een lucht signaal die zorgt dat er lucht komt voor een proces, maar ook input van de gebruiker en een signaal dat aangeeft welke deur open is en waar de robot niet in de buurt mag komen. Er zijn hier dus een aantal signalen waar rekening mee gehouden moet worden.

Het tweede deel in dit diagram is een klein deel en geeft vooral aan wat de robot doet tijdens het tapen. Dit wordt ontwikkeld door Taniq en is dan ook minder interessant.

Het derde deel is echter wel weer interessant. De getapte sleeve gaat van de TAM naar de FAMM en ook hier worden dus veel communicatiesignalen weergegeven. Ook hier worden weer signalen gebruikt, zoals lucht en welke deuren er open zijn.

Ook is er een deel van het diagram dat de stappen laat zien die genomen worden nadat de FAMM klaar is met platen monteren op de sleeve. Hier zijn vooral communicatiesignalen te zien. Het eindresultaat is dat de sleeve terug staat op de plek waar deze vandaan is gehaald.

Tot slot wordt er onderaan in het diagram weergegeven wat de in- en uitgangen zijn van het verwisselen van adapters. Hierbij is het dus goed om te weten dat een machine moet weten welke adapter er zit op zijn mandrel. Anders kunnen deze stappen nooit doorlopen worden. De output geeft aan dat de opstelling goed is en de sleeve, die beplakt moet worden met platen, het proces in kan gaan.

Door de robot de stappen uit het diagram te laten volgen wordt er voldaan aan de volgende eisen:

- De robot moet met de FAMM en TAM kunnen communiceren.
- De robot moet kunnen wachten tot de FAMM/TAM klaar is voor de volgende stap in het proces.
- De robot moet met behulp van lucht de sleeves en adapters kunnen vasthouden.
- De robot moet de tape kunnen snijden.

De eis van het tapen werd bij het diagram van de TAM weergegeven. Deze eis is dus wel behaald, maar niet in het huidige diagram terug te vinden.

4.2.2 Eisen Platenlader

De eisen van de platenlader zijn onderverdeeld in de hoofdstukken:

- Eisen motoren 4.2.2.1
- Eisen sensoren 4.2.2.2
- I/O diagram platenlader 4.2.2.3
- Sigmatek PLC 4.2.2.4

De platen die op een rek liggen, moeten één voor één van het rek gehaald kunnen worden. In het ontwerp wordt de kar met platen omhoog gelift. Vervolgens gaat er een pick and place tool de plaat ophalen en afgeven. Dit moet elektrotechnisch geregeld worden en in dit hoofdstuk is te lezen hoe dat gerealiseerd werd.

De belangrijkste eisen voor de platenlader zijn:

- 1 Er mogen geen delay's in de code zitten.
- 2 De platenlader moet voor de implementatie eerst zelfstandig getest worden.

4.2.2.1 Eisen Motoren

Het zoeken naar deze motoren is samen gedaan met de ontwerper van de platenlader. Hier is uit voorgekomen dat de NEMA 42 twee keer wordt gebruikt voor de lift constructie en de NEMA 34 één keer voor de pick and place. Er is gekozen voor de NEMA 42 om de volgende redenen:

- De motoren kunnen genoeg vermogen leveren voor het tillen van het gewicht
- Het aantal Ampère is niet gigantisch hoog
- Het is een stapper motor
- De motoren zijn op voorraad bij AV Flexologic
- De bijbehorende drivers zijn op voorraad bij AV Flexologic
- De motoren hebben een rem

De NEMA 34 is gekozen vanwege:

- Het kleine formaat
- Het is een stapper motor
- De motor is op voorraad bij AV Flexologic
- De driver is op voorraad bij AV Flexologic
- De motor hoeft niet veel vermogen te hebben

De NEMA 34 en de NEMA 42 zijn gekozen en hierbij zijn de passende drivers gepakt. Er is als eerste gezocht naar een datasheet van de drivers. Het bleek dat deze onderdelen uit China komen en het bedrijf dus geen datasheet heeft. Het is dus lastig om dan het maximale stroomverbruik te achterhalen en daarmee te bepalen wat voor soort zekering er nodig is.

Om dit probleem op te lossen is er eerst besproken met de stagebegeleider wat het verwachte stroom verbruik is en dit zou liggen op ongeveer 4 à 5 Ampère. De oplossing waarvoor gekozen is, is dat de zekering zo gekozen werd dat deze veilig genoeg is. Wanneer er vervolgens blijkt dat de zekering er snel uitvliegt, wordt er een zekering gekozen die meer Ampère toelaat. Ook is er onderzocht dat er een piekstroombegrenzer gebruikt kan worden voor het beperken van de hoge stromen die tijdelijk kunnen optreden.

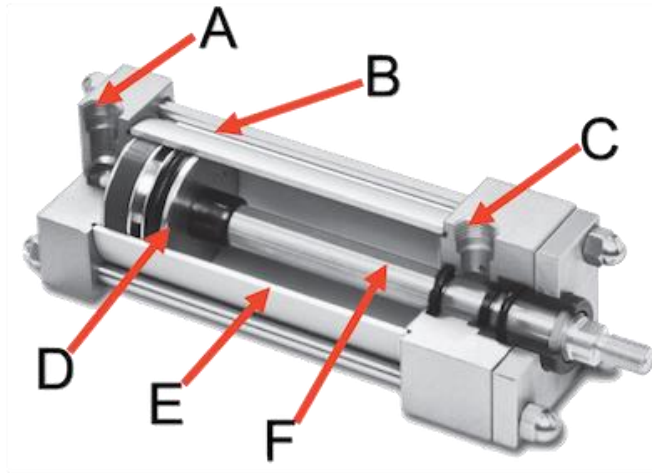
De eisen waar rekening mee zijn gehouden bij het kiezen van de motoren zijn:

- Moet testbaar zijn op zichzelf staand
- Moet makkelijk geïntegreerd kunnen worden door de RoboCell
- Moet 3 stappermotoren aansturen
- Moet veilig zijn

4.2.2.2 Eisen Sensoren

Voor het plaatsen van sensoren is op sommige punten in overleg gegaan met de ontwerper van de platenlader. Als eerste is er gekeken naar een mogelijkheid voor het initialiseren van de stappermotoren. Wanneer deze spanningsloos worden weten ze namelijk niet meer waar ze zijn en is het lastig om ze naar een bepaalde positie te sturen. Er is hierbij gekeken wat andere machines doen die dezelfde motoren gebruiken. Deze motoren gebruiken inductiesensoren en volgens de ontwerper zijn deze sensoren te plaatsen in het ontwerp. Dit houdt in dat er dus drie inductiesensoren in komen, voor alle motoren één.

Vervolgens is er gekeken naar een mogelijkheid om te kunnen herkennen of een cilinder in- en uitgeschoven is. Hierbij is eerst gedacht aan een afstandssensor, maar deze sensoren zijn vrij prijzig. Vervolgens is er gekeken of er een inductiesensor geplaatst kan worden bij de uiteindes. Dit was een mogelijkheid alleen zou het ontwerp er totaal anders uit komen te zien. Daarom is er dus verder gezocht en blijken er speciale sensoren voor cilinders te zijn. Dit zijn reedcontactjes en de werking wordt uitgelegd met behulp van figuur 15.



Figuur 15: pneumatische cilinder met gemonteerde reedcontactjes. [1]

Bij A en C kan er lucht naar binnen gelaten worden. Als er op punt A lucht naar binnen gaat, dan is er geen luchtdruk meer aan de kant van C. De schijf D zal daarom richting C verplaatsen. Wanneer er weer lucht op C komt, is er geen lucht meer op A en zal schijf D dus weer teruggaan. Schijf D is magnetisch en die reedcontactjes zitten aan de behuizing. Wanneer schijf D op een uiteinde is, ziet de reedcontact dit door magnetische werking en daarmee weet je of de cilinder in- of uitgeschoven is.

Verder is er nog nagedacht over het herkennen of er wel daadwerkelijk een kar met platen aanwezig is. Aangezien de kar zelf van metaal is en er al voor inductiesensoren gekozen is voor de motoren, is de keuze op inductiesensoren gevallen. Uiteindelijk zijn er twee inductiesensoren geplaatst om zeker te weten dat de kar recht staat.

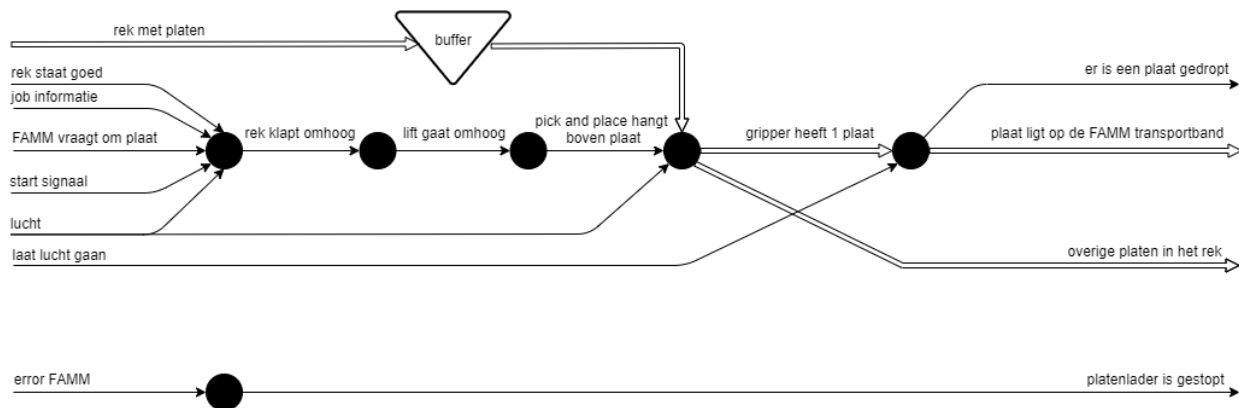
Tot slot wordt er nog een drukknop toegevoegd aan de buitenkant van de RoboCell. Deze drukknop drukt de gebruiker in om aan te geven dat het rek geplaatst is en de lift een klein beetje omhoog mag. Door dit te doen, wordt er met behulp van de bijbehorende inductiesensor gekeken of de kar goed gepositioneerd is. Wanneer de lift namelijk een klein beetje omhooggaat, zorgt het ontwerp ervoor de het rek goed op de lift komt. Als het rek fout gepositioneerd is, zal de lift het rek optillen en dan merkt de inductiesensor dat er iets fout is.

De eisen waaraan voldaan wordt door de implementatie van de sensoren zijn:

- Moet voor de implementatie zelfstandig getest worden
- Moet makkelijk geïntegreerd kunnen worden door de RoboCell
- Moet veilig zijn

4.2.2.3 I/O diagram platenlader

Ook voor de platenlader is er een I/O diagram gemaakt en dit diagram is weergegeven in figuur 16.



Figuur 16: I/O diagram van de platenlader

Het diagram van figuur 16 is samen met de ontwerper besproken en hierbij werd vooral de volgorde van de processen besproken. Zo moet eerst het rek omhoog, dan de lift omhoog en daarna gaat de pick and place bewegen. Deze volgorde is uiteindelijk voor het programmeren van belang. Voor de ontwerper is het al eerder van belang en dus is het handig dat het diagram besproken is, zodat iedereen weet wat de bedoeling is.

Het diagram geeft aan dat de eis: “Er moet gecommuniceerd worden met de FAMM” wordt behaald.

4.2.2.4 Sigmatek PLC

De logica in het systeem van de platenlader moet geregeld worden door een Sigmatek PLC. Het bedrijf gebruikt in (bijna) alle machines zo’n PLC en dus willen ze de platenlader ook voorzien van een Sigmatek PLC. Daarnaast is er door de softwareontwikkelaar van het bedrijf de beschikbare kennis om na het vertrek van de student makkelijk aanpassingen te kunnen verrichten.

Sigmatek bestaat uit verschillende modules die aan elkaar te klikken zijn. Er is dan ook gekozen voor de modules:

- één CPU module (incl. Power supply)
- één digitale input module van zestien digitale ingangen en vier counter ingangen
- één digitale output module
- drie stapper modules

De keuze van de CPU en de drie stapper modules spreken voor zich. Verder gebruikt het bedrijf de zestien ingangen + encoder ingangen al en dus is er meer standaardisatie en doordat er precies zestien ingangen nodig zijn, zijn er vier ongebruikte ingangen over voor latere toepassingen. De keuze voor de output module was vrij makkelijk, want er zijn tien uitgangen nodig en de kleinste module bestaat uit zestien uitgangen.

De eis waaraan wordt voldaan is:

- Er moet een Sigmatek PLC worden gebruikt

4.3 NEN normen

Tijdens de stage is er ook een klein onderzoek gestart naar de NEN normen die betrekking hebben op de besturingskast. Hierbij is eerst gekeken naar welke normen er van toepassing zijn voor een besturingskast. Vervolgens is er gekeken of deze normen te verkrijgen zijn. De NEN normen worden (natuurlijk) als een valide bron gezien en voor de NEN normen die nodig waren voor de stage zijn de laatst uitgebrachte normen gebruikt. Dit zijn de:

- NEN-EN-IEC 61439-1:2011 Laagspanningsschakel-en-verdeelinrichtingen 4.3.1
- NEN-EN-IEC 60204-1:2018 machine veiligheid 4.3.2.

4.3.1 NEN-EN-IEC 61439-1:2011 Laagspanningsschakel-en-verdeelinrichtingen

Deze norm gaat over de besturingskast zelf en alle informatie is uit bron [3] gehaald. Deze norm is volledig doorgelezen en alle belangrijke punten zijn tussendoor genoteerd. De niet belangrijke punten zijn bijvoorbeeld voordehand liggende zaken of zaken die niet van toepassing zijn op de te bouwen besturingskast. Voor veel genoemde delen kan men zijn boerenverstand gebruiken om in te zien dat iets niet mag of kan. In dit hoofdstuk wordt dan ook alleen behandeld wat belangrijk genoeg was voor de student om mee te nemen. Zaken zoals het aarden van een component met de draadkleur geel/groen zal dus niet besproken worden. Deze zaken spreken namelijk voor zich.

4.3.1.1 Hoofdstuk 6, informatie

Paragraaf 6.2 geeft aan dat spanningen en stromen in de bijgeleverde documentatie moeten komen. Dit houdt dus in dat er in EPLAN rekening gehouden moet gaan worden met waar welke spanning en stroom aanwezig is.

Tot slot was paragraaf 6.3 interessant voor het opbouwen van de kast. 6.3 zegt namelijk dat op componenten een codering moet komen. De naamgeving in EPLAN moet dus uiteindelijk ook op de componenten komen.

4.3.1.2 Hoofdstuk 8, constructie-eisen

In 8.4.1 staat dat de toestellen en stroomketens zo moeten worden aangebracht dat onderhoud makkelijk uitvoerbaar is. Dit houdt dus in dat het niet alleen makkelijk is voor de student om zijn eigen werk te verbeteren, maar dat het ook nog eens verplicht is.

Paragraaf 8.5.5 geeft aan dat bedieningsorganen zoals hendels, drukknoppen enz. tussen 0,2 m en 2 m moeten zitten in de schakelkast en indien het minder dan eenmaal per maand wordt gebruikt mag het zich tot 2,2 m bevinden. Dit houdt dus in dat eventuele hendels in de schakelkast niet zomaar ergens geplaatst mogen worden.

Paragraaf 8.6.3 geeft aan dat er één geleider op een aansluitklem mag en er alleen twee of meer mogen wanneer de klem daarvoor ontworpen is. Dit houdt in dat er tijdens het ontwerp gekeken moet worden of componenten geschikt zijn voor meerdere geleiders of dat er gekeken moet worden naar een andere oplossing.

Paragraaf 8.6.5 is een belangrijk hoofdstuk. Dit hoofdstuk geeft namelijk aan dat ook de kabels gelabeld moeten worden en dat dit moet overeenkomen met de documentatie. Dit houdt dus in dat alle kabels

een markering moeten hebben die overeenkomen met de elektrotechnische tekeningen. De componenten moesten dit ook al volgens 6.3 en dus zal er veel gelabeld moeten gaan worden.

4.3.1.3 Hoofdstuk 11, routinebeproeving

Hoofdstuk 11 gaat over inspecties die uitgevoerd moeten worden op elke kast. Dit houdt in dat deze testen ook op de te maken kast uitgevoerd zullen worden. Om de kwaliteit te waarborgen is er genoteerd welke inspecties er door de student uitgevoerd zouden kunnen worden. Inspecties die niet uitgevoerd kunnen worden, omdat de apparatuur daarvoor niet aanwezig is, worden gelaten voor wat ze zijn.

In 11.2 wordt benoemd dat er visueel gekeken moet worden naar de omhulsels. Dit houdt in dat er gekeken moet worden of er geen behuizingen van componenten beschadigd zijn.

In 11.4 worden twee dingen genoemd die uitgevoerd zouden kunnen worden. De eerste is het controleren van de veiligheidsstroomketens door visuele inspectie. De tweede is steekproefsgewijs de schroef- en boutverbindingen controleren of dat deze voldoende strak zijn aangehaald. Beide dingen zouden door de student uitgevoerd kunnen worden.

4.3.2 NEN-EN-IEC 60204-1:2018 Veiligheid van machines - Elektrische uitrusting van machines

De "NEN-EN-IEC 60204-1:2018 Veiligheid van machines - Elektrische uitrusting van machines - Deel 1: Algemene eisen" is gebruikt en dit gehele hoofdstuk bevat informatie uit de bron [4]. Deze NEN norm is als tweede gelezen en is niet volledig doorgelezen. Dit is gedaan, omdat het doornemen van de normen langer duurde dan verwacht. Hierdoor verliep de planning niet meer goed en is ervoor gekozen om de NEN normen te laten voor wat het is. De meeste informatie is namelijk al binnen het bedrijf en meer tijd in de NEN normen stoppen is door de student en het bedrijf dus niet nodig bevonden. Daarnaast is de huidige NEN norm eentje die over veiligheid gaat en ook hierbij is lang niet alles interessant. De meeste componenten geven namelijk al aan hoe iets aangesloten moet worden. Als dat opgevolgd wordt dan voldoet het (als het goed is) al aan de norm. Er zijn nog wel een aantal punten van deze NEN norm opgeschreven die in dit hoofdstuk behandeld zullen worden.

4.3.2.1 Hoofdstuk 5, Aansluitklemmen voor inkomende voedingsleidingen en scheiders en schakelaars

In paragraaf 5.4 staat dat er een bescherming moet zijn tegen onverwacht inschakelen. Deze bescherming moet kunnen voorkomen dat er tijdens onderhoud de machine (of een deel ervan) kan inschakelen. Dit houdt in dat er een component gezocht moet gaan worden die zo iets kan voorkomen.

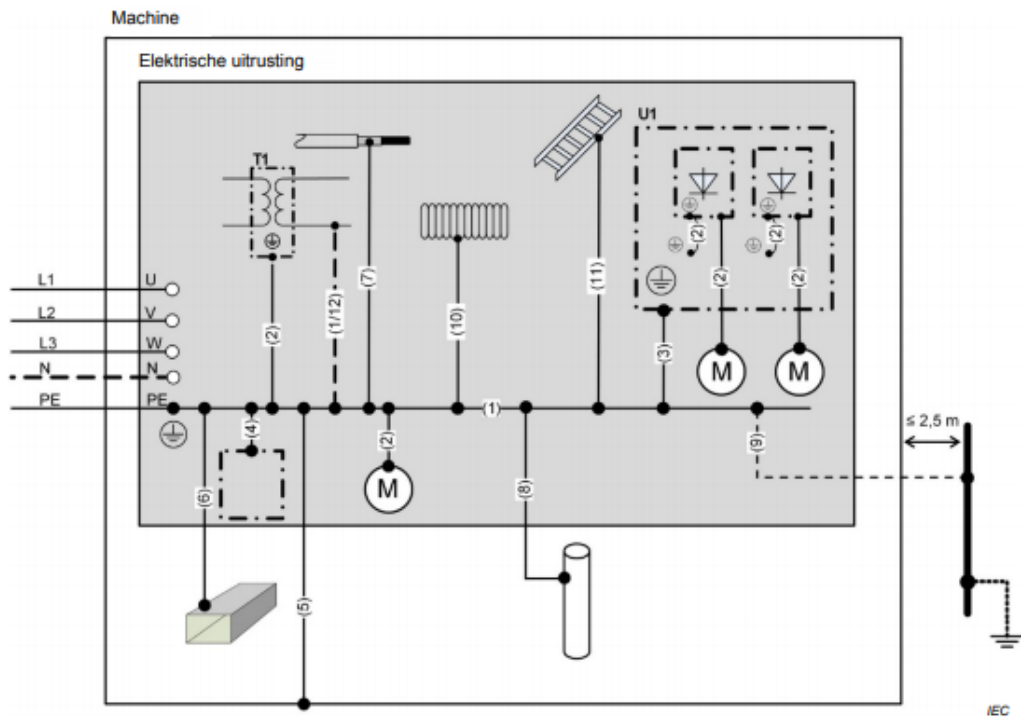
5.6 gaat verder op 5.4 en zegt dat het onbevoegd of onbedoeld inschakelen moet kunnen worden voorkomen door bijvoorbeeld hangsloten of mechanische sleutelvergrendeling. Hiermee zou inschakelen verhinderd moeten worden.

4.2.2.2. Hoofdstuk 7, beveiliging van uitrusting

In paragraaf 7.10 wordt aangegeven dat de kortsluitstroomwaarde van de elektrische uitrusting moet worden vastgesteld. Dit valt buiten de scope van het project, maar is weliswaar handig voor het bedrijf om te weten.

4.2.2.3 Hoofdstuk 8, potentiaalvereffening

8.1 laat een afbeelding zien die ook te zien is in figuur 17.



Beschermingsketen:	
(1)	Onderlinge verbinding van beschermende geleider(s) en de aardklem (PE)
(2)	Aansluiting van aanraakbare geleidende delen, metalen gestellen
(3)	Beschermingsleiding verbonden met de montageplaat van een elektrische uitrusting die als beschermingsleiding wordt gebruikt
(4)	Aansluiting van geleidende constructieve delen van de elektrische uitrusting *
(5)	Geleidende constructieve delen van de machine **
Met de beschermingsketen verbonden delen die niet als beschermingsleiding mogen worden gebruikt:	
(6)	Buigzame of stijve metalen kabelgoten
(7)	Kabels met metalen scherm of armering
(8)	Metalen leidingen die brandbare materialen bevatten
(9)	Vreemde geleidende delen, indien onafhankelijk van de voeding van de machine geaard en die oorzaak kunnen zijn van potentiaalversleping, in het algemeen versleping van de aardpotentiaal, (zie 17.2 d)), bijvoorbeeld: metalen leidingen, hekken, ladders, leuningen.
(10)	Buigzame of buigbare metalen leidingen
(11)	Beschermende potentiaalvereffening van steundraden, kabelbanen en kabelladders
Verbindingen naar de beschermingsketen om functionele redenen:	
(12)	Functionele potentiaalvereffening
Legenda van referentieaanduidingen:	
T1	Stuurstroomtransformator
U1	Montageplaat met elektrische uitrusting

Figuur 17: PE verbindingen. Afbeelding uit de NEN-EN-IEC 60204-1:2018 [4]

8.1 gaat over potentiaalvereffening en in de tabel die figuur 17 bevat staat bij nummer 9: “hekken”. Aangezien de RoboCell een hekwerk bevat, kan het dus handig zijn voor het bedrijf om te kijken of dit ook het geval is voor de huidige opstelling. Deze norm gaat over machine veiligheid en het kan dus zomaar zo zijn dat het hekwerk niet als deel van de machine wordt gezien.

4.2.2.4 Hoofdstuk 10, bedieningsinterface en bedieningsorganen op de machine

In 10.3.2 staat wat voor kleur er gebruikt mag worden voor signalering. Zo staat er uitgelegd dat groen alleen voor normale situatie gebruikt mag worden, rood alleen voor gevaarlijke situatie en blauw voor ingrijpen geboden.

4.2.2.5 Hoofdstuk 11, schakelmaterieel: opstelling, montage en omhulsels

In 11.2.2 staat dat niet-elektrische delen en toestellen niet geplaatst mogen zijn binnen het omhulsel dat schakelmaterieel bevat. Dit is een belangrijke norm want dit houdt in dat er geen pneumatiek in de besturingskast mag.

5 Gedetailleerde uitwerking van het gekozen ontwerp

Tijdens de stage zijn er meerdere resultaten behaald. Eén van de resultaten is het ontwerp dat gemaakt is in EPLAN. Hierin is te vinden hoe alles verbonden is met elkaar en is het eerste echte eindresultaat. De belangrijke aspecten van de ontwerpen worden besproken. Het EPLAN ontwerp van de platenlader is te vinden in 5.1.1 en het EPLAN ontwerp van de RoboCell staat in 5.2.1.

Ook is er met LASAL aan de slag gegaan. Dit is een programmeer omgeving voor de Sigmatek PLC die gebruikt wordt voor de platenlader 5.1.2. Tot slot is er een schakelkast gemaakt. Deze is gemaakt aan de hand van het ontwerp in EPLAN. Deze schakelkast voldoet aan de NEN normen die in paragraaf 4.2 genoemd zijn. Meer informatie over de schakelkast is te lezen in 5.2.2.

5.1 Platenlader uitwerking

De platenlader bestaat uit een deel documentatie in EPLAN, een deel software in LASAL en een deel testen. Dit samen maakt de platenlader tot eindresultaat. Als eerste wordt het EPLAN ontwerp besproken. Hierin wordt uitgelegd waarom er voor bepaalde onderdelen is gekozen. Vervolgens wordt de gemaakte code besproken. Hierin wordt de manier van programmeren behandeld en tot slot wordt het resultaat besproken dat is voortgekomen uit het testen.

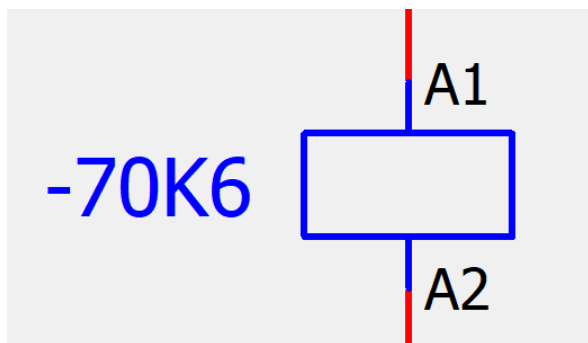
5.1.1 EPLAN ontwerp

Tijdens de stage is een belangrijk deel de ontwerpkeuzes gemaakt in EPLAN. Veel keuzes zitten verwerkt in het ontwerp dat gemaakt is in EPLAN. Veel van het werk in EPLAN is door de student thuis uitgevoerd vanwege de overheidsmaatregelen m.b.t. het Coronavirus. Dit heeft nadelige gevolgen gehad, omdat de student hierdoor de EPLAN Education moest gebruiken en een gemaakt bestand in EPLAN Education niet overgezet kan worden naar een betaalde versie van EPLAN. Hierdoor is er meer werk verricht worden om de gemaakte EPLAN documentatie in de andere documentatie te krijgen.

5.1.1.1 EPLAN documentatie

Tijdens de stage is eerst gewerkt aan de EPLAN documentatie van de platenlader. Dit is gedaan, omdat dit een kleiner gedeelte is van de RoboCell en dus ook minder complex in tegenstelling tot de RoboCell zelf. De documentatie van de RoboCell is later gedaan, want er was toen meer bekend over wat de RoboCell moet kunnen en er is ervaring opgedaan bij het maken van de EPLAN platenlader.

In beide EPLAN versies is gewerkt met de manier van documenteren die voor het bedrijf gebruikelijk is. Deze manier van documenteren is componenten laten beginnen met het cijfer van de pagina waar ze staan. Vervolgens komt er een letter die staat voor de functie. Dit is over het algemeen een gebruikelijke letter, zo is de letter 'F' gebruikelijk voor een 'fuse' en dus zijn deze letters zo veel mogelijk standaard geprobeerd te houden. Tot slot volgt er een getal dat aangeeft in welke kolom het component zich bevindt in EPLAN.



Figuur 18: documentatie manier in EPLAN

Op deze manier is er terug te vinden waar een component staat vermeld in de documentatie wanneer er onderhoud uitgevoerd moet worden aan de kast. Het component -70K6 van figuur 18 staat dus op pagina 70, is een relais en is te vinden in kolom 6. Voor kabels geldt dat er eerst de letter 'W' staat, vervolgens in drie getallen de pagina en aansluitend in twee getallen welke kolom. Kabel -W10001 staat dus op pagina 100 en kolom 1.

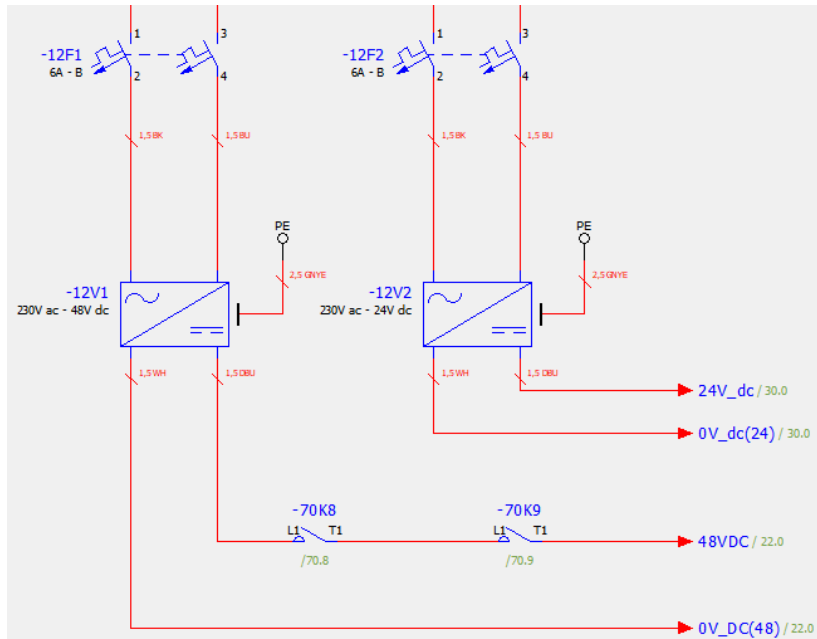
5.1.1.2 I/O signalen

De documentatie van de platenlader bestaat uit zestien pagina's ontwerp. Er wordt besproken hoe er te werk is gegaan bij het maken van de zestien pagina's aan ontwerp en enkele gevallen zullen verder worden toegelicht. In de bijlage 9.2 staat het gehele ontwerp en er zullen enkele implementaties extra worden toegelicht.

Van de onderzoeksfase was er bekend dat er drie stappermotoren aanwezig waren waarvan er twee een rem hebben, drie cilinders, een vacuüm grijper, vier inductiesensoren en vier reedcontactjes. Verder is er uit de I/O diagrammen gebleken dat er communicatie van en naar de FAMM moet gaan.

- het makkelijker te programmeren is voor de student
- er een strakke deadline is
- het Coronavirus de communicatie belemmerd

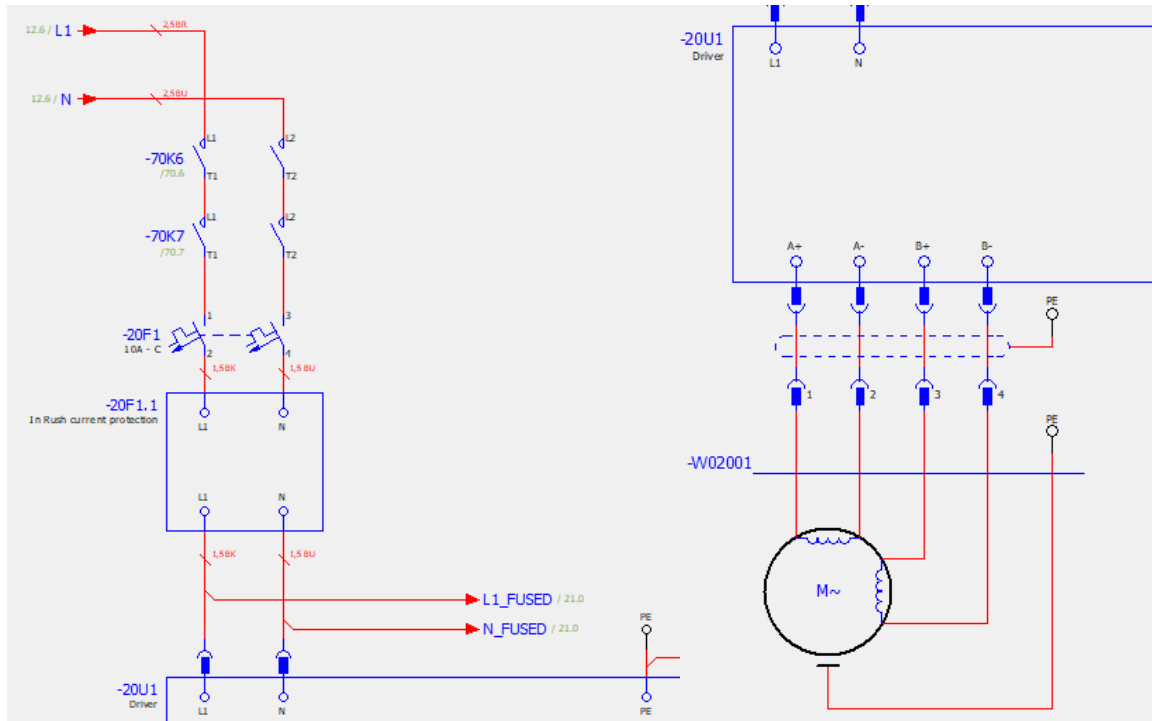
5.1.2.3 Power supply's



In figuur 19 zijn twee power supply's te zien. De ene voor 48V DC en de andere 24V DC. De 48V DC zit in de schakeling om de NEMA 34 te voeden. Verder kan de 48V power supply genoeg stroom leveren voor de motor. Daarnaast zitten er ook nog twee relais die geschakeld worden door de veiligheids-PLC van de RoboCell. Deze relais zitten na de 48V power supply, zodat de motor direct wordt uitgeschakeld bij bijvoorbeeld een noodstop.

51

5.1.2.4 motor drivers



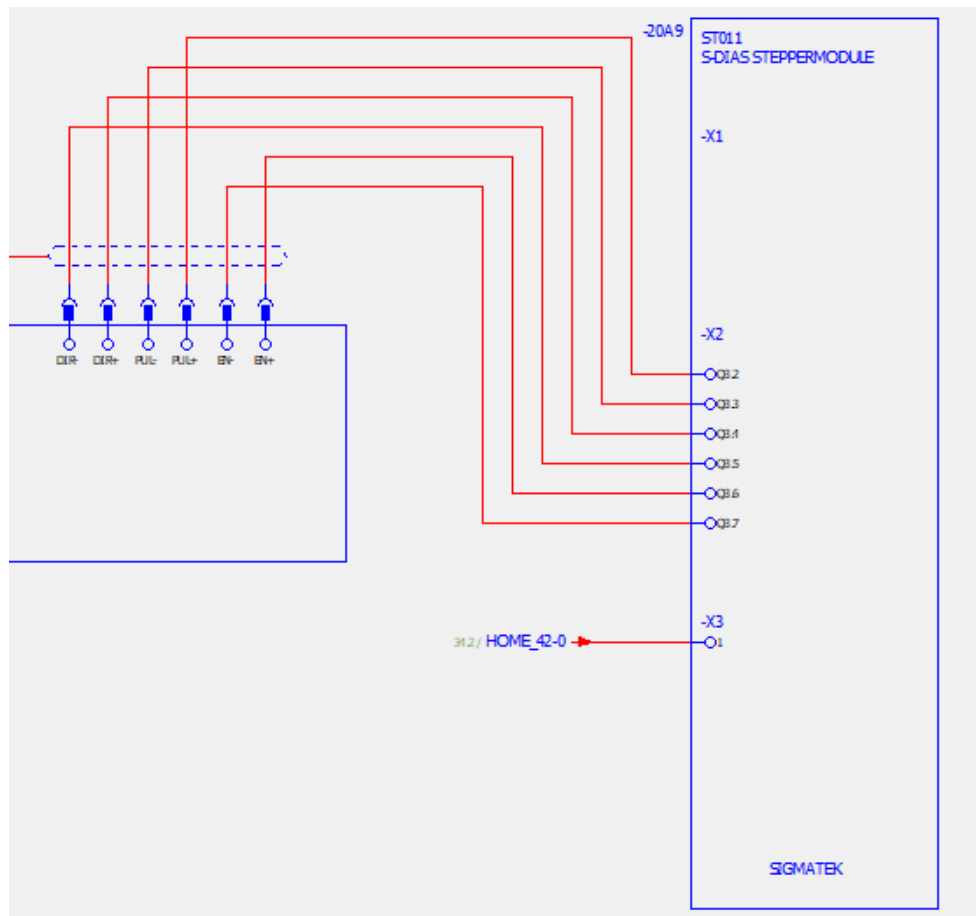
Figuur 20: EPLAN tekening van driver en motor

Na de power supply's komen de drivers met motoren in de documentatie. Deze zijn een aantal pagina's verderop geplaatst, omdat er dan ruimte is om eventueel later pagina's tussen de drivers en de voedingen te plaatsen. De drivers met motoren zijn na de power supply's geplaatst, omdat hier meer informatie over bekend was dan over de aansluitingen van sensoren op de PLC.

In figuur 20 is één van de drie pagina's te zien die een driver met stappenmotor bevat. Deze motor pagina gaat over een NEMA 42 en zoals te zien is komt er 230V AC binnen. Deze gaat door de 10A zekering met C karakteristiek. Deze zekering is gekozen aan de hand van de schatting (die te lezen is in het onderzoek) van 4 á 5 Ampère per driver. Vervolgens gaan beide NEMA 42 motoren nog door een current limiter. Deze is 16A en dit houdt in dat de hoge piekstromen niet boven de 16A kunnen komen en daarmee wordt de inkomende 16A gezeekerde spanning van 230V AC beveiligd.

Verder wordt voor de motor nog een speciale connector gebruikt. De connector wordt met de mannelijke kant vastgezet aan de kabel van de motor en de vrouwelijke kant wordt aangesloten op een motorkabel die aan de driver gevestigd zit.

Tot slot zijn alle drivers voorzien van groene connectoren waar de draden of kabel in komen. Dit is ook weergegeven in EPLAN door een mannelijk en vervolgens een vrouwelijk aansluitpunt dicht bij de driver te zetten.

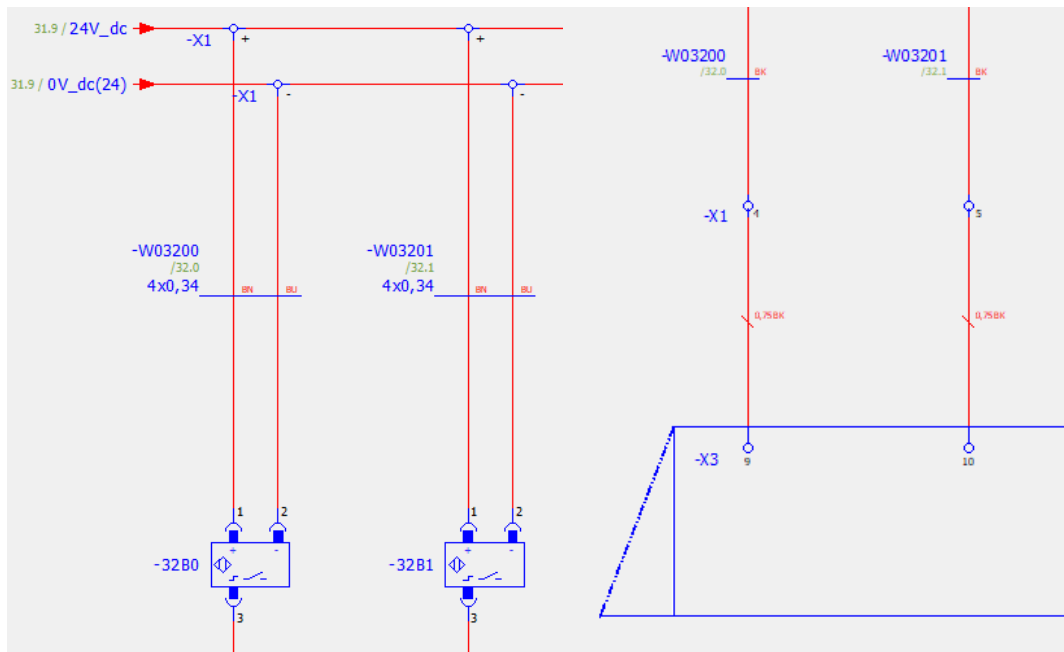


Figuur 21: EPLAN tekening van stappermodule die de driver aanstuurt

Vervolgens wordt er de 230V AC aangesloten op de driver en hierbij komt ook de PE aansluiting. Verder komt er als inkomend signaal nog de aansturing vanuit een ST011 stappermodule van de PLC. Dit is te zien in figuur 21. Deze kabel is een puls-richting kabel die het bedrijf standaard gebruikt voor deze toepassing. Deze kabel heeft een beschermingslaag en die wordt aangesloten op het PE-aansluitpunt van de driver. Hiermee worden storingen opgevangen en naar de aarde gestuurd.

5.1.2.5 PLC ingangen

Na de pagina's van de drivers komen de PLC ingangen. Als eerste is er opgesteld welke input op welk kanaal komt van de PLC.



Figuur 22: EPLAN tekeningen van PLC ingangen

In figuur 22 zijn een aantal sensoren te zien. Deze sensoren zijn reedcontactjes en hebben hetzelfde symbool als inductiesensoren. Ze hebben dan ook dezelfde soort klemmen gekregen. Verder is er te zien dat de sensor 24V DC en 0V DC binnenkrijgt en vervolgens gaat er een draadje, via de klemmenstrook -X1, de PLC binnen.

Verder zijn er ook ingangen die uit één draadje bestaan. Dit zijn draden van bijvoorbeeld de FAMM naar de platenlader. Deze signalen zijn te zien in de bijlage 9.2.

5.1.2.6 PLC uitgangen

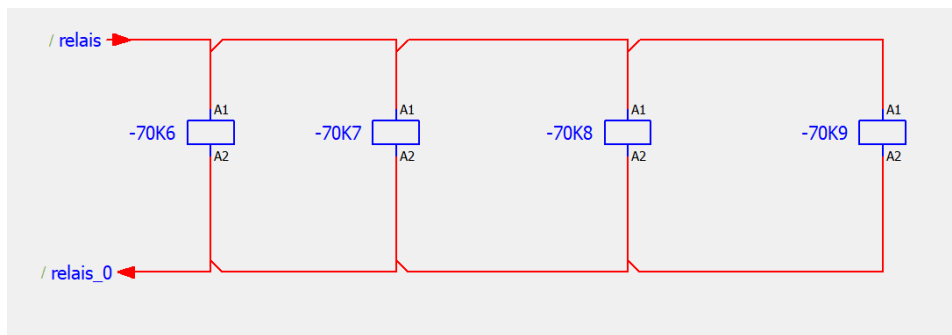
DO	uitgang
5/2 globale hoogte	1
5/2 nauwkeurige hoogte	2
3/2 gripper	3
5/2 pusher	4
PLC safety	7
PLC safety	8
FAMM	9

Tabel X: uitgangen van de PLC

Voor de uitgangen van de PLC is als eerste een tabel opgesteld met welke output waar komt. Deze is te zien in tabel X. Aan de hand hiervan is het ontwerp in EPLAN gemaakt. De eerste vier uitgangen zijn voor het aansturen van cilinders en de gripper. Op de uitgangen 5 en 6 stonden de remmen van de NEMA 42 motoren. Later bleek dat de uitgangen van de PLC niet genoeg Ampère konden leveren voor de remmen. Op de uitgangen 7, 8 en 9 staan signalen die gestuurd worden naar de FAMM en de veiligheids-PLC.

5.1.2.7 motor remmen

De NEMA 42 motoren hebben een rem. Deze remmen worden bij een stop signaal van de veiligheids-PLC uitgeschakeld. Door de remmen spanningsloos te maken, gaan de remmen op de motoren.



Figuur 23: EPLAN tekening van de schakelende relais

In figuur 23 is te zien welke relais geschakeld worden door de veiligheids-PLC. Deze relais zijn standaard hoog en worden door de PLC afgeschakeld. Hiermee worden de signalen van de relais laag en schakelen ze uit. De relais werken in setjes van twee en hiermee worden de drivers en de remmen dubbel uitgevoerd voor meer veiligheid.

5.1.2 LASAL code

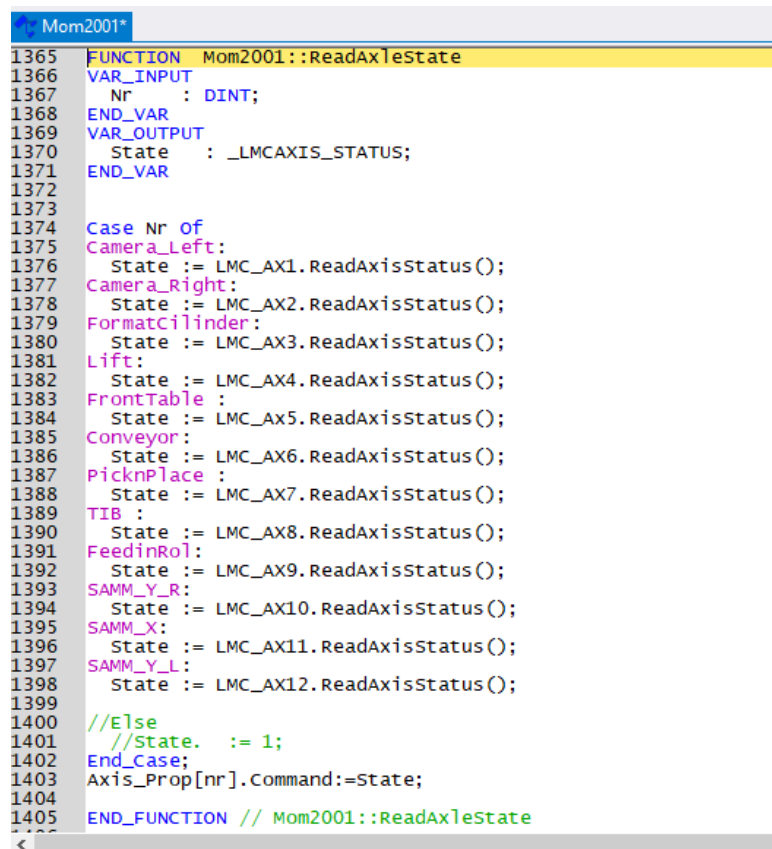
Het programmeren werd gedaan in ST. De gehele code is te vinden in de bijlage en in dit hoofdstuk zullen enkele onderdelen worden uitgelicht. In hoofdstuk 5.1.2.1 wordt besproken hoe de code is onderzocht. Er valt hier te lezen hoe de student heeft achterhaald op wat voor manier de code in elkaar steekt. Verder valt er in 5.1.2.2 te lezen hoe de platenlader geprogrammeerd is. De code zelf staat in de bijlage 9.9. Tot slot is ook de gehele statemachine te vinden in de bijlage 9.8.

5.1.2.1 Onderzoek naar PLC software

Voor de platenlader wordt een Simatek PLC gebruikt. Deze PLC wordt geprogrammeerd met behulp van LASAL. Omdat de bestaande code geïntegreerd moet worden en de gebruikelijke programmeertaal moet worden gebruikt, is er een onderzoekje gedaan naar deze factoren.

Nadat de software van de FAMM 3.0 binnen was gekomen, is er gekeken naar welke software er werd gebruikt. Vanwege het Coronavirus was de persoon die over de software ging niet te bereiken en dus is er zelf op onderzoek uit gegaan. Er is gevonden dat de programmeertaal ST (Structured Text) is en dit is gevonden door te kijken naar welke talen er gebruikt mogen worden voor PLC programmeren.

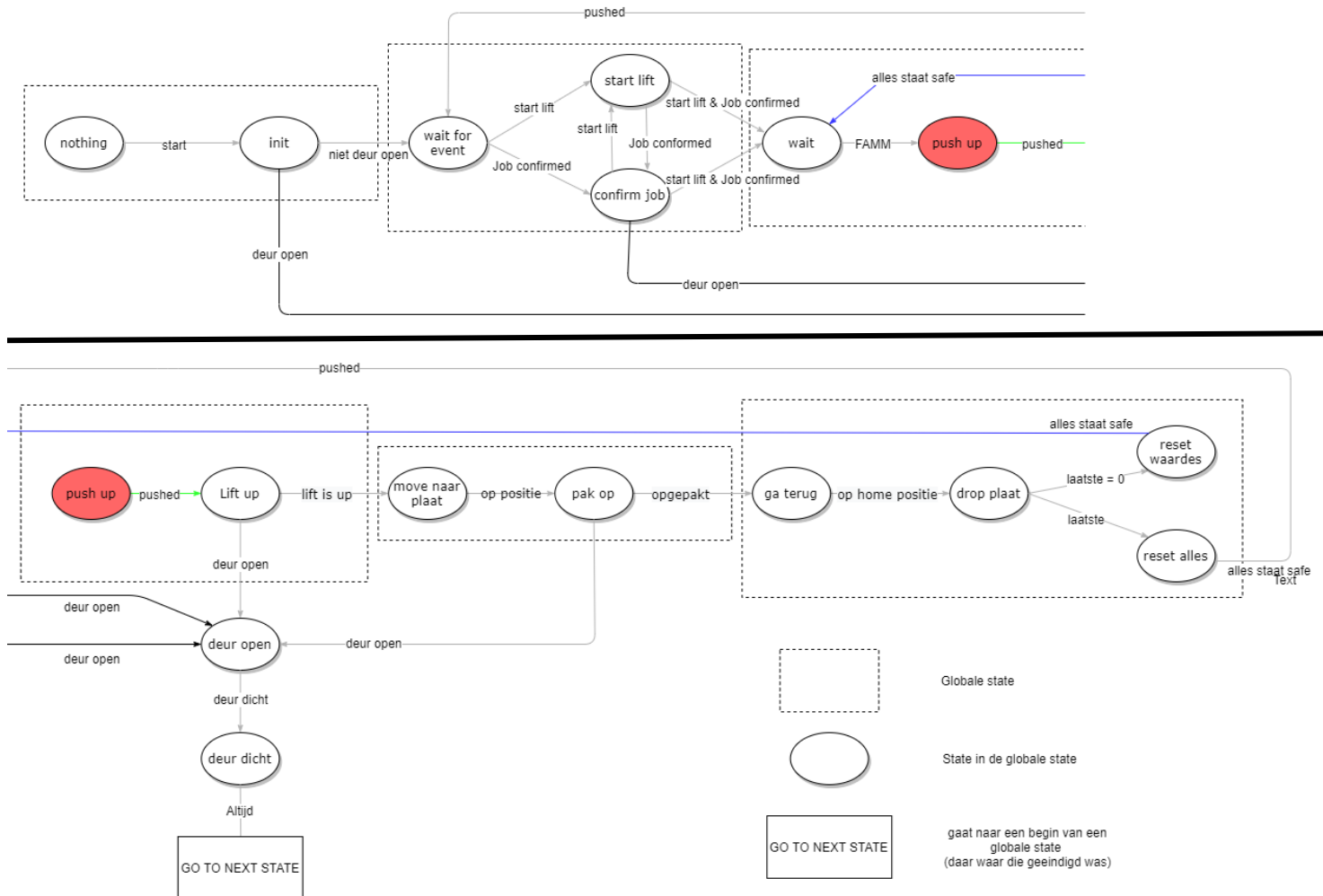
Naast het uitzoeken van de taal is er parallel gekeken naar hoe de code in elkaar steekt. In figuur 24 staat een voorbeeld van een deel code dat gekregen is.



```
1365 FUNCTION Mom2001::ReadAxisState
1366 VAR_INPUT
1367   Nr : DINT;
1368 END_VAR
1369 VAR_OUTPUT
1370   State : _LMCAXIS_STATUS;
1371 END_VAR
1372
1373
1374 Case Nr of
1375   Camera_Left:
1376     State := LMC_AX1.ReadAxisStatus();
1377   Camera_Right:
1378     State := LMC_AX2.ReadAxisStatus();
1379   FormatCylinder:
1380     State := LMC_AX3.ReadAxisStatus();
1381   Lift:
1382     State := LMC_AX4.ReadAxisStatus();
1383   FrontTable :
1384     State := LMC_AX5.ReadAxisStatus();
1385   Conveyor:
1386     State := LMC_AX6.ReadAxisStatus();
1387   PicknPlace :
1388     State := LMC_AX7.ReadAxisStatus();
1389   TIB :
1390     State := LMC_AX8.ReadAxisStatus();
1391   FeedinRol:
1392     State := LMC_AX9.ReadAxisStatus();
1393   SAMM_Y_R:
1394     State := LMC_AX10.ReadAxisStatus();
1395   SAMM_X:
1396     State := LMC_AX11.ReadAxisStatus();
1397   SAMM_Y_L:
1398     State := LMC_AX12.ReadAxisStatus();
1399
1400 //Else
1401 //State. := 1;
1402 End_Case;
1403 Axis_Prop[nr].Command:=State;
1404
1405 END_FUNCTION // Mom2001::ReadAxisState
```

Figuur 24: deel code van de FAMM 3.0 in ST

Informatie die uit dit soort stukken code is gehaald, is dat alle code in één bestand staat en onder elkaar staat. In figuur 24 is te zien dat de 'functie' van regel 1365 tot en met 1405 gaat. Er worden dus geen 'libraries' gebruikt door het bedrijf. Verder is er te zien dat er functies aangemaakt kunnen worden door middel van FUNCTION en dat ze gesloten kunnen worden met END_FUNCTION. De input variables worden gedefinieerd met VAR_INPUT en END_VAR en de uitgangen met VAR_OUTPUT en END_VAR. Tot slot is er opgevallen dat de 'command lines' worden begonnen met "//". Dit is ook handig om te weten.



Figuur 25: statemachine van de platenlader

Ook is er onderzocht hoe de code er uiteindelijk uit moet komen te zien. Dit is gemaakt aan de hand van een statemachine. Deze statemachine is te zien in figuur 25. Vanwege de omvang en de werking van code is er gekozen om een state van de statemachine soms op zichzelf ook weer een statemachine te laten zijn. Voor het bedrijf is dit een gebruikelijke manier en daarom is er gekozen om ook deze manier te hanteren.

In figuur 25 zijn de geribbelde vierhoeken de globale states. In de globale states is te zien wat er in die state gebeurt. De ovale cirkels geven de interne states aan. De eerste globale state heeft twee states in zich, genaamd “nothing” en “init”. Verder is het handig om te weten dat alleen naar de volgende state wordt gegaan als de voorwaarde geldt. Wanneer de voorwaarde niet geldt, zal er gewacht worden tot er wel aan de voorwaarde wordt voldaan.

De statemachine bestaat globaal uit:

1. initialiseren
2. plaat voorbereiden
3. plaat oppakken
4. plaat wegleggen
5. vervolgens resetten en weer een plaat voorbereiden

Bij de ‘plaat voorbereiden’ state in figuur 25 is de statemachine in tweeën gesplitst. Om het overzicht te behouden is er door verschillende kleuren dezelfde signalen of states weergegeven. De kleuren zijn enkel om dezelfde signalen of states weer te geven en staan dus niet voor een bepaalde functie.

5.1.2.2 geprogrammeerde code in ST

Tijdens het programmeren is ervoor gekozen om alle states als functies aan te roepen. De globale states uit de statemachine roepen dan cyclisch de functie aan. Op deze manier wordt ervoor gezorgd dat een state net zo lang wordt aangeroepen tot deze klaar is.

```
CASE GlobalPlateState OF
  0: //init and reset
    PlateLoaderInit();
    GlobalPlateState := 2;

  2: // lift rack
    ConfirmJob();
    GlobalPlateState := 4;
OR
  StartupLift(0);
  GlobalPlateState := 3;

  3: //confirm job
    ConfirmJob();
    GlobalPlateState := 5;

  4: //start lift
    StartupLift(0);
    GlobalPlateState := 5;

//*****
  5: //prepare plate
    PreparePlate(0); //1 if everything is ready
    GlobalPlateState := 10;
//*****
  10: //plate pickup
    PlatePickup(0); //1 if everything is ready
    GlobalPlateState := 15;
//*****
  15: //plate drop
    PlateDrop(0); //1 if everything is ready
    GlobalPlateState := 20;
//*****
  20: //done?
    if (LastPlate = 1) then
      GlobalPlateState := 25;
    elsif (LastPlate = 0) then
      GlobalPlateState := 100;
    end_if;
//*****
  25: //not done, reset value and go on
    ResetPlateLoader(TotalReset:=1, ResetFunction:=0);
    GlobalPlateState := 2;
//*****
  100: //done, reset values and wait for new job
    ResetPlateLoader(TotalReset:=1, ResetFunction:=1);
    GlobalPlateState := 2;
```

Figuur 26: Opbouw van de statemachine in LASAL

In figuur 26 is te zien dat de globale states functies aanroepen. Belangrijk is dat de eerste state een state is waar wordt geïnitieerd. Dit initialiseren is namelijk een eis. Verder geeft figuur 26 ook aan hoe er van de ene case naar de andere case wordt gegaan. Hiermee wordt de techniek gebruikt die het bedrijf gebruikt voor zijn statemachines. Er worden hierdoor meer standaard methodes gebruikt.

```
if ((In7.Read() = 0)&(In8.Read() = 1)) then           // check pusher
  IF (In5.Read() = 1) THEN                             //check big gripper
    IF (In6.Read() = 1) THEN                          // check smaller gripper
      MoveReference(Nr:=1, Mode:=Axis_Prop[as].CommandRef, Position:=0);
      PlateInit := 15;
    END_IF;
  END_IF;
elseif ((In7.Read() = 1)&(In8.Read() = 1)) then       // error, not possible
  StopPlateLoader();
end_if;
```

Figuur 27: State van de functie PlateLoaderInit()

In figuur 27 is te zien dat er voor de functie PlateLoaderInit() op een gegeven moment wordt gekeken of er sensoren hoog of laag zijn. De functie Read() is namelijk voor het uitlezen van een ingang. Dit is gebruikt van de originele FAMM code. Verder is ook de functie MoveReference gebruikt. Deze functie wordt gebruikt voor het homen van een stappermotor. Daarnaast is nog te zien dat er PlateInit := 15; aangegeven staat. Dit houdt in dat er naar de volgende state gegaan wordt in de PlateLoaderInit() functie.

De eis: “Er moet bestaande code worden geïntegreerd.” Is onder andere behaald door het implementeren van de Read() en de MoveReference.

5.1.3 Uitgevoerde platenlader testen

Natuurlijk zijn er ook testen uitgevoerd met de platenlader. Als eerste is de platenlader elektrotechnisch getest zonder mechanische onderdelen. Met deze testen is de softwarematige functie getest. Hieruit kwamen een paar fouten naar voren. Zo bleek al snel dat er oude FAMM 3.0 code op de achtergrond actief bleef. Hierdoor moest er een deel van de bestaande code verwijderd worden. Vervolgens is de statemachine als geheel getest. Deze bleek goed te werken en alle stappen werden juist doorlopen. Ook het uitlezen van de sensoren en het aansturen van de actuatoren ging goed.

Het aansturen van de motoren is echter niet goed gegaan. Aan de motoren worden maximale snelheid en versnelling gekoppeld. Doordat er in LASAL een functie gekoppeld moet worden aan de ST011 motor module is het voor de student lastig geweest om te achterhalen welke parameters aangepast moesten worden. Uiteindelijk is de motor aangestuurd doordat er een handmatig bedieningspaneel was. Hierdoor konden er parameters worden afgelezen en deze parameters konden worden ingevoerd in de code.

Vervolgens is de testopstelling geïmplementeerd in de machine en zijn er testen gestart met de gehele opstelling. Hieruit bleek dat de motoren niet goed genoeg aangestuurd konden worden. De motoren konden namelijk maar één kant op bewegen. Er moest dus weer gekeken worden naar een mogelijkheid

om de motoren op de juiste manier aan te sturen. Verder zijn de testen met de gehele opstelling goed gegaan.

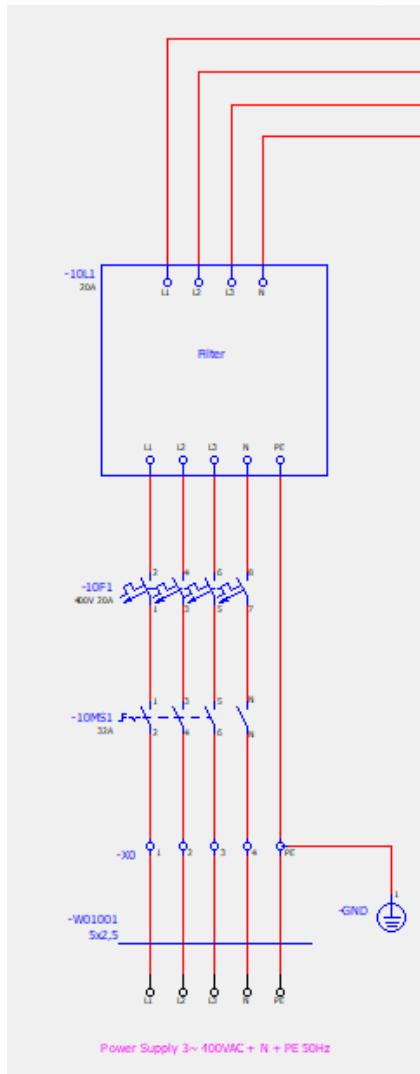
5.2 RoboCell uitwerking

De resultaten van de RoboCell gaan over het ontwerp in EPLAN. Hierin zijn de belangrijkste delen terug te vinden en het gehele ontwerp bevindt zich in de bijlage 9.3. Ook wordt er besproken hoe de schakelkast is ontworpen en tot slot worden de uitgevoerde testen besproken.

5.2.1 EPLAN ontwerp

Het ontwerp van de RoboCell is gemaakt in EPLAN en is voortgekomen uit de I/O diagrammen die gemaakt zijn in de onderzoeksfase. Dit is samen met de ervaring die opgedaan is bij het ontwerpen van de platenlader verwerkt tot een ontwerp voor de RoboCell.

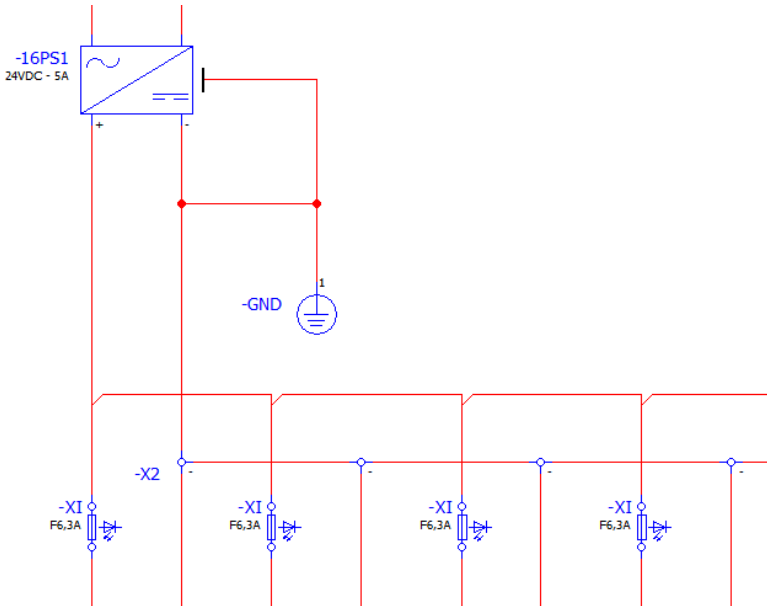
5.2.1.1 Binnenkomende voeding



Als eerste is ervoor gekozen om (zoals te zien is in figuur 28) de binnenkomende kabel door middel van een schakelaar de mogelijkheid te bieden om alles wat erna zit af te schermen van het net. Hierdoor kan er in de gehele kast onderhoud worden uitgevoerd als de schakelaar uit staat. Vervolgens komt er een zekering die de gehele kast zekert. En vervolgens komt er een filter die ervoor zorgt dat de gevoelige apparaten in het circuit beschermd zijn tegen de mogelijke storingen die van het net afkomen.

Figuur 28: binnenkomst van de 3-fase

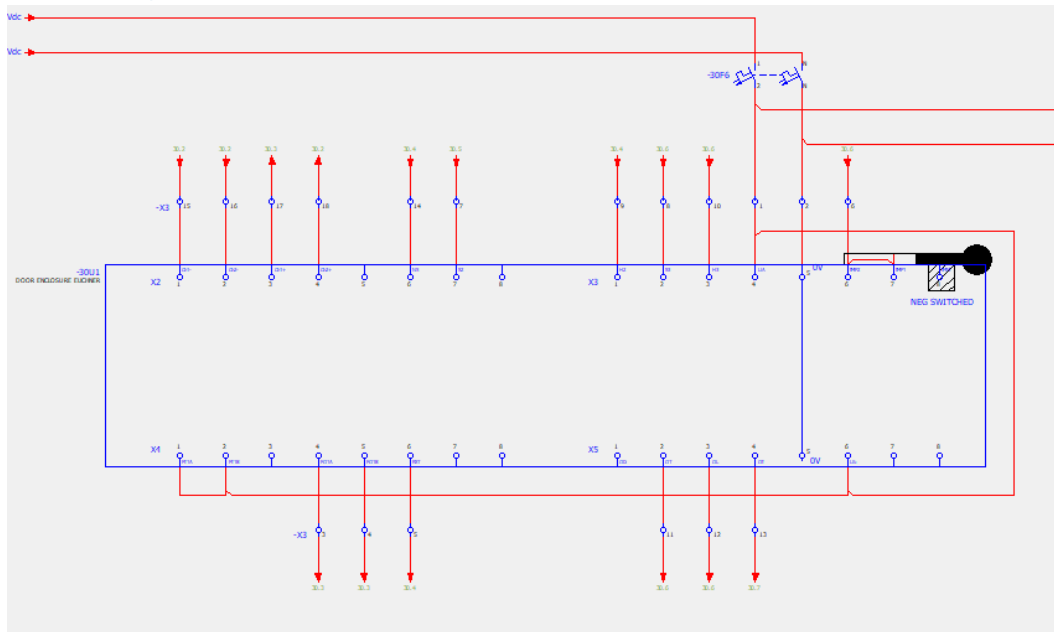
5.2.1.2 Voedende delen



Figuur 29: EPLAN tekening van 24V DC voeding

Vervolgens is er gekozen om alle voedende delen weer te geven. De 24V DC power supply is weergegeven in figuur 29 en deze power supply moet verschillende onderdelen van spanning voorzien. Er is als veiligheidsmaatregel gekozen voor glaszekeringen. Deze zekeringen zijn bedoeld voor het beschermen van de componenten die erachter zitten. Bij een stroom van meer dan 6,3A zullen de componenten zoals de PLC's en sensoren niet stuk gaan.

5.2.1.3 Veiligheid

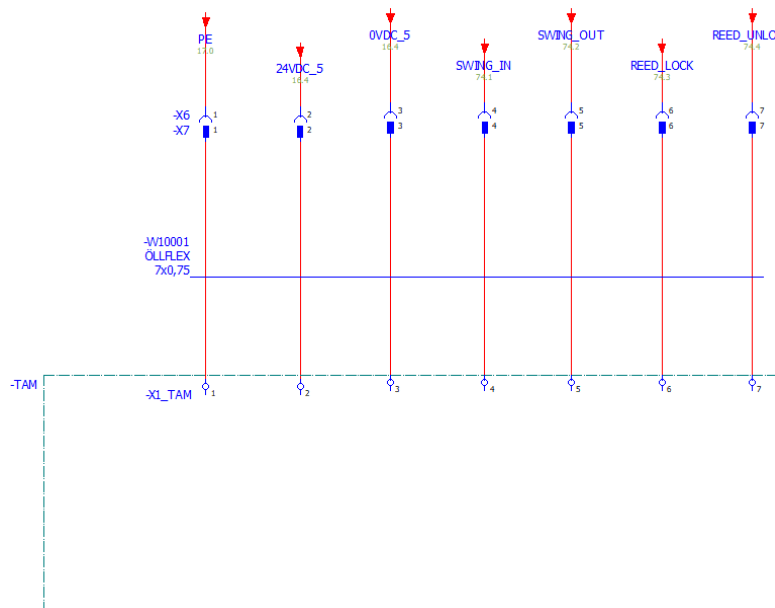


Figuur 30: EPLAN tekeningen van de deur vergrendeling

Na de voedingen komt de veiligheid in het ontwerp. In figuur 30 is de logica van een deurvergrendeling te zien. Hier komt er bij ch1- en ch2- een signaal binnen die de noodstop regelt en gaat vervolgens door naar de volgende deurvergrendeling. Alle vergrendelingen komen zo in serie en wanneer er één of meer onderbroken worden reageert de veiligheids-PLC hierop. Verder zijn er twee drukknoppen en twee ledjes die worden uitgelezen en aangestuurd. Deze worden geregeld via de normale Simatek PLC die in de kast zit. Verder wordt er op IMP1 en IMP2 een signaal aangesloten die de deur openzet. Door hier 24V op te zetten kan de gebruiker de deur openen. Signaal X5.2 tot en met X5.4 worden gebruikt om te checken of de deur ook echt dicht is.

De veiligheid is verder niet door de student in EPLAN gemaakt. Vanwege de planning is de documentatie van het veiligheidscircuit overgenomen door iemand van het bedrijf. Dit houdt in dat de student wel het uitzoekwerk heeft gedaan en dat is vervolgens doorgespeeld naar iemand van het bedrijf. De gedachte hierachter was dat de gehele documentatie uiteindelijk toch op de computer van het bedrijf moet komen en er al vrij veel documentatie was gemaakt door de student. De toegevoegde waarde van meer documentatie maken, was er voor zowel de student als voor het bedrijf niet.

5.2.1.4 Multikabels



Figuur 31: EPLAN tekening van de multikabels in de RoboCell.

In de RoboCell worden multikabels gebruikt om van en naar de verschillende machines veel kabels in één keer te hebben lopen. Deze kabels bevatten over het algemeen:

- één 24V DC lijn
- één 0V DC lijn
- signaallijnen

Deze komen in een klein klemmenkastje waar deze spanningen door middel van rijgklemmen verder worden verdeeld. Deze klemmen en het kastje moeten in de documentatie worden aangegeven, maar zijn geen onderdeel van de kast. Daarom is het aangegeven op de manier zoals in figuur 31 te zien is. De multikabel gaat hier naar het kastje van de TAM en in de bijlage 9.3 is te zien dat er op de pagina erna te zien is wat er in dat kastje zelf gebeurt.

Ook is er op figuur 31 te zien dat de multikabels een connector hebben. Dit is de connector die bij de kast zit. Deze connectoren hebben als doel om de kast makkelijk te kunnen afbreken en opbouwen als de opstelling ergens anders heen gaat.

5.2.2 Gerealiseerde schakelkast

Bij het maken van de schakelkast is er eerst een grove indeling gemaakt. Hiermee kon er gekeken worden of alle componenten aanwezig waren. Vervolgens zijn de afmetingen opgezocht van componenten die nog niet binnen waren en samen met de componenten die wel binnen waren, kon er een indeling worden gemaakt. Dit is net als bij de platenlader gedaan door de componenten neer te leggen op de plaat en te kijken hoeveel ruimte iets inneemt.

Vervolgens is er begonnen met het installeren van de componenten. Doordat de levertijden van componenten verschillen en andere componenten op voorraad zijn, is er niet begonnen met een specifiek deel. Er was door de indeling bekend wat waar moest komen en daardoor kon alles los van

elkaar geïnstalleerd worden. Op het moment dat er twee componenten aanwezig waren die met elkaar verbonden moeten worden, kon dit gelijk gedaan worden. Verder heeft de student een werknemer aangestuurd met een MBO elektrotechniek achtergrond. Het daadwerkelijk opbouwen van de kast is dus niet door de student alleen gedaan.

Tijdens het installeren van de kast is er rekening gehouden met de eis dat de kast veilig bevonden moet worden. Vanwege deze eis is er extra gecontroleerd op bepaalde delen. Zo is er bijvoorbeeld extra gelet op de bevestiging van de adereindhulzen. Hierbij is elke huls extra nagekeken door even aan elke huls te trekken om te checken of deze niet loslaat. Verder is er ook extra gekeken of alle componenten met een GND/PE/Aarde afbeelding wel zijn aangesloten op de aarde rail. Tot slot is er getest of bouten/schroeven voldoende strak zijn aangehaald. Uit de eerste NEN-norm die is doorgelezen staat dit ook als test om steekproefsgewijs uit te voeren op elke kast. In dit geval is gekozen om alle bouten/schroeven te checken om zeker te weten dat de kast goed is voor de volgende die met de kast gaat werken.

5.2.3 Uitgevoerde RoboCell tests

De testen die zijn uitgevoerd met de besturingskast van de RoboCell zijn door Viroteq en Taniq uitgevoerd. Doordat de ontwikkelingen door gaan, gaat het testen van de besturingskast ook automatisch door. Dit houdt in dat er vanaf het moment dat de kast kon werken, deze al in gebruik werd genomen. Terwijl dus nog niet alle componenten in de kast zaten, zijn de eerste testen al uitgevoerd.

De testen zijn niet uitgevoerd als zijnde testen, maar als ontwikkelingen. Dit houdt in dat beide bedrijven de RoboCell aan het aanpassen waren en wanneer er iets niet juist of helemaal niet bleek te werken, werd er gekeken naar de mogelijke fout. Hier kwam het werk van de student aan te pas en werd de mogelijke elektrotechnische fout opgelost.

6 Conclusie

De hoofdvraag was: “Hoe gaan alle mechanismes van de AV Flexologic RoboCell elektrotechnisch met elkaar op een veilige manier samenwerken binnen zeventien weken?”

De mechanismes kunnen met elkaar samenwerken op de ideale manier, omdat alle informatie die een mechanisme nodig heeft wordt verkregen van andere mechanismes. De informatie over veiligheid komt vanuit de Sigmatek PLC. Deze informatie kan zijn dat een gebruiker de RoboCell wilt betreden, dat er op een noodstop is gedrukt of dat er een error in het systeem zit. De Siemens PLC van het systeem regelt de meeste niet veilige signalen. De keuze voor twee PLC's is gevallen doordat de gebruikelijke Sigmatek PLC geen communicatie kon leggen met de robotcontroller. Er is vervolgens een Siemens PLC in het systeem geplaatst, zodat de communicatie geregeld kon worden.

Niet alle machines communiceren met elkaar via de PLC's. De platenlader communiceert namelijk rechtstreeks met de FAMM. De communicatie gaat dus niet allemaal via één centraalpunt, maar de communicatie is wel het efficiëntst. De platenlader heeft (naast veiligheidssignalen) alleen communicatie met de FAMM nodig, omdat de rest van de machines geen interactie heeft met de platenlader. Het voordeel van het afwijken van het centrale punt is dat er minder kans is op foutieve aansluitingen, doordat de weg van communicatie kort is.

Conclusie platenlader

De platenlader die tijdens de stageperiode ontworpen en gemaakt is, hoorde in eerste instantie niet bij de afstudeeropdracht. Uiteindelijk is deze machine onderdeel geworden van het afstudeerproject, omdat de machine in de RoboCell staat en deze machine dus ook afgemaakt moest worden. De student kreeg de taak om de schakelkast te maken voor de platenlader met bijbehorende documentatie en daarnaast moest de Sigmatek PLC geprogrammeerd worden.

De elektrotechnische documentatie werd in EPLAN gemaakt. De software werd in LASAL gemaakt met als programmeertaal Structured Text. Voor de platenlader waren er twee belangrijke eisen, namelijk:

- Er mogen geen delay's gebruikt worden
- De platenlader moet voor de implementatie eerst zelfstandig getest worden.

In de code zijn geen delay's gebruikt, maar counters. Doordat de code cyclisch wordt doorlopen, kan de counter tot een specifieke waarde tellen en daarmee dus een specifieke tijd gewacht worden. De andere eis is gerealiseerd door sensoren en motoren zo te kiezen dat ermee getest kon worden. Met de testen die zijn uitgevoerd, is er gekeken of de statemachine goed werd doorlopen en of er geen fouten in de software waren.

Conclusie RoboCell

De RoboCell heeft op zijn beurt ook een eigen elektrotechnisch ontwerp in EPLAN en is ook gerealiseerd. Hierbij is er aan de eisen voldaan en de belangrijkste eisen waren:

- De RoboCell mag niet zomaar te betreden zijn
- De RoboCell moet veilig zijn voor de gebruiker
- Er moeten standaard methodes en onderdelen gebruikt worden

Het niet zomaar kunnen betreden van de RoboCell is gerealiseerd, doordat er deurvergrendelingen in het hekwerk zijn geplaatst die aangesloten zijn op de veiligheids-PLC. De veiligheids-PLC kan de deurvergrendelingen pas vrijgeven als alle mechanismes dat toelaten. Verder is de RoboCell veilig voor de gebruiker, doordat er bij een geactiveerde noodstop alle machines direct stoppen. Daarnaast is ervoor gezorgd dat er bij een beknelling het altijd mogelijk is om die persoon te kunnen bevrijden. Tot slot zijn er standaard methodes en onderdelen gebruikt door te kijken naar onderdelen en methodes uit andere machines. Zo zijn de notaties van de elektrotechnische tekeningen zoveel mogelijk hetzelfde gehouden en zijn er standaard multikabels en sensoren gebruikt.

7 Aanbevelingen voor het bedrijf

Tijdens de stage zijn er dingen opgevallen die beter kunnen. Doordat er eerst een werkend product is neergezet en vanuit daar verbeteringen zijn toegepast, zijn er dus ook verbeteringen opgevallen die niet doorgevoerd konden worden. Deze verbeteringen zijn relevant voor het bedrijf en worden daarom in de volgende paragrafen genoemd.

7.1 NEN-normen en machinerichtlijnen

Het is handig om iemand van het bedrijf de NEN-normen nog eens te laten bestuderen. Er is veel informatie waar rekening mee moet worden gehouden en in de NEN-normen staan soms moeilijk begrijpbare stukken tekst. Het is dus raadzaam om iemand zich erin te laten verdiepen of een cursus te laten volgen. Momenteel is er één iemand binnen het bedrijf die de normen kent en het kan dus handig zijn als meerdere personen hiervan kennis hebben.

Ook is het raadzaam om iemand zich te laten verdiepen in de machinerichtlijnen. Deze richtlijnen geven aan in welke categorie een machine zich bevindt met het oog op de veiligheid. Hieruit kan blijken dat er misschien signalen zijn die ook dubbel uitgevoerd moeten worden, maar enkel zijn uitgevoerd. Of juist andersom, dat er een signaal dubbel is uitgevoerd zijn, terwijl enkel ook volstaat. Verder wil je als bedrijf kunnen zeggen aan welke richtlijnen het product voldoet.

7.2 Grotere kast voor de platenlader

Voor het bedrijf is het handig om de besturingskast voor de platenlader opnieuw in te richten en een grotere kast te nemen. Er zijn in de huidige kast bijna geen mogelijkheden om uit te breiden en een paar extra klemmen of een grotere PLC met meer modules zit er niet in. Het is dus raadzaam om een bredere of hogere kast te nemen waar de componenten in kunnen. In deze kast zouden dan ook ventilatoren kunnen komen die de kast koelen.

7.3 Software Sigmatek PLC

De software die gemaakt is voor de platenlader is momenteel niet geoptimaliseerd. Er zijn in sommige statemachines regels code die al in een andere state gedaan kunnen worden. Door dit te doen, zal die gehele state niet nodig zijn. Ook is er nog code van de FAMM 3.0 aanwezig die niet gebruikt wordt en dus kan ook dit geoptimaliseerd worden.

Verder zal er in de toekomst een Sigmatek veiligheids-PLC in de besturingskast komen en dan zullen de huidige stop, deur openen, reset en start in de veiligheids-PLC komen. De huidige signalen zullen dan uit de huidige statemachine gehaald moeten worden.

7.4 Veiligheid platenlader

De platenlader is een werkend product, maar het is belangrijk dat er extra naar de veiligheid wordt gekeken. Momenteel zijn de signalen enkel uitgevoerd en voor signalen waarbij de platenlader moet stoppen of moet resetten is het verstandig dat het dubbel wordt uitgevoerd.

Uiteindelijk kan er ook voor worden gekozen om te gaan werken met VARAN. Hierdoor zijn er minder kabels nodig die de kast verlaten. Ook is de kans op foutieve aansluitingen kleiner, doordat er minder aangesloten hoeft te worden.

Als derde zal er, met het oog op de veiligheid, een relais in moeten die de remmen van de liftmotoren schakelen. Deze remmen moeten namelijk uitschakelen als ook de spanning uitschakelt. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat de zekering van de driver ook de remmen uitschakelt (en de remmen er dus op gaan).

Tot slot is het raadzaam om een veiligheids-PLC of veiligheidsrelais te plaatsen in de kast. Hiermee kunnen signalen beter en veiliger verwerkt worden en wordt er sneller gereageerd. De normale PLC registreert namelijk een signaal om de 20 ms en de veiligheids-PLC doet dit om de 5 ms (voor de standaard PLC's, er zijn meerdere keuzemogelijkheden).

7.5 Elektrotechnische tekeningen

Momenteel zijn er elektrotechnische tekeningen voor de platenlader, voor de FAMM en voor de besturingskast. Om de documentatie netjes te maken, is het goed om al deze tekeningen in één bestand te zetten. Hiermee is de onderlinge communicatie ook duidelijk weergegeven en zijn mogelijke fouten bij een klant sneller terug te vinden in de documentatie. Voor het bedrijf is het goed om te weten dat de huidige EPLAN licentie niet meer dan 50 pagina's kan bevatten. Hierdoor zou er een nieuwe licentie van EPLAN moeten komen om de documentatie van de gehele RoboCell erin kwijt te kunnen. Wellicht is het dus voor het bedrijf mogelijk om via een omweg alsnog één document te maken die alle informatie bevat. Hiermee voorkomt het bedrijf hoge licentiekosten voor een eenmalig project.

7.6 Minder PLC's

De RoboCell bevat momenteel drie CPU modules van PLC's. De Siemens PLC, de Sigmatek veiligheids-PLC en een normale Sigmatek PLC. Hier kan uiteindelijk een optimalisatieslag in gemaakt worden door bijvoorbeeld de Siemens PLC uit het systeem te halen en de logica hiervan te plaatsen in de normale Sigmatek PLC. Hiermee kan het bedrijf geld besparen. Er moet dan wel eerst gekeken worden hoe de Sigmatek PLC kan gaan communiceren met de robotcontroller.

7.7 Sensoren RoboCell

De RoboCell is een systeem dat komende jaren sneller en veiliger zal moeten gaan worden om de concurrentie voor te blijven. Ook zullen er meer RoboCellen verkocht gaan worden en dus wil je als bedrijf minder tijd kwijt zijn aan het installeren van een cel.

Voor de toekomst zijn er mogelijkheden om dit aan te pakken. Zo is het mogelijk om een sensor op de robot of op de FAMM/TAM te plaatsen die detecteert of er een botsing is. Hiermee kan schade aan een machine, robot of sleeve worden voorkomen.

Ook kan er gekeken worden naar de doorhanging van een mandrel. Door het gewicht kan de mandrel de ene keer schuiner hangen dan de andere keer. Dit kan opgelost worden door afstandssensoren te gebruiken die de waarde van de doorhanging kan bepalen.

Ook is het mogelijk om een camera op de end of arm tool van de robot. Deze camera zou ook de doorhangen kunnen bepalen. Daarnaast zou deze ook kunnen checken of de gebruiker de juiste diameter van de sleeve heeft doorgegeven. Het type camera zal afhangen van de functies die het moet kunnen doen. Er moet in ieder geval gekeken worden naar de lens, 2D of 3D en het soort kabel die ervoor gebruikt wordt.

Tot slot is het handig om de lichtsluizen toe te passen. Deze sensoren kunnen een gebruiker registreren wanneer deze een gevaarlijke actie onderneemt. De gebruiker kan door de lichtsluizen meer voorbereidend werk doen en qua ontwikkelingen zit er weinig werk aan verbonden, doordat het relatief simpele sensoren zijn.

7.8 Connectoren

Voor de huidige kast zijn er connectoren geplaatst, zodat de opstelling makkelijk op- en afgebroken kan worden. Het is handig om de kabels zonder connector de kast in te laten gaan wanneer de RoboCell in productie gaat. De efficiëntie van het loskoppelen van kabels is dan niet nodig. Echter kan het wel handig zijn wanneer de kast apart van de cel wordt opgebouwd. Dan zouden de twee delen makkelijk samen kunnen komen door de connectoren.

Het is dus raadzaam om te kijken hoe de RoboCell opgebouwd gaat worden bij klanten. Aan de hand hiervan kan namelijk de beste optie gekozen worden.

7.9 Signalering

Het is mogelijk om vrij snel signaalverlichting toe te passen op de RoboCell. De code is namelijk al geschreven en er hoeft alleen nog de juiste verlichting uitgezocht en besteld te worden. Als de kabels hiervoor ook aanwezig zijn, kan het makkelijk op de klemmen worden aangesloten en is er vrij snel een verbetering aan de RoboCell toegepast.

8 Literatuurlijst

- [1] magneetventielshop.nl. "pneumatische cilinders", magneetventielshop.nl [Online]. Beschikbaar: <https://magneetventielshop.nl/pneumatische-cilinders.html> [geraadpleegd op 22/04/2020].
- [2] 2best.nl. "Spiraalkoker Ø700mm", 2best.nl [Online]. Beschikbaar: <https://2best.nl/producten/spiraalkoker-%C3%B8700mm/> [geraadpleegd op 10/04/2020].
- [3] Europees Comité voor Elektrotechnische Normalisatie (december 2011) "NEN-EN-IEC 61439-1", connect-nen-nl [Online]. Beschikbaar: <https://connect-nen-nl.ezproxy.hhs.nl/standard/openpdf/?artfile=543180&RNR=168575&token=ab0713bf-fbfd-4f81-b67c-b1b0d6731260&type=pdf> [geraadpleegd op 10/04/2020].
- [4] Europees Comité voor Elektrotechnische Normalisatie (september 2018) "NEN-EN-IEC 60204-1", connect-nen-nl [Online]. Beschikbaar: <https://connect-nen-nl.ezproxy.hhs.nl/standard/openpdf/?artfile=3617877&RNR=3617877&token=40a8a482-966b-46ba-b6ce-551c855272a7&type=pdf> [geraadpleegd op 10/04/2020].
- [5] induteq.nl. "Electromagnetische Compatibiliteit", induteq.nl [Online]. Beschikbaar: https://www.induteq.nl/induteq/bestanden/48_1_1.pdf [geraadpleegd op 15/04/2020].
- [6] M. Keith, "Renders", AV Flexologic b.v.

9 Bijlage

Competenties, elektrotechnische tekeningen en afbeeldingen van de werkomgeving

9.1 Competenties

9.1.1 Analyseren

De competentie analyseren moet worden behaald op niveau 3. Dit is door de student behaald doordat het analyseren van het probleem en de bijbehorende aspecten een complexe opdracht was. Het bedrijf wilde een besturingskast voor de RoboCell, aan de student was dus te taak om te achterhalen wat het bedrijf precies wilde. Ook was het hierbij van belang om de nog te ontwerpen onderdelen goed in de gaten te houden. Vanwege de eisen die erbij kwamen naarmate het project vorderde werd het probleem van de opdrachtgever complex.

Om dus goed te kunnen analyseren, is er eerst een lijst opgesteld met eisen waarvan (bijna) zeker was dat deze in de RoboCell moesten komen. Deze eisen worden deels besproken in 3.2 en alle eisen staan in de bijlage bij 9.5. Doordat er tijdens het project eisen zijn veranderd en zijn bijgekomen is het een complex probleem. Zo is bijvoorbeeld de platenlader er later bijgekomen.

Tot slot heeft de student een heldere probleemstelling weten te vormen aan de hand van de belangrijkste eisen van de opdrachtgever. Hierbij moest goed geanalyseerd worden wat er belangrijk was voor de opdrachtgever zodat daar meer aandacht aan besteed kon worden.

9.1.2 Onderzoeken

De competentie onderzoeken moet worden behaald op niveau 2. Dit is behaald door verschillende delen. Zo is bijvoorbeeld onderzocht wat de eisen zijn voor het project en hoe deze behaald kunnen worden 4.2. Hierbij volgende een onderzoek naar de RoboCell zelf. Het onderzoeken hoe iets zou gaan werken in de RoboCell was complex vanwege de grote hoeveelheid (extra) onderdelen in de cel, maar kon gestructureerd worden aangepakt door machine voor machine af te gaan.

Ook zijn de hoofd- en deelvragen onderzocht 4.1. Zo is er voor de deelvraag welke veiligheidsaspecten er van toepassing zijn, onderzocht welke onderdelen er op de veiligheids-PLC aangesloten moesten worden. Voor de deelvraag welke mechanismes er in de cel moesten komen, is er onderzoek gedaan naar welke machines erin moeten komen en wat deze allemaal moeten kunnen. Op dezelfde manier is de deelvraag: hoe communiceren deze mechanismes gedaan. De deelvraag: “wat is de beste indeling voor de besturingskast” is onderzocht door te bestuderen hoe bestaande besturingskasten eruit zien qua indeling en vervolgens zijn de verschillende ontwerpen uiteengezet. Ook is er achterhaald welke componenten er met elkaar in verbinding komen te staan. Dit heeft ook invloed gehad op de beste verbinding.

Verder is er een onderzoekje geweest naar de software voor de Sigmatek PLC in de platenlader 5.1.2. De student heeft namelijk moeten uitzoeken hoe de code werkte en heeft daarbij de bestaande code van het bedrijf doorgespit. Vanwege de zeer weinig beschikbare informatie over LASAL is er dus veel onderzoek geweest naar de bestaande code. De student kon door de bestaande code te onderzoeken uiteindelijk ook zelf code schrijven.

Tot slot hoort ook al het rapporteren van de informatie in dit verslag tot onderzoeken. Bij onderzoeken hoort namelijk ook verslaglegging en dat gebeurt in dit document.

Dit alles samen maakt de competentie onderzoeken ingewikkeld en is door de student zelfstandig uitgevoerd. Er is veel onderzoek gedaan en er zijn veel verschillende manieren van onderzoeken toegepast. Er zijn experimenten, normen, standaarden van het bedrijf en online informatiebronnen gebruikt. Hierdoor kan er gezegd worden dat de competentie goed is afgerond en zelf op niveau 3 is behaald.

9.1.3 Ontwerpen

De competentie ontwerpen moet worden behaald op niveau 3. Dit is gelukt doordat er tijdens de stageperiode ontwerpen in EPLAN zijn gemaakt (5.1.1 en 5.2.1). Zo zijn de platenlader en de RoboCell in EPLAN ontworpen. Het ontwerp bevat componenten, jumpers, klemmen en nog veel meer ontwerpkeuzes. In het ontwerp is dus al alles uitgedacht en terug te vinden.

Tijdens het ontwerpen is gelet op de eisen, de mogelijke uitbreidingen en de informatie die op dat moment bekend was. Er is eerst gekeken naar de eisen, vervolgens zijn de onderdelen uitgezocht en daarna is het concept gemaakt in EPLAN. Na het zo veel mogelijk optimaliseren van het concept is het gerealiseerd en wanneer iets niet gerealiseerd kon worden of wanneer de eis werd veranderd, werd er weer teruggegaan naar de ontwerpfase.

Door de ontwikkelingen zijn er veel aanpassingen gemaakt in het ontwerp. Zo zijn er soms dingen bijgekomen en soms dingen weggegaan in het ontwerp. Doordat de continue ontwikkelingen waren om in de gaten gehouden, werd het een nog complexere zaak dan dat het al was.

Tot slot is er tijdens het ontwerpen ook rekening gehouden met het realiseren van het product. Zo zijn er bijvoorbeeld extra klemmen voor de in- en uitgangen van de PLC, zodat er makkelijk een extra sensor of iets anders aangesloten kan worden. Een ander voorbeeld is dat er in EPLAN zo veel mogelijk van hetzelfde soort bij elkaar staat. Zo zijn dingen makkelijk terug te vinden. Tot slot zijn ook de namen van delen handig voor het realiseren. Er is door de naamgeving van een component terug te vinden in het schema waar dit component zit en dus ook hoe het aangesloten moet worden (5.1.1).

9.1.4 Realiseren

De competentie realiseren moet worden behaald op niveau 3. Natuurlijk is de besturingskast gerealiseerd. Dit is het orgaan van de cel dat (bijna) alles aanstuurt. Deze is gerealiseerd aan de hand van het gemaakte ontwerp en ditzelfde geldt voor de besturingskast van de platenlader. Daarnaast zijn ook de sensoren geplaatst daar waar nodig en zijn kabels en draden gelegd in de cel.

Ook zijn er testen met de platenlader uitgevoerd. Met deze testen kon er gekeken worden of de werking van de code juist was. Ook het aanpassen van de code en het doorvoeren van verbeteringen hoort bij het realiseren.

Het realiseren in dit project is dus niet alleen maar het in elkaar zetten van de kasten, maar ook het testen. Dat was belangrijk, omdat daarmee te zien was of de andere betrokken partijen ook een correct werkend product hadden. Wanneer bijvoorbeeld Taniq geen sensor aangesloten gekregen had op zijn Lenze drive, dan zou zoiets tijdens deze testen naar voren komen.

Alle testen en het aansluiten is zelfstandig uitgevoerd en wanneer er iets onduidelijk was werd er gevraagd wat er aan de hand was. Dit kan bijvoorbeeld zijn: “krijgt de robot nu nog op een signaal”. Verder waren de hoeveelheid mogelijke fouten en daarbij de hoeveelheid testen hetgeen wat een grote bijdrage leverde aan deze competentie. De competentie is dan ook op niveau 3 behaald

9.1.5 Managen

De competentie Managen moet worden behaald op niveau 2. Voor de competentie managen is natuurlijk het project zelf dat gemanaged moet worden. Er moet namelijk worden gezorgd dat het project voor afgerond voordat de student klaar is met het afstuderen. Er moet dus gemanaged worden dat alles binnen de zeventien weken van het afstuderen af komt.

Ook moesten alle betrokken partijen gemanaged worden. Zou was het namelijk van belang dat alle elektrotechnische informatie over producten die een partij gebruikte bij de student terecht kwam en wanneer er aanpassingen waren moest de student dat ook weten. Er is dus veel contact geweest (en daardoor dus veel gemanaged) met de betrokken partijen.

Verder moesten er onderdelen besteld worden. Deze onderdelen hebben natuurlijk een leveringstijd en daarom moest ook de levering van onderdelen gemanaged worden. Dit heeft door de overheidsmaatregelen omtrend het Coronavirus extra aandacht gehad, want sommige onderdelen kwamen later binnen en er moest daardoor gezorgd worden dat het project geen vertraging op liep.

De overheidsmaatregelen zorgde er ook voor dat de student en andere medewerkers van het bedrijf thuis moesten werken. Ook dit moest gemanaged worden, want wanneer er met de stagebegeleider nieuwe ontwikkelingen moesten worden besproken, was het wel handig dat beiden aanwezig waren. Ook wanneer de student thuis werkte, moest er wel werk zijn om thuis te doen. De student kan lastig thuis een RoboCell gaan testen, dus ook hier moest gemanaged worden.

Tot slot zijn er taken parallel aan elkaar uitgevoerd. Dit werd gedaan, zodat er continue doorgegaan kon worden met ontwikkelen. Wanneer bijvoorbeeld de componenten voor het testen van de platenlader nog binnen moesten komen, is er verder gegaan met het maken van het ontwerp in EPLAN voor de RoboCell. Wanneer de componenten binnen waren, kon er dus weer teruggegaan worden naar het in elkaar zetten en testen.

Dit alles bij elkaar maakt dat de competentie niet op niveau 2, maar zelf op niveau 3 is behaald.

9.2 EPLAN platenlader

Table of contents

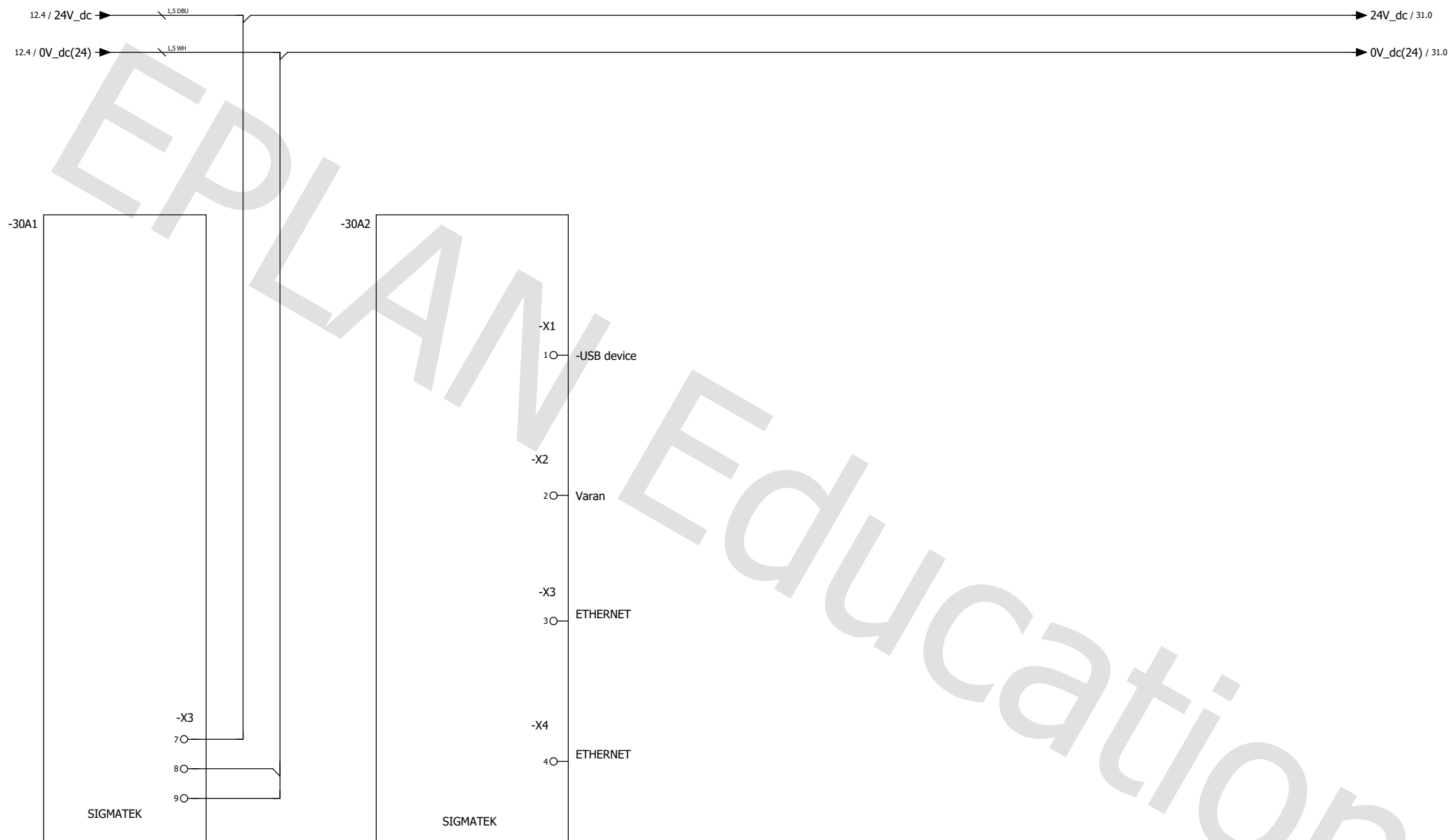
Column X: An automatically generated page was edited

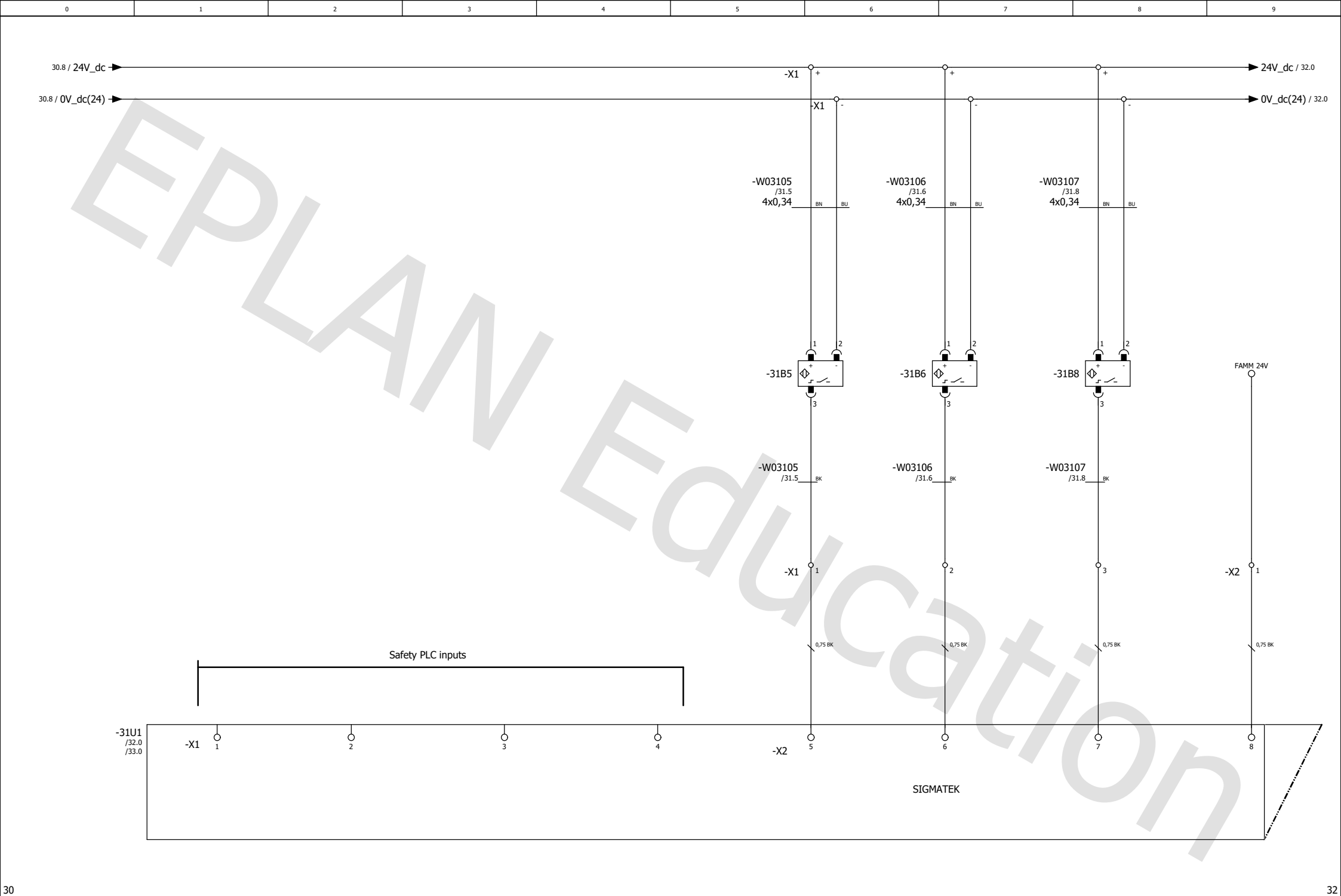
F06_001

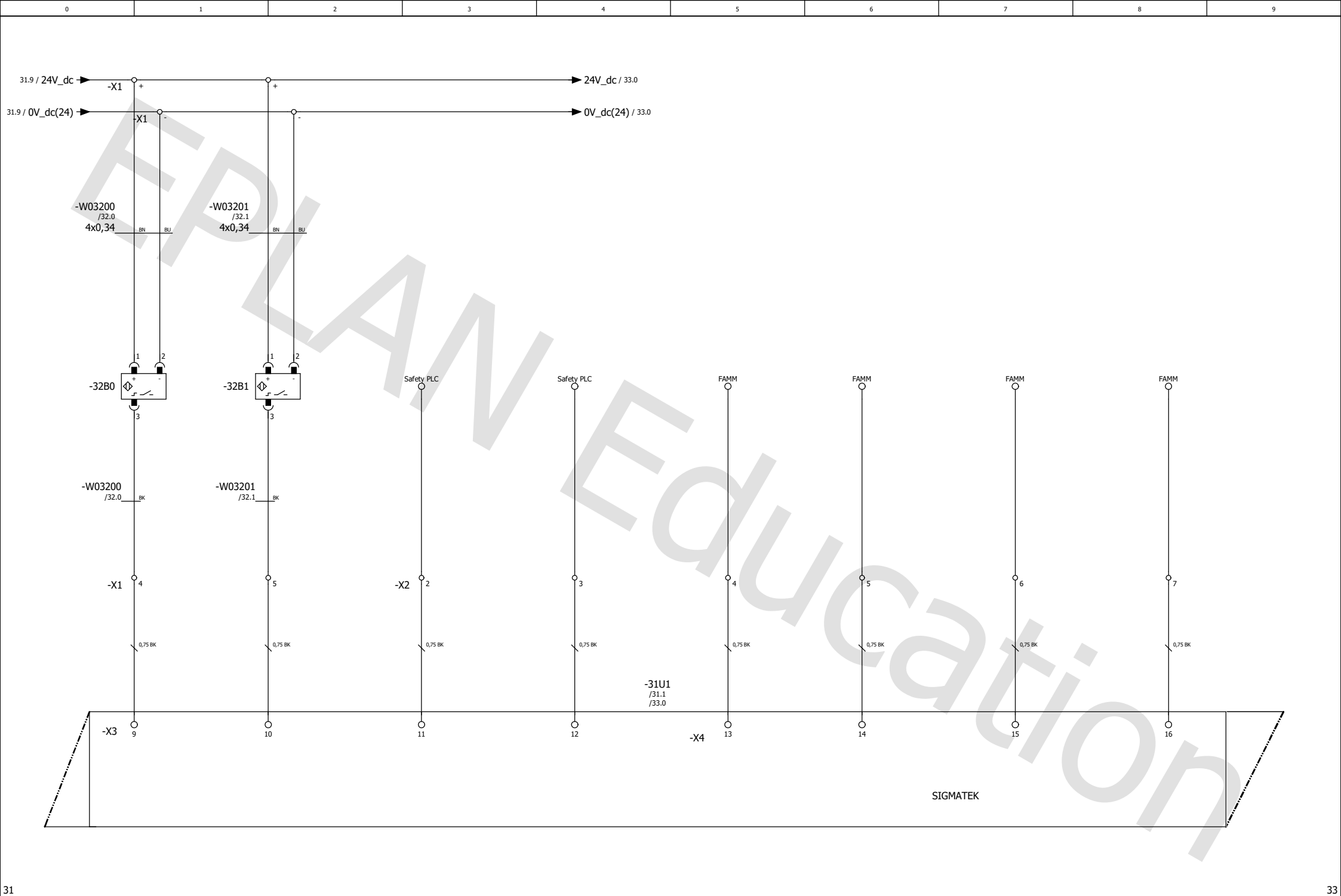
[illegible]

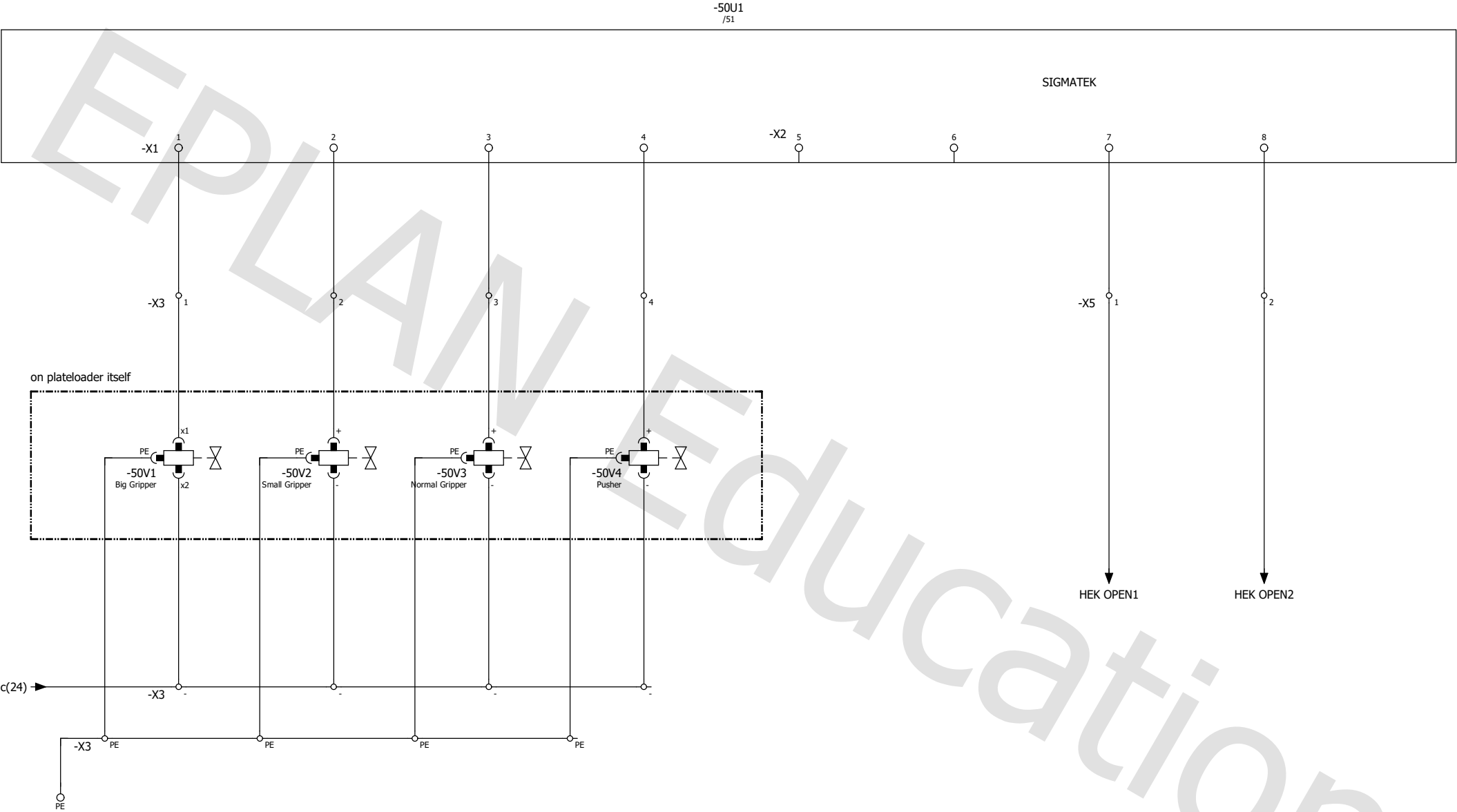
EPLAN Education











-X3

-X!

PLATE_DROPPED

10

○

LAST PLATE DONE

SPARE

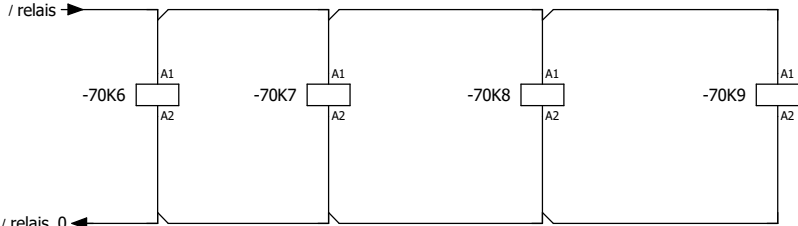
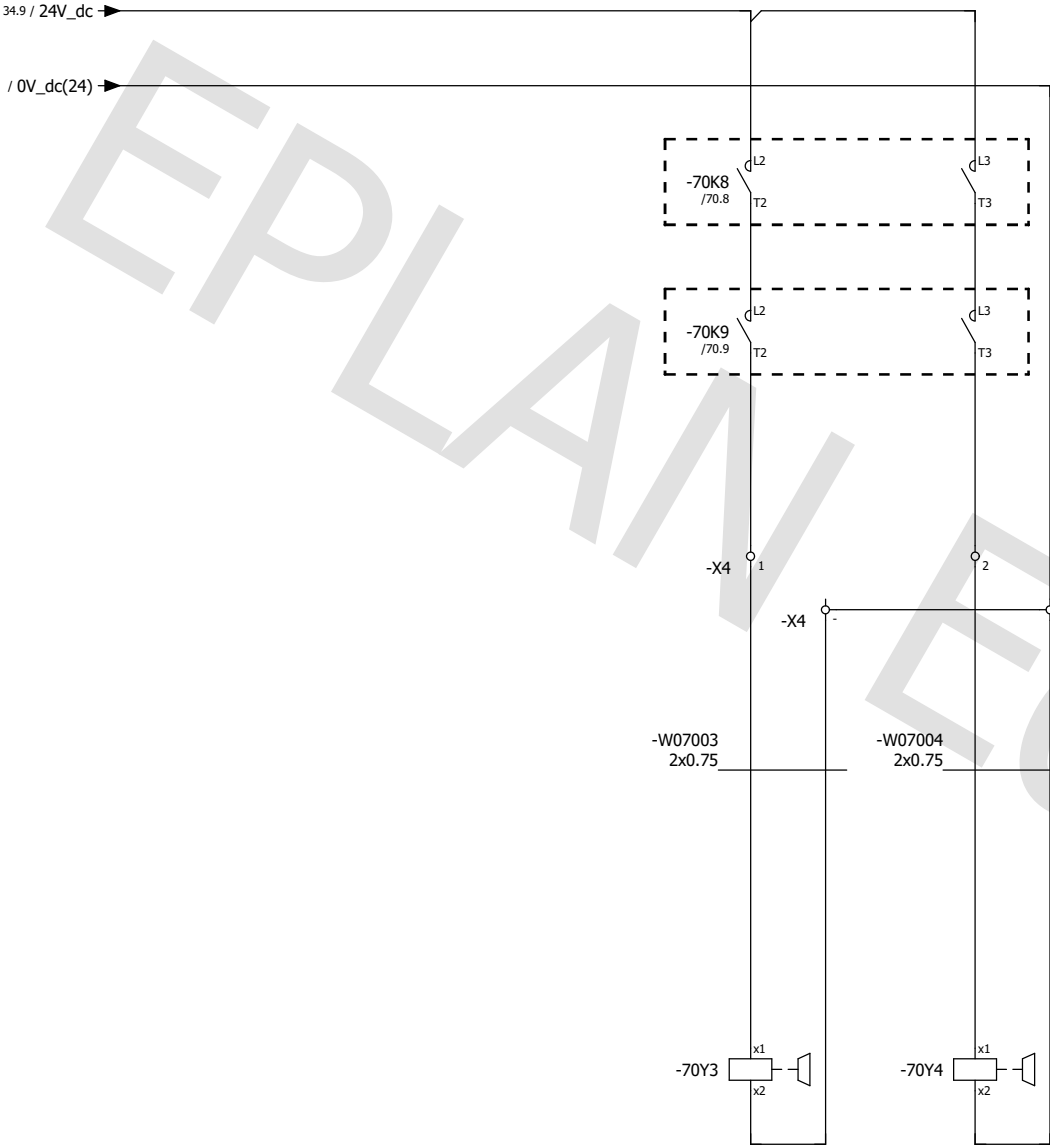
SPARE

SPARE

SPARE

SPARE

SPARE



- L1

T1 /20.1
- L2

T2 /20.1
- L1

T1 /20.1
- L2

T2 /20.1
- L1

T1 /12.2
- L2

T2 /70.3
- L3

T3 /70.4
- L1

T1 /12.3
- L2

T2 /70.3
- L3

T3 /70.4

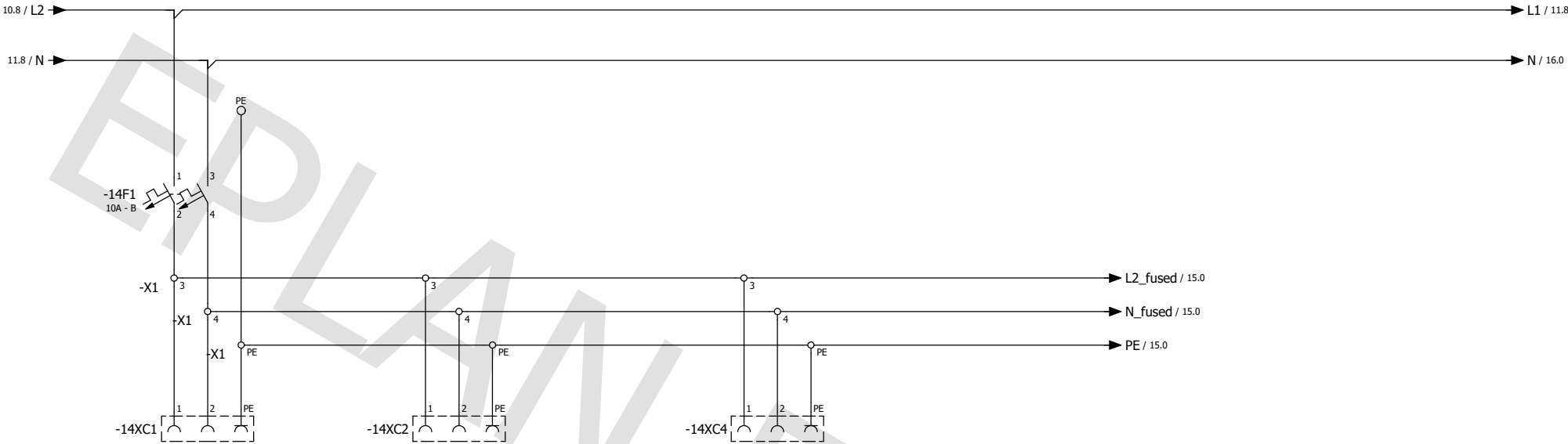
0123456789

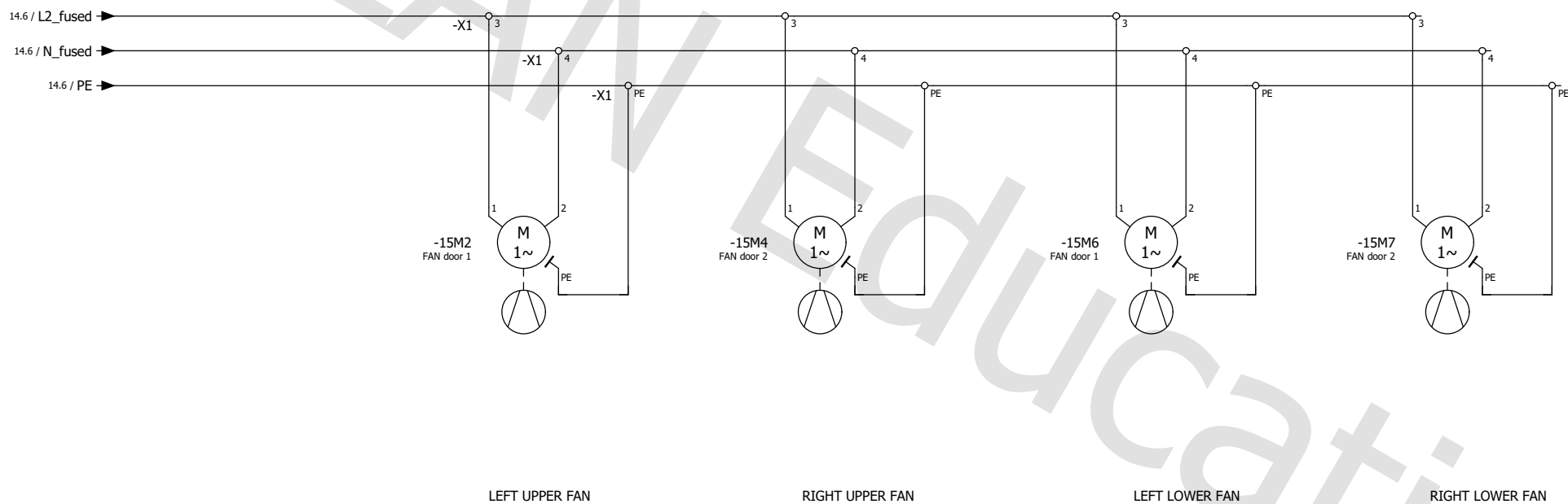
EPLAN Education

9.3 EPLAN RoboCell

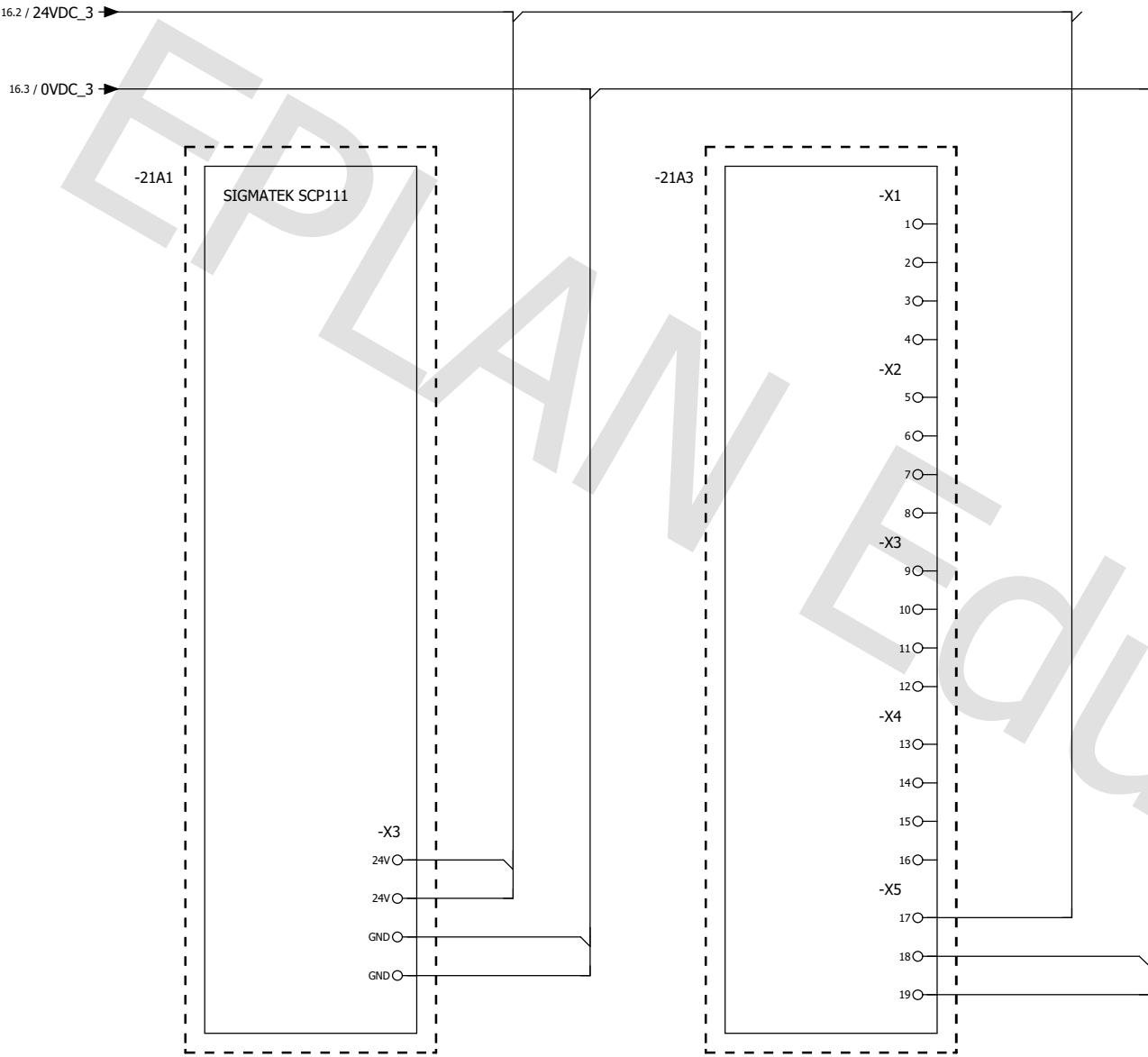


Power Supply 3~ 400VAC + N + PE 50Hz



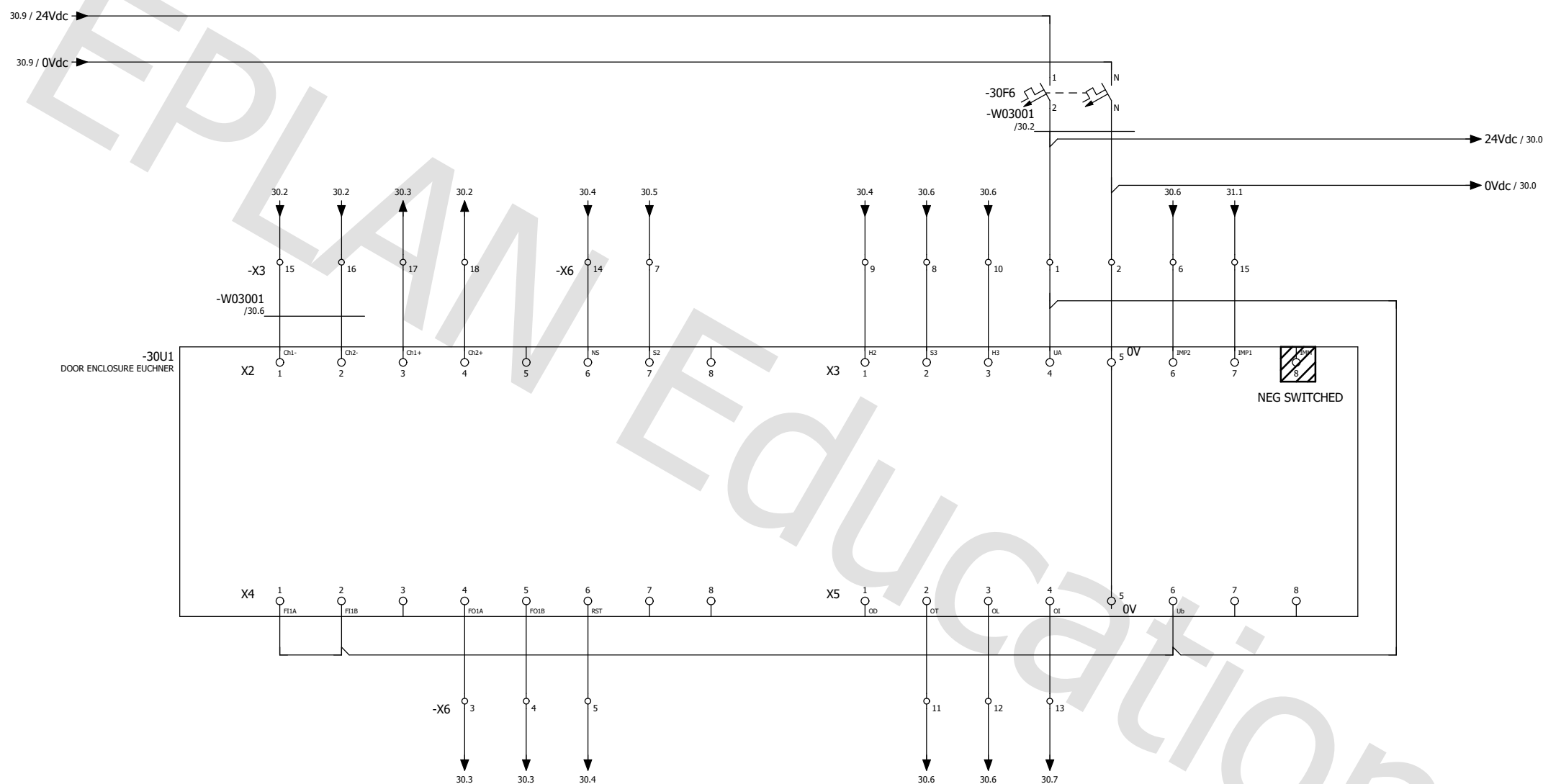


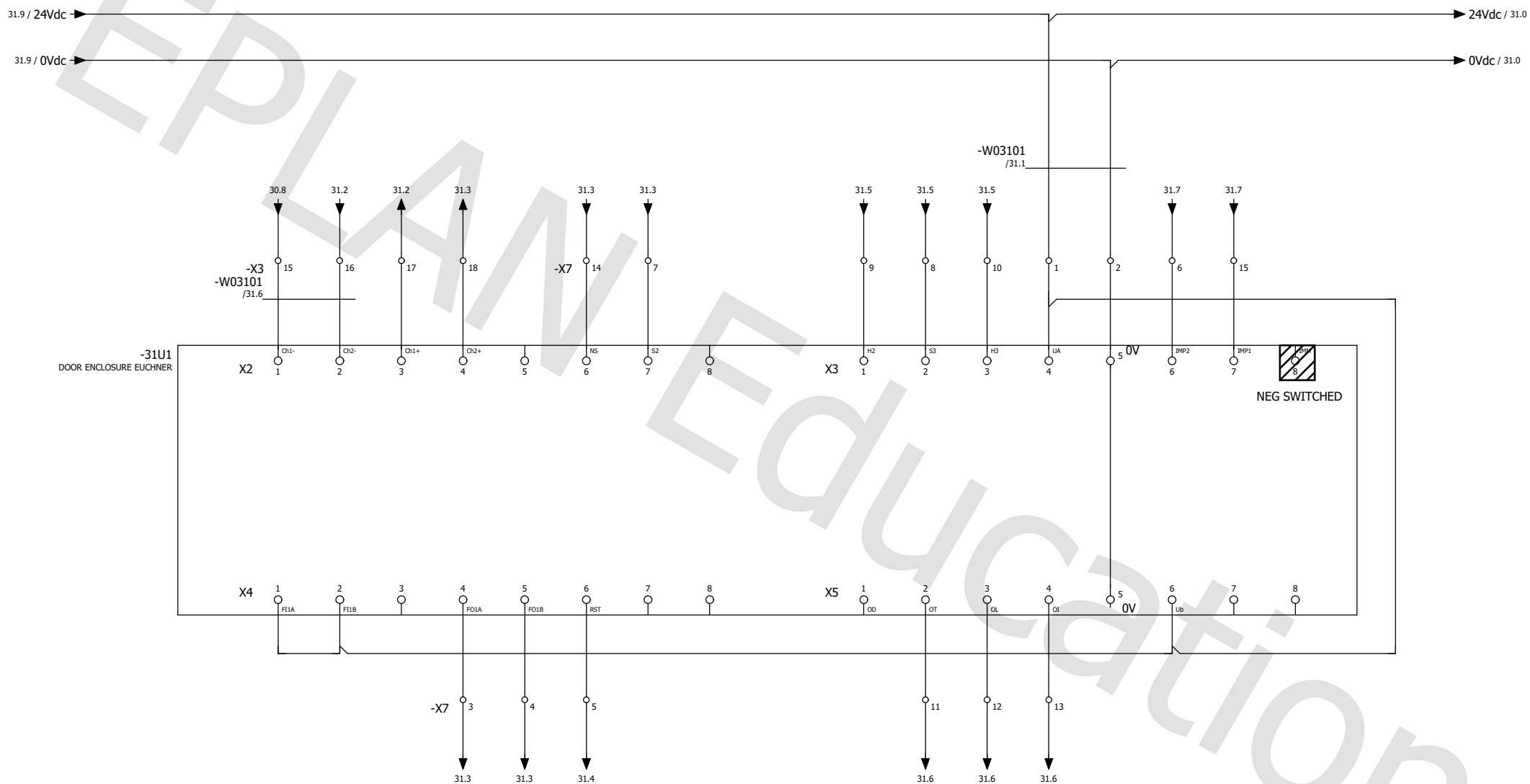




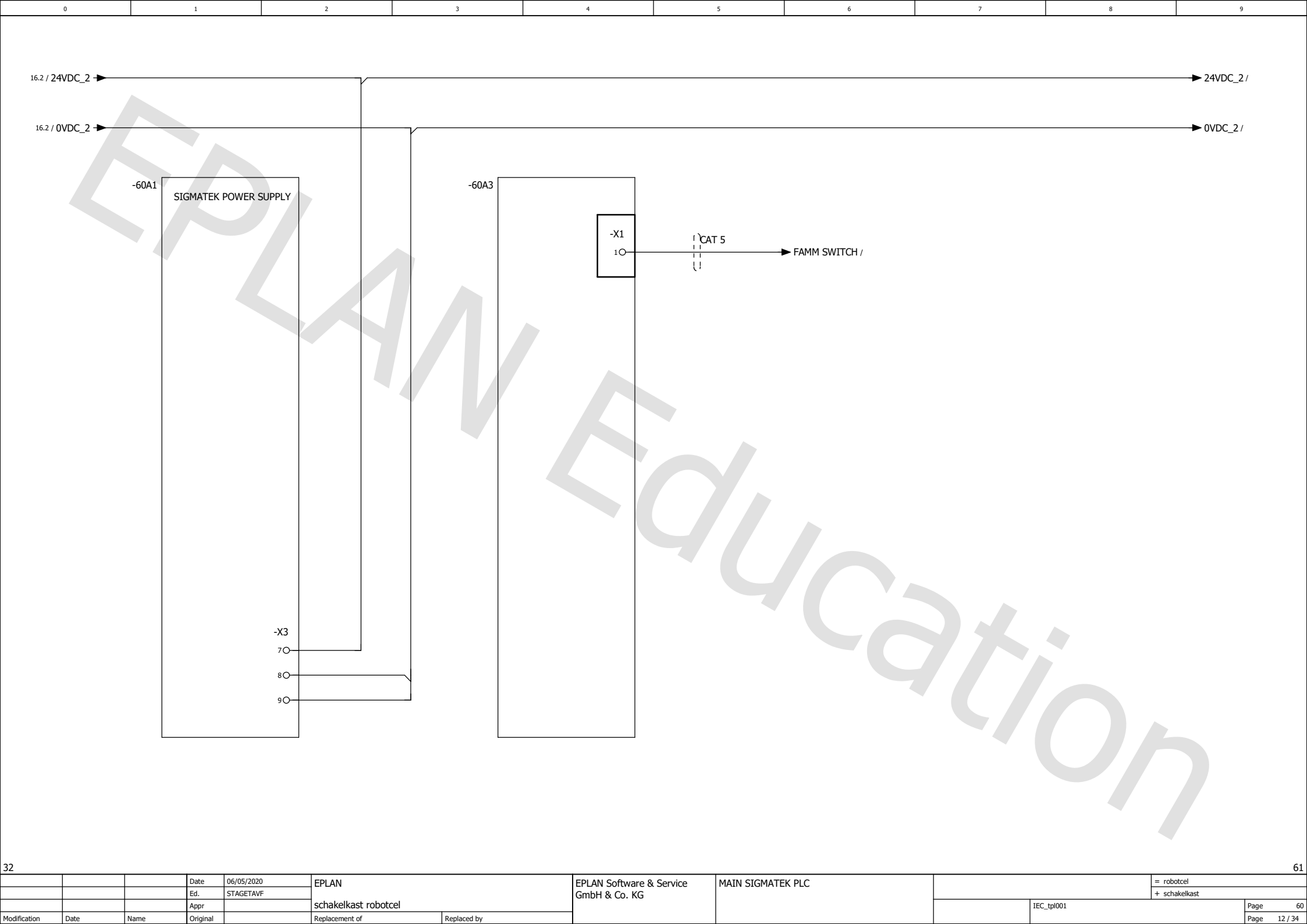
			Date	06/05/2020	EPLAN schakelkast robotcel		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	MAIN SAFETY PLC			= robotcel	
			Ed.	STAGETAVF							+ schakelkast	
			Appr									
Modification	Date	Name	Original		Replacement of	Replaced by			IEC_tpl001		Page	21
											Page	8 / 34

EMERGENCY STOP



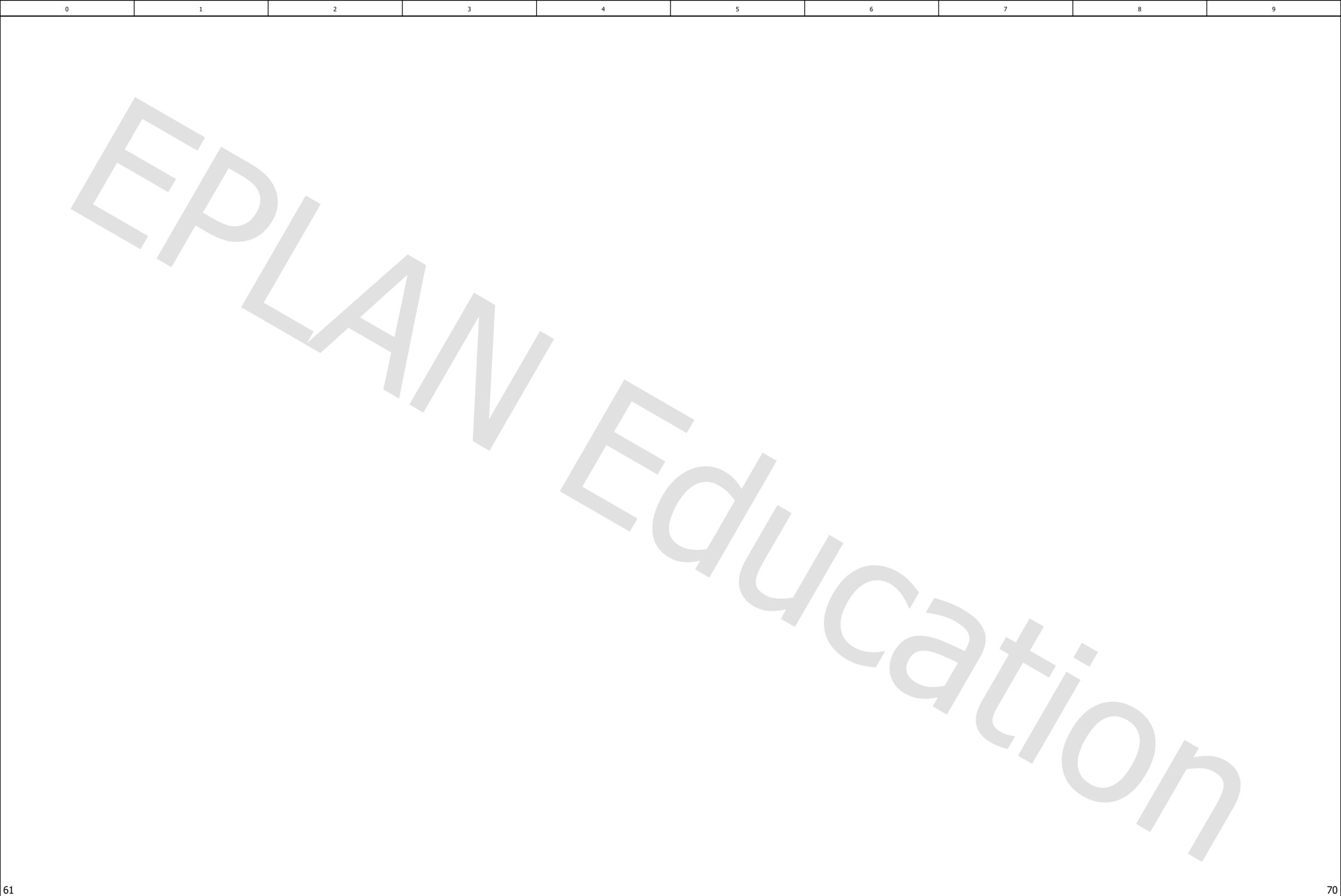


			Date	28/05/2020	EPLAN		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	DOOR sleeve rack			= robotcel
			Ed.	Beginner							+ schakelkast
			Appr						schakelkast robotcel		
Modification	Date	Name	Original		Replacement of	Replaced by			IEC_tpl001		Page 31 / 34
											Page 10 / 34

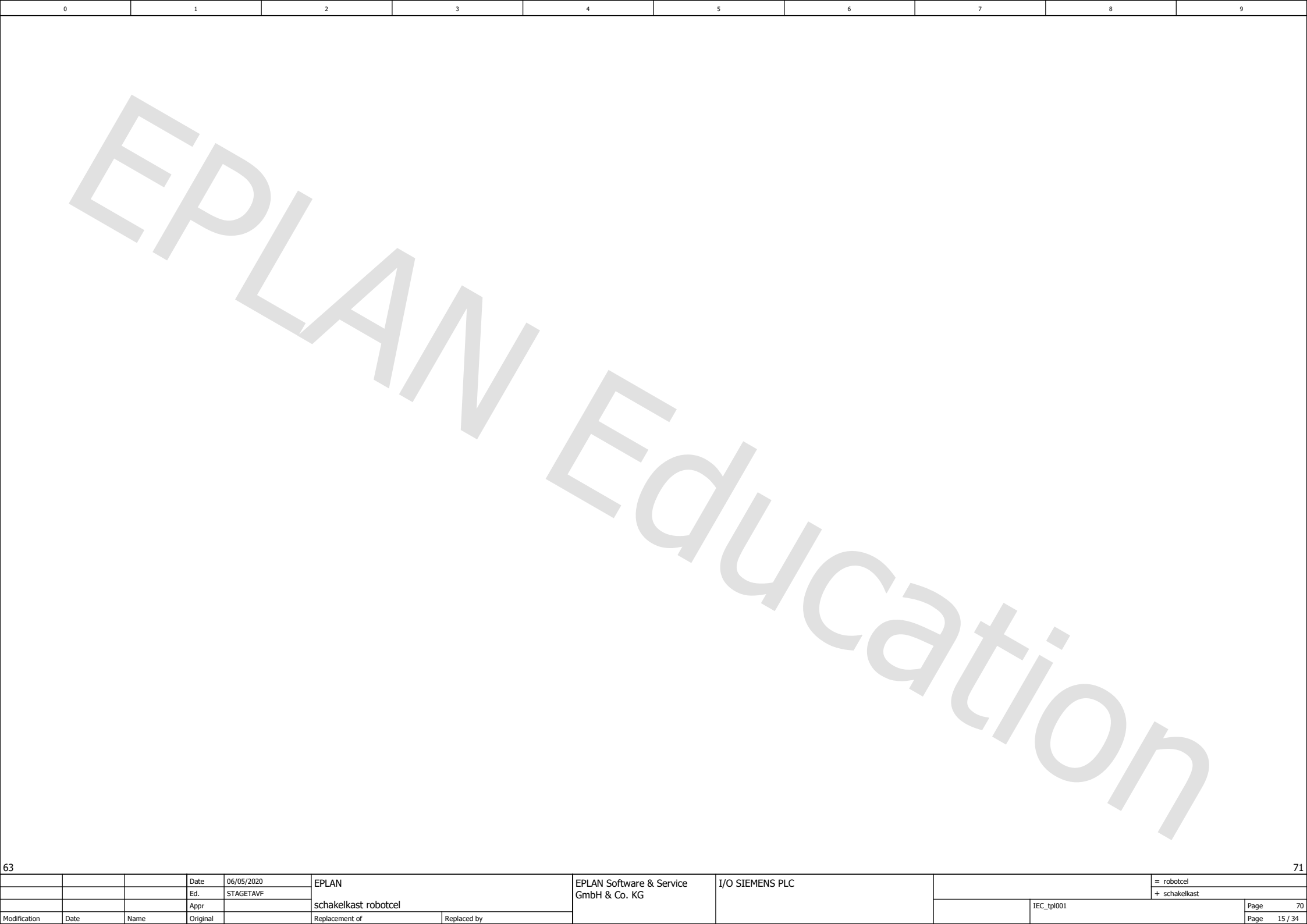




60													63												
			Date	06/05/2020	EPLAN			EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG			SIGMATEK INPUT						= robotcel								
			Ed.	STAGETAVF													+ schakelkast								
			Appr		schakelkast robotcel																				
Modification	Date	Name	Original		Replacement of		Replaced by					IEC_tpl001			Page		61								
																Page		13 / 34							



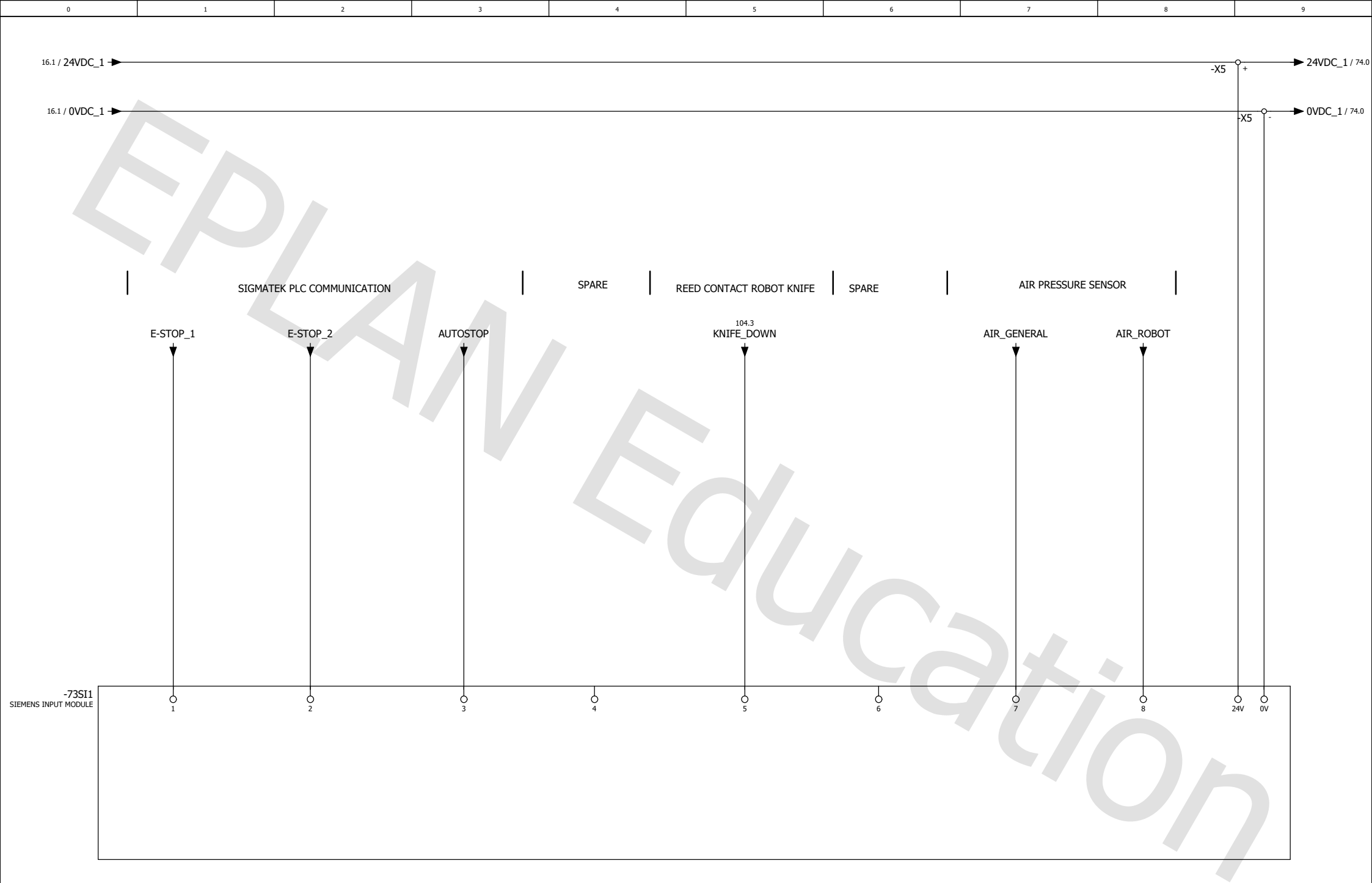
61														70													
			Date	06/05/2020	EPLAN schakelkast robotcel				EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG				SIGMATEK OUTPUT								= robotcel						
			Ed.	STAGETAVF																	+ schakelkast						
			Appr																								
Modification	Date	Name	Original		Replacement of				Replaced by								IEC_tpl001				Page 63						
																						Page 14 / 34					

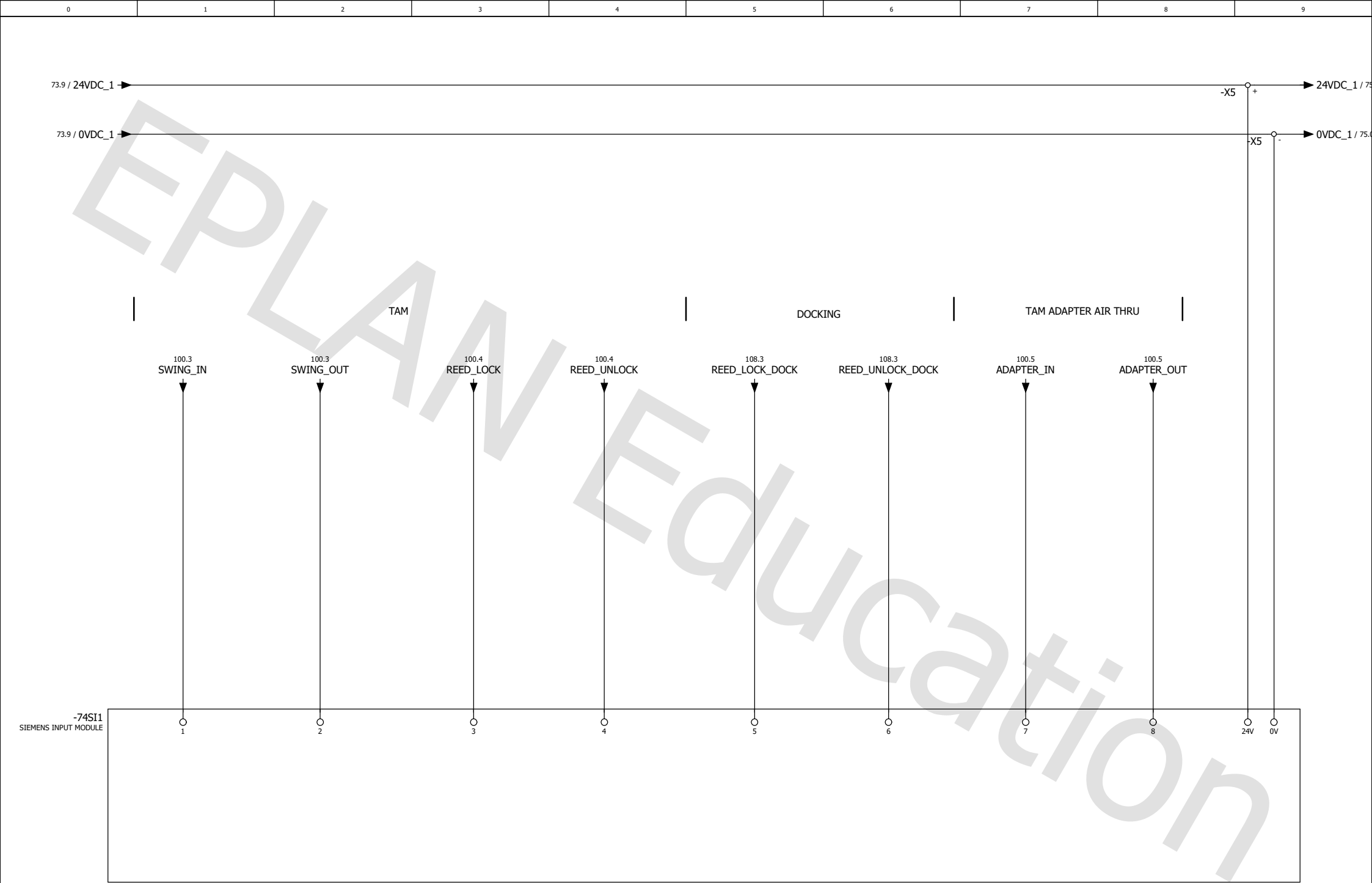


63														71									
			Date	06/05/2020	EPLAN schakelkast robotcel		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG		I/O SIEMENS PLC						= robotcel								
			Ed.	STAGETAVF											+ schakelkast								
			Appr																				
Modification	Date	Name	Original		Replacement of	Replaced by						IEC_tpl001			Page	70							
																			Page	15 / 34			

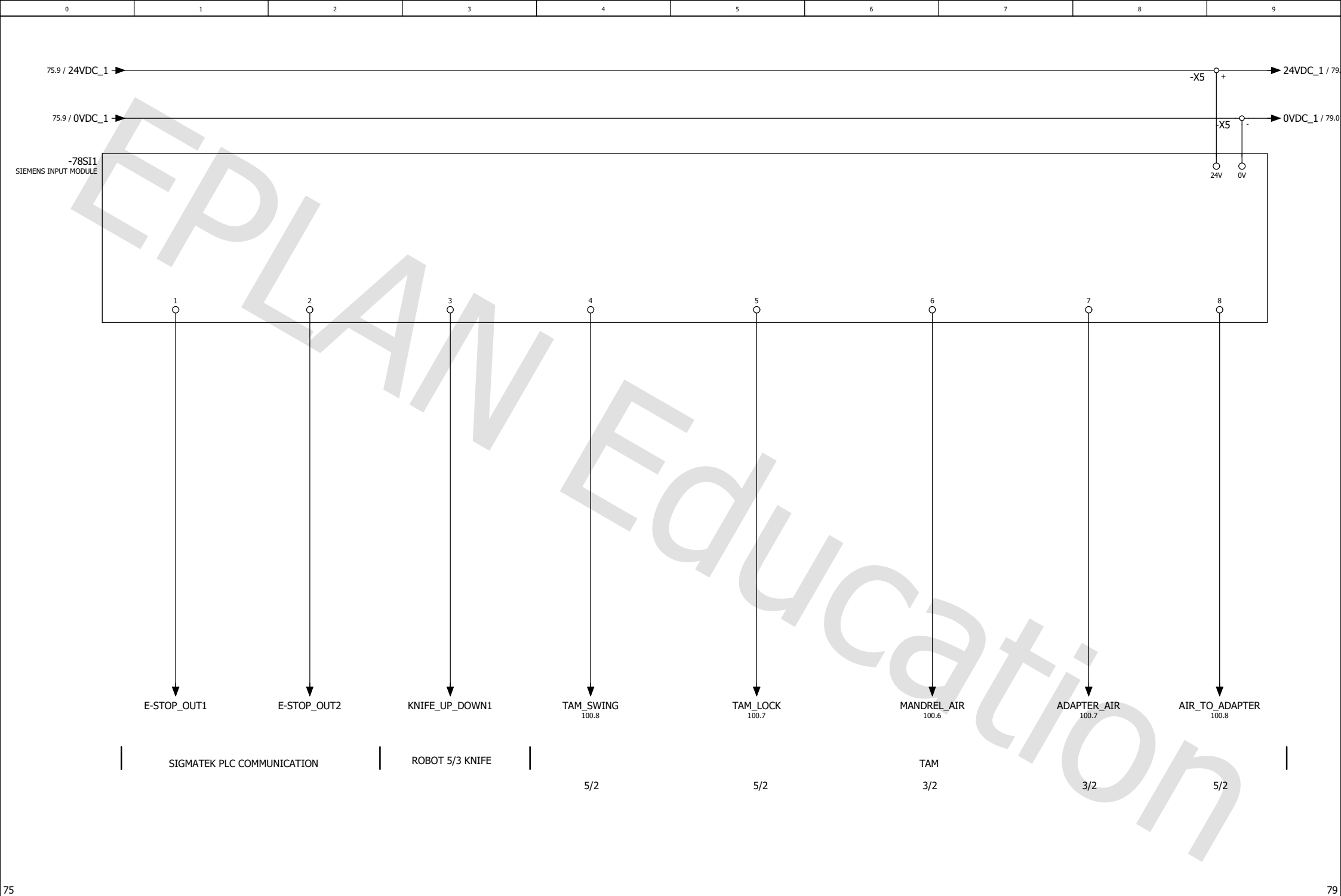


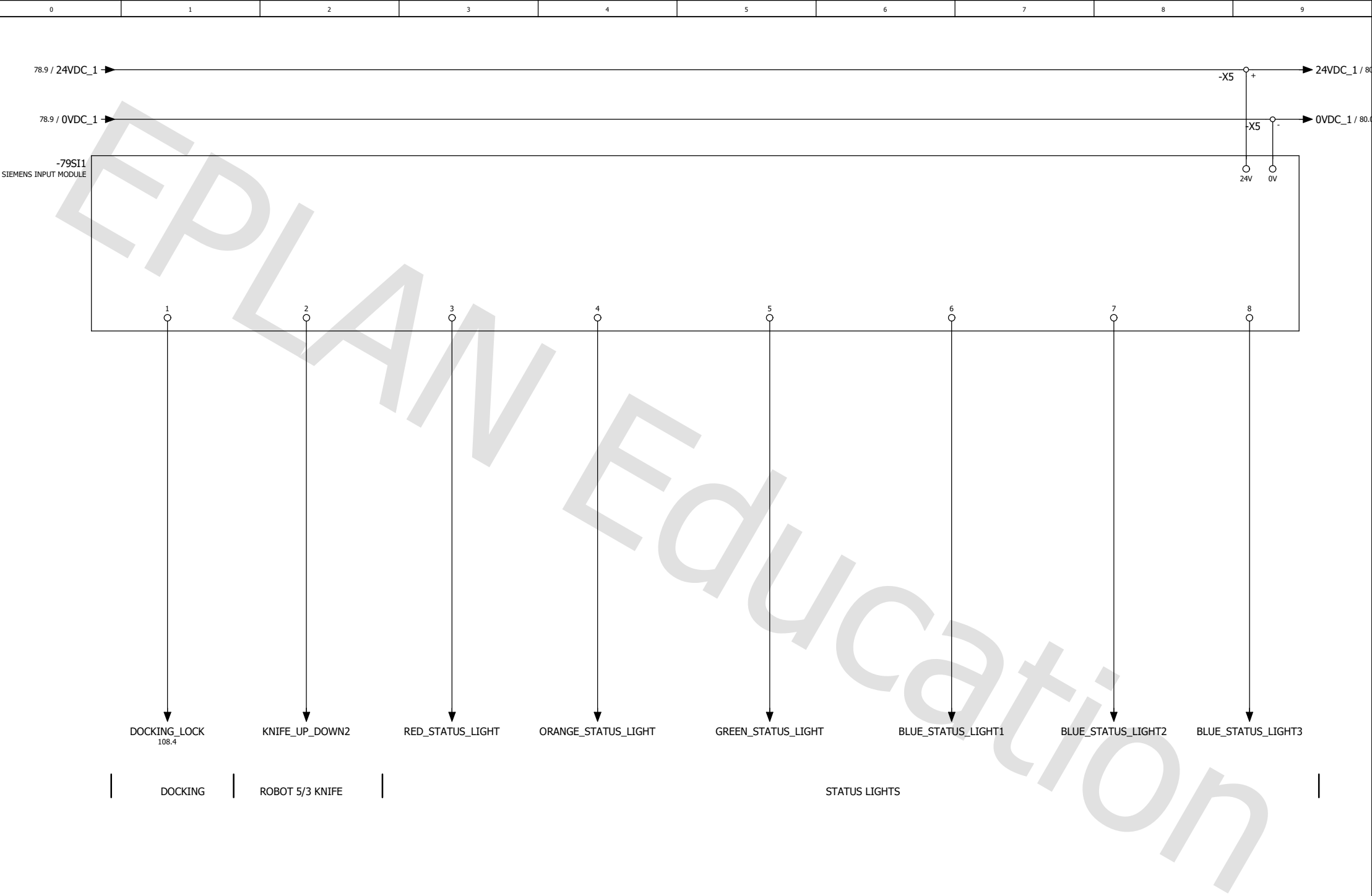
70															73														
			Date	06/05/2020	EPLAN schakelkast robotcel				EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG				SIEMENS PLC								= robotcel								
			Ed.	STAGETAVF																	+ schakelkast								
			Appr																										
Modification	Date	Name	Original		Replacement of				Replaced by								IEC_tpl001				Page 71								
																							Page 16 / 34						

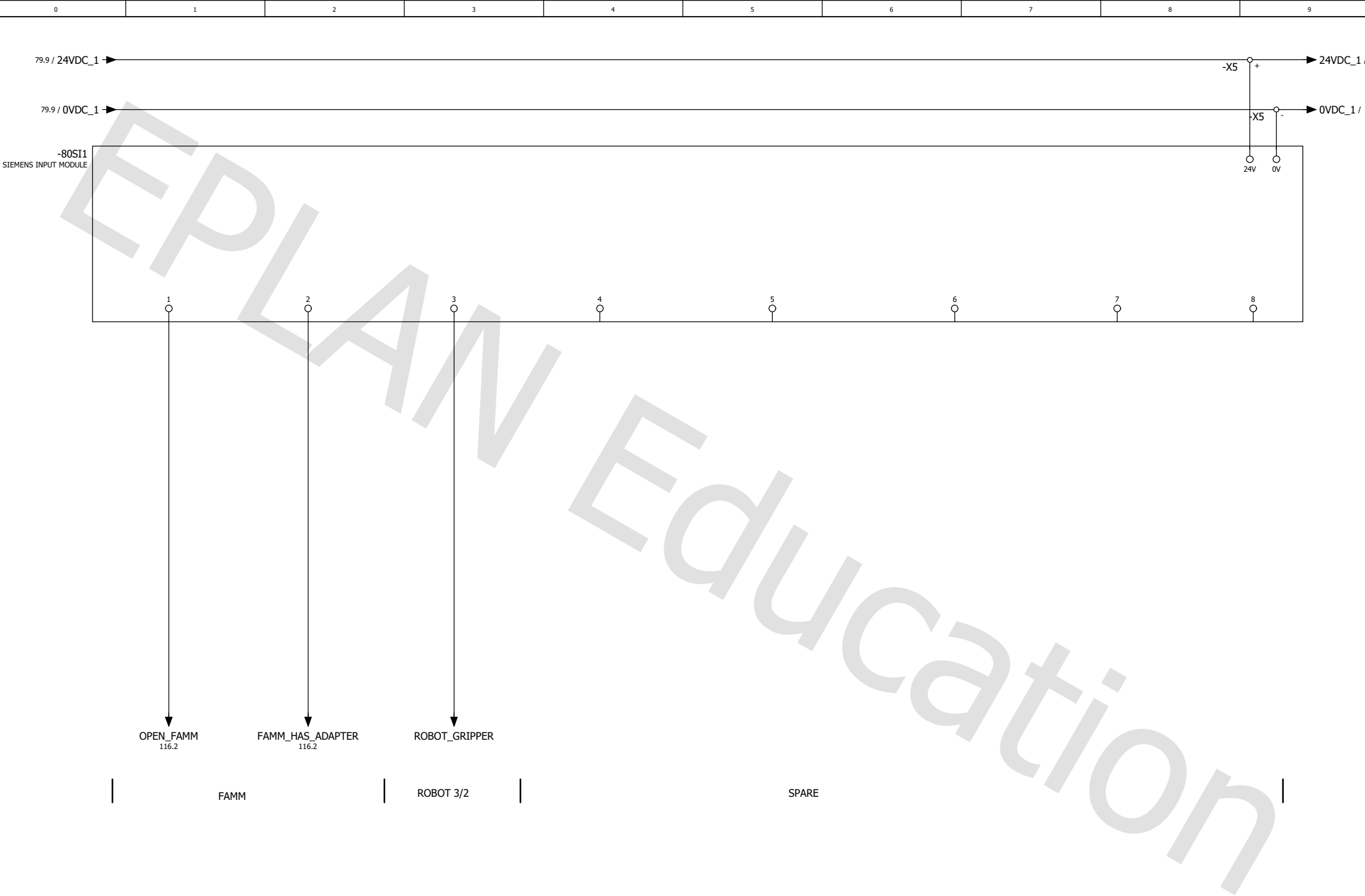


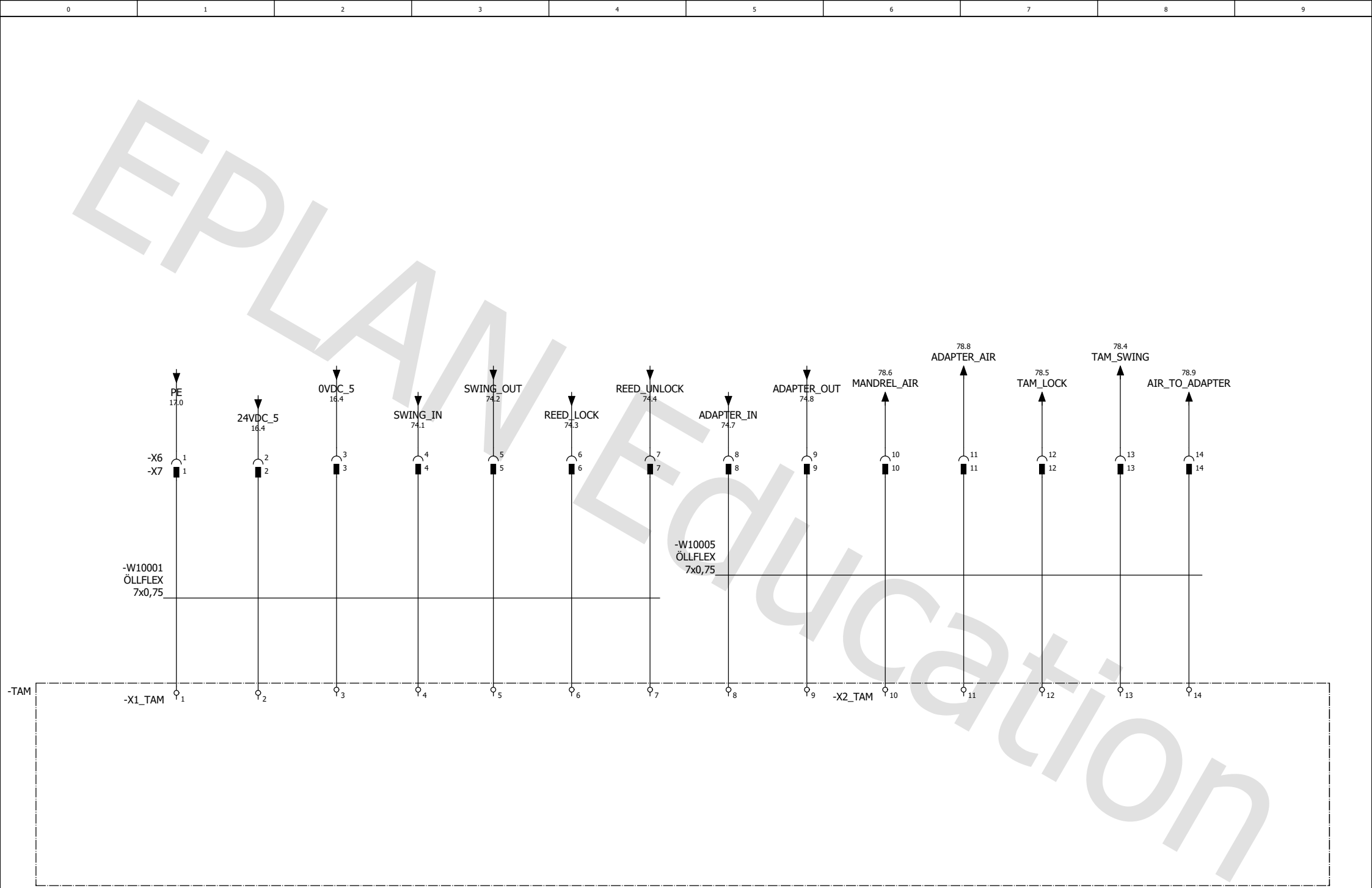


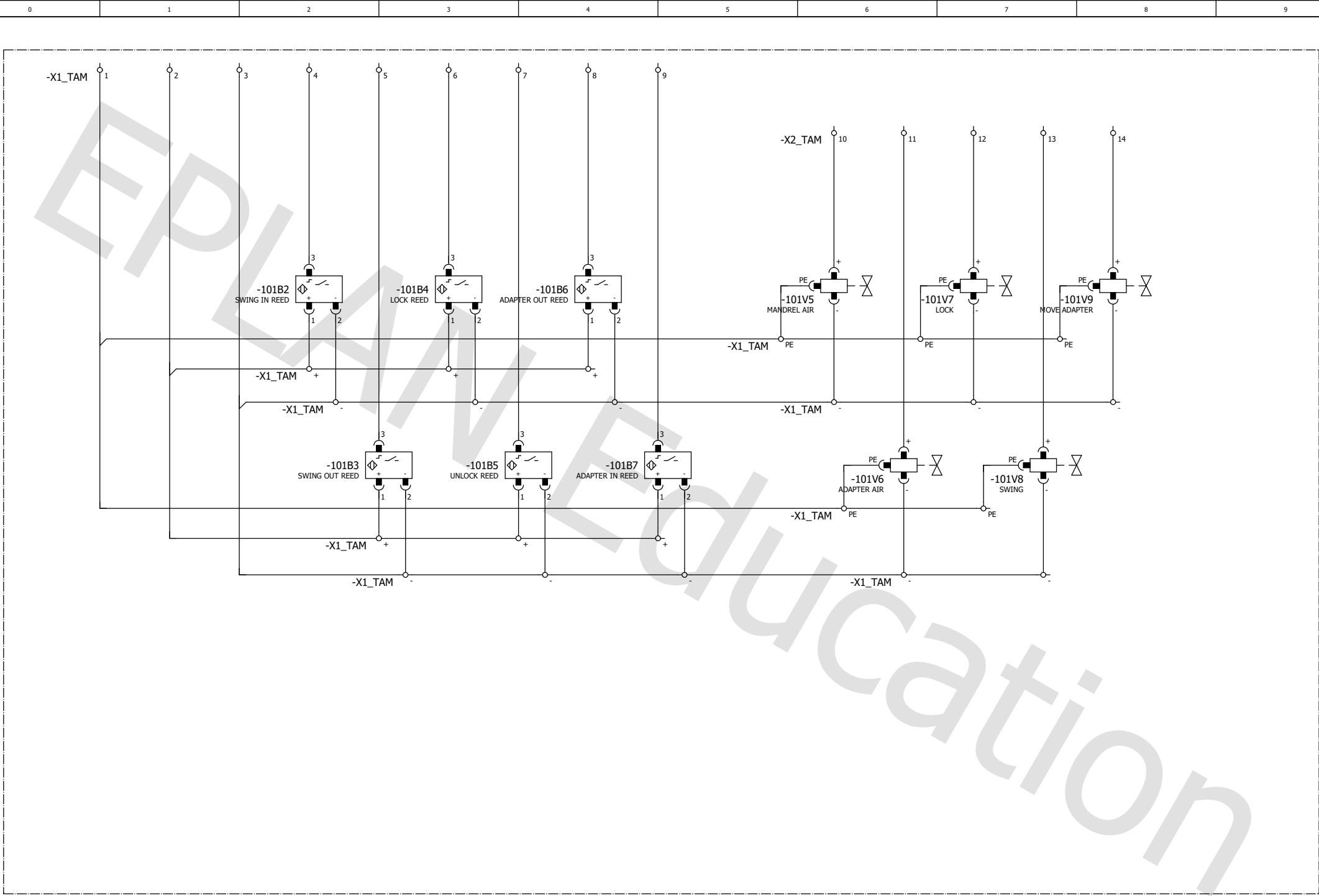


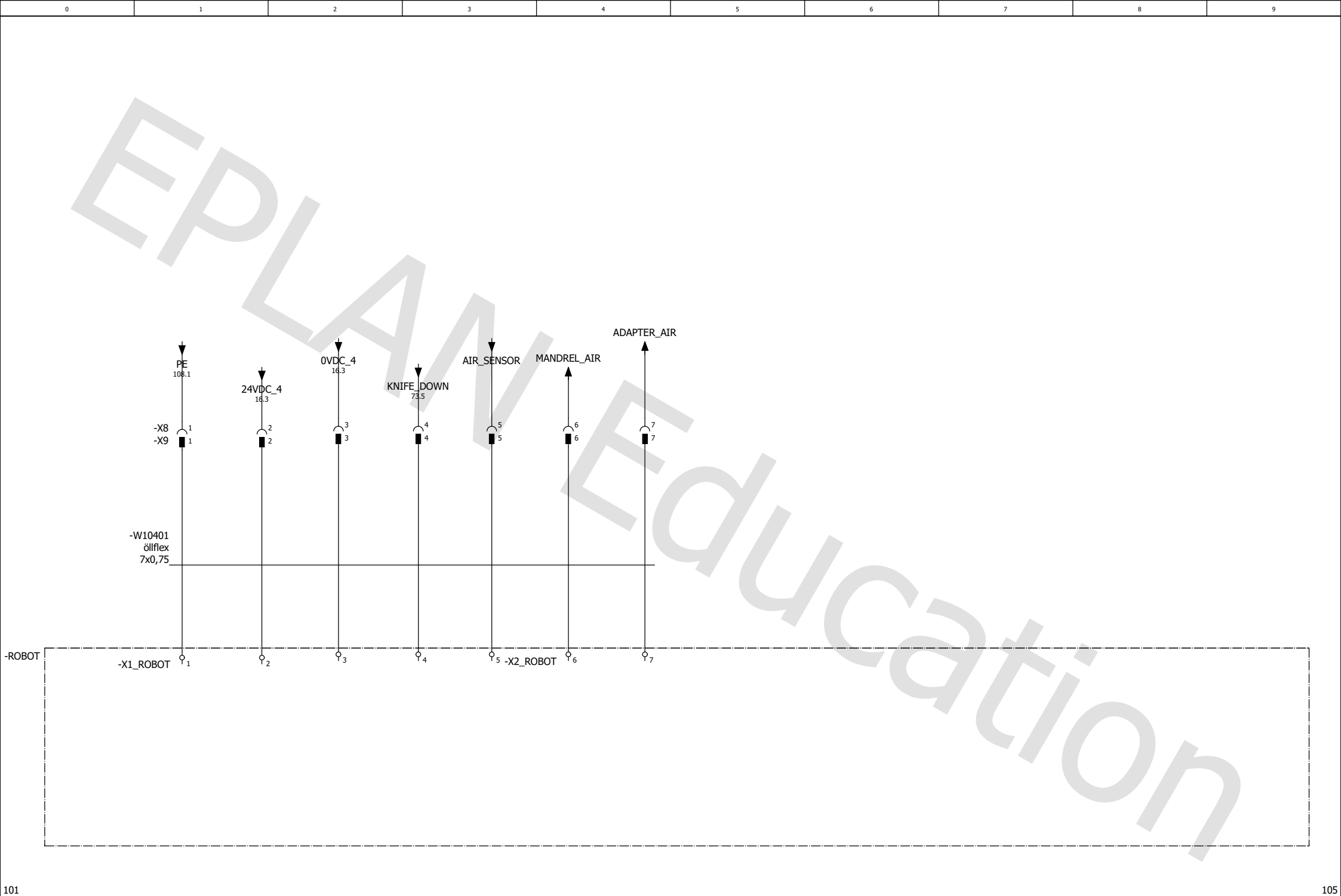


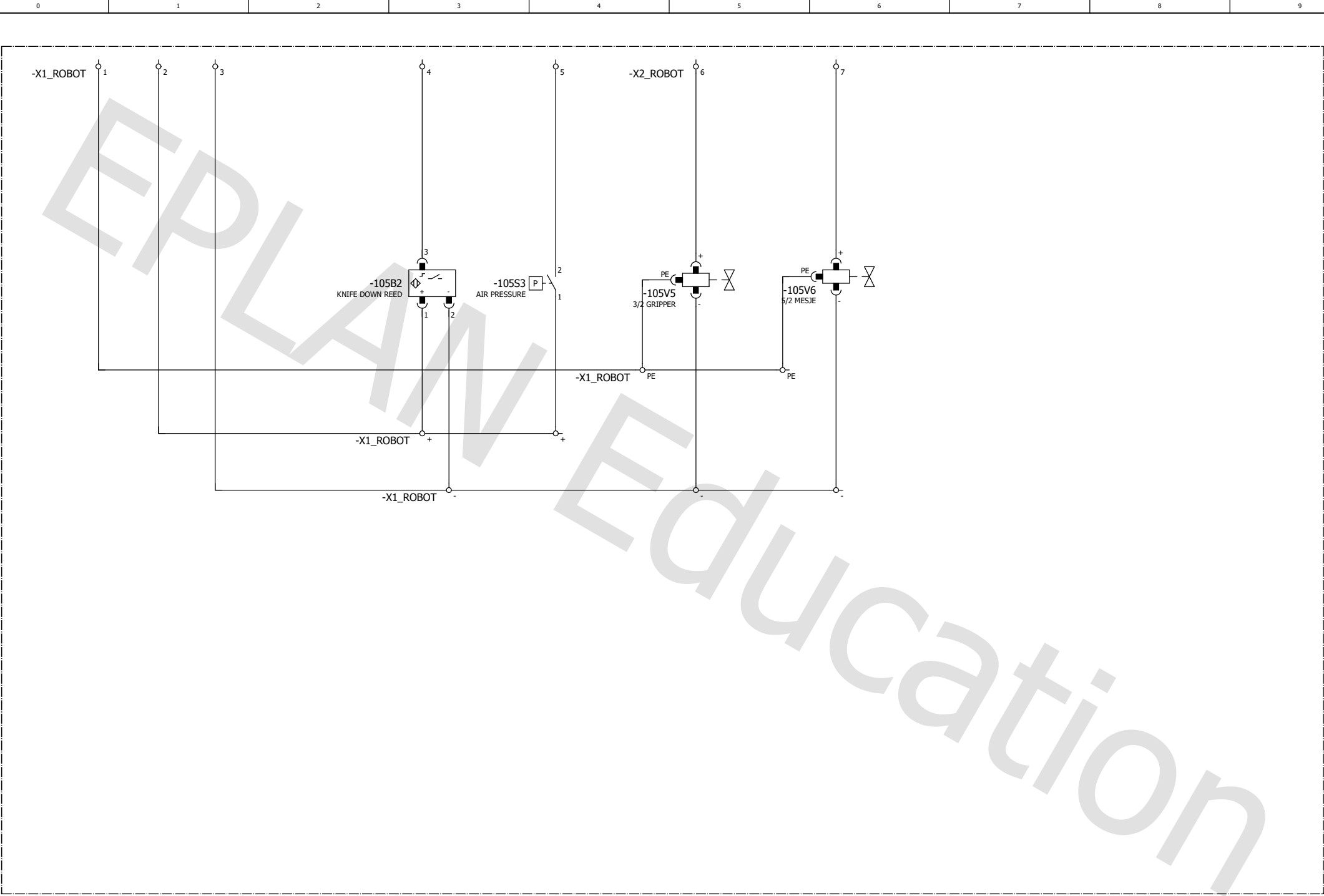


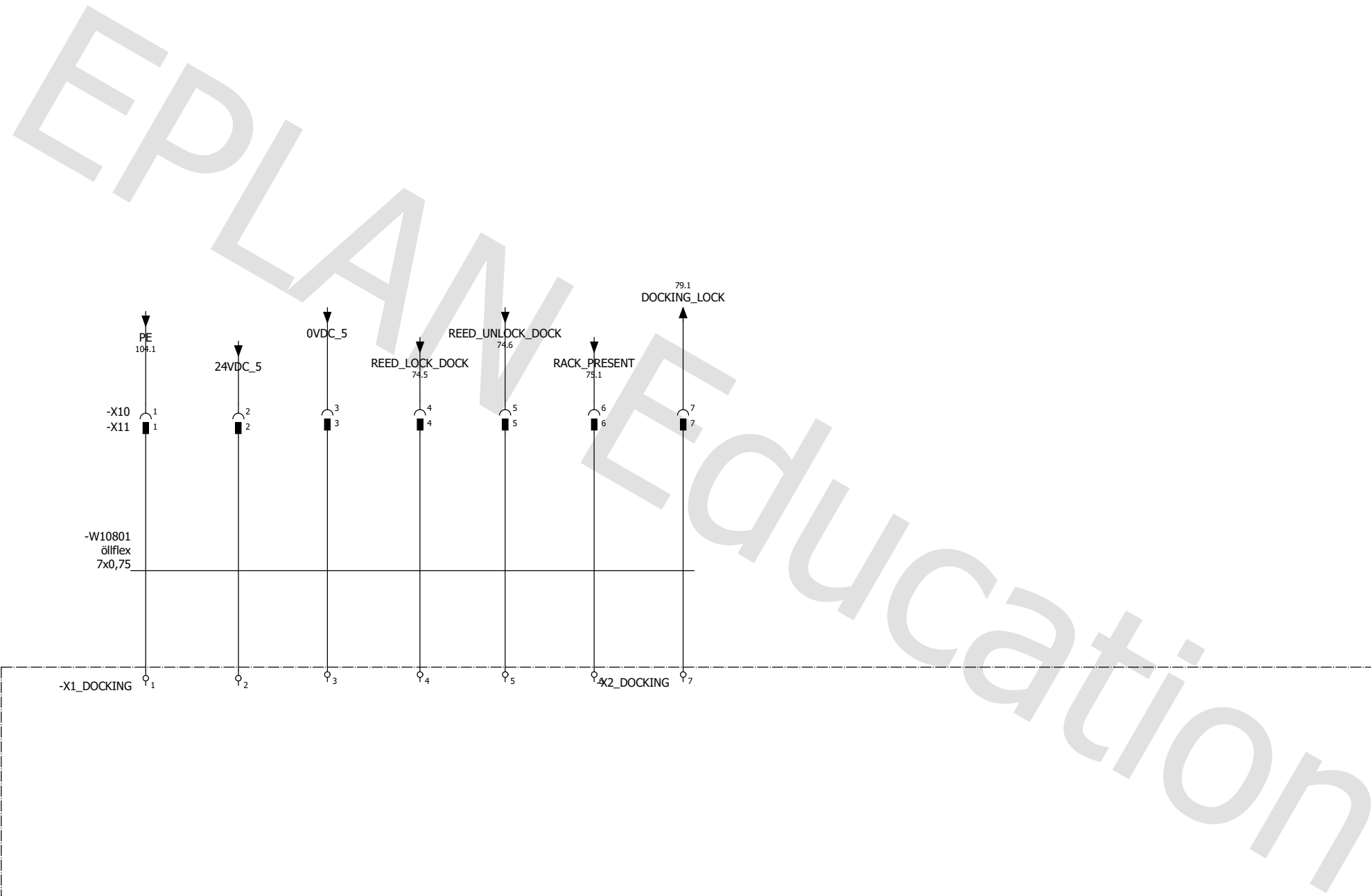


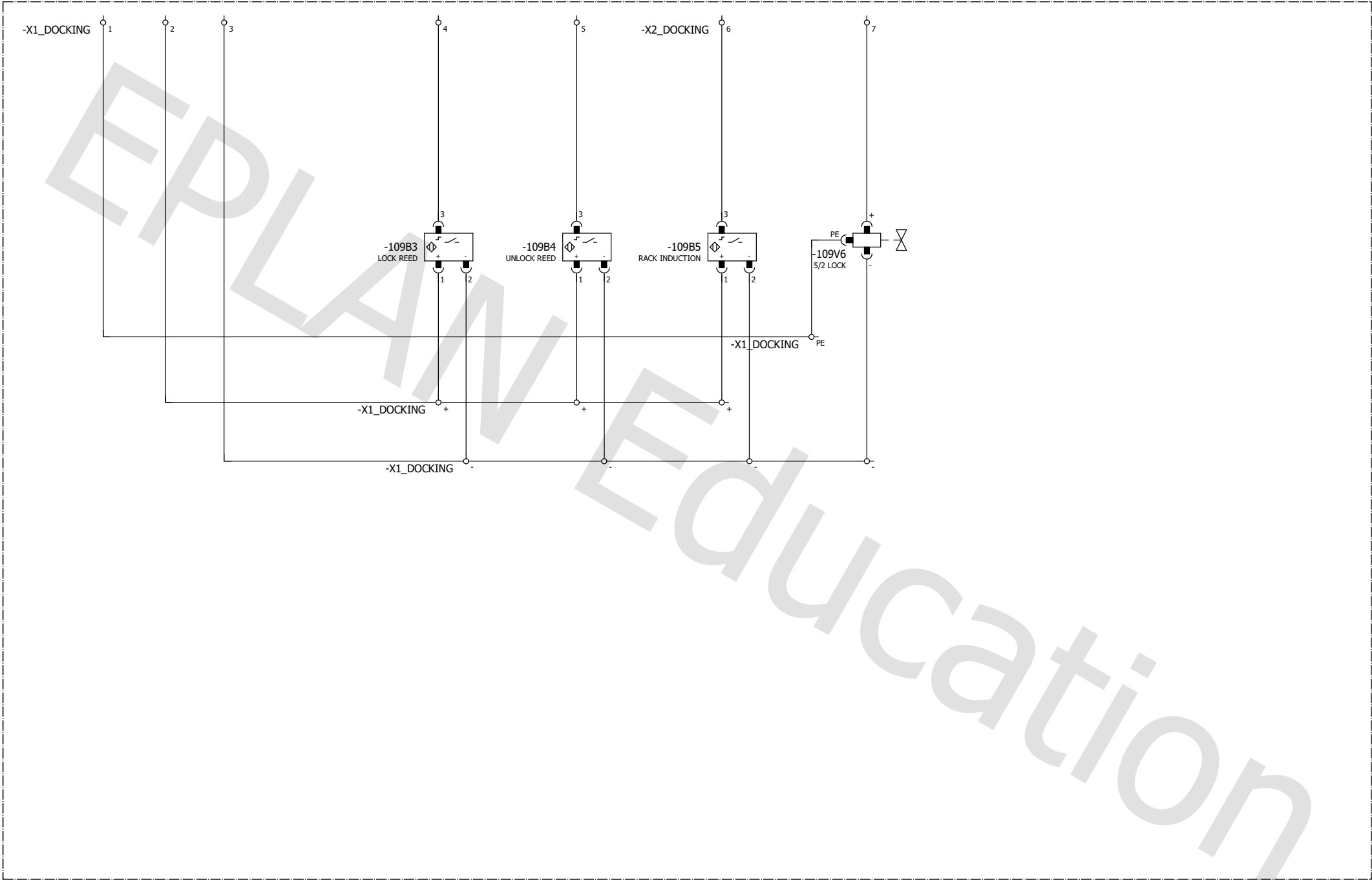






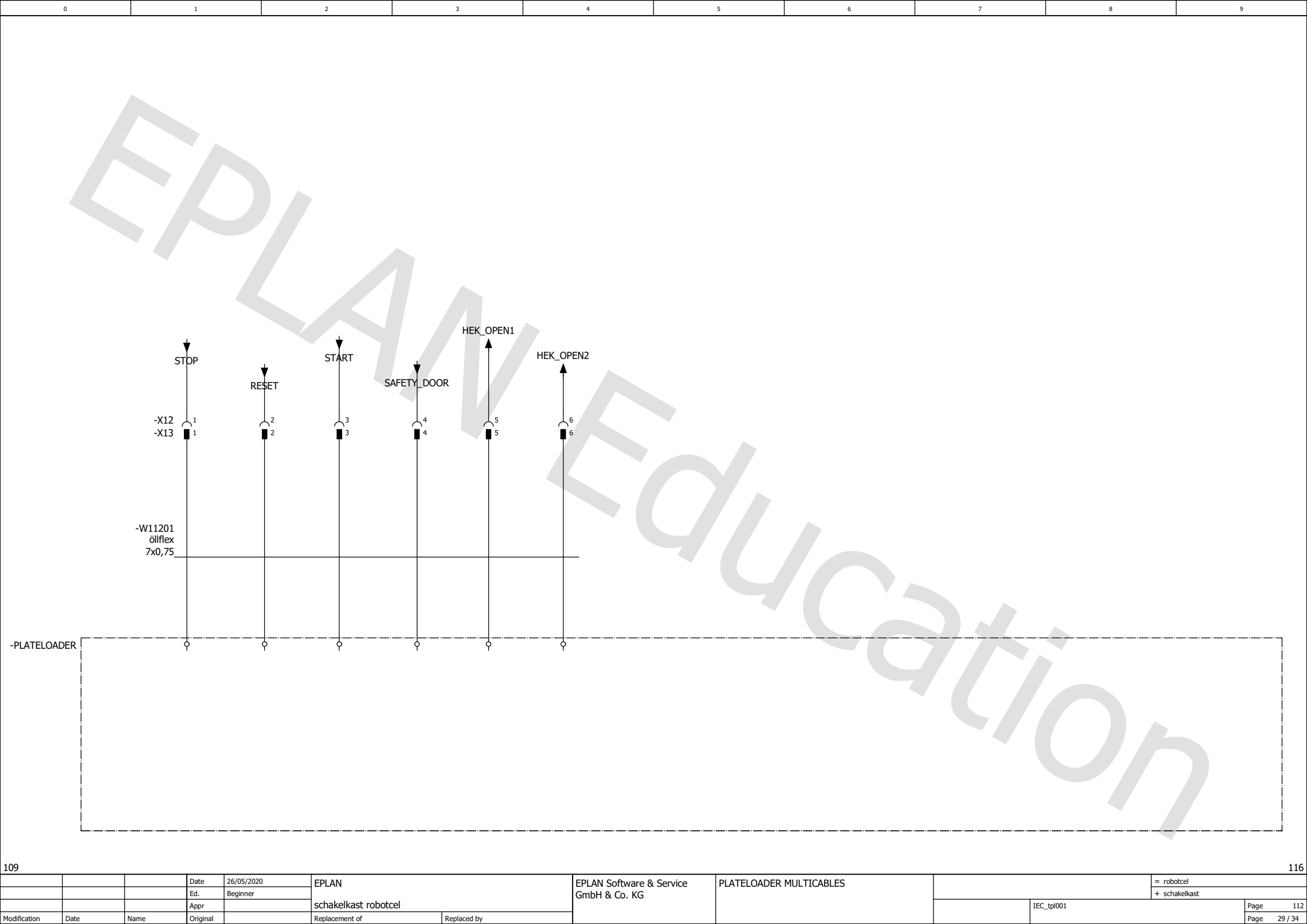


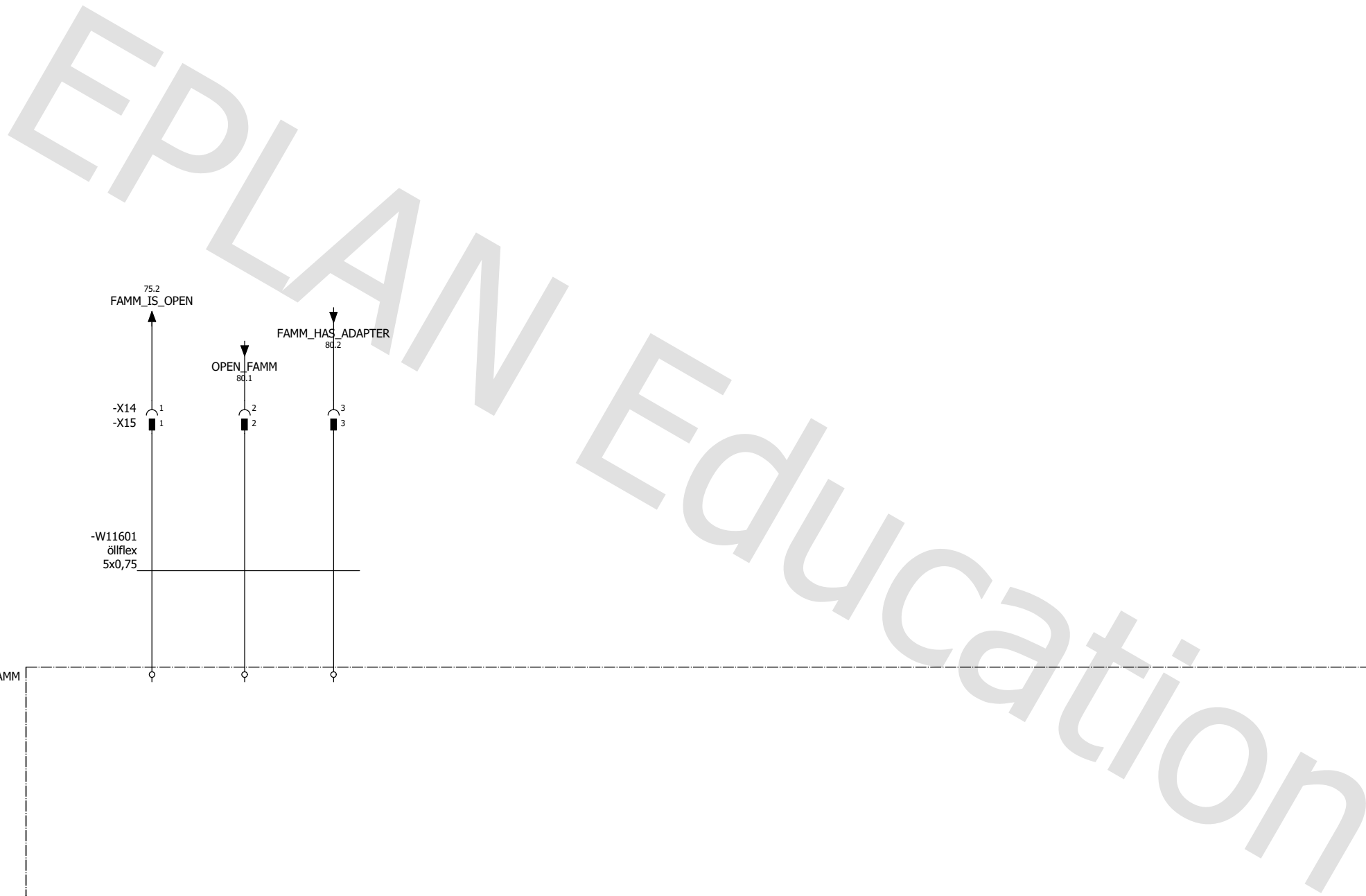


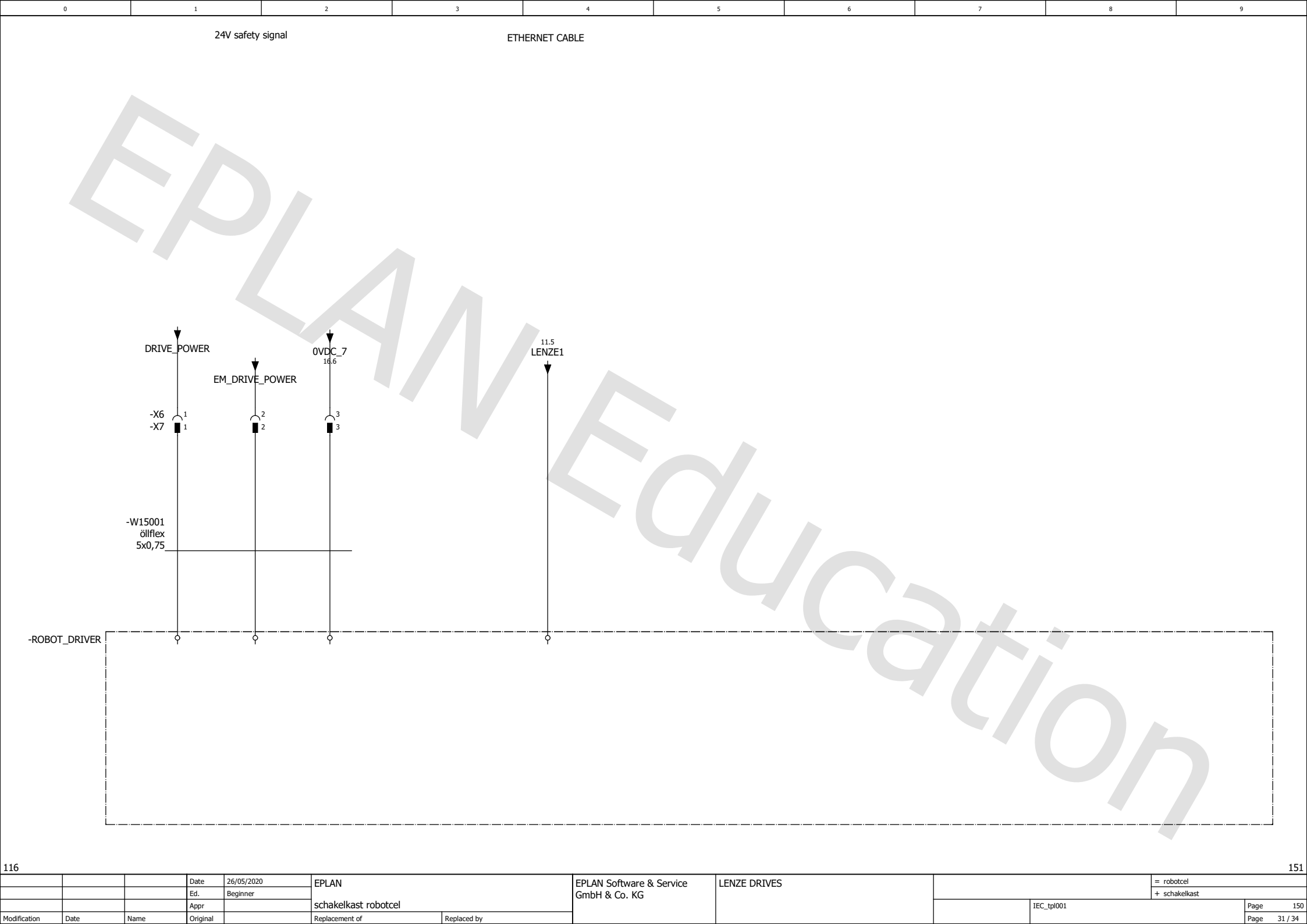


			Date	12/05/2020	EPLAN	
			Ed.	STAGETAVF	schakelkast robotcel	
			Appr		Replacement of	
Modification	Date	Name	Original		Replaced by	

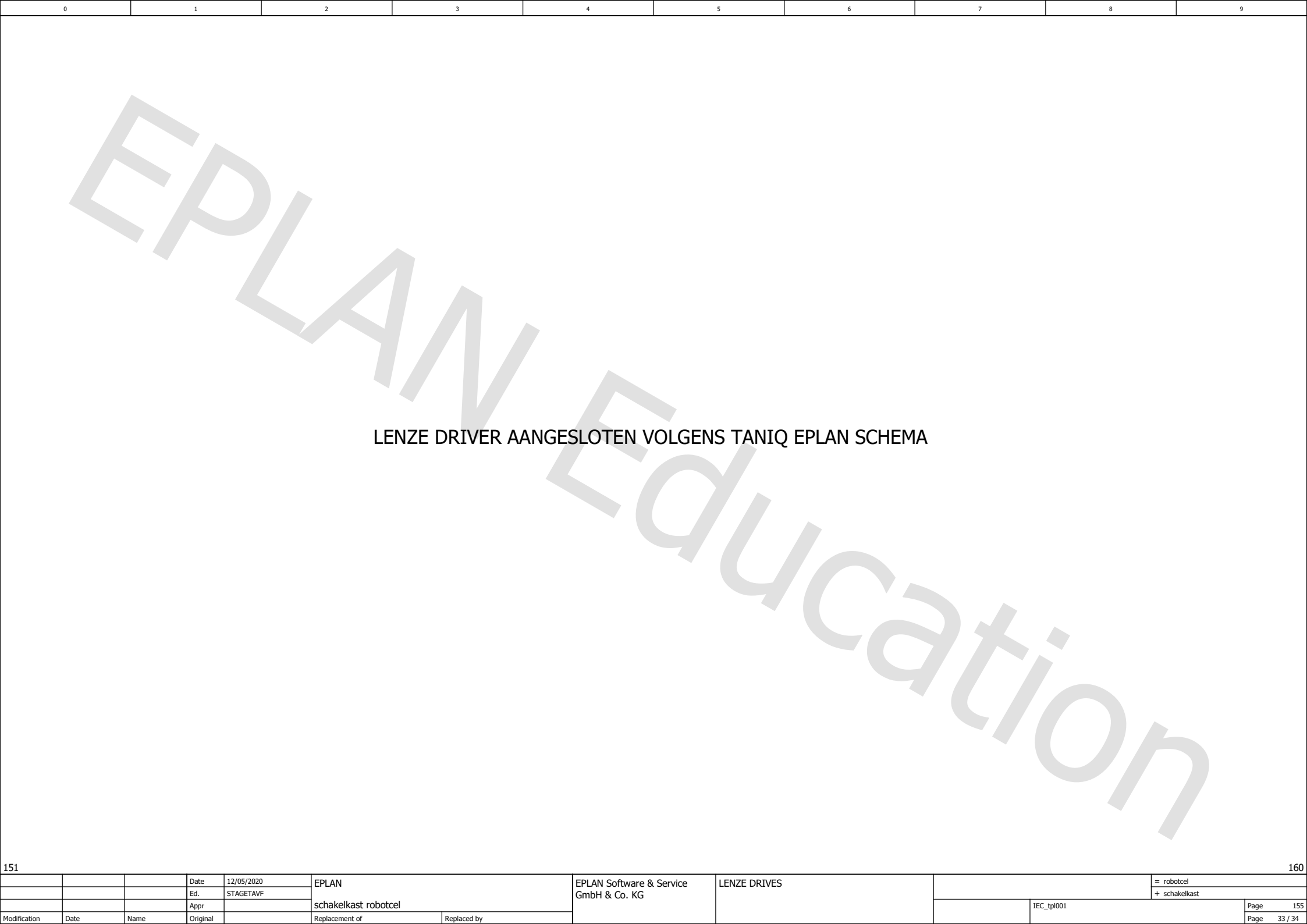
		= robotcel		Page 109	
		+ schakelkast		Page 28 / 34	
		IEC_tpl001			



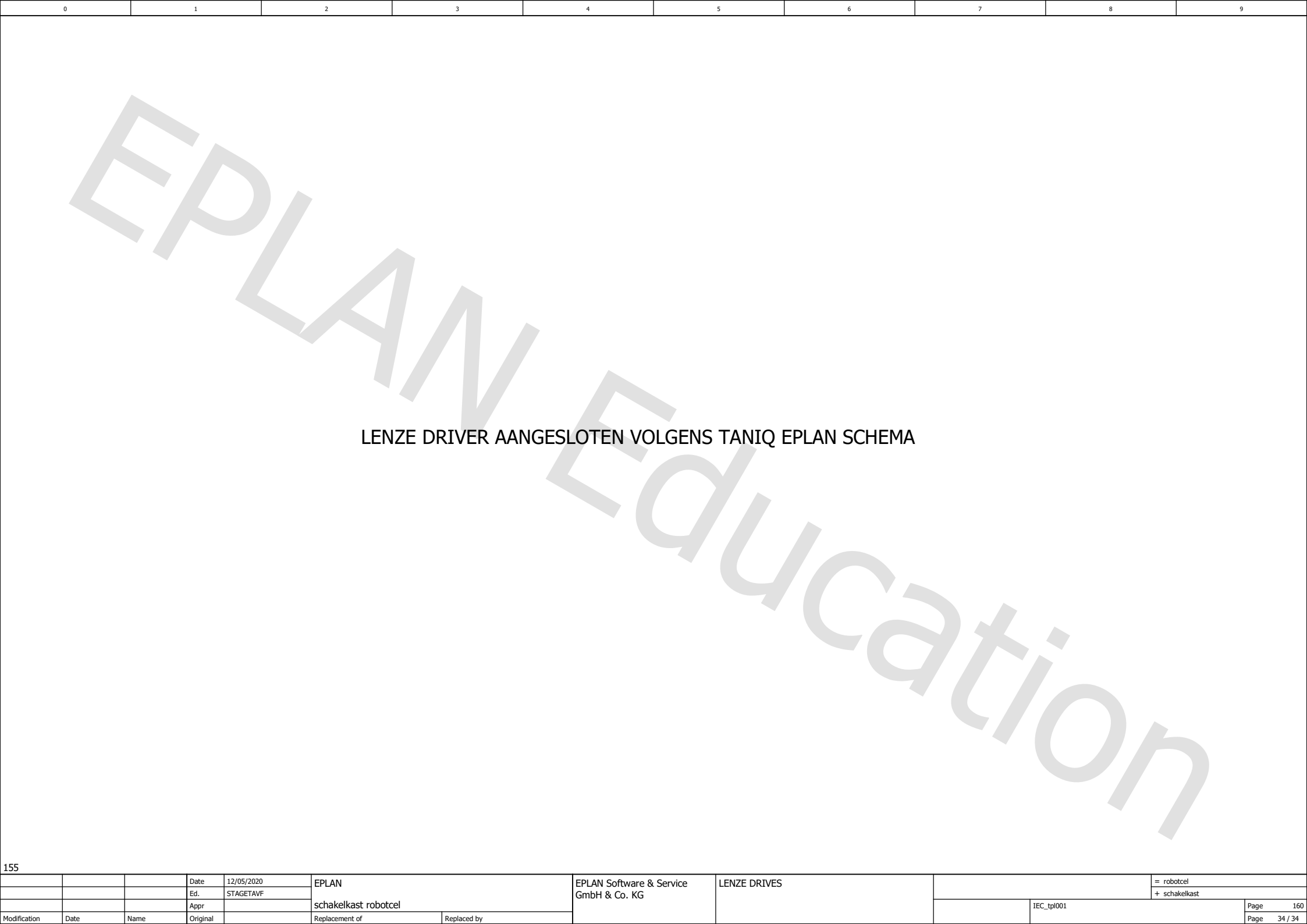




KLEIN LENZE DRIVERTJE AANGESLOTEN VOLGENS TANIQ EPLAN SCHEMA



LENZE DRIVER AANGESLOTEN VOLGENS TANIQ EPLAN SCHEMA

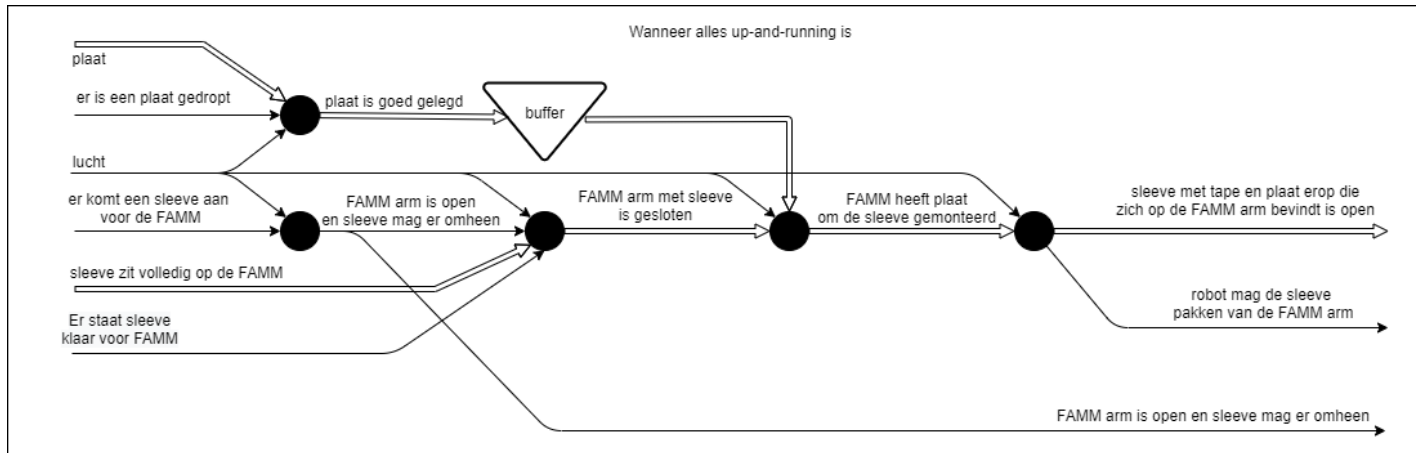


LENZE DRIVER AANGESLOTEN VOLGENS TANIQ EPLAN SCHEMA

			Date	12/05/2020	EPLAN		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	LENZE DRIVES			= robotcel	
			Ed.	STAGETAVF	schakelkast robotcel						+ schakelkast	
			Appr									
Modification	Date	Name	Original		Replacement of	Replaced by			IEC_tpl001		Page	160
											Page	34 / 34

9.4 I/O Diagrammen

9.4.1 FAMM



FAMM moet zelfstandig
gaan draaien



FAMM werkt alleen en de rest van de processen zijn uitgeschakeld



FAMM moet gaan stoppen

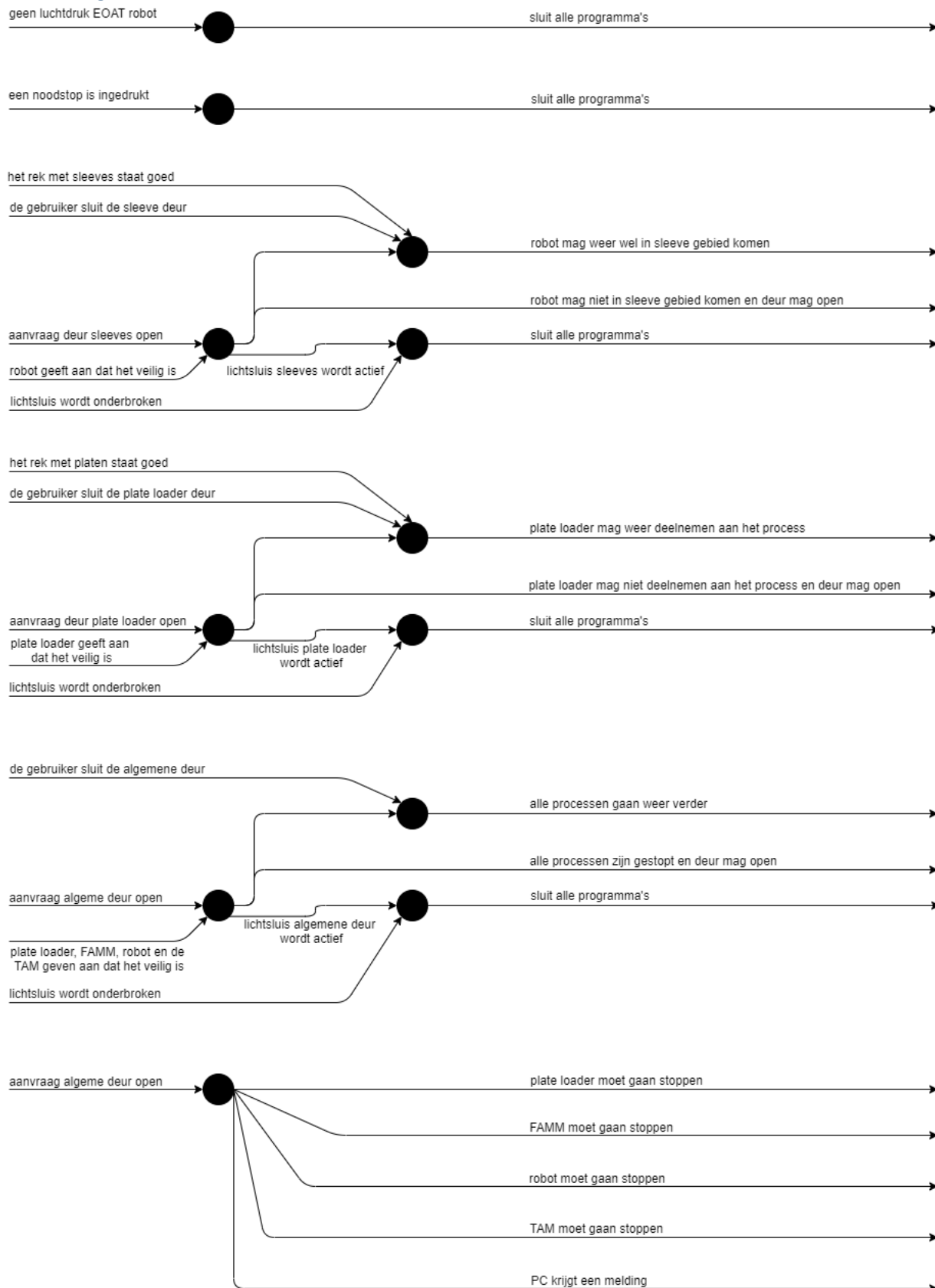


FAMM is gestopt en deur mag open

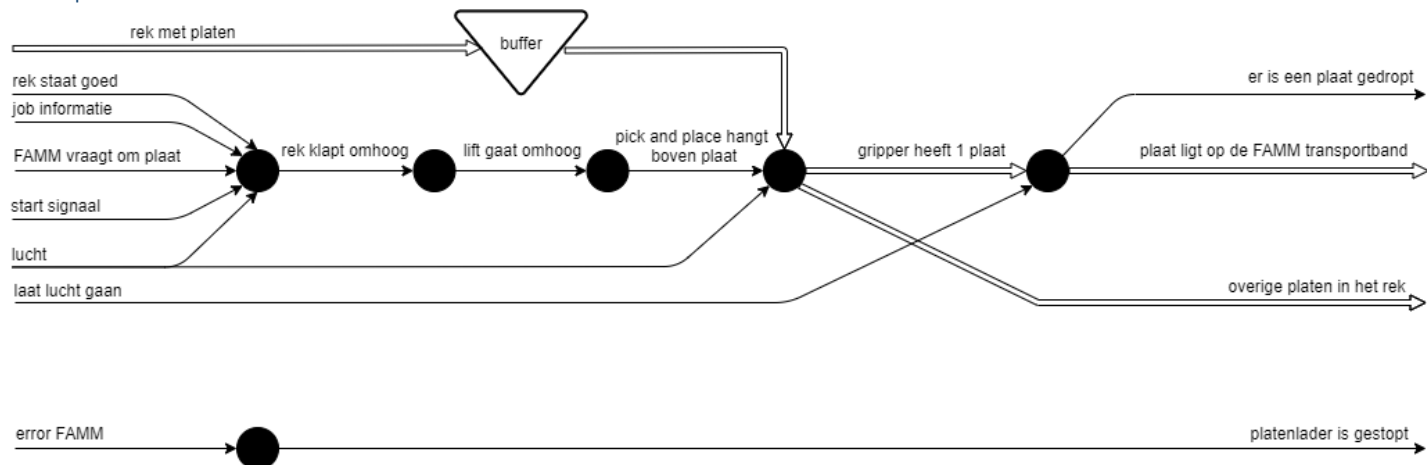


FAMM heeft geen huidige
processen meer lopen

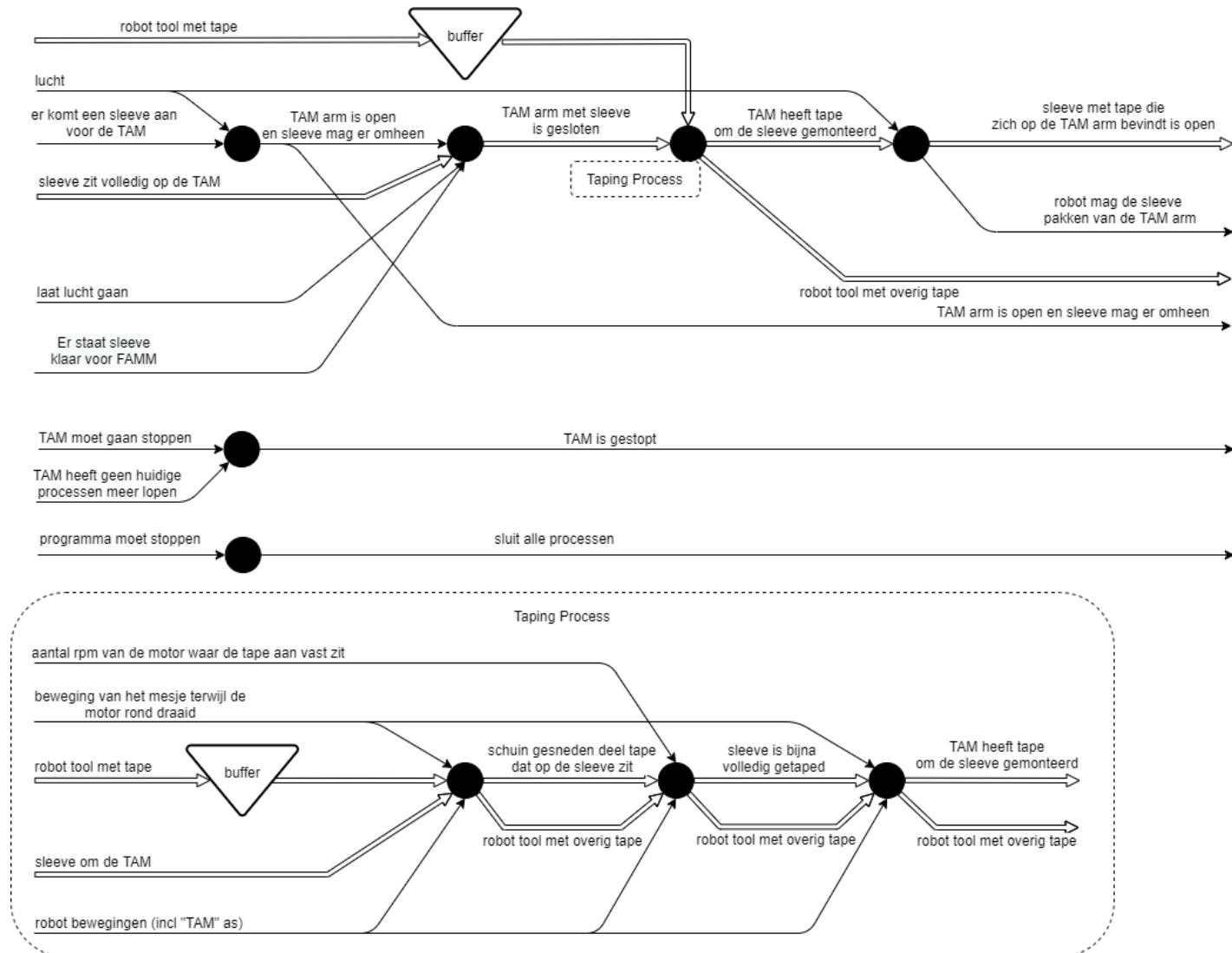
9.4.2 veiligheid



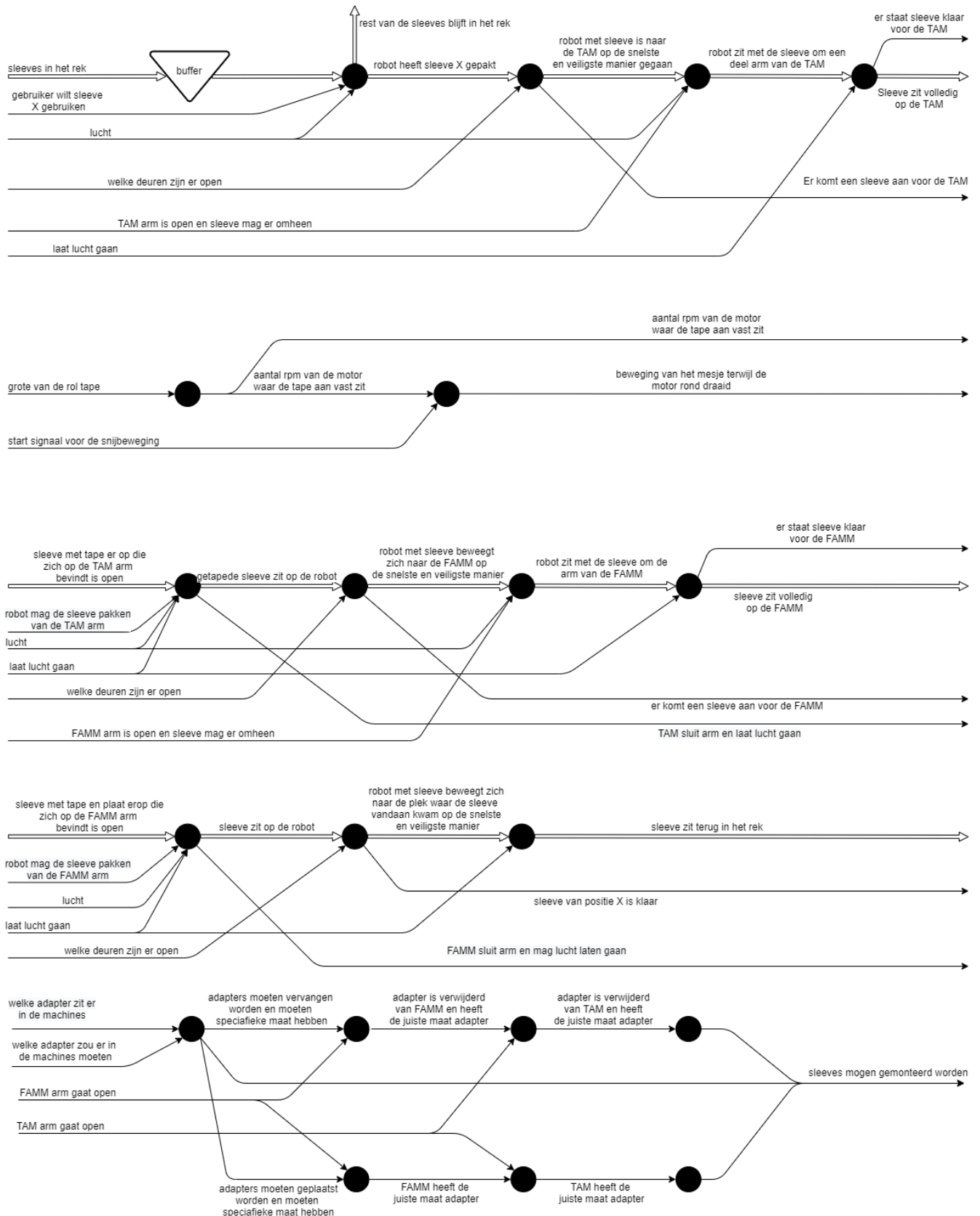
9.4.3 platenlader



9.4.4 TAM



9.4.5 robot



9.5 Overzicht elektrotechnische eisen

Sommige eisen lijken softwarematige eisen, maar dit geeft aan dat er in het design rekening mee gehouden moet worden of dat het betekent dat er een manier van communicatie tussen onderdelen moet zijn.

9.5.1 Algemeen

- De cel mag niet zomaar te betreden zijn.
- Er moet minimaal één noodstop aanwezig zijn buiten de cel.
- Het prototype van de besturingskast is ontworpen op een duidelijke manier dat deze veilig wordt bevonden door de technisch begeleider.
- De RoboCell moet veilig zijn voor de gebruiker.
- Het ontwerp voor de kast moet in EPLAN gemaakt worden.
- De schakelkast moet worden aangesloten volgens het ontwerp in EPLAN.
- Kabels uit de besturingskast naar machines moeten op een slimme manier worden gemanaged
- Onderdelen in de besturingskast moeten zo veel mogelijk van de voorraad gebruikt worden.
- Het project moet met zo veel mogelijk standaard methodes en componenten gemaakt worden die het bedrijf hanteert

9.5.2 Sleeve rek

- Moet bereikbaar zijn van buitenaf.
- Dit station van de RoboCell moet aan kunnen geven wanneer deze niet goed is gepositioneerd.

9.5.3 FAMM

- Moet communiceren met de robot en de platenlader.
- Moet stand-alone kunnen werken (kunnen werken zonder dat de rest van de cel in het proces meedoet).

9.5.4 TAM

- Moet communiceren met de robot.
- De motor die de sleeve laat ronddraaien moet werken als een as van de robot.

9.5.5 Platenlader

- Moet communiceren met de FAMM.
- De platenlader moet van buitenaf bereikbaar zijn
- Dit station van de RoboCell moet aan kunnen geven wanneer deze niet goed is gepositioneerd.

9.5.6 Robot

- De robot moet met behulp van lucht de sleeves en adapters kunnen vasthouden.
- De robot mag niet onopgemerkt luchtdruk verliezen tijdens het vasthouden van een sleeve of adapter.
- De robot mag geen verdere bewegingen maken als hij de sleeve vast zou moeten hebben, maar dit niet heeft.
- De robot moet twee van de drie oriëntaties van de messen die het tape snijden op de juiste positie zetten voor het tapen begint.
- De robot moet met de PC, FAMM en TAM kunnen communiceren.

- De robot moet kunnen wachten tot de FAMM/TAM klaar is voor de volgende stap in het proces.
- Het snijden van de tape moet werken als een as van de robot.
- Ontwikkelingen die Taniq maakt moeten zo veel mogelijk worden geïmplementeerd.
- De noodstoppen van de robotcontroller moeten blijven werken zolang de cel actief blijft.

9.5.7 Platenlader

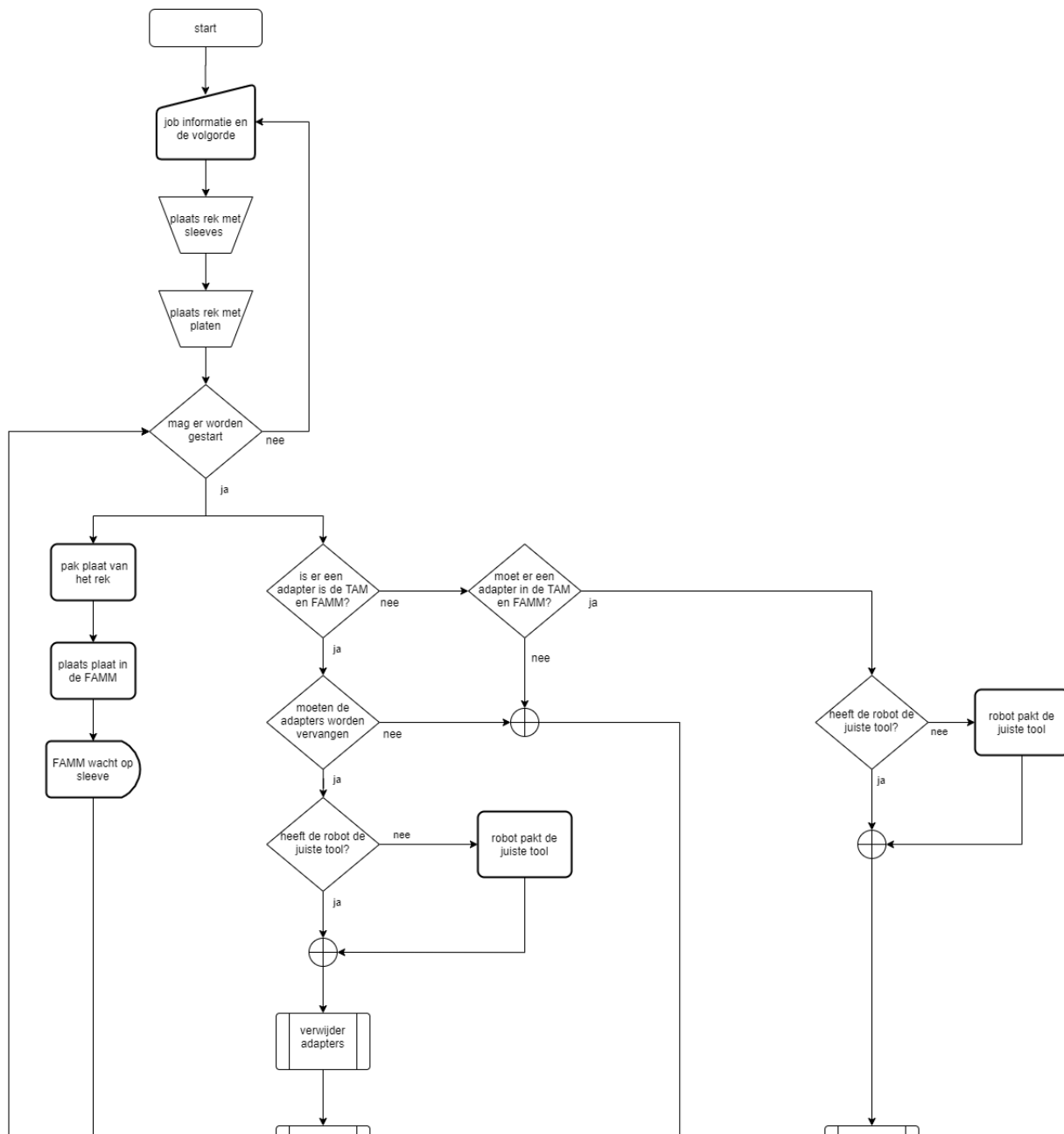
Software

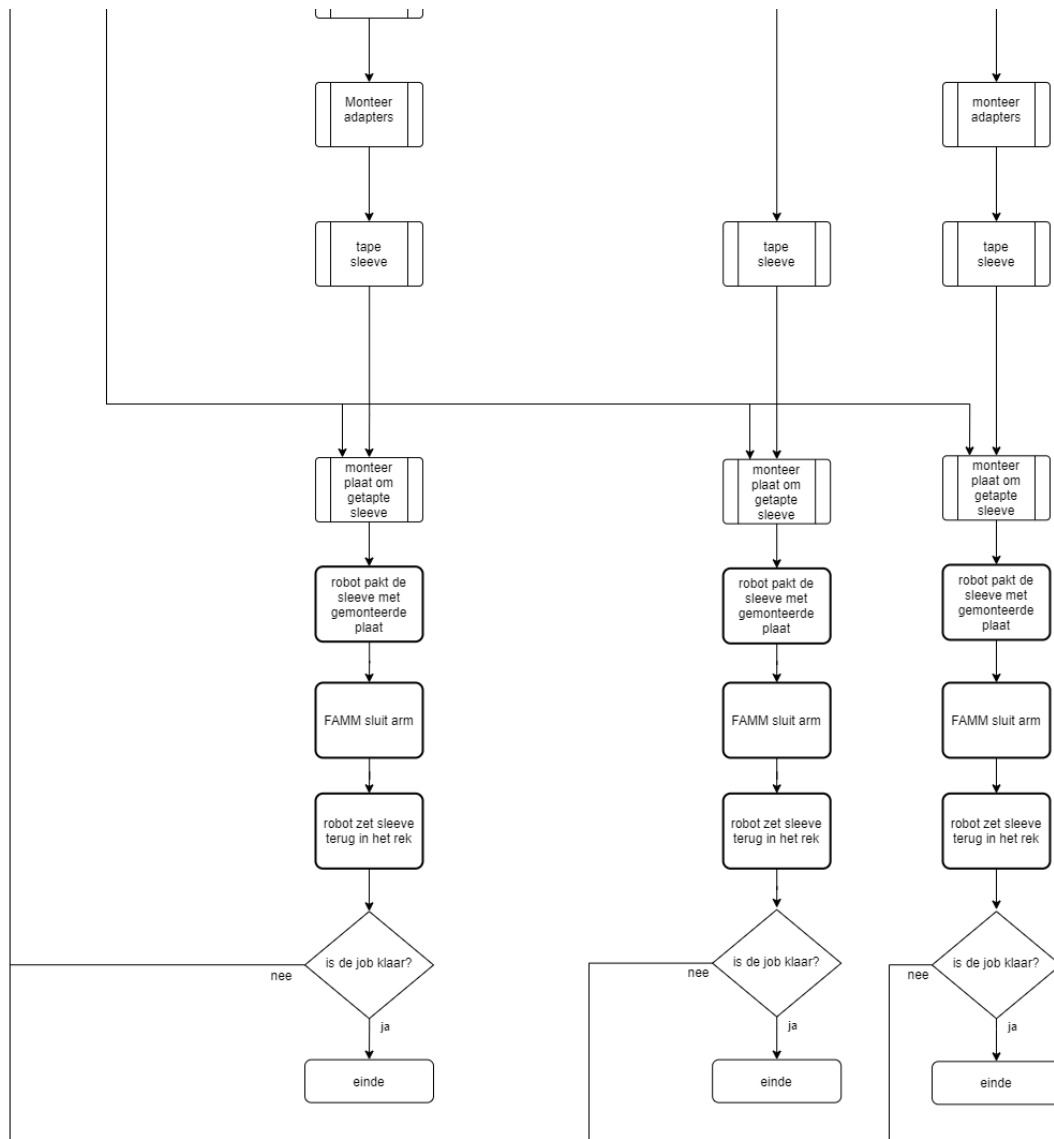
- Voordat het proces begint moet alles geïnitieerd worden
- Er moet een Sigmatek PLC worden gebruikt
- Er moet als programmeer taal ST worden gebruikt in LASAL
- Moet bestaande code integreren
- Mag geen delay's gebruiken
- Er moet gecommuniceerd worden met de FAMM

Hardware

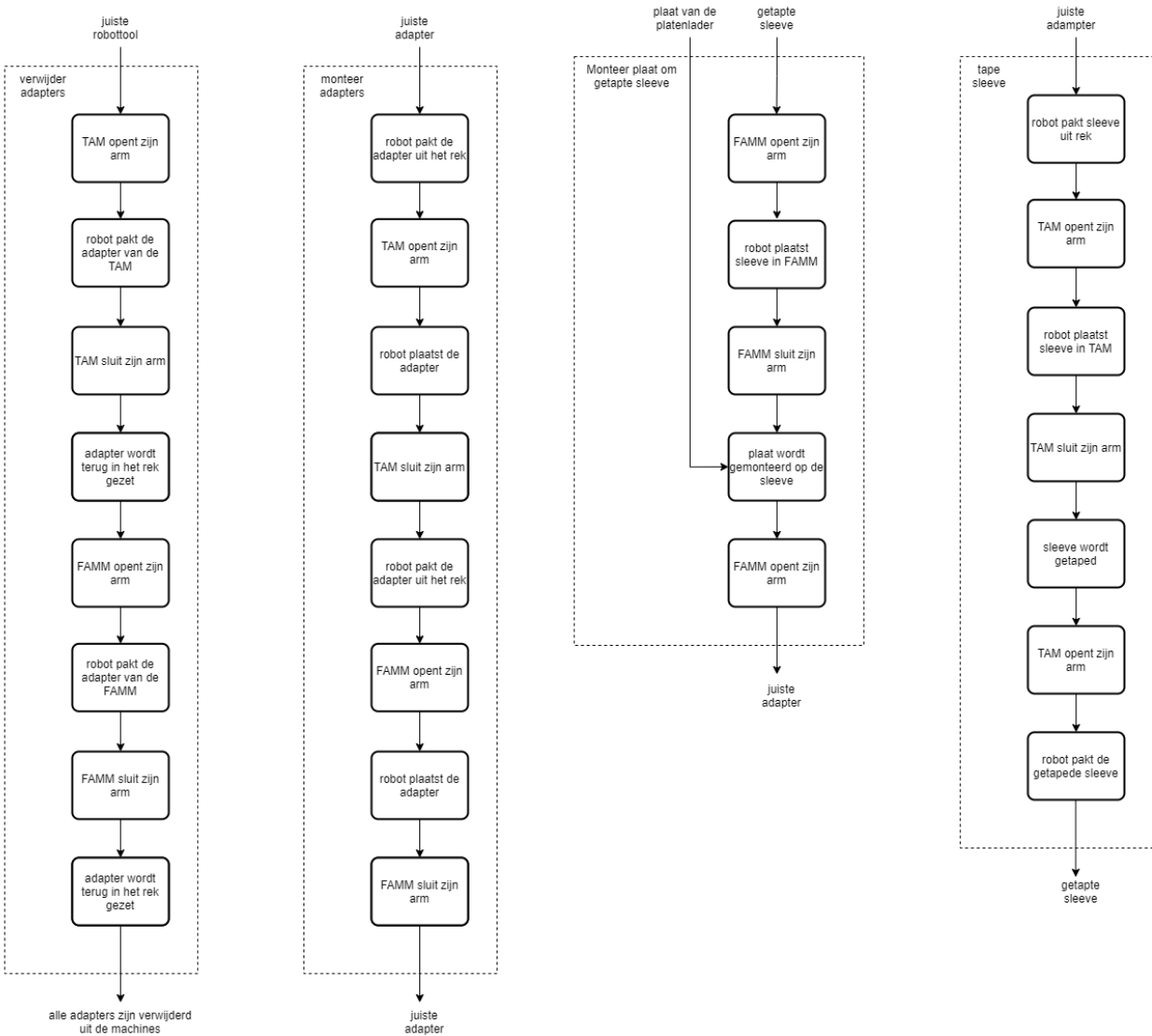
- De kast moet alle onderdelen bevatten
- Moet ook in EPLAN
- Moet testbaar zijn op zichzelf staand
- Moet makkelijk geïntegreerd kunnen worden door de RoboCell
- Moet 3 stapper motoren aansturen
- Moet mechanische ontwikkelingen geïmplementeerd krijgen
- Moet veilig zijn

9.6 Flowchart

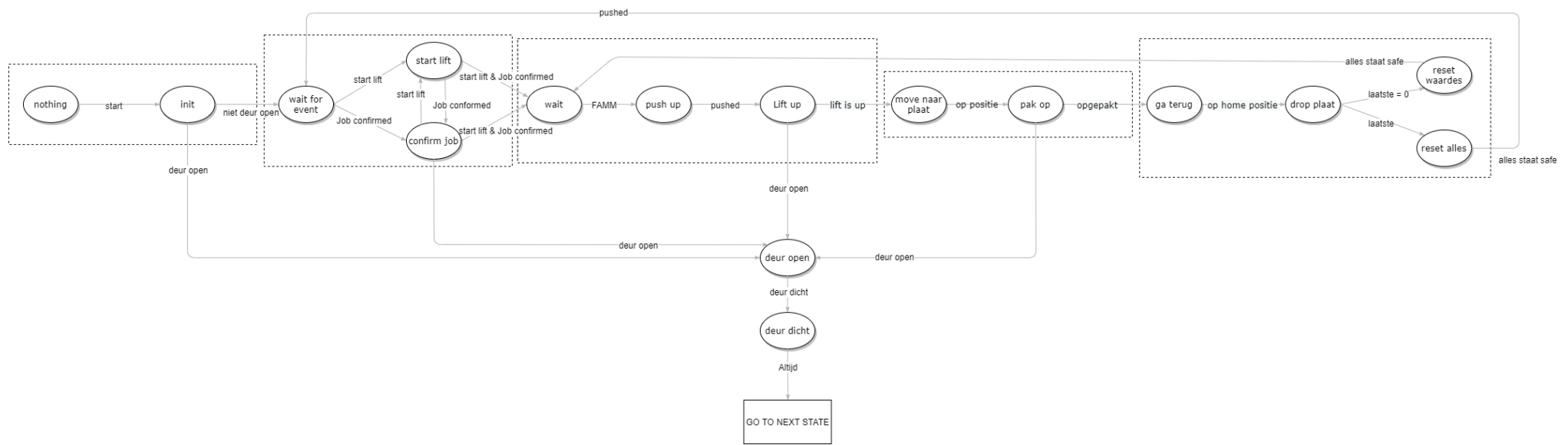




9.7 Sub-processen flowchart



9.8 Statemachine



9.9 LASAL code

FUNCTION Mom2001::PlateLoaderInit

VAR_OUTPUT

state : DINT;

END_VAR

//PlateState := 1;

//in16:=in16.read();

CASE PlateInit OF

0: //wait for start

if (In3.Read() = 1) then

PlateInit := 5;

end_if;

5: //Init gripper

Out1.write(0); //gripper stuff goes to default

Out2.write(0);

Out3.write(0);

Out4.write(0);

Out9.write(0);

ControllerOn(Nr:=1);

PlateInit := 10;

10: // home right / left

if ((In7.Read() = 0)&(In8.Read() = 1)) then // check pusher

IF (In5.Read() = 1) THEN //check big gripper

IF (In6.Read() = 1) THEN // check smaller gripper

MoveReference(Nr:=1, Mode := Axis_Prop[1].CommandRef, Position:=0);

PlateInit := 15;

END_IF;

END_IF;

elsif ((In7.Read() = 1)&(In8.Read() = 1)) then // error, not possible

StopPlateLoader();

end_if;

15: //home right / left is done

if (Inpos.1 = 1) then // check motor at home

PlateInit := 20;

end_if;

//*****

20: //lift homen

ControllerOn(Nr:=2); //enable driver 2

ControllerOn(Nr:=3); //enable driver 3

PlateInit := 21;

Delta_Slave:=0;

21:

```

Delta_Slave+=1;
if Delta_Slave >40 then    //delay
    //HOMEN #####
    MoveReference(Nr:=2, Mode      := Axis_Prop[2].CommandRef, Position:=-31900);
    MoveReference(Nr:=3, Mode      := Axis_Prop[3].CommandRef, Position:=-44800);
    PlateInit:=25;
    Delta_Slave := 0;
end_if;

25: //lift homen is done
    if ((Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1)) then    // check driver stands still
        Delta_Slave+=1;
        if Delta_Slave >40 then    //delay
            MoveAbsolute(Nr:=2, Position:=-8100, Speed:=7, Accel:=3, Decel:=10); //pos. little bit higher to
get rack nicely in
            MoveAbsolute(Nr:=3, Position:=0, Speed:=7, Accel:=3, Decel:=10);
            Delta_Slave :=0;
            PlateInit := 30;
        end_if;
    end_if;

30: //lift homen is done
    if ((Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1)) then    // check driver stands still
        PlateInit := 100;
    end_if;
//*****
100: //ready
    state := 1;

end_case;
END_FUNCTION

FUNCTION Mom2001::PreparePlate
    VAR_INPUT
        Reset    : DINT;
    END_VAR
    VAR_OUTPUT
        state    : DINT;
    END_VAR
    // var
    // Position : DINT;
    // END_VAR;

    state := 0;
    FAMM := In11.Read();    // FAMM asks for plate
    if (Reset = 1) then    // outside case so it resets always

```

```

ElevateState := 0;
else
CASE ElevateState OF

0: //wait for FAMM signal
   if (FAMM = 1) then
     ElevateState := 3;
   end_if;

3: // go to position where a level needs to be pushed
   MoveAbsolute(Nr:=2, Position:=ElevateLevel[PlateCount], Speed:=12, Accel:=3, Decel:=10);
   MoveAbsolute(Nr:=3, Position:=(ElevateLevel[PlateCount]-26800), Speed:=12, Accel:=3,
Decel:=10);    // reset the user input. user need to press button again.
   ElevateState := 5;

5: // go to position where first plate starts
   if ((Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1)) then
     ElevateState := 10;
   end_if;
//*****

10: // push out
    Out4.write(1);           // push one level up
    ElevateState := 15;

15: // wait for push out and push in
    if ((In7.Read() = 1)&(In8.Read() = 0)) then           // if pushed out, go next state
      Out4.write(0);           // set pusher to original position
      ElevateState := 20;
    end_if;

//*****

20: // pull in
    if ((In8.Read() = 1)&(In7.Read() = 0)) then           // if pulled in, Job = done
      ElevateState := 25;
    end_if;

//*****

25: // move elevator
    PreparePosition := FirstLiftPos + ElevateLevel[PlateCount] +243000 + 520000-80000-(8*40000);
//relative distance from push level
    if PreparePosition >=0 then
      PreparePosition := 0;
    end_if;

    MoveAbsolute(Nr:=2, Position:= PreparePosition, Speed:=12, Accel:=3, Decel:=10);

```

```

    MoveAbsolute(Nr:=3, Position:= (PreparePosition-26800), Speed:=12, Accel:=3, Decel:=10);
    //plate loader rack levels are not straight so one side little bit higher
    ElevateState := 30;

30: // move elevator
    if ((Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1)) then    // samen 1 motor
        ElevateState := 100;
    end_if;

100: // ready
    if (Reset = 0) then
        state := 1;
    end_if;
end_case;
end_if;
END_FUNCTION

```

```

FUNCTION Mom2001::PlatePickup

```

```

    VAR_INPUT
        Reset    : DINT;
    END_VAR
    VAR_OUTPUT
        state    : DINT;
    END_VAR

```

```

state := 0;
CASE PickupState OF

```

```

0:
    PickupState :=1;    // 1 cycle delay so it can reset better
    StopPlateLoader();
1: //move to right
    MoveAbsolute(Nr:=1, Position:=48500, Speed:=3, Accel:=1, Decel:=10); //move to end
    position,almost 0
    PickupState :=5; //when move is done

5: //wait untill move is done
    if (Inpos.1 = 1) then    // if it is not moving anymore
        PickupState :=10; //when move is done
    end_if;

//*****
10: //moves global cylinder
    Out1.write(1);
    PickupState := 15;

```

```

15: //wait for global cylinder
    PickDelay += 1;
    if ((PickDelay >= 5) & (In5.Read() = 0)) then          // wait 50ms
        PickupState := 20;
        PickDelay := 0;
    end_if;

20: //moves local cilinder
    PickDelay += 1;
    if (PickDelay >= 50) then          // wait 50ms
        Out2.write(1);
        PickDelay := 0;
        PickupState := 30;
    end_if;

//*****
30: //vacuum on
    PickDelay += 1;
    if ((PickDelay >= 50) & (In6.Read() = 0)) then          // wait 50ms
        Out3.Write(1);
        PickDelay:=0;
        PickupState := 40;
    end_if;
40: //wait to be sure to grap plate
    PlateDelay += 1;
    if (PlateDelay = 5) then          // 50ms wachten
        PlateDelay := 0;
        PickDelay := 0;
        PickupState := 100;
    end_if;
100: // ready
    if (Reset = 0) then
        state := 1;
    end_if;
end_case;

if (Reset = 1) then // outside case so it resets always
    PickupState := 0;
end_if;
END_FUNCTION

// gripper up -> move to FAMM -> drop plate
FUNCTION Mom2001::PlateDrop
    VAR_INPUT
        Reset : DINT;
    END_VAR
    VAR_OUTPUT

```

```

        state    : DINT;
    END_VAR

state := 0;
CASE DropState OF
    0: //moves local cilinder up
        Out2.write(0);
        DropState := 5;

    5: //wait untill local cilinder is up
        if (In6.Read() = 1) then           // if pulled in, next
            DropState := 10;
        end_if;

//*****
    10: //moves to 0 position
        MoveAbsolute(Nr:=1, Position:=0, Speed:=3, Accel:=1, Decel:=10); //naar 0 positie
        #####
        DropState := 15;

    15: //arrived at 0 position
        if (Inpos.1 = 1) then           // check if motor reached position
            DropState := 30;           // skipped going down***** change back to 20
        end_if;

//*****
    20: //moves local cylinder
        Out2.write(1);                 // else go next state
        DropState := 25;

    25: //check local cylinder
        PickDelay += 1;
        if ((PickDelay >= 5) & (In6.Read() = 0)) then           // 50 ms,if pushed out, go next state
            PickDelay := 0;
            DropState := 30;
        end_if;

//*****
    30: //gripper off
        Out3.write(0);
        PlateDelay += 1;
        if (PlateDelay = 5) then           // 50ms wachten
            DropState := 100;
            PlateDelay := 0;
        end_if;

//*****

```

```

100: // ready
    if (Reset = 0) then
        state := 1;
    end_if;
end_case;

if (Reset = 1) then // outside case so it resets always
    DropState := 0;
end_if;
END_FUNCTION

FUNCTION Mom2001::PlateLoader
//Out7.Write(input:=1);
Door[0] := In2.Read();
//Door[1] := In8.Read();
//if ((Door[0] = 1) & (Door[1] = 1)) then
if (In2.Read() = 1) then
    RequestDoor := 1;
else
    RequestDoor := 0;
end_if;

StopPlate := In4.Read();

if ((StopPlate = 1) | (In17.Read() = 1) | (In18.Read() = 1)) then // stop signal and door not open
    StopPlateLoader();
    StoppingPlate := 1;
//elsif ((Door[0] = 1) | (Door[1] = 1)) then
// DoorOpen();
//elsif (((Door[0] = 1) & (Door[1] = 0)) | ((Door[0] = 0) & (Door[1] = 1))) then // Door[0] != Door[1] send a 1
and 0 to safety PLC
// Out7.write(0);
// Out8.write(1);
//generate error output
elsif (StoppingPlate = 1) then
    if ((Inpos.1 = 1) & (Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1) & (In1.Read() = 1)) then
        ReadyForNewJob := ResetPlateLoader(TotalReset:=1, ResetFunction:=0, NeedToHome:=1);
        if (ReadyForNewJob = 1) then
            ReadyForNewJob := ResetPlateLoader(TotalReset:=1, ResetFunction:=1, NeedToHome:=0); //reset
the function and all other functions
            //ReadyForNewJob := 1;
            StoppingPlate := 0;
            start := 1;
        end_if;
    end_if;

elsif (start = 1) then

```

```

if (In3.Read() = 1) then
  GlobalPlateState := 2;
  start := 0;
end_if;

else
CASE GlobalPlateState OF //GPS ;)
  0: //init and reset
    initialize := PlateLoaderInit(); //1 if everything is ready
    //if ((Door[0] = 1) & (Door[1] = 1)) then //signal door open

    if ((DoorIsOpend = 1) & (Door[0] = 0)) then //signal door was open and now closed
      DoorIsOpend := 0;
      Out7.write(0);
      Out8.write(0);
      GlobalPlateState := 2;

    elsif (Door[0] = 1) then //signal door open
      if (initialize = 1) then
        Out7.write(1);
        Out8.write(1);
        DoorIsOpend := 1;
      end_if;

    elsif (DoorIsOpend = 0) then // if everything goes normal
      if (initialize = 1) then
        GlobalPlateState := 2; //***** change back to 2
        *****
      end_if;
    end_if;

  2: // lift rack
    JobDone := ConfirmJob();
    if (JobDone = 1) then // switch 7 testing
      GlobalPlateState := 4;
      JobDone := 0;
    end_if;

    if ((In10.Read() = 1) | (DoLift = 1)) then // start lift, switch 5 testing
      DoLift := 1;
      LiftIsUp := StartupLift(0);
      if (LiftIsUp = 1) then
        LiftIsUp := 0;
        DoLift := 0;
        GlobalPlateState := 3;
      end_if;
    end_if;

```



```

3: //confirm job
   JobDone := ConfirmJob();
   if (JobDone = 1) then
       GlobalPlateState := 5;
       JobDone := 0;
   end_if;

4: //start lift
   if ((In10.Read() = 1) | (DoLift = 1)) then           // start lift
       DoLift := 1;
       LiftIsUp := StartupLift(0);
       if (LiftIsUp = 1) then
           LiftIsUp := 0;
           DoLift := 0;
           GlobalPlateState := 5; //***** change back to 5
*****
       end_if;
   end_if;

//*****

5: //prepare plate
   prepare := PreparePlate(0); //1 if everything is ready
   //if ((Door[0] = 1) & (Door[1] = 1)) then           //signal door open

   if ((DoorIsOpend = 1) & (Door[0] = 0)) then //signal door was open and now closed
       DoorIsOpend := 0;
       Out7.write(0);
       Out8.write(0);
       GlobalPlateState := 10;

   elsif (Door[0] = 1) then           //signal door open safety send 1 untill plateloader send 1 back
       if (prepare = 1) then
           Out7.write(1);
           Out8.write(1);
           DoorIsOpend := 1;
       end_if;

   elsif (DoorIsOpend = 0) then           // if everything goes normal
       if (prepare = 1) then
           GlobalPlateState := 10;
       end_if;
   end_if;

//*****

10: //plate pickup

```

```

pickup := PlatePickup(0); //1 if everything is ready
//if ((Door[0] = 1) & (Door[1] = 1)) then //signal door open
if (Door[0] = 1) then //signal door open
    if (pickup = 1) then
        Out7.write(1);
        Out8.write(1);
        DoorsOpen := 1;
    end_if;

elseif ((DoorsOpen = 1) & (Door[0] = 0)) then //signal door was open and now closed
    DoorsOpen := 0;
    Out7.write(0);
    Out8.write(0);
    GlobalPlateState := 15;

elseif (DoorsOpen = 0) then // if everything goes normal
    if (pickup = 1) then
        GlobalPlateState := 15;
    end_if;
end_if;

//*****
15: //plate drop
drop := PlateDrop(0); //1 if everything is ready
//if ((Door[0] = 1) & (Door[1] = 1)) then //signal door open
if (Door[0] = 1) then //signal door open
    if (drop = 1) then
        Out7.write(1);
        Out8.write(1);
        DoorsOpen := 1;
    end_if;

elseif ((DoorsOpen = 1) & (Door[0] = 0)) then //signal door was open and now closed
    DoorsOpen := 0;
    Out7.write(0);
    Out8.write(0);
    GlobalPlateState := 20;

elseif (DoorsOpen = 0) then // if everything goes normal
    if (drop = 1) then
        GlobalPlateState := 20;
        Out9.write(1);
    end_if;
end_if;

//*****

```

```

20: //done?
    PlateCount += 1;
    if (PlateCount = AmountPlatesJob) then    // check if it is the last plate for the job
        LastPlate := 1;
    else
        LastPlate := 0;
    end_if;

    if (LastPlate = 1) then
        GlobalPlateState := 100;    //reset all
    elsif (LastPlate = 0) then
        GlobalPlateState := 25;    // going on
    end_if;

//*****

25: //not done, reset value and go on
    ReadyForNewJob := ReadyPlateLoader(TotalReset:=1);
    if (ReadyForNewJob = 1) then
        GlobalPlateState := 5;    //***** change back to 5
    *****

        ReadyForNewJob := 0;
    end_if;

//*****

100: //done, reset values and wait for new job
    ReadyForNewJob := ResetPlateLoader(TotalReset:=1, ResetFunction:=0, NeedToHome:=0);
    if (ReadyForNewJob = 1) then
        ReadyForNewJob := ResetPlateLoader(TotalReset:=1, ResetFunction:=1, NeedToHome:=0);
    //reset the function and all other functions
        //ReadyForNewJob := 1;
        GlobalPlateState := 2;    //***** change back to 2
    *****

    end_if;

end_case;
end_if;
END_FUNCTION

//stop gelijk en doet niks meer
FUNCTION Mom2001::StopPlateLoader
StopMove(Nr:=1, Decel:=1000);
StopMove(Nr:=2, Decel:=1000);
StopMove(Nr:=3, Decel:=1000);

```

END_FUNCTION

//reset values to begin position

FUNCTION Mom2001::ResetPlateLoader

VAR_INPUT

TotalReset : DINT;

ResetFunction : DINT;

NeedToHome : DINT;

END_VAR

VAR_OUTPUT

state : DINT;

END_VAR

state := 0;

CASE ResetState OF

0: //Init gripper

Out1.write(0); //gripper stuff goes to default

Out2.write(0);

Out3.write(0);

Out4.write(0);

Out9.write(0);

ResetState := 10;

10: // home right / left

if ((In7.Read() = 0)&(In8.Read() = 1)) then // check pusher

IF (In5.Read() = 1) THEN //check big gripper

IF (In6.Read() = 1)THEN // check smaller gripper

ControllerOn(Nr:=1);

if (NeedToHome = 1) then

MoveReference(Nr:=1, Mode := Axis_Prop[1].CommandRef, Position:=0);

else

MoveAbsolute(Nr:=1, Position:=0, Speed:=1, Accel:=1, Decel:=10);

end_if;

ResetState := 15;

END_IF;

END_IF;

elsif ((In7.Read() = 1)&(In8.Read() = 1)) then // error, not possible

StopPlateLoader();

end_if;

15: //home right / left is done

if (Inpos.1 = 1) then // check motor at home

ResetState := 20;

end_if;

//*****

20: //lift homen

```

    ControllerOn(Nr:=2);           //enable driver 2
    ControllerOn(Nr:=3);           //enable driver 3

    ResetState := 21;
    Delta_Slave:=0;
21:
    Delta_Slave+=1;
    if Delta_Slave >40 then //delay
        if (NeedToHome = 1) then
            //HOMEN #####
            MoveReference(Nr:=2, Mode := Axis_Prop[2].CommandRef, Position:=-31900);
            MoveReference(Nr:=3, Mode := Axis_Prop[3].CommandRef, Position:=-44800);
            ResetState:=25;
        end_if;
        ResetState := 100;
    end_if;

25: //lift homen is done
    if ((Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1)) then // check driver stands still
        ResetState := 100;
    end_if;

//*****
100: // ready
    if (ResetFunction = 0) then
        state := 1;
    end_if;
end_case;

//let al functions begin at state 0 again
if (ResetFunction = 1) then // outside case so it resets always
    ResetState := 0;
    PreparePlate(Reset:=1);
    PlateDrop(Reset:=1);
    PlatePickup(Reset:=1);
    StartupLift(Reset:=1);
end_if;
END_FUNCTION

FUNCTION Mom2001::ConfirmJob
    VAR_OUTPUT
        state : DINT;
    END_VAR

    state := 0;

```

```

if (In12.Read() = 1) then           // job confirmed
    state := 1;
    JobInformation := In13.Read();   // Job 1 OR 0 selected, 0 is small plate
    if (JobInformation = 1) then
        AmountPlatesJob := 30;     // 40 plates
    elsif (JobInformation = 0) then
        AmountPlatesJob := 10;     // 10 plates
    end_if;
end_if;
END_FUNCTION

```

```

FUNCTION Mom2001::StartupLift
    VAR_INPUT
        Reset : DINT;
    END_VAR
    VAR_OUTPUT
        state : DINT;
    END_VAR

```

```

state := 0;
CASE LiftState OF
    0: //check rack in docking
        if (In2.Read() = 0) then     // all doors closed
            LiftState := 15;
        end_if;

```

```

//*****

```

```

15: // start elevate
    FirstLiftPos := -35000
    MoveAbsolute(Nr:=2, Position:=FirstLiftPos, Speed:=7, Accel:=2, Decel:=10);
    MoveAbsolute(Nr:=3, Position:=(FirstLiftPos-26800), Speed:=7, Accel:=2, Decel:=10);
    LiftState := 20;

```

```

20: // check movement of first part
    if ((In9.Read() = 0) | (In16.Read() = 0)) then // something is wrong
        StopMove(Nr:=2, Decel:=1000);
        StopMove(Nr:=3, Decel:=1000);
        Delta_Slave := 0;
        LiftState := 25; // go to error state
    end_if;

```

```

    if ((Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1)) then
        LiftState := 100;
    end_if;

```

```

end_if;

25: // move back
Delta_Slave+=1;
if Delta_Slave >40 then //delay
    MoveAbsolute(Nr:=2, Position:=0, Speed:=7, Accel:=2, Decel:=10);
    MoveAbsolute(Nr:=3, Position:=0, Speed:=7, Accel:=2, Decel:=10);
    LiftState := 30;
end_if;

30: // wait untill on 0 position
if ((Inpos.2 = 1) & (Inpos.3 = 1)) then
    DoLift := 0; // reset the user input. user need to press button again.
    LiftState := 0;
end_if;

100: // ready
if (Reset = 0) then
    state := 1;
end_if;
end_case;

if (Reset = 1) then // outside case so it resets always
    LiftState := 0;
end_if;
END_FUNCTION

```

```

FUNCTION Mom2001::ReadyPlateLoader
    VAR_INPUT
        TotalReset : DINT;
    END_VAR
    VAR_OUTPUT
        state : DINT;
    END_VAR

    state := 0;
    CASE ReadyResetState OF
        0: //Init gripper
            Out1.write(0); //gripper stuff goes to default
            Out2.write(0);
            Out3.write(0);
            Out4.write(0);
            Out9.write(0);
            ElevateState := 0;
    
```

```

PickupState := 0;
DropState := 0;
ReadyResetState := 10;

10: // home right / left
  if ((In7.Read() = 0)&(In8.Read() = 1)) then           // check pusher
    IF (In5.Read() = 1) THEN //check big gripper
      IF (In6.Read() = 1) THEN // check smaller gripper
        MoveAbsolute(Nr:=1, Position:=0, Speed:=1, Accel:=1, Decel:=10);
        ReadyResetState := 15;
      END_IF;
    END_IF;
  elseif ((In7.Read() = 1)&(In8.Read() = 1)) then // error, not possible
    StopPlateLoader();
  end_if;
15: //home right / left is done
  if (Inpos.1 = 1) then // check motor at home
    ReadyResetState := 100;
  end_if;

//*****
100: // ready
  state := 1;
  ReadyResetState := 0;
end_case;

END_FUNCTION

```