

2013•2014
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Converteren van een bestaande pick-and-place machine naar een geautomatiseerde plasmasnijder

Promotor :
ing. Geert LEEN

Promotor :
Dhr. ROEL CONINGS

Dennis Meukens , Diederik Abrams

Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: energie

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2013•2014
Faculteit Industriële
ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Converteren van een bestaande pick-and-place machine
naar een geautomatiseerde plasmasnijder

Promotor :
ing. Geert LEEN

Promotor :
Dhr. ROEL CONINGS

Dennis Meukens , Diederik Abrams

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: energie*

WOORD VOORAF

Een thesis luidt meestal het einde in van een studententijd en het begin van een carrière in de onderzoekswereld. Het biedt ons als student een unieke kans om al de kennis die we doorheen de jaren hebben vergaard om te zetten in iets praktisch. Deze masterproef heeft ons veel bijgeleerd over de praktische zaken van een ontwerp alsook was het een ware test van ons probleemoplossend vermogen.

Zoals het hoort bij een thesis verliep deze met vallen en opstaan. Hiervoor heb je dan ook de steun en ervaring van andere personen nodig. Graag willen we dan ook even een dankwoordje richten tot deze personen.

Allereerst willen we graag onze promotoren ing. Roel Conings en ing. Geert Leen bedanken voor hun steun en begeleiding gedurende het hele traject. Hun kennis en inzicht in hun vak was een meerwaarde bij de ontwikkeling van de automatische plasmasnijder.

Ook ing. Geert Moonen en ing. Stijn Duchateau willen we graag bedanken voor het uitlenen van materiaal en de bijhorende raad bij de ontwikkeling van de masterproef.

Daarnaast willen we ook graag de mensen van 'Rotero' bedanken voor hun hulp. Hun goede raad heeft ons meer inzicht gegeven en leidde ons uiteindelijk tot een succesvolle oplosmethode.

Ten slotte willen we dan ook al onze vrienden en familie bedanken voor de onuitputtelijke steun en begrip die ze ons geboden hebben.

INHOUDSOPGAVE

LIJST VAN TABELLEN	7
LIJST VAN FIGUREN	9
VERKLARENDE WOORDENLIJST	11
ABSTRACT	13
ABSTRACT IN ENGLISH	15
1 INLEIDING	17
2 BESCHRIJVING PICK-AND-PLACE INSTALLATIE	19
3 DE COMPONENTEN VAN DE PICK-AND-PLACE INSTALLATIE	21
3.1 Motoren.....	21
3.1.1 De elektromotor en bijhorende drive elektronica	22
3.1.1.1 <i>Opbouw</i>	22
3.1.1.2 <i>De werking</i>	23
3.1.1.3 <i>FOC</i>	23
3.1.1.4 <i>SVM</i>	25
3.1.2 De controller elektronica.....	26
3.1.3 Plug-in interface module.....	28
3.1.4 Mactalk	30
3.1.5 De gebruikte motoren	30
3.2 Reducties	31
3.3 Lineair-inrichting.....	31
3.4 Sensoren	32
4 AANSTURINGEN	33
4.1 PC of PLC?	33
4.2 PLC	33
4.2.1 Beschrijving	33
4.3 PROFIBUS-communicatie.....	34
4.4 PC	40
4.4.1 Beschrijving	40
4.5 Seriële communicatie - RS232.....	40

4.5.1	Algemeen	40
4.5.2	Tx en Rx.....	41
4.5.3	De kabellengte	41
4.5.4	Het signaalniveau.....	41
4.5.5	Integratie met interface module	42
4.6	JVL's MacCom OCX.....	44
4.7	Aansturing door middel van Labview.....	45
4.7.1	Labview.....	45
4.7.2	Testprogramma	46
4.7.3	Hoofdprogramma - Positie sturing.....	51
4.7.3.1	<i>"Goo_Go1"</i>	51
4.7.3.2	<i>Omrekening van encoder waarden</i>	53
4.7.3.3	<i>Motor</i>	54
4.7.3.4	<i>De hoofd VI</i>	54
4.7.3.5	<i>Resultaat rechte baansturing</i>	55
4.7.3.6	<i>Schuine baansturing</i>	55
4.7.3.7	<i>Conclusie</i>	56
4.7.4	Aanstuurprogramma - Snelheidssturing	56
4.7.4.1	Test met behulp van LabVIEW	57
4.7.4.2	<i>Resultaat</i>	57
4.8	Aansturing door middel van een DAC	58
4.8.1	Aansturing MAC motor	59
4.8.2	NI max	60
4.9	Parallele communicatie.....	60
4.10	Aansturing via MACH 3.....	63
5	DE RISICOANALYSE.....	65
5.1	Bepalen van de ruimtelijke grenzen van de installatie.....	65
5.1.1	Ruimtelijke grenzen	65
5.2	Operatoren/ Training	65
5.3	Gebruik/ Gebruikersfrequentie	66
5.4	Checklist ruimtelijke grenzen	66
5.5	Identificatie van de latente gevaren.....	67
5.6	Risico inschatting.....	68

5.7	Risico evaluatie en reductie	70
6	ELEKTRISCH ONTWERP	71
7	MECHANISCH ONTWERP	73
7.1	Snijtafel	73
7.1.1	Functie	73
7.1.2	Ontwerp	73
7.2	Plasmatoorts bevestiging	74
7.2.1	Functie	74
7.2.2	Ontwerp	74
8	INTEGRERING PLASMASNIJDER	75
8.1	Algemene werking van een plasmasnijmachine	75
8.2	De gebruikte plasmasnijder	76
8.3	Aanpassingen aan de plasmasnijder	77
9	ELEKTROMAGNETISCH INTERFERENTIE (EMI)	79
9.1	Algemeen	79
9.2	Wat is EMI?	79
9.3	EMI binnen de installatie	79
9.4	Bestrijding tegen EMI	82
9.4.1	Afscherming en aarding	83
9.4.1.1	<i>Implementatie</i>	83
9.4.1.2	<i>Resultaat</i>	83
9.4.2	Differentiële data transmissie	83
9.4.2.1	<i>RS422</i>	83
9.4.2.2	<i>Implementatie in huidig systeem</i>	84
9.4.2.3	<i>Line driver/ zender</i>	85
9.4.2.4	<i>Resultaat</i>	87
9.4.3	Getwiste kabels	87
9.4.4	Ferrietkernen/ Chokes	88
9.4.4.1	<i>Algemeen</i>	88

10 HANDLEIDING AUTOMATISCHE PLASMASNIJDER.....	89
10.1 configureren van MACH3	89
10.2 GCODE genereren	97
10.2.1 Inkscape met Gcodetools	97
10.2.2 LazyCAM	99
10.3 Werkstuk uitsnijden	101
11 BESLUIT.....	105
BIBLIOGRAFIE	107
BIJLAGEN	109
Bijlage A	109

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Opsomming modi van MAC motor.....	27
Tabel 2: Opsomming meest gebruikte lettercodes in GCODE	63
Tabel 3: Berekening stappenresolutie	93
Tabel 4: Berekening benodigde Kernelfrequentie	94

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Overzichtsfoto pick-and-place installatie	19
Figuur 2: Uitvoeringen van de MAC motor	22
Figuur 3: Primitieve voorstelling van een PMSM	23
Figuur 4: Overzicht FOC-control.....	25
Figuur 5: Driefasige inverter	25
Figuur 6: Overzicht interne controller MAC800 motor	26
Figuur 7: FP4 interfacemodule.....	29
Figuur 8: Reductiekast van Wittenstein Alpha	31
Figuur 9: Overzichtstekening lineair-inrichting	32
Figuur 10: Inductieve sensor	32
Figuur 11: PLC met uitbreidingskaarten	34
Figuur 12: Layout output-telegram	35
Figuur 13: Layout input-telegram	35
Figuur 14: FB60: Move commando voor de MAC-motor	36
Figuur 15: FB62 en FB63: de read- en write-commando's voor de MAC-motor	37
Figuur 16 FB64: Block voor FASTMAC-commando's + FASTMAC commando's	38
Figuur 17: Het effect van Baudrate op de kabellengte	41
Figuur 18: Logische spanningswaarden RS232 protocol.....	42
Figuur 19: Interne opbouw FP4 interface-module	42
Figuur 20: USB-to-RS232 adapter.....	43
Figuur 21: Verbindingskabel seriële poort MAC motor	43
Figuur 22: Windows programma met MacComm OCX	44
Figuur 23: Overzicht testprogramma positiesturing	46
Figuur 24: Sequentie 1 testprogramma positiesturing	47
Figuur 25: Sequentie 2 testprogramma positiesturing.....	48
Figuur 26: While-loop van MAC-motor X-as.....	48
Figuur 27: Sequentie 3 testprogramma positiesturing.....	49
Figuur 28: Front panel positiesturing.....	50
Figuur 29: Sub-VI berekening snelheid motoren	52
Figuur 30: Assenstelsel frame	52
Figuur 31: Beweging positiesturing.....	53
Figuur 32: Hoofd VI	54
Figuur 33: Asynchrone start positiesturing	56
Figuur 34: Snelheidsgrafiek	56
Figuur 35: Testprogramma snelheidssturing + array.....	57
Figuur 36: USB-6009 DAQ	58
Figuur 37: Modi MAC-motor.....	59
Figuur 38: Aansluiting DAC met user IO	60
Figuur 39: Differentiaal uitgevoerde overdracht van step- en dir-signalen.....	61
Figuur 40: Step-puls gemeten door de oscilloscoop.....	61
Figuur 41: Pinconfiguratie van de DB25 connector	62
Figuur 42: Voorbeeld van GCODE	64

Figuur 43: Mechanisch ontwerp werkstuktafel plasmasnijder	73
Figuur 44: Bevestiging plasmatoorts	74
Figuur 45: Schematische voorstelling plasmatoorts.....	75
Figuur 46: SAF nertazip 525	76
Figuur 47: Elektrische schakeling voor activeren toorts	77
Figuur 48: Schakeling toorts plasmasnijder	78
Figuur 49: Scoopbeeld step-puls	80
Figuur 50: Scoopbeeld step-puls zonder ingangsimpedantie	81
Figuur 51: Scoopbeeld EMI	81
Figuur 52: Scoopbeeld EMI 2.....	82
Figuur 53: Differentiële communicatie	84
Figuur 54: Quadruple differential line driver	85
Figuur 55: Differentiële step-puls	86
Figuur 56: Interne logica multifunction IO	86
Figuur 57: Twisted pair.....	87
Figuur 58: Werking Ferrite choke.....	88
Figuur 59: Device manager LPT1 poort	89
Figuur 60: Configuratie parallelle poort	90
Figuur 61: Configuratie motor outputs	91
Figuur 62: Configuratie van inputsignalen	92
Figuur 63: Opstellen van snelheidsprofielen motoren	95
Figuur 64: Configuratie van hotkeys.....	96

VERKLARENDE WOORDENLIJST

<u>Checksum:</u>	Een checksum is een controlecijfer om het inlezen en zenden van data redundant te maken. Deze checksum hoort bij de verzonden of ontvangen data en is specifiek voor die data. Op basis van enkele algoritmes kan dan gecontroleerd worden of de data compleet is.
<u>Freeware:</u>	Freeware is software die door iedereen mag gebruikt worden zonder bijkomende kosten.
<u>Hall-effect:</u>	Het Hall-effect is het effect waarbij een spanning wordt opgewekt in een geleider waarbij loodrecht op de stroomrichting van deze geleider een magnetisch veld werkt.
<u>Homing limits:</u>	Homing limits zijn de posities van de rijbrug in rust. Deze posities kunnen gebruikt worden als een referentiepunt voor het starten van een beweging.
<u>Hotkeys:</u>	Hotkeys zijn sneltoetsen om bepaalde handelingen snel en makkelijk uit te voeren.
<u>Inputs:</u>	Inputs zijn de ingangen van een bepaald systeem.
<u>Interfacing:</u>	Interfacing is het communiceren van twee onafhankelijke entiteiten via een gezamenlijke grens. (vb: touchscreen)
<u>Motion controller:</u>	Een apparaat dat de positie en de snelheid van een object regelt. Meestal zijn deze objecten hydraulische pompen, servomotoren, ...
<u>Outputs:</u>	Outputs zijn de uitgangen van een bepaald systeem.
<u>Pick-and-place:</u>	Een pick-and-place machine heeft als doel een object van de ene positie naar een andere positie te verplaatsen
<u>Plugin:</u>	Dit is een softwarecomponent die kan worden ingeladen in een bestaand softwareprogramma om bepaalde features toe te voegen.
<u>Point-to-point:</u>	Een point-to-point beweging is een beweging waar enkel het beginpunt en het eindpunt belangrijk zijn. De gevolgde weg ertussen is van geen belang.
<u>Shielding:</u>	Shielding is het gebruik van geleidende mantels om gevoelige apparatuur te beschermen tegen elektromagnetische storingen.

ABSTRACT

ACRO (AutomatiseringsCentrum Research en Opleidingen) bouwt jaarlijks talrijke testopstellingen en prototypes in het kader van onderzoeksprojecten. Om de mechanische realisering van deze projecten te vergemakkelijken en te versnellen wil ACRO een automatische plasmasnijder laten ontwikkelen die aan de hand van 2D CAD-bestanden allerlei vormen kan uitsnijden uit zowel dun- en dikwandig plaatmateriaal.

Het doel van deze masterproef is het ontwerpen en realiseren van een automatische plasmasnijder met als basis een bestaande *pick-and-place* machine. Hierbij moeten de aansturing van de machine, het mechanisch ontwerp en het elektrisch ontwerp herzien worden.

De verschillende mogelijke aansturingen voor de MAC800- en de MAC140-motoren op de *pick-and-place* zijn getest en met elkaar vergeleken. De motoren aansturen als stappenmotoren gaf het beste resultaat voor gebruik in een CNC plasmasnijder. Het stuurprogramma wordt voorzien door de CNC-software MACH3 van ARTSOFT. De mechanische aanpassingen aan de installatie omvatten een snijtafel om de werkstukken te dragen, een houder voor de plasmatoorts en allerhande kleine aanpassingen die bijdragen aan de functionaliteit van de machine. Het elektrisch ontwerp en de elektrische installatie zijn aangepast in functie van de nieuwe toepassing.

Het resultaat van deze masterproef is een werkende automatische plasmasnijder die willekeurige vormen uit plaatmateriaal tot 25 mm dik kan snijden.

ABSTRACT IN ENGLISH

ACRO (AutomatiseringsCentrum Research en Opleidingen) builds numerous test setups and prototypes for their research projects. ACRO would like to develop an automatic torch table to speed up the mechanical build process of these prototypes. The torch table has to be able to cut through thin and thick sheet metal.

The goal of this thesis is to design and build an automatic torch table based on an existing *pick-and-place* machine. To accomplish this goal both the mechanical design and the electrical design have to be revised completely.

The different control methods for the MAC800- and the MAC140-motors from the *pick-and-place* are all tested and compared to each other. The most successful method of control was achieved when controlling the motors as ordinary stepper motors. The CNC-software MACH3 from ARTSOFT was used to control the machine. The mechanical adaptations to the machine comprise of a supporting table for the sheet metal, a mount for the torch and many other small modifications to improve its function. The electrical design and the wiring have been completely redone to fit the machines new application.

The result of this thesis is a functional automatic torch table which can cut random figures out of sheet metal with a maximum thickness of 25 mm.

1 INLEIDING

Als masterstudenten van de opleiding Industrieel Ingenieur energie/automatisering aan de Katholieke Hogeschool Limburg krijgen wij de mogelijkheid om onze masterproef te realiseren bij onderzoeksgroep ACRO (AutomatiseringsCentrum voor Research en Opleiding). ACRO is een project groep met een ervaring van meer dan 20 jaar binnen de automatiseringswereld en is verantwoordelijk voor het realiseren van projecten voor verscheidene KMO's en grote bedrijven. Daarbij ondersteunt ACRO ook de KHLim op vlak van automatisering en het begeleiden van eindwerkprojecten binnen ACRO.

Om de realisatie van de testopstellingen te vergemakkelijken en goedkoper te maken moet de automatische plasmasnijder aan de hand van een 2D CAD-bestand in staat zijn willekeurige vormen te snijden uit metallisch plaatmateriaal. Vermits kant en klare toestellen te duur of te beperkt in gebruik zijn kregen wij de opdracht om zelf een bestaande *pick-and-place* machine om te bouwen naar een werkende automatische plasmasnijder. Voor de ontwikkeling van de masterproef zijn wij zelf verantwoordelijk voor zowel het onderzoek als voor de realisatie van de machine. Hierbij zijn we volledig vrij in aanpak zolang er een bruikbaar eindresultaat uit voort vloeit.

Deze thesis is opgedeeld in enkele hoofdstukken. Hoofdstuk 2 en 3 handelen over de *pick-and-place* machine en de verschillende componenten waaruit deze machine is opgebouwd. Hierdoor krijgen we een beeld van de werking van de *pick-and-place* installatie en ook op de verdere mogelijkheden van de machine.

Hoofdstuk 4 bespreekt de behandelde aanstuurmethodes van de machine. Hier bespreken we de mogelijkheden van een PLC en een PC als controller.

Hoofdstuk 5 bevat een risicoanalyse van de installatie. De risicoanalyse bespreekt de aanwezige risico's van de installatie en geeft ook maatregelen om deze risico's zo goed mogelijk te beperken.

Vanwege de conversie van een *pick-and-place* naar een geautomatiseerde plasmasnijder zijn er enkele aanpassingen aan de machine nodig. Hoofdstuk 6 verwijst naar het nieuwe elektrisch ontwerp van de installatie en hoofdstuk 7 bevat de verschillende mechanische aanpassingen om de machine functioneel te maken.

Hoofdstuk 8 en 9 behandelen de integratie van de plasmasnijder op de machine en een bespreking van de problemen vanwege elektromagnetische interferentie. De aard van het probleem wordt hier verklaard en ook enkele oplossingen worden aangehaald.

Hoofdstuk 10 bevat een handleiding om de machine op een correcte wijze te bedienen. In deze handleiding wordt uitgelegd hoe men de GCODE-file aanmaakt, deze opent in het programma en hoe men de machine veilig in werking zet.

Ten slot hebben we nog het besluit waarin alles nog eens wordt samengevat.

2 BESCHRIJVING PICK-AND-PLACE INSTALLATIE

Voor de ontwikkeling van de plasmasnijder is er een *pick-and-place* installatie ter beschikking die als basis kan dienen. De *pick-and-place* installatie bestaat uit een stalen frame met daarop een xyz-inrichting gemaakt door Indunorm. De assen worden aangedreven door twee MAC800 motoren en één MAC140 motor van JVL. Een PLC zorgt voor de aansturing van deze motoren en leest ook de verschillende sensoren van de installatie in. Op de MAC800 motoren van de X- en Y-as zijn reducties gemonteerd om de bewegingen nauwkeuriger te maken en om het beschikbaar koppel te verhogen. Verder zijn er ook nog 3 inductieve sensoren per as gemonteerd. Dit zijn de hoofdcomponenten van de installatie en deze worden dan ook gebruikt in het ontwerp van de plasmasnijder om de kosten zo laag mogelijk te kunnen houden. Figuur 1 toont een overzichtsfoto van de bestaande *pick-and-place* installatie.



Figuur 1: Overzichtsfoto pick-and-place installatie

De *pick-and-place* is ontworpen om op hoge snelheid te werken. Op de *pick-and-place* was een zuignap gemonteerd om appels op te nemen. De appels werden met deze zuignap van positie naar positie verplaatst. Bij de toepassing van de installatie als *pick-and-place* is enkel de positionering van de zuignap belangrijk. De afgelegde weg naar de posities is niet van belang. Dit is in contrast met de toepassing als plasmasnijder.

Een beweging tussen 2 punten kan op oneindig veel manieren gebeuren. Als men één bepaalde beweging wil uitvoeren tussen twee punten dan moet men niet alleen de eindpositie bepalen maar ook pad tussen begin- en eindpositie.

3 DE COMPONENTEN VAN DE PICK-AND-PLACE INSTALLATIE

Dit hoofdstuk behandelt de verschillende hoofdcomponenten van de *pick-and-place* installatie. Deze componenten vormen dan ook de basis voor de automatische plasmasnijder.

3.1 MOTOREN

De motoren van de *pick-and-place* installatie zijn van het merk JVL uit de MAC-serie. Dit is een serie bestaande uit borstelloze servo-motoren die verkrijgbaar zijn in verschillende vermogens. De motoren zijn voorzien met geïntegreerde elektronica waaronder de controller- en drive-elektronica. Door de integratie van deze elektronica dalen de installatiekosten en is het servo-systeem beter beschermd tegen elektromagnetische storingen. Deze elektromagnetische storingen zijn een veel voorkomend probleem bij traditionele motorsystemen waarbij men gebruik maakt van lange kabels tussen de motor en de controller.

De motor, hall-sensoren, encoder en elektronica zijn speciaal ontworpen door JVL zodat ze samen met de driver en controller een compacte gesloten eenheid vormen. Figuur 2 toont enkele uitvoeringen van de MAC motor van JVL. [1]

Het bedrijf JVL biedt daarbij ook gratis software aan voor de diagnose en de set-up van de motoren. De software genaamd MACtalk maakt het mogelijk om de talrijke parameters van de motor te wijzigen, foutmeldingen uit te lezen en de nodige testen uit te voeren.



Figuur 2: Uitvoeringen van de MAC motor

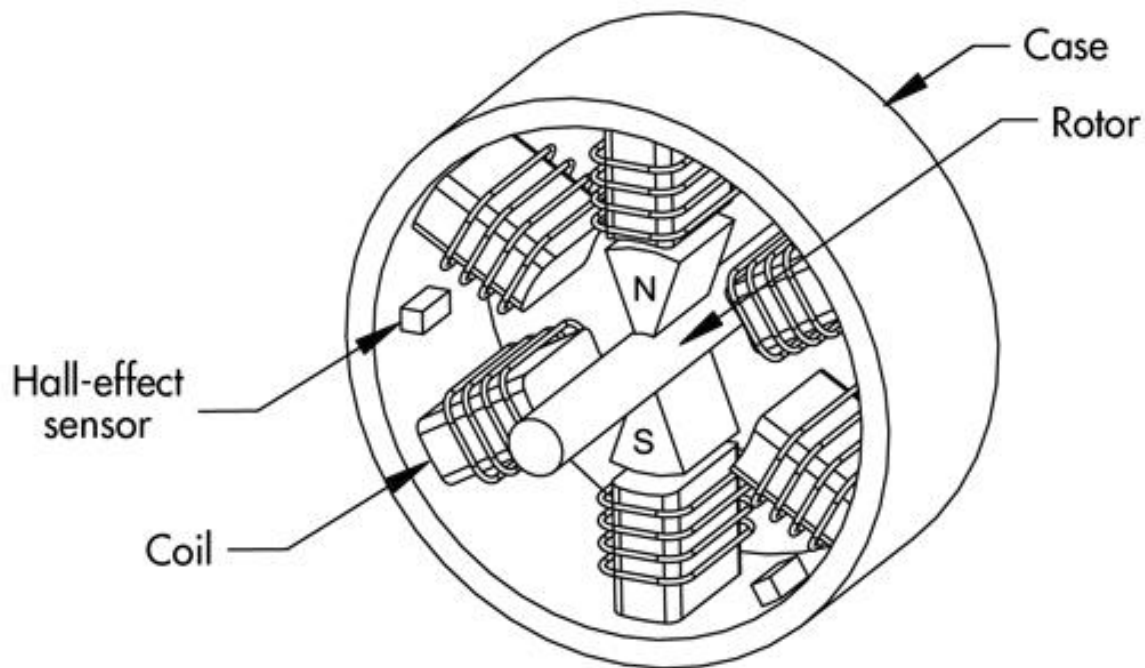
De MAC motoren zijn standaard opgebouwd uit drie basisdelen. Een elektromotor en de bijhorende driver, een controller die zorgt voor de aansturing van het servo-systeem en een plug-in interfacemodule waardoor de motor kan aangestuurd worden via verschillende communicatieprotocollen.

3.1.1 DE ELEKTROMOTOR EN BIJHORENDE DRIVE ELEKTRONICA

3.1.1.1 *OPBOUW*

De MAC elektromotor is gebaseerd op een driefasige AC borstelloze motor. De elektromotor is opgebouwd uit een rotor bestaande uit permanente magneten en een gewikkelde stator, het is met andere woorden een permanent-magnet synchronous motor of PMSM.

Dit soort elektromotor bevat geen koolstofborstels die voor de commutatie zorgen. In plaats hiervan gebeurt de commutatie elektronisch. Het voordeel hiervan is dat er dan geen koolstofborstels meer nodig zijn. De afwezigheid van de koolstofborstels maakt de permanent-magnet synchronous motor veel onderhoudsvriendelijker en voorkomt ook vonkvorming die normaliter ontstaat vanwege slechte commutatie. Wel is het nog steeds nodig om de windingen op het juiste moment te bekrachtigen om zo een resulterend koppel te genereren. Dit wordt verkregen met behulp van elektrische commutatie. Figuur 3 toont een simpele voorstelling van dergelijke motor. [2]



Figuur 3: Primitieve voorstelling van een PMSM

3.1.1.2 *DE WERKING*

De werking van dit soort motor is gebaseerd op de reluctantiekracht of ook wel aligneerkracht genoemd die heerst tussen de spoelen van de stator en de permanente magneten van de rotor. Wanneer de permanente magneten niet gealigneerd zijn met de stator windingen en dus de luchtspleet maximaal is, levert de motor zijn maximaal koppel op de rotor as. Het aligneren van de statorwindingen met de permanente magneten op de rotor geeft een vermindering van magnetische energie in de luchtspleet. Deze vermindering van magnetische energie wordt omgezet in een geleverde arbeid door de motor-as onder de vorm van koppel. Met behulp van elektrische commutatie wordt het veld van de stator zo geregeld dat het geleverde koppel door de rotor-as steeds maximaal is.

3.1.1.3 *FOC*

Standaard wordt voor deze PMSM een FOC-regeling(Field-Oriented-Control) gebruikt. FOC is een vectoriële sturingsstrategie die de statorstromen door de 3 wikkelingen op de stator regelt, deze statorstromen worden voorgesteld als ruimte vectoren met een fasehoek en amplitude. [3]

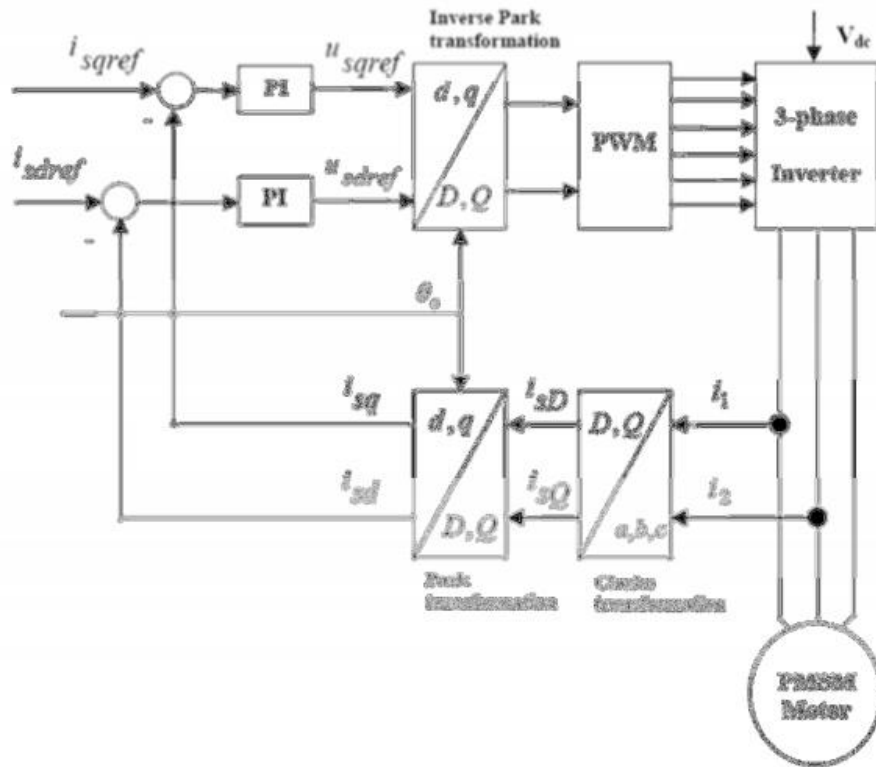
De basis van de FOC-sturing is de transformatie van een driefasig (a, b, c) snelheid- en tijdsafhankelijk systeem naar een tijdsonafhankelijk systeem, het (d, q)-stelsel. Deze omzetting gebeurt volgens een wiskundige transformatie gekend als de Clark-Park transformatie. Deze transformatie vormt de driefasige stroomvectoren om van een

driedimensionaal stationair referentiekader naar een tweedimensionaal draaiend referentiekader (d-q). De d-as is de as die de richting van de rotor-flux aangeeft. Deze d-component stelt dus de flux-producerende component van de statorstroom voor. De q-as is de as die het koppel regelt. De q-component is het koppel-producerende component van de statorstroom.

De motor levert een maximaal koppel op de rotor wanneer het ronddraaiend veld van de stator 90 mechanische graden verschoven is ten opzichte van het magnetische veld van de permanent magneten gelegen op de rotor.

De FOC sturing zal er dan steeds voor zorgen dat de motor zijn maximale koppel levert. De sturing doet dit door de richting van de stroomvector i_q en i_d zo te regelen dat i_q over 90 elektrische graden is verdraaid ten opzichte van de flux-producerende component i_d .

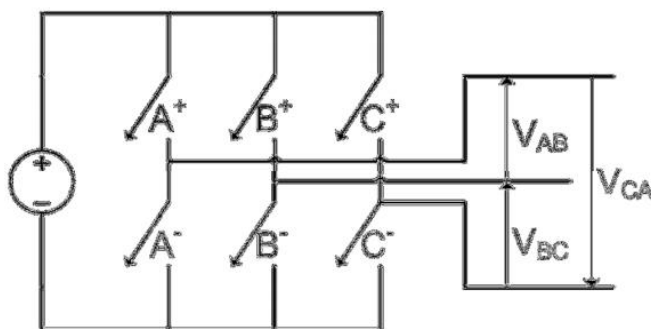
Voor het bepalen van de positie van de rotor en dus de rotor-flux maakt de motor gebruik van Hall-sensoren. Een Hall-sensor maakt gebruik van het *Hall-effect* voor de meting van het magneetveld veroorzaakt door de magneten op de rotor. Hierdoor kan de positie van de rotor bepaald worden. Figuur 4 toont een overzicht van de FOC-sturing. We zien de uitlezing van de stromen van 2 fasen van de motor. Deze stromen ondergaan de Clark-Park transformatie totdat ze herleidt worden tot I_q en I_d . Deze stromen worden dan vergeleken met een instelwaarde. De verschilwaardes van deze stromen worden dan naar een controller gebracht die deze omzet in spanningswaardes. Deze spanningswaardes ondergaan dan een inverse Park-transformatie. De uitgang van deze transformatie gebruikt men dan om het PWM signaal te vormen dat naar de driefasige inverter wordt gestuurd om zo de motor aan te sturen. [4]



Figuur 4: Overzicht FOC-control

3.1.1.4 SVM

Space vector modulation (SVM) of ook wel ruimte vector modulatie genoemd is een algoritme om PWM (pulse width modulation of puls breedte modulatie) te sturen. Het wordt gebruikt om een aangelegde DC-spanning om te vormen naar regelbare AC-golven om zo driefasige AC-motoren op verschillende snelheden aan te sturen. Deze techniek genereert de gewenste spanningsruimtevector aan de uitgang van de inverter om de AC-motor te voeden, het is een continue modulatiemethode. Het maakt gebruik van een schakelschema, in het geval van de MAC800 motoren opgebouwd uit MOSFET's, om zo de sinusoidale stromen in de statorwindingen te creëren. Figuur 5 toont een voorbeeld van een driefasige inverter. [4]

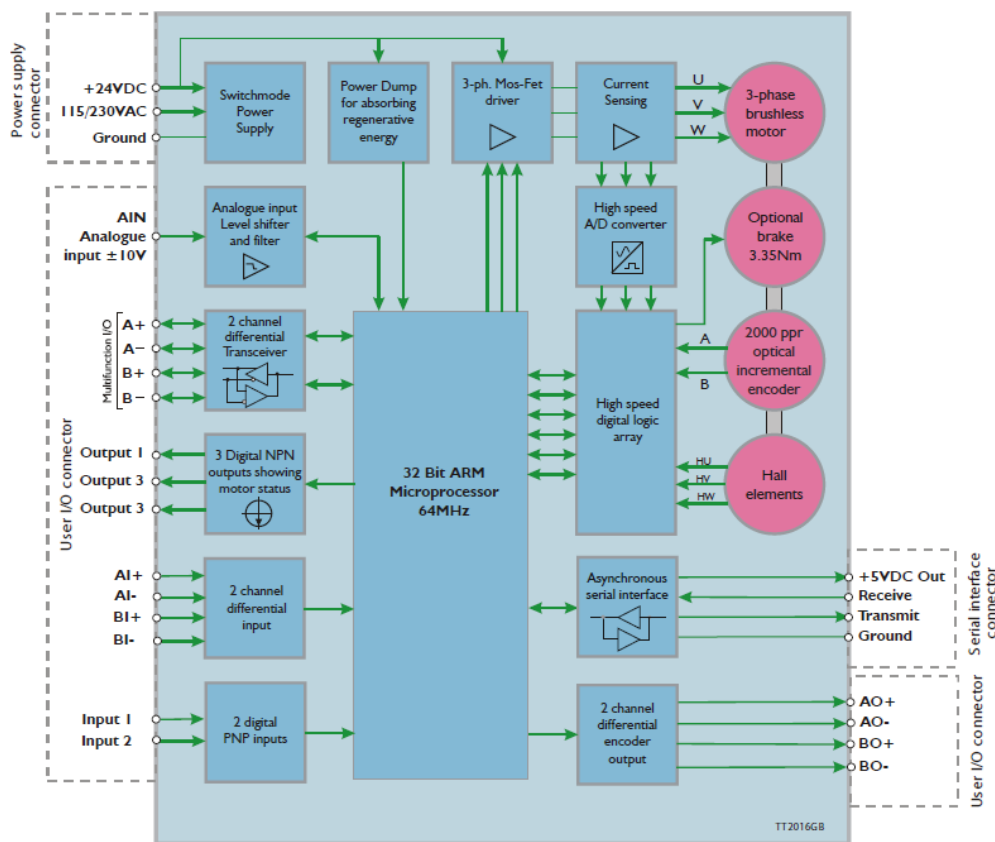


Figuur 5: Driefasige inverter

De amplitude van de AC-golf bepaalt dan de snelheid van de motor. Dit heeft als gevolg dat de maximale snelheid van de motor beperkt wordt door de voedingsspanning van de driefasige inverter.

3.1.2 DE CONTROLLER ELEKTRONICA

Alle interne bouwblokken van een standaard MAC motor zijn geïllustreerd in Figuur 6. Merk op dat dit een grafische voorstelling is van de interne controller van een MAC800 motor. De MAC140 motor moet namelijk voorzien worden van slechts alleen een 48 VDC voeding voor zowel controller als voeding van de motoren. Terwijl de MAC800 motor zowel 24V DC-voeding voor de controller nodig heeft en 230V AC-voeding voor de motor. [5]



Figuur 6: Overzicht interne controller MAC800 motor

De centrale 16 bit (MAC140) of 32 bit (MAC800) microprocessor zorgt voor de nodige intelligentie.

Deze grafische voorstelling geeft een groot aantal ingangen en uitgangen weer die standaard aanwezig zijn op de controller. Elke plug-in interfacemodule maakt gebruik van zijn toegewezen ingangen en uitgangen om zo de communicatie met de motor te verwezenlijken. Eén van de meer belangrijke is de analoge ingang die het mogelijk maakt met behulp van een spanning gelegen tussen -10VDC en +10VDC een parameter

zoals snelheid of koppel te regelen. De multifunction I/O maakt het mogelijk om de motoren aan te sturen als stappenmotoren d.m.v. step- en dir-signalen. De seriële interfaceconnector is van groot belang vermits deze verbinding de seriële communicatie met de controller van de motor mogelijk maakt.

De controller van de MAC motoren kunnen op verschillende manieren in verschillende operatie-modi worden aangestuurd. In Tabel 1 staan de verschillende modi opgesomd met een korte bijhorende uitleg.

Tabel 1: Opsomming modi van MAC motor

Modus	Beschrijving
Passive mode	In passive mode zal de motor niet meer worden aangestuurd door de drive elektronica. Hij zal geen koppel meer kunnen uitoefenen. De motoren kunnen dan met de hand gemanipuleerd worden. De communicatie van en naar de motor toe blijft wel actief. Deze modus is zeer handig als men aanpassingen wil maken in de interne registers van de motor.
Position mode	In position mode zal de motor is de positie van de motor het belangrijkste. De motor kan commando's ontvangen via seriële communicatie(RS422 of RS232) afkomstig van de PC of de PLC. Deze commando's geven dan een positie door die de motor moet aannemen. Meestal wordt hierbij ook een snelheid en een versnelling meegegeven. De snelheid en de versnelling zijn in deze modus slechts bij benadering juist.
Velocity mode	In velocity mode zal de motor net als bij position mode zijn commando's ontvangen via seriële communicatie. In deze modus zal de motor echter niet zijn positie fijn regelen maar enkel zijn snelheid. De commando's naar de motor bevatten dan ook enkel een snelheid en een versnelling en eventueel een maximaal toegelaten koppel.
Analog Velocity/torque mode	Een uitwendig signaal van -10 tot +10 volt bepaalt de snelheid of het koppel van de motor. Dit is een manier van aansturen die vroeger in CNC's werd gebruikt. Deze methode is echter achterhaald en wordt niet meer gebruikt in hedendaagse CNC's.
Gear mode	In gear mode zal de motor fungeren als een stappenmotor. De motor zal een stap zetten elke keer er een spanningspuls op de step-input wordt gezet. De beweging van de motor wordt volledig gecontroleerd door de step- en dir-pulsen aan de multi-function I/O ingangen.

De communicatie met de controller is mogelijk via 2 seriële kanalen, één kanaal dat werkt volgens het MacTalk protocol en één dat werkt volgens het FastMac protocol.

Het FastMac kanaal is een "*point-to-point*" communicatie, er kan maar één cliënt communiceren met de motor. Terwijl het MacTalk kanaal kan gebruikt worden om meerdere motoren te verbinden met één cliënt (PC of PLC).

Beide protocollen maken gebruik van binaire data die tegen een snelheid van 19200 tot 57600 Baud worden doorgestuurd. De 57600 Baud snelheid wordt niet door alle motoren en modules ondersteund. De MAC motoren van de *pick-and-place* en de

bijhorende modules ondersteunen slechts een snelheid van 19200 Baud. Waarbij Baud staat voor het aantal signaalwisselingen of symbolen die er per seconde via het datatransmissiekanaal worden verzonden.

Het MacTalk protocol kan gebruikt worden voor het uitlezen en schrijven van alle registers en uitvoeren van standaard commando's. Dit protocol bevat niet de mogelijkheid om "single-byte" commando's door te sturen. Bij "single-byte" commando's worden voorgeprogrammeerde registers ingeladen wanneer een specifieke byte wordt door gestuurd. Maar deze registers kunnen we natuurlijk ook rechtstreeks in schrijven via standaard commando's.

Echter is het FastMac protocol wel in staat om "single-byte" commando's door te sturen. Dit protocol kan net als het MacTalk protocol gebruikt worden voor het uitlezen en schrijven van alle registers, maar bevat niet de mogelijkheid om standaard commando's door te sturen naar de motor.

Voor de verdere uitwerking van de aansturing wordt er enkel gebruik gemaakt van het MacTalk protocol aangezien dit protocol ons de mogelijkheid geeft om commando's door te sturen met waarden die niet in het register staan.

3.1.3 PLUG-IN INTERFACE MODULE

De communicatie met de motor is mogelijk dankzij een plug-in interface module geleverd door JVL. Dit zijn intelligente MAC00-xx modules die in het bezit zijn van een geïntegreerde processor nodig voor de communicatie met de controller van de motor. Deze communicatie gaat via het MacTalk kanaal volgens het MacTalk protocol.

Naargelang het type module vertaalt deze de data afkomstig van een industriële veldbus zoals CANopen, PROFIBUS, DeviceNet, RS-485 en RS-232 naar het MacTalk protocol. De controller van de MAC motor interpreteert vervolgens deze informatie en voert dan het gevraagde commando uit.

De keuze van de interfacemodule is afhankelijk van de toepassing waarin de motor zal functioneren. Deze interfacemodules zorgen ervoor dat de MAC motoren een zeer groot toepassingsgebied hebben. Dit is dan ook één van hun grootste voordelen.

De MAC motoren kunnen ook voorzien worden met dummy-modules die de minimale hardware bevatten voor de communicatie van de inkomende signalen. Deze dummy-modules worden gebruikt voor het FastMac protocol.

Tijdens de aansturing van de motoren communiceert de interfacemodule met de controller van de motor via seriële communicatie. De snelheid van deze communicatie is slechts 19200 baud. Deze snelheid is typisch veel trager dan de snelle veldbussen waardoor de 19200 baud een beperkende factor is betreffende data-overdracht en bedrijfsnelheid.

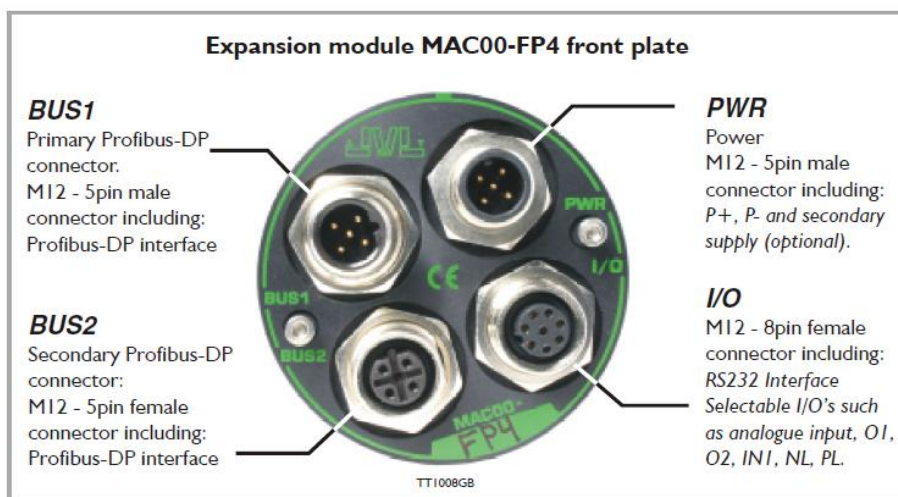
Wanneer een waarde naar een register van de controller wordt geschreven via een interfacemodule, dan wordt deze schrijfoperatie in een buffer geplaatst. De buffer kan typisch maximum 16 schrijf- of leesoperaties bufferen. Een lees- of schrijfoperatie gebeurt typisch aan een snelheid van 19200 baud. Waardoor een schrijfoperatie van een volledig register bij een volle buffer bijna 20 milliseconden kan duren.

De nieuwe operaties worden aan een buffer toegevoegd en moeten wachten tot de huidige operatie is afgerond. Wanneer er nu ook meerdere registerwaarden, zoals positie en snelheid, worden uitgelezen. Dan zal de responstijd van de motor langer worden vanwege de lange datastroom.

Een veel voorkomend nadeel bij PLC sturingen via de PLC interfacemodules is dan ook de trage responstijd van de motoren. Het uitvoeren van een instructie om registerwaarden uit te lezen kan dan 20 milliseconden of langer duren. Waardoor de totale responstijd van het systeem groter wordt.

De 3 MAC motoren van de *pick-and-place* maken allen gebruik van de FP4-module. Deze module is een PROFIBUS-DP slave-module die zowel PROFIBUS als seriële communicatie (RS232/RS485) ondersteunt. De module maakt het mogelijk om alle registers van de controller te lezen en te schrijven. Het PROFIBUS-adres stelt men in via bijgeleverde software of handmatig via DIP-schakelaars.

De module bevat drie M12 5-pin connectoren, twee connectoren zijn voorzien voor de implementatie in een bestaand PROFIBUS-systeem. De derde connector is een voedingsconnector voor de driver van de motor. De module heeft ook nog een M12 8-pin connector met 6 *inputs* en 2 *outputs*. Figuur 7 toont een afbeelding van de FP4-interfacemodule. [5]



Figuur 7: FP4 interfacemodule

3.1.4 MACTALK

Mactalk is een diagnose en set-up programma gratis aangeboden door JVL. Het programma biedt de volgende mogelijkheden:

- het kiezen van operatiemodus van de MAC motor;
- het veranderen van parameters zoals snelheid, motorkoppel, versnelling;
- het opslaan van parameters in de registers van de motor;
- het uitlezen van motor parameters in real-time, zoals motor belasting, voedingsspanning, spanning aan de analoge input;
- het veranderen van veiligheidslimieten zoals positielimieten, maximum positie-error;
- het updateten van zowel de firmware van de motor als de firmware van de bijhorende interface module;
- het adresseren van meerderen motoren;
- het uitlezen van foutmeldingen.

3.1.5 DE GEBRUIKTE MOTOREN

Voor de aansturing van de X- en Y-as worden twee MAC800-D1 motoren gebruikt. Dit zijn servomotoren met een continu vermogen van 750 Watt en een continu koppel van 2,38 Nm. Het piekkoppel bedraagt 7,2 Nm. Voor de aansturing van de Z-as maken we gebruik van een MAC140 motor die een continu vermogen kan leveren van 124 Watt en een continu koppel van 0,32 Nm. Het piekkoppel bedraagt 0,9 Nm.

3.2 REDUCTIES

Op de X- en de Y-as zijn er reducties op de motoren gemonteerd. De reducties zijn van het merk Wittenstein Alpha. Het zijn planetaire reductiekasten waardoor de snelheid en het koppel van de motor-as omgevormd wordt. De reductie wordt door middel van flensverbindingen vastgezet op de motor en op de lineairinrichting.

De *pick-and-place* was voorzien met een reductie van 3 op de X-as en een reductie van 7 op de Y-as. Er was nog een reductie van 10 beschikbaar van hetzelfde merk en met dezelfde afmetingen. De reductie van 3 hebben we dan vervangen door deze van 10.

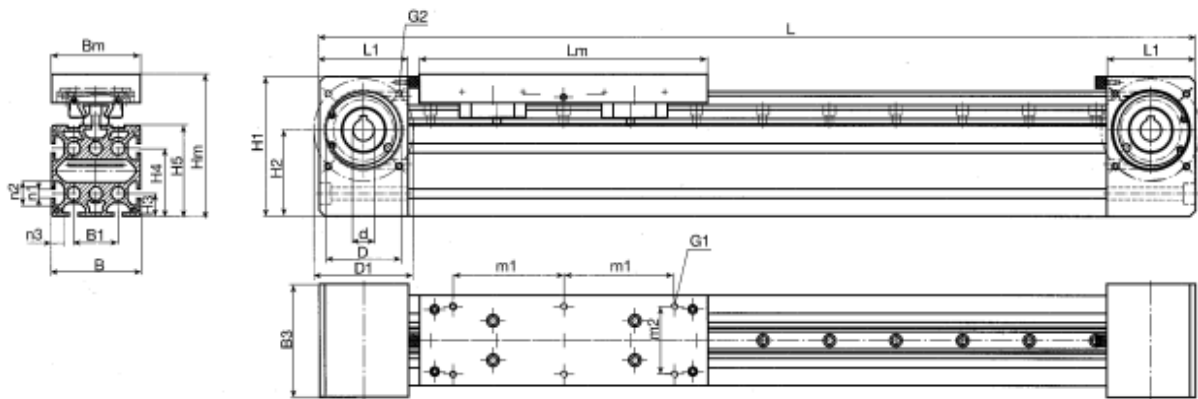
De Y-as is voorzien van een reductie met een overbrengingsverhouding van 7. De X-as is voorzien met een reductie met een overbrengingsverhouding van 10. Figuur 8 toont de gebruikte reductiekasten voor de automatische plasmasnijder.



Figuur 8: Reductiekast van Wittenstein Alpha

3.3 LINEAIR-INRICHTING

De geleidingen gebruikt in de bestaande machine zijn afkomstig van een fabrikant genaamd Indunorm. Het zijn geleidingen met een geïntegreerde tandriem versterkt met staaldraden en spellingsvrij getande tandwielen. Ze zijn van het type LA80-SHS25VSS. Figuur 9 toont een overzichtstekening van de lineair-inrichting. [6]

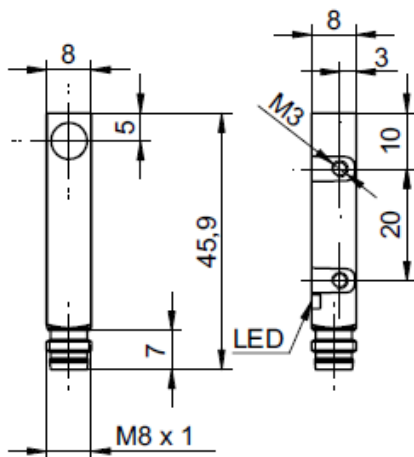


Figuur 9: Overzichtstekening lineair-inrichting

3.4 SENSOREN

De bestaande *pick-and-place* machine is voorzien met negen inductieve naderingssensoren. Zes sensoren functioneren als eindeloop sensoren voor het borgen van de veiligheid van de machine. Drie sensoren dienen om de homing-functie te ondersteunen. Hierbij keert de beweegbare kop terug naar een de home positie bepaald door deze drie sensoren.

De sensoren zijn van het type PNP dus met een normaal gesloten contact. Het zijn inductieve sensoren dus ze worden enkel geactiveerd door metalen objecten. Figuur 10 toont een figuur van de inductieve sensor met de dimensies. [7]



Figuur 10: Inductieve sensor

4 AANSTURINGEN

4.1 PC OF PLC?

Om de motoren aan te sturen is er een *motion controller* nodig. De keuze tussen de verschillende types controller is afhankelijk van de toepassing. Deze paragraaf behandelt de verschillende aanstuurmethodes van zowel PLC en PC. Elk van deze methodes zijn onderzocht om zo de meest geschikte te vinden.

Als eerste bekijken we de PLC als controller met een PROFIBUS-verbinding voor de uitwisseling van data. Daarna wordt de PC als controller onderzocht en de verschillende aanstuurmethodes die mogelijk zijn via seriële communicatie en parallelle communicatie.

4.2 PLC

4.2.1 BESCHRIJVING

Een PLC(Programmable Logic Controller) is een controller bestemd voor de automatisatie van elektromechanische processen en is terug te vinden in machines vanuit talrijke industrieën zoals de assemblagelijnen in de auto-industrie of de regeling van kleppen in de chemische sector.

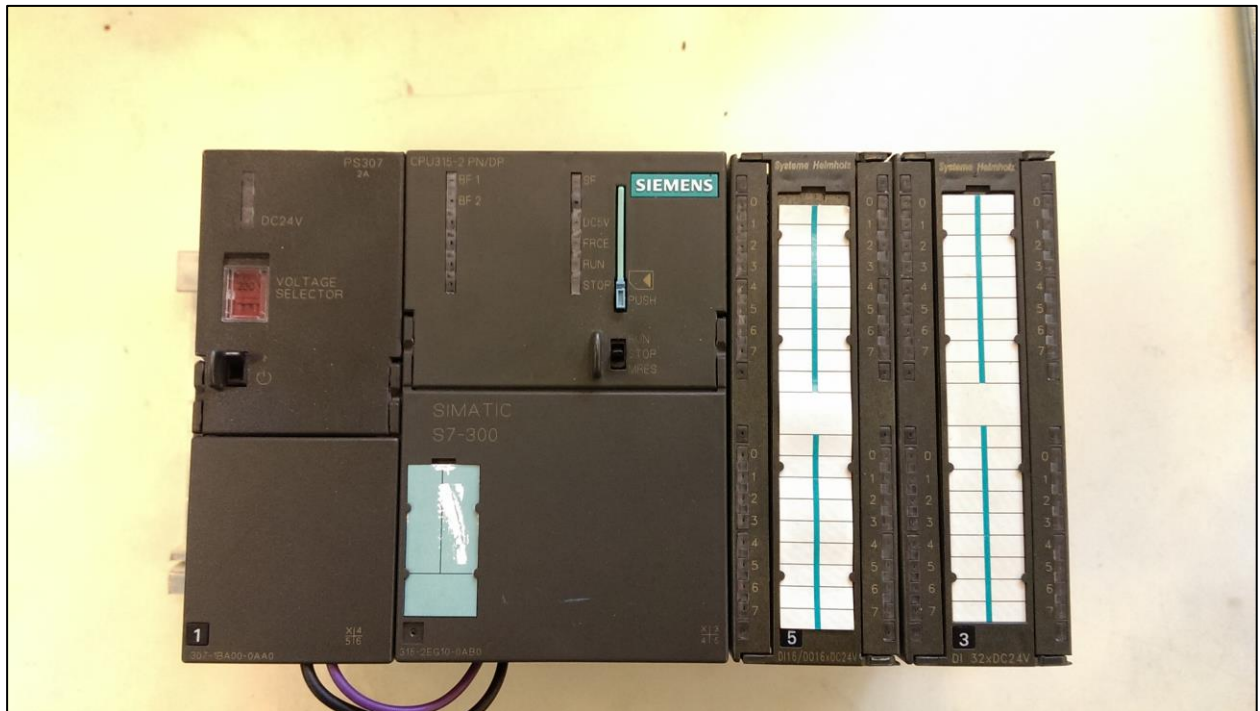
De PLC is een computer die ontworpen is om vele inputsignalen en outputsignalen te verwerken. Hij is ook geoptimaliseerd om in een industriële omgeving met een hoge betrouwbaarheid te functioneren.

De PLC bestaat meestal uit een CPU, hierin zit de microprocessor die al het rekenwerk doet, en talrijke uitbreidingskaarten voor de *interfacing* met sensoren, relais en vele andere apparaten.

Bijhorend bij de PLC zit ook software waarin de gebruiker een programma kan maken en deze daarna op de PLC kan inladen. Dit programma is meestal opgebouwd uit ladderlogica, FBD(Function Block Diagram), IL(Instruction List) of STL(Structured Text Language). [8]

Deze software maakt het niet alleen mogelijk om de programma's te schrijven. Het is ook mogelijk om het programma te simuleren waardoor men fouten in het programma kan opsporen. Het is ook mogelijk naar de status van de *inputs* en *outputs* te kijken van een PLC als deze actief is in een installatie. Hierdoor kan men eenvoudig de fout vinden en zo nodig een aanpassing maken in het programma.

Acro heeft een PLC voor dit project voorzien. Het is een CPU315-2PN_DP van het merk Siemens met een DI16/DO16x24V/0.5A uitbreidingskaart en een DI32xDC24V uitbreidingskaart van het merk Helmholz. Deze configuratie is afgebeeld in Figuur 11.



Figuur 11: PLC met uitbreidingskaarten

4.3 PROFIBUS-COMMUNICATIE

De eerste onderzocht aanstuuringsmethode is de aansturing via PLC waarbij de communicatie via PROFIBUS verloopt. De MAC-motoren van de *pick-and-place* installatie hebben elk een FP4-uitbreidingsmodule. Deze module maakt de communicatie tussen PLC en de motoren mogelijk via een PROFIBUS-verbinding.

De communicatie verloopt op basis van het telegramprincipe. Voor het schrijven van data naar de motor zijn 9 bytes voorzien en voor het lezen van informatie uit de motor zijn 8 bytes voorzien. Figuur 12 beschrijft de indeling van de telegram voor de output bytes. [9]

Address	Name	Description
0	Write data 3 (MSB)	Data to write to register
1	Write data 2	--- " ---
2	Write data 1	--- " ---
3	Write data 0 (LSB)	--- " ---
4	Write register selector	The register to write
5	Read register selector	The register to read
6	Direct register	Direct FlexMac command
7	Command	Bits for commanding reads/write
8	Input setup	Bits for input setup

Figuur 12: Layout output-telegram

Met dit output-telegram heeft de gebruiker de keuze tussen nieuwe waarden schrijven naar of het uitlezen van de parameters van de motor. Deze parameters van de motor zijn opgeslagen in verschillende registers. Elk register heeft zijn eigen adres in het geheugen van de motor.

Als de gebruiker nieuwe waardes aan enkele parameters wil geven, dan moet hij op byte 4 het adres van het register van deze parameters meegeven. De eerste 4 bytes van het telegram bevatten dan de data die er weggeschreven wordt naar dit register.

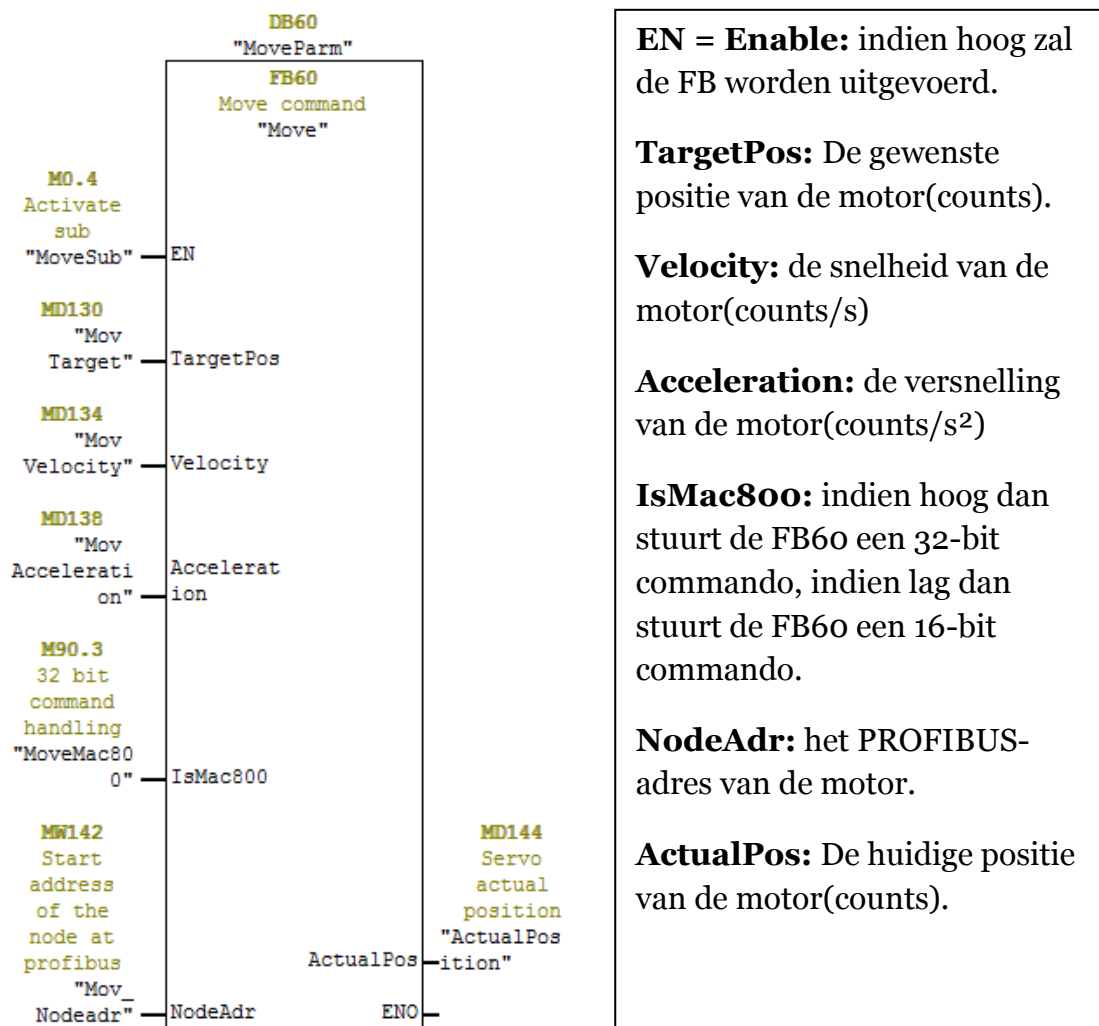
Als de gebruiker enkel een register wil uitlezen dan kan hij het juiste adres meegeven op byte 5. Bij het hoog maken van de command-bit wordt dit telegram dan verstuurd. De motor verwerkt dit telegram en reageert hierop door een telegram terug te sturen. Dit is het telegram voor de input-bytes en wordt getoond in Figuur 13. [9]

Address	Name	Description
0	Read data 3 (MSB)	Data read from register register
1	Read data 2	--- " ---
2	Read data 1	--- " ---
3	Read data 0	--- " ---
4	Motor status	Status bits for the motor
5	Input status	Status of inputs
6	Last direct register	Last accepted direct FlexMac command
7	Command Status	Status bits for commands

Figuur 13: Layout input-telegram

Net zoals het output-telegram zijn de eerste 4 bytes van het input-telegram ook de data-bytes. Deze data-bytes geven de waardes van de opgevraagde parameters en als controle of de schrijfoperatie gelukt is.

Om de communicatie via PROFIBUS voor de klant makkelijker te maken heeft JVL, de producent van de motoren, de schrijf- en lees- commando's reeds gemaakt. Deze commando's zijn allemaal in aparte FB's(Function Blocks) geplaatst. Figuur 14 toont de grafische voorstelling van FB60. [10]

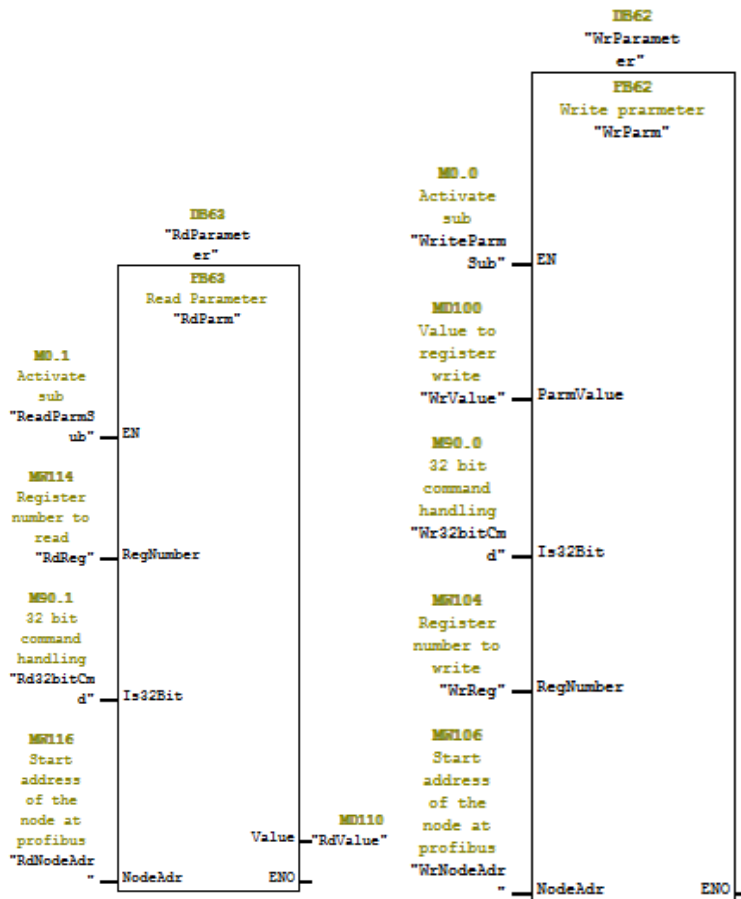


Figuur 14: FB60: Move commando voor de MAC-motor

FB60 bevat het move-commando van de motor. Zoals de naam het zegt zal dit commando de motor een beweging laten uitvoeren. In deze function block kan de gebruiker de gewenste positie, snelheid en versnelling van de beweging meegeven. Ook moet de gebruiker specificeren of het commando wat hij stuurt een 32 bit commando of een 16 bit commando is. Dit is belangrijk omdat de drivers van de kleinere MAC-motoren enkel 16 bit commando's kunnen inlezen. Als laatste moet de gebruiker dan ook het PROFIBUS adres van de betreffende motor meegeven. Als deze FB dan wordt uitgevoerd dan zal de motor een beweging uitvoeren met de ingegeven parameters. De huidige positie van de motor wordt ook weergegeven.

In Figuur 15 ziet u de FB's voor de read- en de write-operatie. Deze FB's hebben ongeveer dezelfde opbouw. Voor zowel een read-operatie als een write-operatie moet er steeds het adres van het register worden meegegeven alsook het PROFIBUS adres van

de motor die moet worden aangesproken. Net als bij de move-operatie moet ook bij beide duidelijk worden gemaakt of het om een 16 bit commando of een 32 bit commando gaat. Bij de write-operatie moet natuurlijk ook de data worden meegegeven die de gebruiker wil schrijven in het register. De FB voor de read-operatie geeft als uitgang de waarden die op het gevraagde register staan. [10]



Figuur 15: FB62 en FB63: de read- en write-commando's voor de MAC-motor

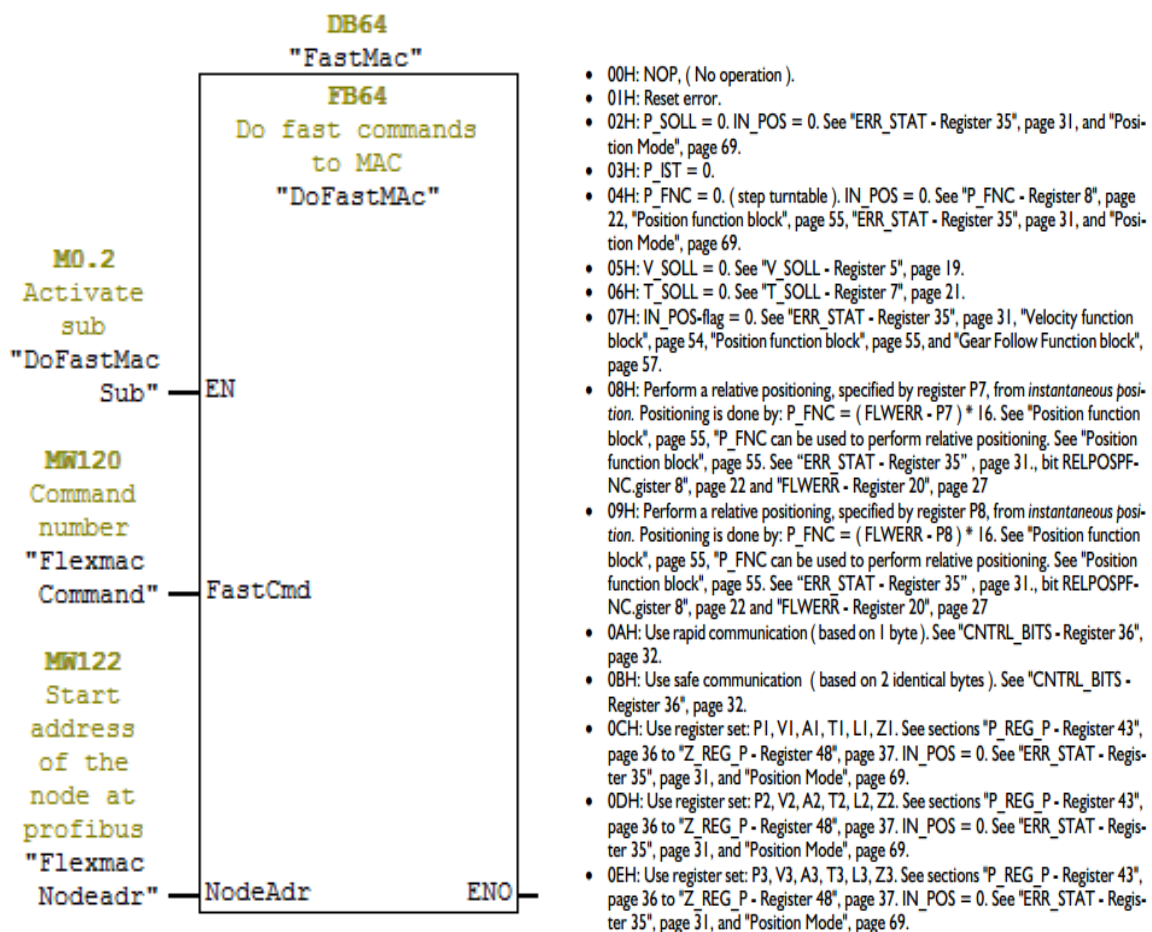
De tot nu toe besproken FB's maken allemaal gebruik van de telegramstructuur die eerder werd besproken. Het nadeel hiervan is de lengte van de data die moet worden verzonden.

Buiten deze commando's bestaan er ook nog de FASTMAC-commando's. Dit zijn voorgeprogrammeerde commando's die de lengte van de verstuurd en ontvangen data verkort tot 1 byte. In het geheugen van de motor zijn enkele registers beschikbaar waarin waarden van posities, snelheden, versnellingen en toelaatbaar koppel kunnen worden opgeslagen. Het nadeel van deze FASTMAC-commando's is dat men de waardes van de registers niet kan veranderen terwijl de motoren werken. Dit wil zeggen dat de FASTMAC-commando's enkel gebruik kunnen maken van de opgeslagen waarden in de motor.

De algemene structuur van een FASTMAC-commando ziet er uit als volgt:

Bit 7:	Bit 6 en Bit 5:	Bit 4 tot en met 0:
<p>Toggle bit:</p> <p>Verandert van waarde bij elk nieuw commando. Dit is nodig om de opeenvolgende commando's van elkaar te onderscheiden.</p>	<p>Modus-bits:</p> <p>Deze bits bepalen in welke modus de motor zich moet zetten: positiemodus, snelheidsmodus, commandomodus, ...</p>	<p>De betekenis van deze bits is afhankelijk van de modus waarin de motor zich bevindt.</p> <p>Positie- en snelheidsmodus: De 4 bits tonen welk register moet worden geactiveerd.</p> <p>Command-modus: De 4 bits geven het nummer van het gewenste commando weer.(0-31)</p>

Deze FASTMAC-commando's worden verstuurd via de FB64. In deze FB moet men enkel het nummer van het gewenste commando invullen en het PROFIBUS-adres van de motor. [10]



Figuur 16 FB64: Block voor FASTMAC-commando's + FASTMAC commando's

Deze aanstuurmethode werd als eerste onderzocht omdat de motoren van de *pick-and-place* installatie al geconfigureerd waren voor PROFIBUS-communicatie. De conclusie is echter dat deze methode niet geschikt of te omslachtig is voor het gebruik in een automatische plasmasnijder.

Met deze PROFIBUS-aansluiting is het eenvoudig om commando's voor simpele *point-to-point* bewegingen door te sturen. Hierbij kunnen dan de snelheden en de versnellingen van de motoren worden meegegeven. De installatie zal dan, rekening houdend met de ingestelde waarden, zo snel mogelijk naar het ingestelde punt bewegen. Bij de toepassing van dit principe op een installatie met een drie-assige inrichting duiken er enkele problemen op.

Het eerste probleem is dat er geen commando beschikbaar is om de motoren een cirkelbeweging uit te laten voeren. Vanwege het gebrek aan dit commando om cirkels te maken moet er een ander manier worden gezocht.

De cirkel bestaat als het ware uit zeer kleine rechte lijnen. Om deze cirkelbeweging dan uit te voeren wil dit zeggen dat er voor elke rechte lijn een telegram moet worden doorgestuurd. Deze telegrammen moeten op korte tijd achter elkaar worden verzonden. De maximale snelheid van de PROFIBUS verbinding bedraagt 12 Mbit/s. Met een telegramgrootte van 17 bytes wil dit zeggen dat er 88235 telegrammen kunnen verzonden worden per seconde om de 2 motoren aan te sturen. De snelheid van de PROFIBUS verbinding is in dit geval niet de limiterende factor. Het probleem ligt echter bij de data-overdrachtssnelheid tussen de FP4-interfacemodule (besproken op pg28) en de driver van de motor. Deze overdrachtssnelheid is te laag om het verhoogde dataverkeer bij een cirkelbeweging aan te kunnen.

Een tweede probleem bij deze aansturing is het inladen van de 2D-tekening die men wil uitsnijden. Deze tekeningen worden meestal via een computerprogramma gemaakt. Er worden hiervoor programma's gebruikt zoals AutoCAD, Inventor, Solidworks, Inkscape en nog vele andere. Deze tekeningen worden dan meestal opgeslagen in het bestandsformaat dat bij het programma hoort. Het inlezen van deze tekeningen in de PLC zal dan ook steeds problemen geven. De PLC kent deze bestandsformaten niet. Om de tekeningen dan te kunnen interpreteren moet er eerst een decoder voor elk bestandsformaat worden gemaakt.

Vanwege deze problemen en op aanraden van de fabrikant van de motor is er dan ook besloten om deze aanstuurmethode te verwerpen en een alternatief te proberen.

4.4 PC

4.4.1 BESCHRIJVING

Een PC(personal computer) is een computer gemaakt voor individueel gebruik. Ze worden dagelijks gebruikt om e-mails na te kijken, om games te spelen, om een thesis uit te typen en nog vele andere toepassingen. Deze computers zijn 'general purpose'-apparaten gemaakt om verschillende taken uit te kunnen voeren en ook om deze taken gelijktijdig uit te voeren. Deze computers zijn meestal ook voorzien van een besturingssysteem waardoor de gebruiker eenvoudig gebruik kan maken van de verschillende functies van de computer.

Een nadeel van de computer is wel dat de cyclustijd veel groter is dan bij een PLC. Waar een PLC enkel het hoofdprogramma OB1 moet doorlopen zal de computer meerdere programma's moeten aflopen. Ook de robuustheid van een PC is lager dan die van een PLC. De reden hiervoor is omdat, in tegenstelling tot bij een PLC, er in een pc meerdere bewegende delen aanwezig zijn zoals de harde schijf(achterhaald vanwege de SSD) en de ventilators om de computer te koelen. Hierdoor zal de PC gevoeliger zijn aan trillingen.

Een voordeel van de PC is de grotere rekenkracht om complexere berekeningen sneller op te lossen. Een ander voordeel is de verscheidenheid aan programma's die gebruikt kunnen worden om de *motion controller* te maken. Het gebruik van een PC zou het mogelijk maken om de tekening van de figuur te maken of aan te passen aan de plasmasnijder zelf.

Om de PC met de MAC-motoren te laten communiceren zijn er 2 mogelijkheden. De eerste mogelijkheid is de commando's te verzenden via een seriële communicatie en de andere methode is om de commando's te verzenden via parallelle communicatie.

4.5 SERIËLE COMMUNICATIE - RS232

Na het vergelijken van de mogelijke bus communicatiesystemen hebben we besloten ons verder te verdiepen in de mogelijkheden die RS232 seriële communicatie ons te bieden heeft. We kiezen er dan ook voor om de aansturing van de motor te doen met behulp van een standaard PC.

4.5.1 ALGEMEEN

RS232 is een asynchroon seriële communicatie protocol die ons toelaat data uit te wisselen tussen elektronica apparaten, meestal tussen PC en randapparatuur. Het is een overeengekomen standaard die ons verteld hoe we data moeten uitwisselen over slechts 3 draden. Het protocol maakt gebruik van een seriële transmissiemethode waarbij bytes

van data bit per bit worden verstuurd of ontvangen over één enkele draad. De data wordt serieel overgedragen in één specifieke richting per draad. Asynchroon slaat op het feit dat de informatie niet op vooraf afgesproken momenten wordt verzonden. Het verzenden van data kan op elk willekeurig moment starten en het is daarbij de taak van de ontvanger om te detecteren wanneer een boodschap start en eindigt.

4.5.2 TX EN RX

Voor een bi-directioneel communicatie systeem hebben we twee transmissie-draden nodig samen met een derde draad die fungeert als een gemeenschappelijke referentie waarde. De data verstuurd wordt als Tx ("Transmission") gelabeld en de data ontvangen wordt als Rx ("Reception") gelabeld. De derde draad die fungeert als gemeenschappelijke referentiewaarde is de GND ("Ground"). Wanneer we twee systemen met elkaar willen laten communiceren is het zeer belangrijk dat we de Tx en Rx laten kruisen. Hierdoor zal de het transmitter-kanaal van het ene systeem aangesloten zijn op het receiver-kanaal van het andere systeem en omgekeerd.

4.5.3 DE KABELLENGTE

De kabellengte is een belangrijk aspect binnen het RS232 communicatie protocol. De maximale toegelaten kabellengte waarbij men de maximale communicatiesnelheid kan handhaven is 15 m. De maximale communicatiesnelheid bedraagt dan 19200 Baud. Wanneer we de snelheid met een factor 2 of 4 verlagen neemt de maximale toegelaten kabellengte drastisch toe. In Figuur 17 zien we welke Baudrate of communicatiesnelheid mogelijk zijn bij welke maximale kabellengte. [11]

Baudrate	Maximale kabellengte (m)
19200	15
9600	150
4800	300
2400	900

Figuur 17: Het effect van Baudrate op de kabellengte

4.5.4 HET SIGNAALNIVEAU

Het signaalniveau of spanningsniveau van de RS232 communicatie kan zich in twee toestanden bevinden, namelijk "Mark status" (hoge toestand) en "Space status" (lage toestand). De "Mark status" komt overeen met een hoge bit en wordt aangegeven met een negatieve spanning. Terwijl de "Space status" dus lage bit wordt aangegeven met een positieve spanning. Dit kan verwarrend overkomen, omdat normaal hoge logische

waarden worden voorgesteld door positieve spanningen. De spanningslimieten worden in Figuur 18 weergegeven. [11]

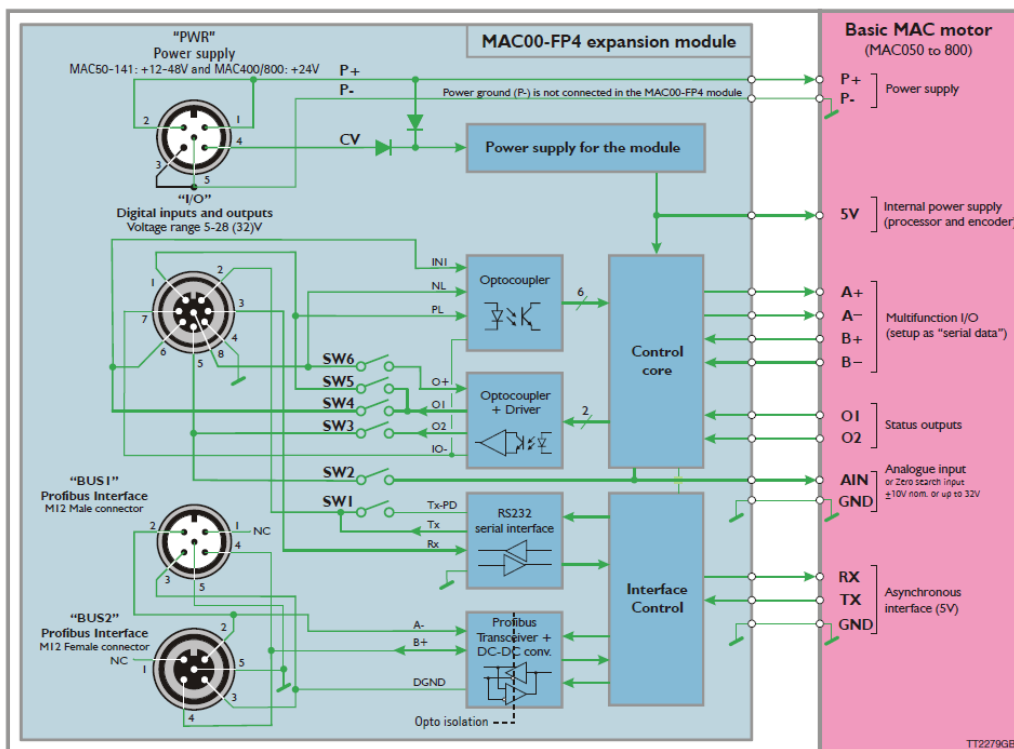
RS232 spanningen

Niveau	Zender grenswaarden (V)	Ontvanger grenswaarden (V)
Space status (0)	+5 ... +15	+3 ... +25
Mark status (1)	-5 ... -15	-3 ... -25
Ongedefiniëerd	-	-3 ... +3

Figuur 18: Logische spanningswaarden RS232 protocol

4.5.5 INTEGRATIE MET INTERFACE MODULE

Zoals reeds vermeld ondersteunt de FP4 interface module dit soort communicatie met behulp van de "I/O" M12 - 8 pin connector aanwezig op de interface module. Voor seriële communicatie tussen PC en de MAC motor hebben we dus slechts drie kanalen nodig, namelijk Rx, Tx en GND. Zoals we op Figuur 19 kunnen zien komen deze drie kanalen respectievelijk overeen met pin 3, pin 2 en pin 4 van de "I/O" connector. [5]



Figuur 19: Interne opbouw FP4 interface-module

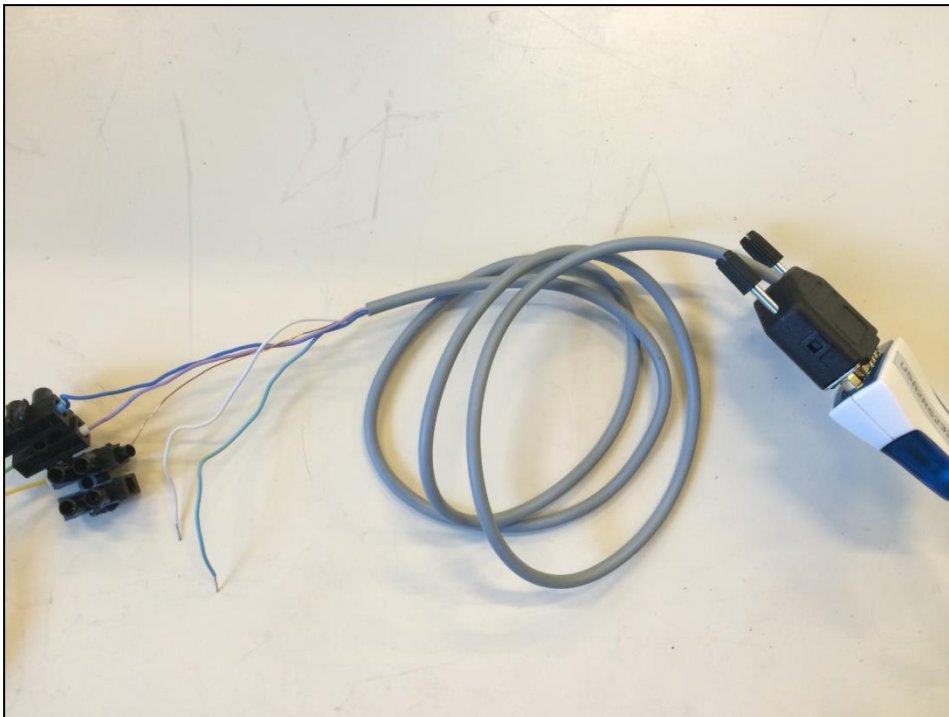
Voor de communicatieverbinding naar de PC toe botsten we op een probleem. Voor seriële communicatie was er namelijk een seriële poort nodig waarmee de hedendaagse commerciële laptops en desktops niet zijn uitgerust. Ook was er in dit stadium van de

masterproef geen PC met seriële poort vrij binnen ACRO. Dit probleem is opgelost door het gebruik van USB-to-RS232 adapter die aanwezig was op ACRO. Via deze adapter zijn we in staat om met onze laptop de MAC motoren aan te sturen via seriële communicatie. Figuur 20 geeft de door ons gebruikte adapter weer. [12]



Figuur 20: USB-to-RS232 adapter

Voor de verbinding tussen de adapter en de MAC motor was het nodig om zelf een kabel te maken die de mannelijke DB9 uitgang van de adapter verbond met de MAC motor. Figuur 21 geeft deze verbinding kabel weer.



Figuur 21: Verbindingskabel seriële poort MAC motor

4.6 JVL'S MACCOM OCX

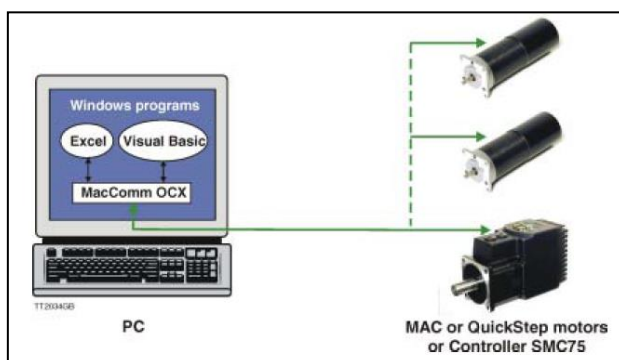
De MacCom OCX file is een activeX-besturingselement gratis aangeboden op de site van de fabrikant JVL. Dit activeX-element laat toe om functionaliteiten van programma's te integreren in andere programma's.

Dit besturingselement biedt de mogelijkheid om de MAC motoren serieel aan te sturen met behulp van zelfgeschreven programma's binnen windows.

Volgende softwareprogramma's ondersteunen de MacCom OCX:

- Visual Basic,
- Visual C++,
- Visual .NET,
- Delphi,
- Borland C++ Builder,
- Labview,
- Excel.

Het verzenden en uitlezen van register waarden van en naar de MAC motor wordt eenvoudiger dankzij dit activeX-besturingselement. De ontwikkelaar moet niet meer nadenken over het openen en sluiten van de RS232 communicatie poort. Daarbij zorgt het besturingselement ook voor de vertaling naar het MacTalk protocol met bijhorende *checksum*, inverse byte, registerlengte en registerformaat. Het enige wat gespecificeerd moet worden is het registernummer waar de opgegeven data naar moet worden weggeschreven of uit welk register de gevraagde data moet worden uitgelezen. Een lijst van de mogelijke registernummers is toegevoegd in de bijlage. Figuur 22 geeft een typische implementatie weer. [13]



Figuur 22: Windows programma met MacComm OCX

4.7 AANSTURING DOOR MIDDEL VAN LABVIEW

Voor het maken van een testprogramma en het uiteindelijke sturingsprogramma kozen we ervoor om deze te maken in de software genaamd LabVIEW van National Instruments. Er zijn 2 verschillende sturingsprogramma's ontworpen. Het eerste programma is gebaseerd op positiesturing en het tweede programma is gebaseerd op snelheidssturing.

De reden dat we voor Labview kiezen voor het ontwikkelen van de sturing is vanwege de eenvoudige syntax. Hierdoor is het mogelijk om op relatief korte tijd ingewikkelde programma's op te bouwen.

4.7.1 LABVIEW

LabVIEW is de afkorting voor, Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench en is ontwikkeld door National Instruments. Het is een grafische programmeeromgeving die geschikt is voor besturingstechniek, data-acquisitie en communiceren met meetinstrumenten. De LabVIEW-programmeertaal kan gebruikt worden voor de creatie van een brede waaier van softwaretoepassingen, het bevat namelijk dezelfde taalconstructies en datastructuren als de traditionele programmeertalen maar met een grafische visualisatie. LabVIEW is vooral gebruikt door ingenieurs die er wel in slagen om de data stroom te visualiseren maar niet in het bezit zijn van kennis om een tekst gebaseerd programma te programmeren.



Een softwaretoepassing geschreven onder LabVIEW wordt een VI of een Virtueel Instrument genoemd. Ze noemen dit een virtueel instrument omdat ze een fysiek instrument imiteren in de software. Net als een klassiek meetinstrument heeft een Virtueel Instrument twee aanzichten:

- het front panel of user interface met alle bedieningsorganen en indicatoren, variërend van lampjes tot grafieken;
- het blokdiagram, dit is de broncode die de softwareontwikkelaar ziet.

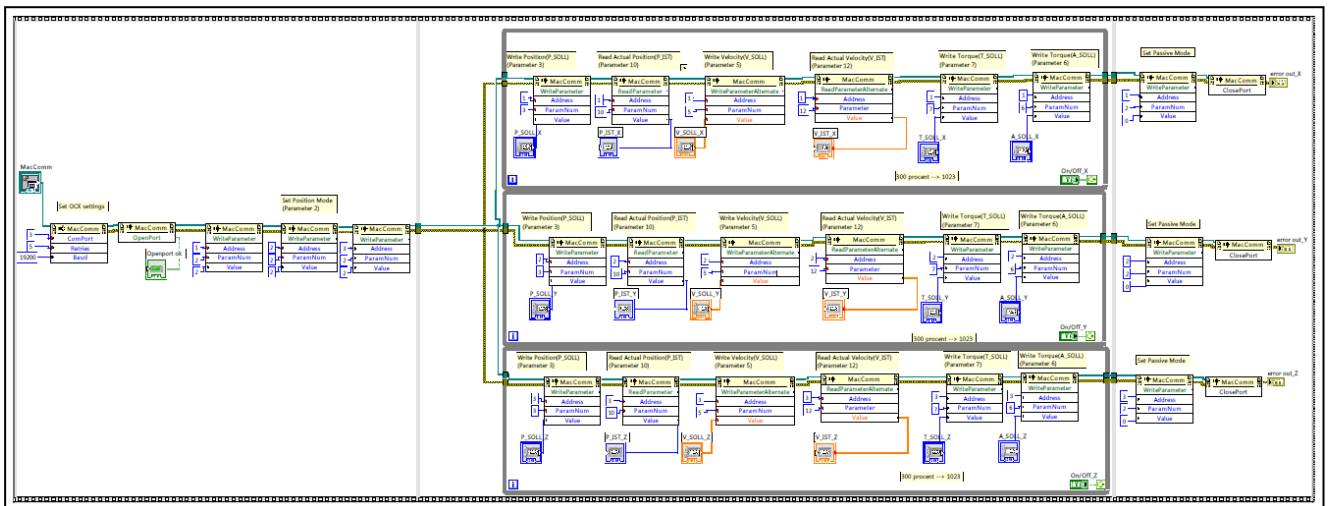
4.7.2 TESTPROGRAMMA

Voor de mogelijkheden van een sturingsprogramma in labVIEW te testen, hebben we enkele testprogramma's ontworpen. Met dit testprogramma testen we de verschillende functies die labVIEW samen met MacCom OCX te bieden heeft.

Het eerste testprogramma is gebaseerd op een positiesturing. Hierbij geven we een positie door aan de motoren samen met een gewenste snelheid en versnelling. Bij het uitvoeren van de beweging regelen de motoren hun positie naargelang de ingestelde waarde.

Het testprogramma is geschreven voor het aansturen van drie verschillende MAC motoren. Elke MAC motor heeft zijn bijhorend adres van één tot en met adres drie. De adressen worden op voorhand toegewezen aan de motoren met behulp van het programma MacTalk.

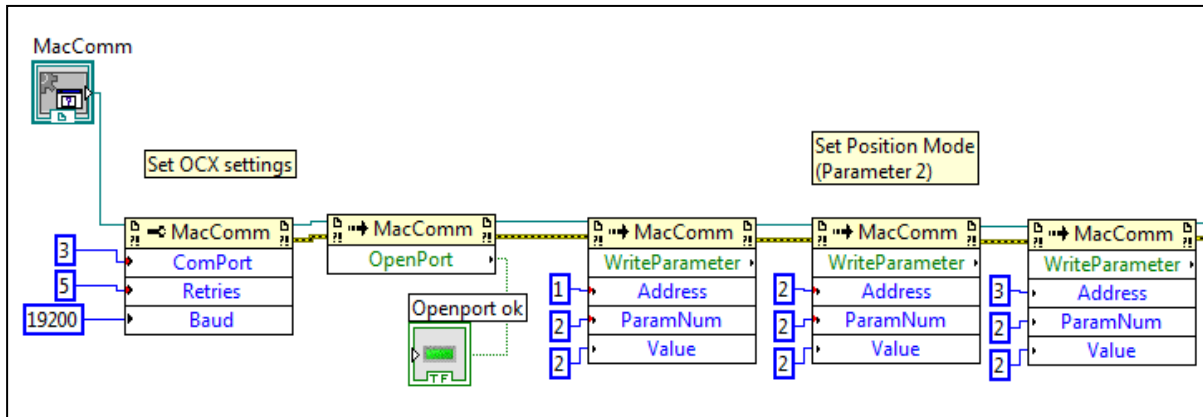
Een totaal overzicht van het blokdiagram van het testprogramma is te zien op Figuur 23.



Figuur 23: Overzicht testprogramma positiesturing

Het testprogramma is opgebouwd uit drie delen of drie sequenties met behulp van een "sequence frame". Net zoals bij een filmrol zal een sequentie uitgevoerd worden vooraleer het programma overgaat naar de daarop volgende sequentie. Het programma wordt steeds van links naar rechts uitgevoerd.

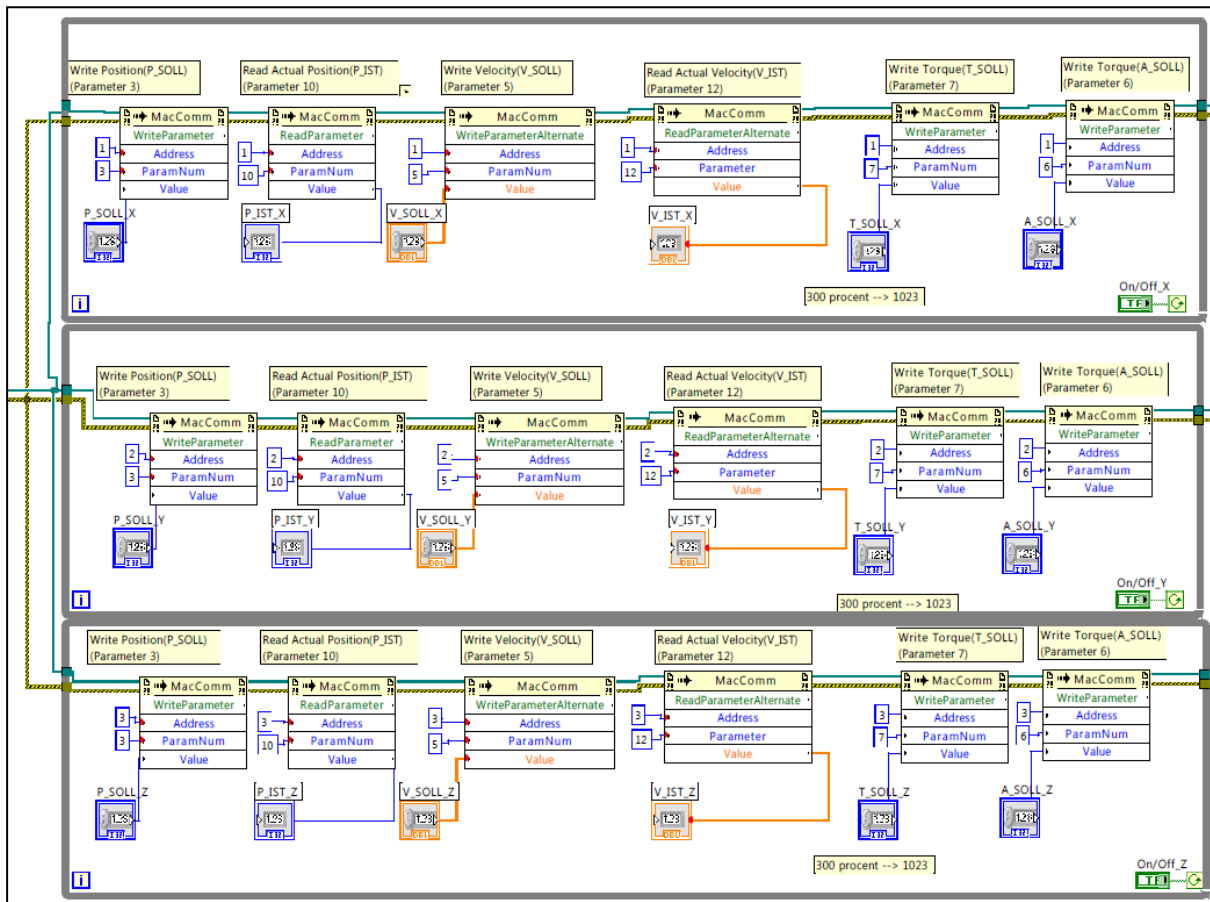
Figuur 24 geeft de eerste sequentie weer.



Figuur 24: Sequentie 1 testprogramma positiesturing

In deze sequentie wordt eerst de COM-port ingesteld, met welke USB poort de seriële communicatie zal plaats vinden. En de daarbij horende data-overdrachtssnelheid. Voor deze snelheid zijn we begrensd tot 19200 Baud, de controller van de motor kan geen hogere data-overdrachtssnelheid aan. Vervolgens openen we de communicatiepoort en kan de data-overdracht van start gaan. Het openen van de poort wordt gevisualiseerd met een indicator lampje op het front panel. Daarna worden de juiste parameters naar de motoren gestuurd, waardoor ze in positiemodus worden geset. De werkingsmodus staat gedefinieerd in parameter 2. Om de werkingsmodus op positiemodus te plaatsen moeten we de waarde 2 doorsturen naar deze parameter. Merk op dat dit gebeurt voor de drie motoren met elke hun bijhorende adres.

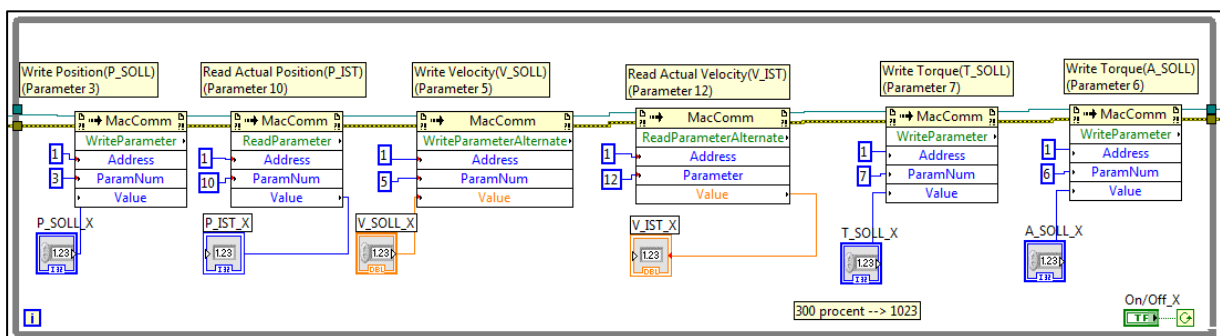
Vervolgens komen we in de volgende sequentie, weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25: Sequentie 2 testprogramma positiesturing

In deze sequentie wordt van de drie motoren gelijktijdig de huidige positie en snelheid uitgelezen. En daarbij de gevraagde snelheid en positie met bijhorende maximale koppel en snelheid. De sequentie bestaat uit drie while-loops.

Onderstaande figuur toont de while-loop van de motor met adres 1.

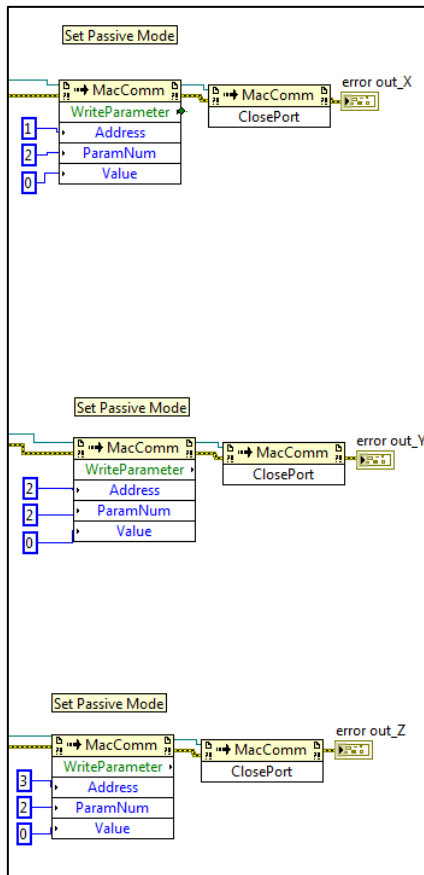


Figuur 26: While-loop van MAC-motor X-as

Wanneer een programma in een while-loop komt, blijft dit deel van het programma steeds opnieuw uitgevoerd worden als een bepaalde voorwaarde voldaan is. Deze voorwaarde komt in ons programma overeen met het activeren van de "On/Off" knop.

Als deze knop geactiveerd blijft zal de while-loop de gevraagde waarden uitlezen en de gewenste waarden wegschrijven naar de bijhorende registers. Een register wordt aangeduid met behulp van een parameternummer.

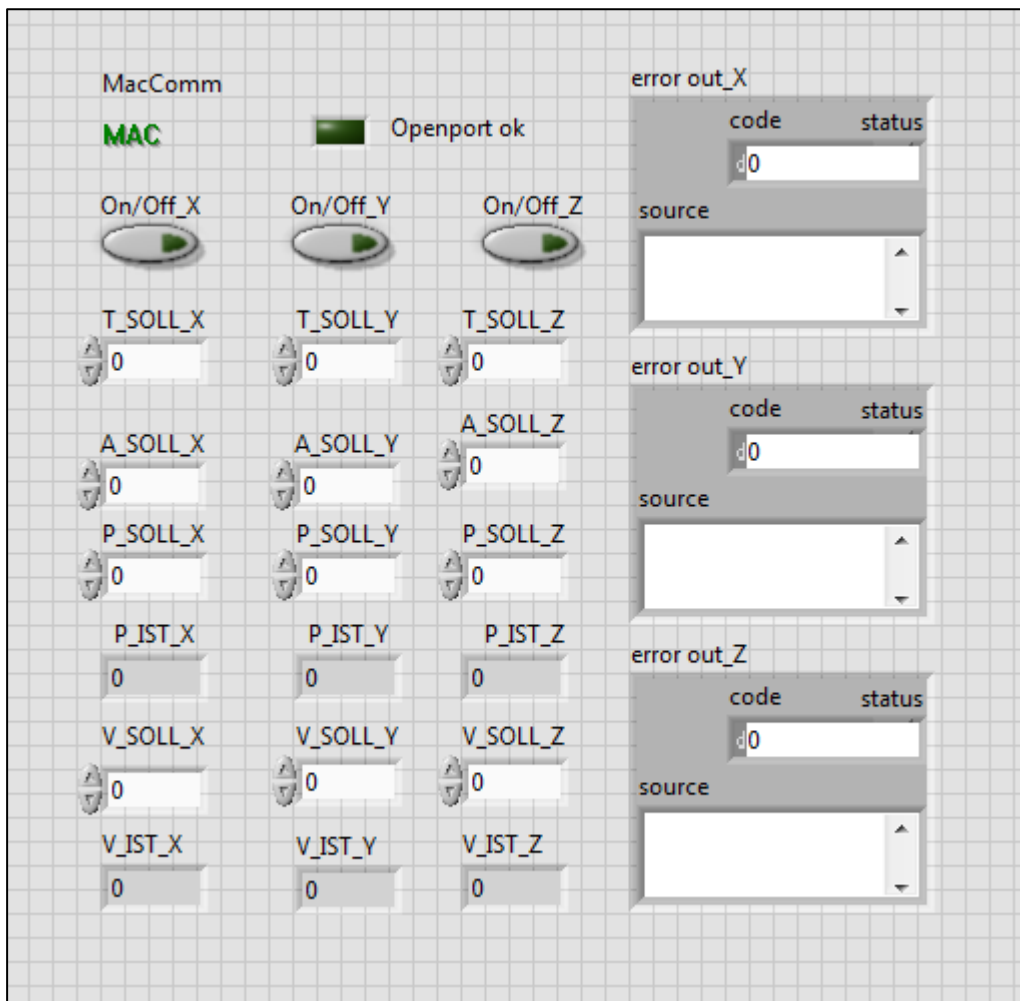
Wanneer de "On/Off" knop gedeactiveerd wordt, komt het testprogramma in de laatste sequentie. Deze wordt weergegeven in Figuur 27.



Figuur 27: Sequentie 3 testprogramma positiesturing

In dit deel van het programma wordt de motor geset in de passive-modus. Waarbij de motoren niet meer worden aangestuurd door de drive electronica, en daardoor gemakkelijk kunnen gemanipuleerd worden. Vervolgens wordt de communicatie poort gesloten. In deze sequentie worden ook de foutmeldingen uitgelezen.

Bij dit programma hoort ook een front panel of user interface. Het front panel wordt afgebeeld in Figuur 28.



Figuur 28: Front panel positiesturing

De naamgeving van de parameters is als volgt:

(A,P,V,T)_(SOLL, IST)_(X, Y, Z)

A, P, V, T				–	SOLL, IST		–	X, Y, Z		
A = versnelling	P = positie	V = snelheid	T = koppel		SOLL= de gewenste waarde voor deze parameter	IST = de actuele waarde van deze parameter		X - as	Y - as	Z - as

Met behulp van de knoppen kan de gekozen motor geactiveerd worden. De "error out" panelen visualiseren de foutmeldingen. Dit testprogramma maakt het mogelijk alle motoren tegelijk naar een positie te sturen met elk zijn eigen snelheid, versnelling en maximaal koppel. Dit programma vormt de basis voor het hoofdprogramma.

4.7.3 HOOFDPROGRAMMA - POSITIE STURING

Na het succes met het testprogramma hebben we een tweede versie van dit programma gemaakt. Deze versie van het sturingsprogramma is in staat om simpele figuren bestaande uit rechte lijnen te tekenen. Het programma gebruikt een array gevuld met coördinaten van punten om de figuren te tekenen.

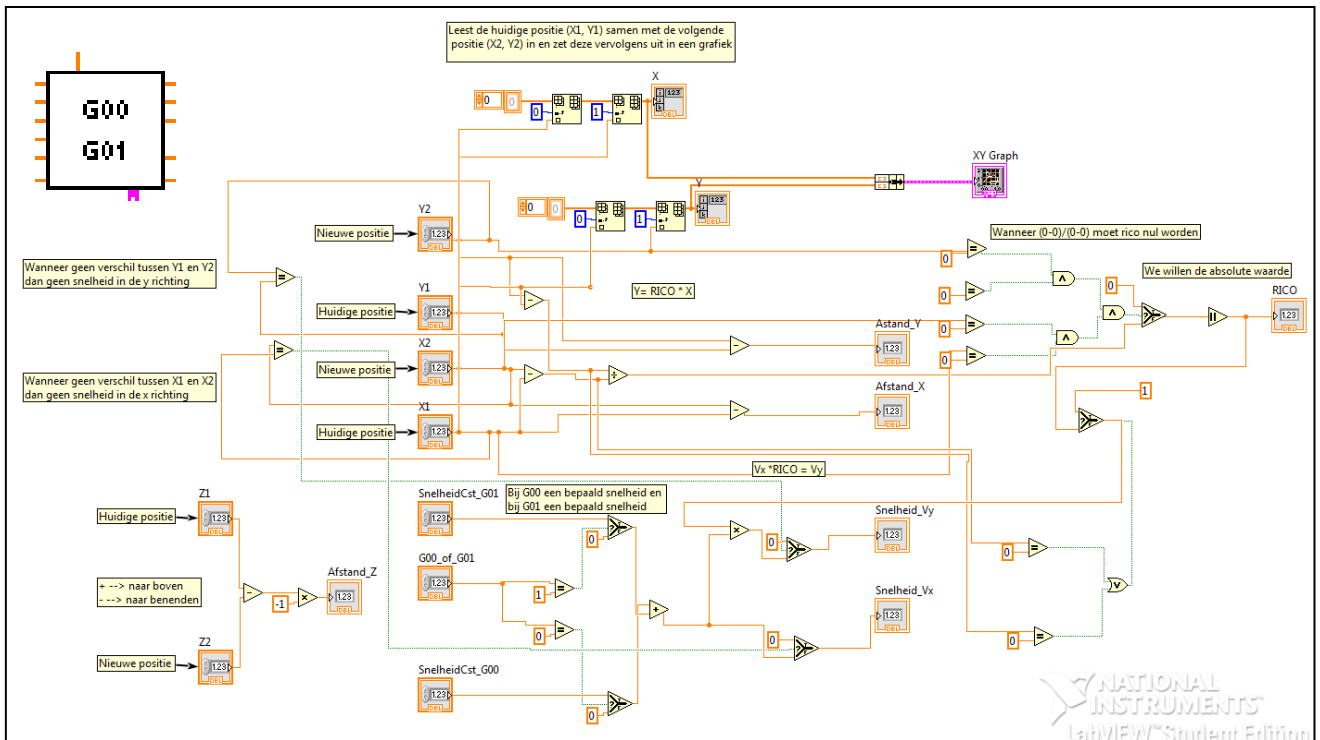
Dit aanstuurprogramma is gebaseerd op positiesturing. Dit wil zeggen dat de MAC-motoren in positie modus staan. In deze modus regelen de MAC-motoren hun positie naar de gewenste waarden met een bepaalde opgegeven snelheid, versnelling en koppel.

Het doel van ons aanstuurprogramma is de coördinaten verkregen uit de G-code om te zetten naar encoder waarden voor de motor. Om een lijn te tekenen in het xy-vlak moeten we steeds de snelheden van beide motoren berekenen op basis van de hoek van het lijnstuk in het assenstelsel. Deze snelheden zijn belangrijk om het lijnstuk de gewenste vorm te geven. Als we dit niet doen dan is het mogelijk dat de ene as stopt met bewegen vooraleer de andere as op de eindpositie is. Door de snelheden te berekenen kunnen we beide motoren synchroon laten eindigen in hun eindposities.

Het programma is opgebouwd uit meerdere sub-VI's, elke sub-VI heeft zijn eigen functie binnen het stuurprogramma. Een sub-VI is een VI die kan worden opgeroepen in een andere VI. Het gebruik van sub-VI's geeft een beter overzicht over het programma. Elke sub-VI kan men ingangsparementers en uitgangsparementer toekennen.

4.7.3.1 "G00_G01"

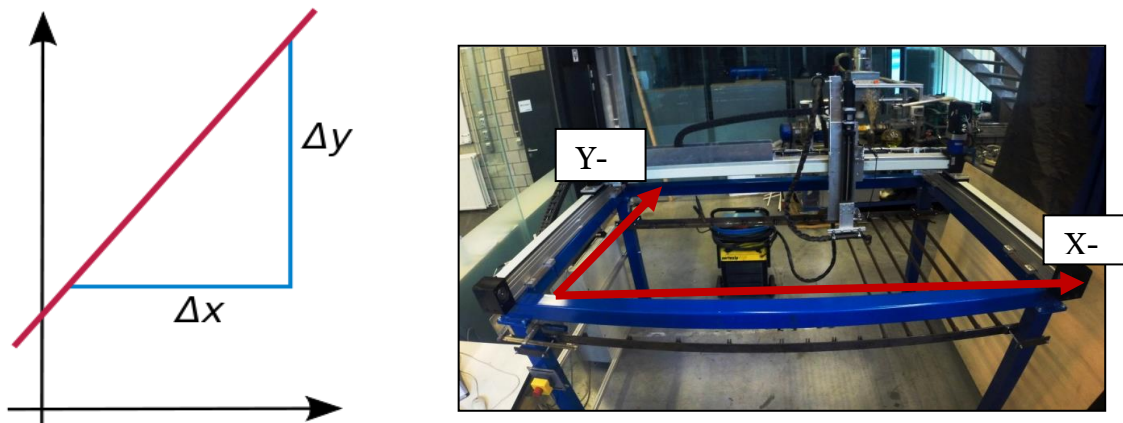
De sub-VI afgebeeld in Figuur 29 is verantwoordelijk voor de aansturing bij het tekenen/snijden van rechte lijnen. Afhankelijk van de opgegeven GCODE, G00 of G01, zal deze sub-VI de snelheden van de beide motoren berekenen.



Figuur 29: Sub-VI berekening snelheid motoren

De sub-VI berekent de snelheid van de motor van de Y-as en de motor van de X-as met behulp van de richtingscoëfficiënt van het lijnstuk. Het bepalen van de afzonderlijke snelheid van beide motoren is nodig wanneer er een schuine baan moet worden uitgesneden, dit onder een hoek groter of kleiner dan 45°. Voor een schuine baan onder een hoek van 45° moeten beide motoren echter met een gelijke snelheid bewegen.

We maken gebruik van de formule voor het berekenen van de richtingscoëfficiënt. Het frame vormt hierbij het XY-assenstelsel. Figuur 30 toont het assenstelsel op de machine.



Figuur 30: Assenstelsel frame

$$RICO = \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1}$$

De uitkomst van deze formule geeft de verhoudingsfactor tussen de snelheid V_x en snelheid V_y .

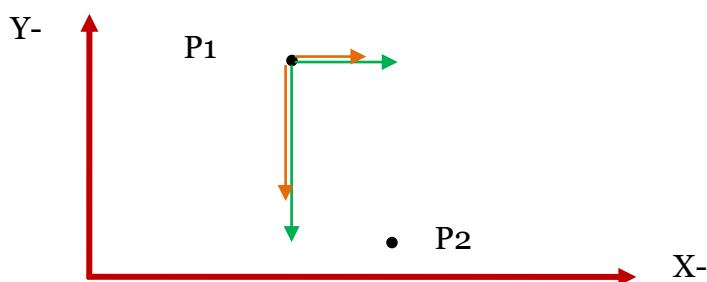
$$V_y = RICO * V_x$$

Wanneer de plasmasnijmachine een rechte baan onder een hoek groter dan 45° moet uitvoeren, zal de rico groter zijn dan 1. De motor die de beweging volgens de Y-as regelt zal vervolgens met een verhoudingsfactor gelijk aan de RICO sneller moeten bewegen dan de motor die de beweging volgens de X-as regelt. Daaruit volgt dat wanneer er een rechte baan onder een hoek kleiner dan 45° moet worden uitgevoerd de motor van de X-as sneller moet bewegen dan die van de Y-as.

Een rechte baan uitgevoerd onder een hoek gelijk aan 45° geeft een verhoudingsfactor gelijk aan 1. Beide motoren draaien dan met gelijke snelheid.

Merk op dat de absolute waarde nemen van de uitkomst, we zijn namelijk alleen geïnteresseert in de verhouding tussen de snelheid van beide motoren. De draairichting van beide motoren wordt bepaald door de controller van de motor zelf. Wanneer de opgegeven encoder waarde groter is dan de huidige encoder waarde zal de draairichting van de motor positief zijn. Bij een opgegeven waarde kleiner dan de huidige waarde is deze negatief.

Dit wordt geïllustreerd in Figuur 31 waarbij we een baan sturen van P1 naar P2.



Figuur 31: Beweging positiesturing

De groene pijlen geven de richting aan waarmee elke motor zal bewegen. De oranje pijlen geven de grootte van de absolute snelheid aan. Merk op dat de snelheid van motor van de Y-as dubbel zo groot is als deze van de X-as, maar dat de draairichting negatief is. De draairichting van de motor van de X-as is positief.

4.7.3.2 OMREKENING VAN ENCODER WAARDEN

De positie van de motor moet worden opgegeven in encoderwaarden, dus het aantal incrementele stappen dat de encoder moet uitvoeren. Eén volledig draaibeweging van 360° komt overeen met 8192 stappen op de encoder.

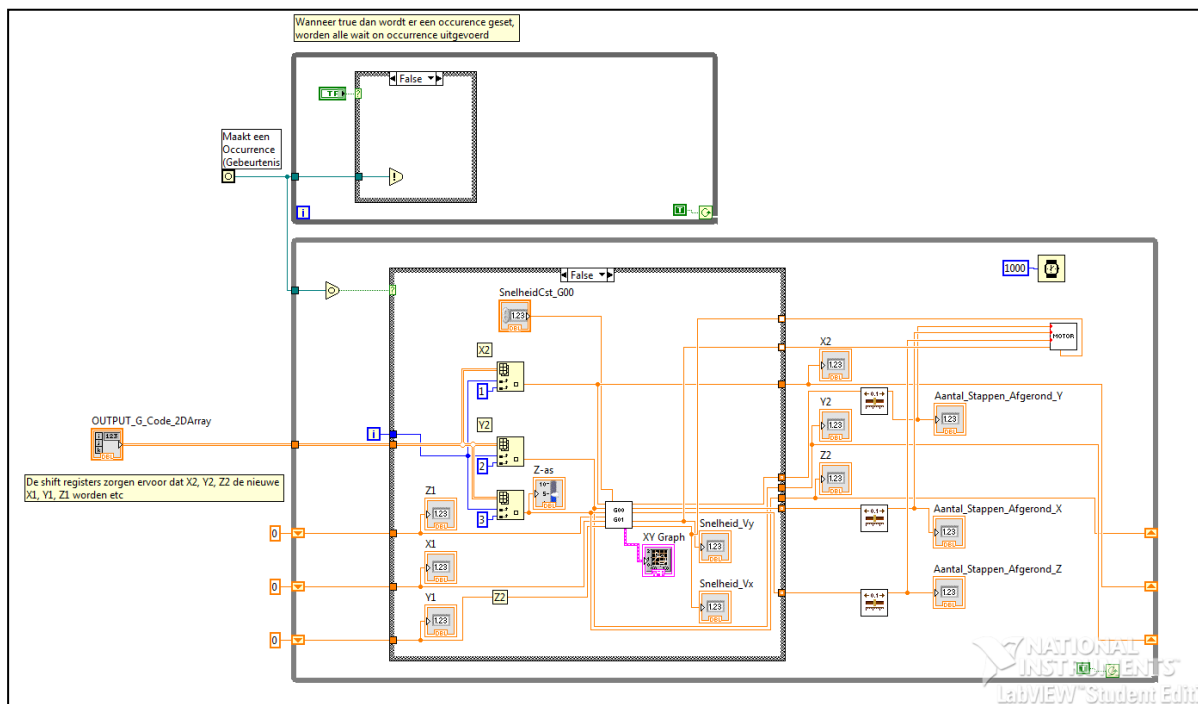
Met behulp van een sub VI worden de waarden in millimeter omgerekend in het aantal incrementele stappen uitgevoerd door de motor.

4.7.3.3 MOTOR

Het reeds beschreven testprogramma is omgevormd tot een sub VI om zo het doorsturen van posities en snelheden naar de motoren mogelijk te maken. Het stuurt de doorgegeven waarden door naar het juiste register in de controller.

4.7.3.4 DE HOOFD VI

In deze VI komen beide VI's samen met de programmeer logica van de hoofd VI zichtbaar in Figuur 32.



Figuur 32: Hoofd VI

De VI voorziet de "Goo_Go1" sub-VI met een array ingevuld met de coördinaten voor de baansturing van een bepaalde figuur. Deze waarden worden door gestuurd naar de sub-VI "Goo_Go1" waar de verhoudingsfactor wordt berekend. Vervolgens worden ze omgerekend in encoderwaarden en dan samen met de bijhorende snelheden doorgestuurd naar de "motor" sub-VI. Deze sub-VI stuurt vervolgens de juiste motoren aan.

Via "shift registers" worden de waarden van de eindpositie opgeslagen bij gehouden tot de volgende cyclus begint. In deze volgende cyclus functioneren de eindposities als beginposities voor het berekenen van de verhoudingsfactor tussen de snelheid V_x en V_y .

4.7.3.5 *RESULTAAT RECHTE BAANSTURING*

Het laten uitvoeren van rechte banen evenwijdig met de assen lukt zonder probleem met dit programma. Het programma is in staat banen aan te sturen die de mogelijkheid bieden rechthoekige vormen evenwijdig met de assen van het frame uit te snijden met de plasmasnijmachine.

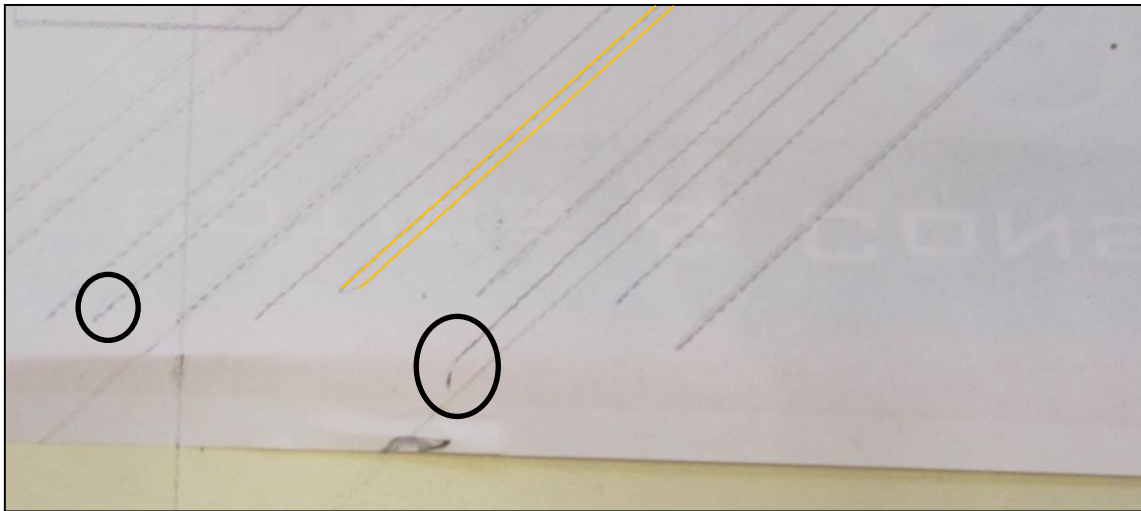
4.7.3.6 *SCHUINE BAANSTURING*

Het sturen van schuine banen levert minder goede resultaten. Als gevolg van de asynchrone start, start één van beide motoren net iets later. Als gevolg hiervan krijgen we natuurlijk ook een asynchrone stop, één van beide motoren wordt net iets langer aangestuurd. De eindpositie van de motoren is wel steeds juist.

De parameters worden serieel doorgestuurd tegen een relatief lage snelheid van 19200 Baud wat in ons geval overeen komt met 19200 bits per seconden. Beide motoren zijn ook aangesloten op dezelfde seriële communicatielijn, ze worden met andere woorden om de beurt aangestuurd. De lage communicatiesnelheid zorgt ervoor dat de motoren een lange responstijd hebben. Hierdoor zullen de motoren niet op hetzelfde moment kunnen starten en stoppen.

Vanwege de asynchrone start en stop zullen er op het begin en einde van de getekende lijn een haakje zichtbaar zijn. Deze haakjes waren niet altijd even groot en soms waren er zelfs geen haakjes, hierdoor was het moeilijk om dit gedrag te corrigeren.

Op Figuur 33 ziet u enkele schuine lijnen getekend met dit stuurprogramma. In de zwarte cirkels ziet u de haakjes die ontstaan zijn door de asynchrone start. Elke dubbele lijn is dezelfde beweging in 2 richtingen uitgevoerd. Deze twee lijnen moeten normaal op elkaar liggen. Vanwege de asynchrone start liggen deze niet op elkaar maar parallel met elkaar met een kleine ruimte ertussen. Dit is aangeduid met 2 oranje lijnen op Figuur 33.



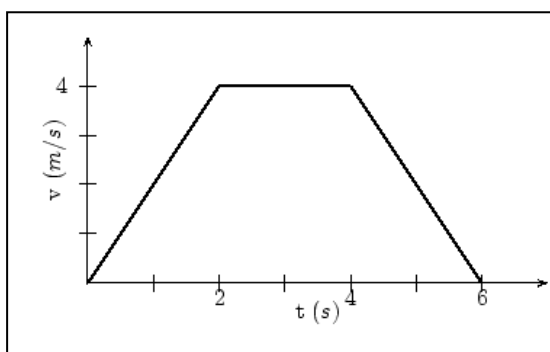
Figuur 33: Asynchrone start positiesturing

4.7.3.7 CONCLUSIE

Vanwege de onvoorspelbaarheid van de asynchrone start en stop is het niet mogelijk om de fout te corrigeren. De machine zal hierdoor niet in staat zijn om steeds over dezelfde lijn te bewegen. Bij het tekenen van schuine lijnen geeft dit al grote problemen. Bij het tekenen van cirkelbogen zal dit nog meer problemen geven. Vanwege de asynchrone start zal er nooit een cirkelboog kunnen getekend worden met een acceptabele circulariteit. Vanwege deze problemen hebben we er voor gekozen om de positiesturing te verwerpen en onze aandacht te vestigen op de snelheidssturing als sturingsmethode.

4.7.4 AANSTUURPROGRAMMA - SNELHEIDSTURING

De bedoeling achter deze snelheidssturing is het continue doorsturen van verschillende snelheden. Uit de wiskunde weten we dat de oppervlakte onder een snelheidsgrafiek overeenkomt met de afgelegde weg of positie. Met andere woorden de integraal van een snelheidsgrafiek is gelijk aan de positie. Onze sturing zal werken op basis van dit wiskundige feit. Figuur 34 illustreert het idee achter onze sturing. [14]

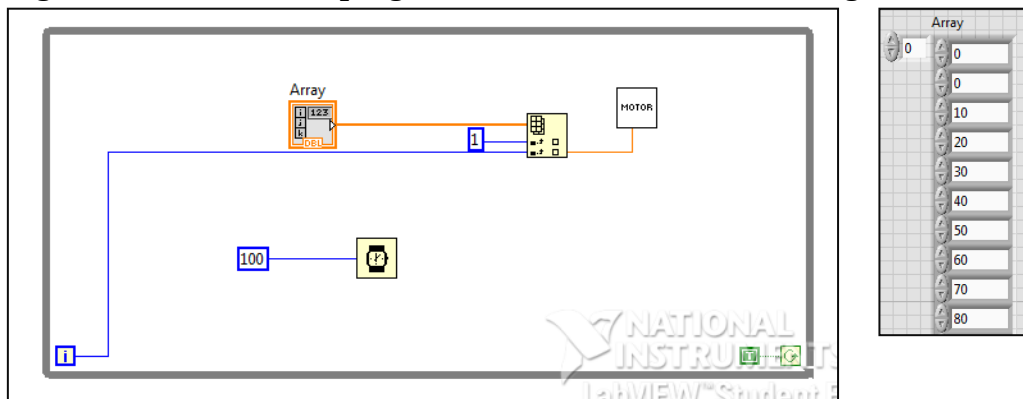


Figuur 34: Snelheidsgrafiek

Bij het starten van de motoren wordt de snelheid geleidelijk opgedreven, tot de gewenste snelheid bereikt is. Bij naderen van de eindpositie laten we de snelheid geleidelijk afnemen. De bedoeling is om dergelijke grafiek op voorhand te berekenen met op gegeven begin en eind positie. We weten de afstand die moet worden afgelegd, en we bepalen ook op voorhand de versnelling waarmee de motor moet vertrekken. Wanneer we de parameters kennen, kunnen we dergelijke grafiek berekenen en opstellen. De snelheden sturen we vervolgens naar de motoren door.

4.7.4.1 TEST MET BEHULP VAN LABVIEW

Met behulp van onderstaand testprogramma hebben we deze sturing getest. Het programma stuurt om de 100 milliseconden een nieuwe snelheid door naar de motor. Figuur 35 toont het testprogramma voor de snelheidssturing.



Figuur 35: Testprogramma snelheidssturing + array

De verschillende waarden in de array vormen een bepaald snelheidsprofiel. Dit snelheidsprofiel is op voorhand berekend op basis van de uit te voeren beweging. Op die manier kunnen we de door de motoren afgelegde weg bepalen.

4.7.4.2 RESULTAAT

De eerste test van de snelheidssturing was veelbelovend. We konden de motor een snelheidsprofiel laten volgen. Het veranderen van draairichting gaf echter wel een probleem. Wanneer we een negatieve snelheid door sturen stijgt de snelheid naar een zeer hoge snelheid. De draairichting bleef hierbij hetzelfde. Het was dus niet mogelijk om de draairichting om te keren door simpelweg een negatieve snelheid door te sturen.

Uit de datasheets van de motor blijkt dat wanneer we de draairichting van de motor willen omkeren er steeds een extra bit moet worden geset. Hierdoor wordt de aansturing van de motor een pak moeilijker omdat we nu niet alleen het commando moeten geven voor de snelheid maar ook steeds de draairichting moeten definiëren in de parameters van de motor.

Als tweede test met de snelheidssturing hebben we verschillende snelheidsgrafieken opgesteld die dezelfde positieverandering moeten geven. We willen hierbij de continuïteit van de aansturing onderzoeken.

We zijn tot de conclusie gekomen dat de lengte van de lijnstukken steeds verschillend is bij deze snelheidsgrafieken. De aansturing is dus niet consequent genoeg om betrouwbare lengtes te creëren. Hierdoor hebben we dan ook besloten dat de snelheidssturing geen geschikte sturing is voor de automatische plasmasnijder.

4.8 AANSTURING DOOR MIDDEL VAN EEN DAC

Zoals besproken kunnen de motoren ook worden aangestuurd in Analoge snelheidsmodus. In deze modus wordt er een analoge waarde variërend tussen +10 volt DC en -10 volt DC aangelegd op de controller. De controller interpreteert deze waarden en zet deze om in een positie, een snelheid of een koppel uitgevoerd door de MAC motor.

Voor onze toepassing ging de voorkeur uit naar het gebruik van een digital-to-analog converter (DAC). Een DAC zet een digitaal signaal om in een analoog signaal.

Als DAC hebben we de USB-6009 DAQ-kaart van National Instruments gebruikt. Deze DAQ kaart is net als labview van national instruments en is dan ook volledig compatibel met de software. De kaart bevat 8 analoge *inputs*, 2 analoge *outputs* en 12 digitale I/O in- en uitgangen. Figuur 36 geeft een voorbeeld van de USB-6009. [15]



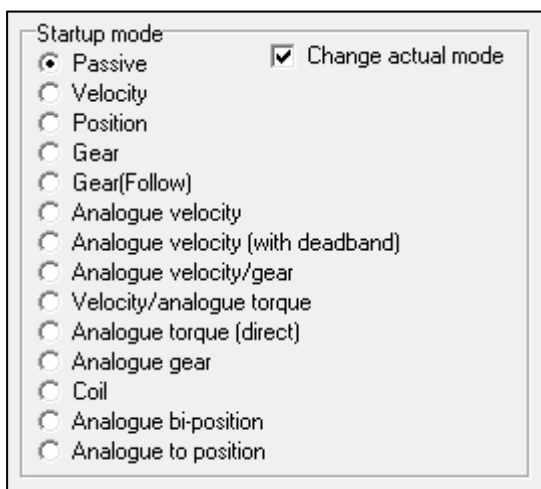
Figuur 36: USB-6009 DAQ

Een DAQ-kaart of Data Acquisition-kaart zet gesampelde metingen opgenomen uit de werkelijke fysieke wereld om in digitale numerieke waarden die kunnen worden gebruikt door een computer. Daarbij is de kaart ook in staat om het omgekeerde te

verwezenlijken. De DAQ kan namelijk ook digitale numeriek waarden omzetten naar een analoog signaal.

4.8.1 AANSTURING MAC MOTOR

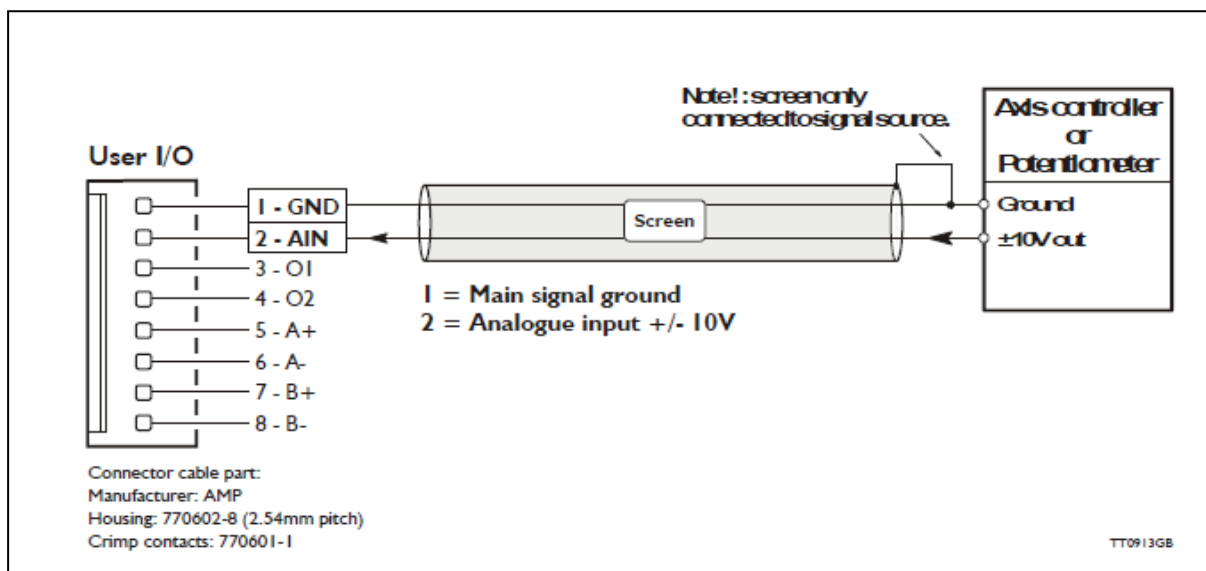
De multifunction I/O ingang van de controller bevat een analoge ingangspin, waarover analoge waarden ten opzicht van de grond (GND) kunnen verstuurd worden. Deze waarden worden door de controller geïnterpreteerd en omgezet in een positie, een snelheid of een koppel en wordt dan verstuurd naar het bijhorende register, dit naargelang welke werkingsmodus geactiveerd is. De modus kan ingesteld worden met behulp van MacTalk. De verschillende modi staan op Figuur 37 afgebeeld.



Figuur 37: Modi MAC-motor

Voor onze toepassing willen we de snelheid van de motoren regelen. We kiezen dus voor de “analogue velocity” modus.

Figuur 38 geeft de correcte aansluiting weer tussen de DAC en de user IO van de MAC-motor. [5]



Figuur 38: Aansluiting DAC met user IO

4.8.2 NI MAX

National Instruments heeft een programma om alle hardware van National Instruments te configureren voor gebruik met de software. In deze software configureren we dan ook de DAQ-module. We kunnen de uitgangen van de DAQ-module ook aanpassen.

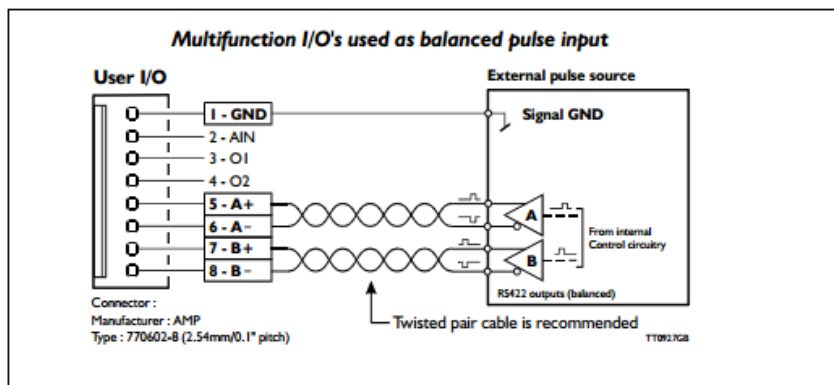
Dit hebben we dan ook gebruikt om de aanstuuringsmethode te testen. We hebben ondervonden dat de aanstuuringsmethode werkt. We kunnen de snelheid van de motor regelen op basis van het spanningssignaal dat wordt aangelegd op de IO-pinnen van de motor. Het spanningssignaal om de motor te laten stilstaan is echter verschoven en is dus niet meer gelijk aan nul. Dit probleem kan opgelost worden door rekening te houden met de verschuiving van het nulpunt.

We zijn echter niet volledig overtuigd dat dit de manier is om de installatie aan te sturen. De resolutie van de spanningssignalen van de DAQ-module is volgens ons niet hoog genoeg om een nauwkeurige sturing te maken. We laten daarom deze aanstuuringsmethode voor wat het is en concentreren ons op een nieuwe aanstuuringsmethode via parallele communicatie.

4.9 PARALLELE COMMUNICATIE

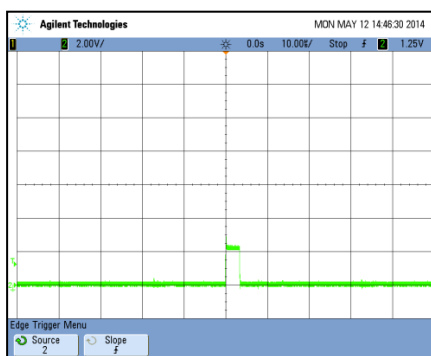
Een andere mogelijkheid van aansturing voor de motoren is om deze als stappenmotor te configureren. JVL heeft hier een communicatiemodule voor ontworpen waarop alle aansluitingen voor voeding en IO-signalen aanwezig zijn. Deze communicatiemodule was echter niet beschikbaar. Uit de datasheet van de motor bleek dat de benodigde IO-aansluitingen aanwezig zijn op de driver van de motor zelf. Hierdoor moest er niet een extra module gekocht worden maar kon deze in huis gemaakt worden. Op Figuur 39

zien we de aansluitingen voor de Step- en dir-signalen. Hier worden de signalen echter differentiaal uitgevoerd. Vanwege praktische redenen voeren we de communicatie slechts via lijn A+ en B+. Later gaan we zien dat dit te veel problemen geeft met elektromagnetische interferentie van de plasmasnijder. [5]



Figuur 39: Differentiaal uitgevoerde overdracht van step- en dir-signalen

De zelfgemaakte module voorziet de motor met een 24V voeding voor de driver en met de 2 datalijnen voor de aansturing van de motoren een GND-sigitaal. Het principe van aansturing is net hetzelfde als bij een stappenmotor. Om de motor aan te sturen zijn er 2 verschillende signalen nodig, namelijk het step-sigitaal en het dir-sigitaal. Het step-sigitaal zorgt ervoor dat de motor een stap zet. Hoe sneller deze stappen op elkaar volgen, hoe sneller de motor zal draaien. Het dir-sigitaal bepaalt de draairichting van de motor. Figuur 40 toont één van de step-pulsen die naar de motor gaat.



Figuur 40: Step-puls gemeten door de oscilloscoop

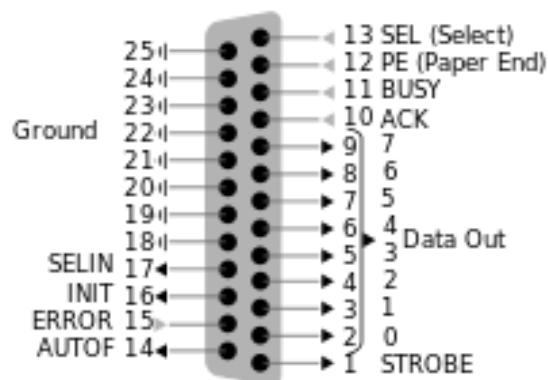
Doordat de motor in stappen beweegt waarvan de stapgrootte consistent en gekend is kan men de hoekverdraaiing van de motor-as bepalen als men het aantal voltooide stappen kent. Als men de motor dan combineert met een lineairsysteem, dan kan men ook de afgelegde afstand over dit systeem bepalen.

De MAC800 motoren hebben een voordeel ten opzichte van gewone stappenmotoren. Bij gewone stappenmotoren is het mogelijk om stappen te missen. Dit wil zeggen dat de motor geen stap heeft gezet bij een step-puls. Omdat er op gewone stappenmotoren geen terugkoppeling is, is de synchronisatie tussen de controller en de stappenmotor

weg. De controller weet niet dat de stappenmotor een stap heeft gemist. De MAC800-motoren bezitten een encoder die dit probleem voorkomt. De inkomende step-pulsen van de controller worden gebufferd en vergeleken met de uitgevoerde stappen. Bij het missen van een stap zal dit verschil tussen doorgestuurde stappen en uitgevoerde stappen opgemerkt worden en ook gecorrigeerd worden door de driver.

Het overbrengen van de step- en dir-signalen gebeurt via parallelle communicatie. Hierdoor worden de step- en dir- pulsen volledig van elkaar gescheiden. Het ideale medium voor de parallelle communicatie is de parallelle poort van de computer.

Voor de integratie van de USB werd een computer meestal voorzien van een parallelle poort. Deze werd gebruikt om data door te sturen naar een printer. Deze parallelle poort is voorzien van 25 datalijnen. Elk van deze lijnen hebben hun eigen functie. Op Figuur 41 ziet u een DB25 connector met de standaard pinconfiguratie. [16]



Figuur 41: Pinconfiguratie van de DB25 connector

De voordelen van dit type communicatie is dat er 8 bits ofwel 1 byte per keer kan verzonden worden. We zien op Figuur 41 dat pin 2 tot en met 9 de *outputs* zijn. Deze pinnen kunnen worden gebruikt als de step- en dir-aansluitingen van de motoren. Elke motor heeft 2 pinnen nodig dus er kunnen maximaal 4 motoren worden aangesloten. Doordat de communicatie parallel verloopt, kunnen de motoren gelijktijdig aangestuurd worden. De parallelle poort is ook voorzien van enkele *inputs*. Deze worden gebruikt om sensoren in te lezen en eventueel een noodstopsignaal. Deze *inputs* bevinden zich op pin 10, 11, 12, 13 en 15.

Het nadeel van deze communicatie is het lage spanningsniveau van de signalen. De output van de parallelle poort is gelijk aan het normale TTL-logica niveau. Dit wil zeggen dat de poort logisch nul is bij een spanning van 0V tot 0.8V en logisch één bij een spanning van 2V tot 5V. De weerstand van de kabel tussen de parallelle poort en de aansluitingen op de motoren en de ingangsweerstand van de motoren zelf hebben een grote invloed op dit spanningsniveau. Er ontstaat een spanningsval van bijna 2 volt over de kabels waardoor er slechts een signaal van 3 volt wordt overgebracht. Vanwege het lage spanningsniveau is het signaal ook zeer gevoelig aan storingen.

4.10 AANSTURING VIA MACH 3

Om de motoren aan te sturen maken we gebruik van de software genaamd MACH3 van ARTSOFT software incorporated. MACH3 is een softwarepakket dat een gewone computer kan omvormen tot een CNC controller. De software kan gebruikt worden voor een CNC frees, CNC draaibank en een CNC plasmasnijder wat voor deze masterproef van toepassing is.

MACH3 gebruikt de parallelle poort(en) van de computer om met de machine te communiceren. Voor elke motor zijn er 2 datalijnen nodig. Één om de step-pulsen door te sturen en één om de dir-pulsen door te sturen. Deze pulsen bepalen de draairichting, de draaisnelheid en de draaihoek van de motor-as. MACH3 genereert deze pulsen op basis van GCODE. GCODE is de meest gebruikte programmeertaal in NC(Numerical Control). Deze code zegt de machine hoe het werkstuk gemaakt wordt. De code bestaat uit een opeenvolging van commando's. De verschillende commando's hebben allemaal dezelfde opbouw, ze worden meestal gevormd door een letter en een cijfer. Elk van deze letters hebben een eigen betekenis. De meest voorkomende commando's staan in Tabel 2 opgesomd.

Tabel 2: Opsomming meest gebruikte lettercodes in GCODE

Lettercode	Betekenis	Bijkomende informatie
F	De F staat voor FEED RATE, Dit is de snelheid van het werkstuk ten opzichte van het gereedschap.	De FEED RATE wordt meestal uitgedrukt in millimeter per minuut. Vb: F100 = feed rate van 100mm/minuut
G	De codes met prefix G zijn de codes om bewerkingen uit te voeren op het werkstuk. Ze moeten vaak nog aangevuld worden met andere commando's. Hieronder staan enkele voorbeelden. G00: Rapid positioning G01: lineaire interpolatie G02: circulaire interpolatie (wijzerzin) G03: circulaire interpolatie (tegenwijzerzin) G28: return to home	

M De M-codes worden gebruikt om machine-acties uit te voeren zoals het wisselen van gereedschap of het aanzetten van de pomp voor de koelvloeistof.

X, Y, Z De absolute of incrementele positie op de respectievelijke as. Deze commando's worden vaak toegevoegd aan de G-commando's voor bewegingen en bepalen dan de coördinaten voor dat commando.

Voorbeeld:

Rechte lijn van de huidige positie naar X100 en Y100.

= G01 X100 Y100

De cijferwaarde van deze commando's is in millimeter.

X100 = definieert de positie van de X-as. In dit geval 100 mm verwijderd van de home-positie over de X-as.

I, J I en J worden gebruikt bij circulaire interpolaties. Ze bepalen het coördinaat van het middelpunt van de cirkelboog. I bepaalt het coördinaat op de X-as en de j het coördinaat op de Y-as.

Deze commando's worden gecombineerd om de gewenste vorm te bepalen van het te maken werkstuk. De commando's worden dan onder elkaar geplaatst in de volgorde van uitvoering. De commando's worden verzameld in een bepaald type tekstbestand. Dit kan een simpele txt-file zijn maar dit kan ook een nc-file of een ngc-file zijn. Figuur 42 toont een klein deel van zo'n bestand.

```
G00 Z5.000000
G00 X154.550572 Y208.435020

G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrated)
G02 X156.534536 Y227.965858
Z-0.125000 I97.126184 J0.000000
F400.000000
G02 X160.996669 Y239.836408
Z-0.125000 I39.702109 J-8.150067
G02 X168.994455 Y248.516352
Z-0.125000 I22.714305 J-12.904594
G02 X177.638097 Y251.182685
Z-0.125000 I8.643832 J-12.677803
G02 X183.778664 Y249.883980
Z-0.125000 I-0.000288 J-15.167690
```

Figuur 42: Voorbeeld van GCODE

Deze figuur toont enkele lineaire interpolaties en een aantal circulaire interpolaties. Het is mogelijk om de GCODE op te stellen met de hand. Dit is handig om simpele figuren te programmeren maar bij complexere figuren is het moeilijk en zeer tijdrovend om de code op te stellen. Het omzetten van een 2D-tekening naar GCODE wordt later behandeld in de handleiding van de automatische plasmasnijder.

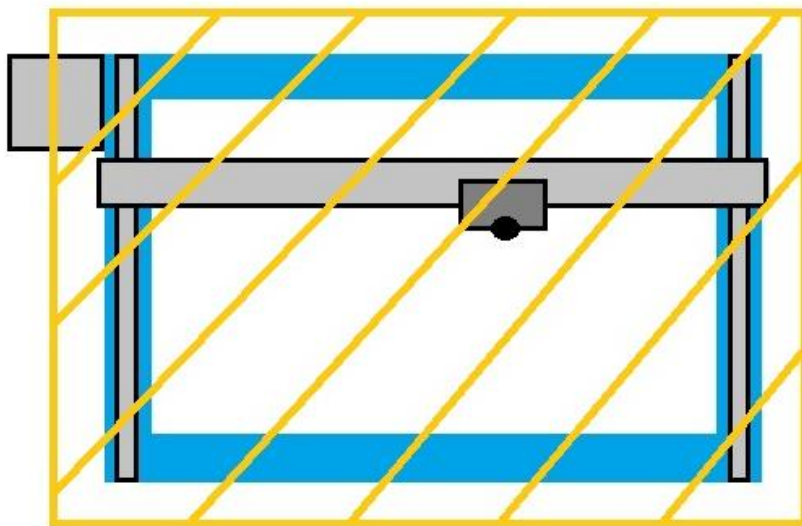
5 DE RISICOANALYSE

De risicoanalyse is opgesteld voor het bepalen van welke risico's het gebruik van de automatische plasmasnijder met zicht mee brengen en welke maatregelen er nodig zijn om deze risico's te verlagen.

5.1 BEPALEN VAN DE RUIMTELIJKE GRENZEN VAN DE INSTALLATIE

5.1.1 RUIMTELIJKE GRENZEN

Deze zijn duidelijk gemaakt op onderstaande lay-out tekening. Het oranje gearceerde deel komt overeen met de gevarenczone.



5.2 OPERATOREN/ TRAINING

Bij het eerste maal gebruiken van de machine worden de gebruikers opgeleid door de ervaren gebruikers van de machine. Daarenboven zijn er werkinstructies beschikbaar die door de operatoren steeds kunnen worden geraadpleegd.

Onderhoud wordt uitgevoerd door specifiek geschoold personeel.

5.3 GEBRUIK/ GEBRUIKERSFREQUENTIE

De machine wordt op onregelmatige basis gebruikt. Alleen normaal begaafde personen, die boven de 21 jaar zijn en een initiatie-opleiding achter de rug hebben, werken met de installatie.

Nieuwe operatoren die tewerkgesteld worden aan de machine, krijgen een initiatie/ basisopleiding. De juiste werking en instellingen worden aangeleerd door de ervaren operator. De nieuwe operatoren worden bekend gemaakt met de gevaren en de aandacht punten van de machine. Iedere operator wordt geacht in staat te zijn de installatie te stoppen en opnieuw te starten, met en zonder gebruik van de noodstop.

5.4 CHECKLIST RUIMTELIJKE GRENZEN

Ref.	Beschrijving	Opmerking
1	Ruimtelijke grenzen	
1.1	Locatie van de machine: Binnen	
1.2	Bestaat de machine uit verschillende onderdelen?	De machine vormt 1 geheel.
1.3	Beoogd gebruik, functionaliteit van de machine: Industrieel	Het plasma snijden van willekeurige vormen uit metalen plaat materiaal met verschillende diktes.
1.4	Voldoende bewegingsruimte aanwezig voor operatoren? Ja	Operatoren kunnen tijdens normale operaties rondom de machine vrij rondlopen, maar deze mogen geen ingrepen uitvoeren op de operatie van de machine met betrekking tot het plasma snijden.
1.5	Worden andere personen dan de operatoren aan de gevarenzone blootgesteld? Neen	Normalerweise wordt niemand blootgesteld aan de gevarenzone.
2	Gebruikersgrenzen	
2.1	Door wie wordt de machine bediend? Door de medewerkers van ACRO.	De installatie dient bediend te worden door volwassen operatoren, geen minderjarige personen. Onderhoud en interventies worden door daarvoor opgeleide personen uitgevoerd.
2.2	Opleidingsniveau van de operatoren: Opleiding bij eerste maal gebruiken	Wanneer de machine voor het eerste maal gebruikt wordt door een onervaren persoon, wordt deze persoon opgeleid. Instructies zijn aanwezig.
2.3	Is iedere operator op de hoogte van productieproces, gebruikersinstructies, gevaren? Neen	Deze worden toegelicht tijdens de opleiding bij het eerste maal gebruiken van de machine.
2.4	Wanneer wordt de machine	Deze wordt gebruikt tijdens de werkuren van

	gebruikt?	de medewerker van ACRO
2.5	Wat zijn de gebruiksfasen van de machine? Vullen van waterbak - Productie - Reiniging van waterbak - Inspectie - Eventueel onderhoud	De waterbak geplaatst onder de plasma snijder moet steeds gevuld zijn met water om de gesmolten metalen op te vangen.
2.6	Reeds ongevallen gebeurt, ongevallenfrequentie? Geen lijst aanwezig	Het betreft een nieuwe machine.

5.5 IDENTIFICATIE VAN DE LATENTE GEVAREN

XYZ-tafel:

Gevaarlijke situatie
Slagen en stoten t.g.v. snelle, bruuske beweging van de X-, Y- of Z-as
Klemmen, verbrijzelen van ledematen of vingers tussen X-, Y- of Z-as onderling of met omgeving
Meetrekken, knellen en pletten van vingers tussen tandwiel en riem

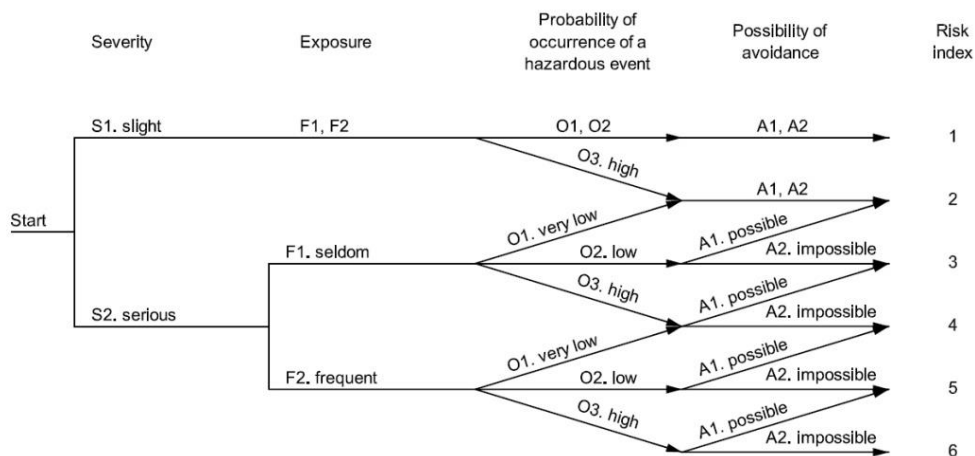
Plasmasnijder:

Gevaarlijke situatie
Beschadiging van ogen t.g.v. rechtstreeks oogcontact met plasma vlam
Ernstige brandwonden door aanraking met plasmavlam of gesmolten materiaal
Inademen van gassen die vrij komen bij het plasma snijden

Elektrische kast:

Directe aanraking van elektrische componenten onder spanning
Indirecte aanraking van geleidende delen onder spanning door storing
Ongewenste start door enkelvoudige fout in besturingssysteem
Niet meer kunnen stoppen door enkelvoudige fout in besturingssysteem

5.6 RISICO INSCHATTING



_[17]

XYZ-tafel:

Gevaarlijke situatie	Mogelijke gevolgen	S	E	O	A	Risico index
Slagen en stoten t.g.v. snelle, bruuske beweging van de X-, Y- of Z-as	Lichte tot zware verwondingen, kneuzingen, schaafwonden	2	1	3	1	3
Klemmen, verbrijzelen van ledematen of vingers tussen X-, Y- of Z-as onderling of met omgeving	Gekneusde of gebroken vingers of ledematen	2	1	3	1	3
Meetrekken, knellen en pletten van vingers tussen tandwiel en riem	Gekneusde of gebroken vingers, het verliezen van vingers	2	1	3	2	4

Plasmasnijder:

Gevaarlijke situatie	Mogelijke gevolgen	S	E	O	A	Risico index
Beschadiging van ogen t.g.v. rechtstreeks oogcontact met plasma vlam	Ernstige verwonding aan de ogen, mogelijkheid tot kwijtraken van zicht	2	2	3	1	5
In contact komen met plasmavlam	Ernstige brandwonden, snijwonden	2	1	3	1	3
Inademen van gassen die vrijkomen tijdens het plasmasnijden	Schade aan gezondheid	2	2	3	2	6

Elektrische installatie:

Gevaarlijke situatie	Mogelijke gevolgen	S	E	O	A	Risico index
Directe aanraking van elektrische componenten onder spanning	Brandwonden, elektrocutie/dood	2	1	2	2	3
Indirecte aanraking van geleidende delen onder spanning door storing	Brandwonden, elektrocutie/dood	2	1	2	2	3
Ongewenste start door enkelvoudige fout in besturingssysteem	Ernstige verwondingen	2	2	2	1	4
Niet meer kunnen stoppen door enkelvoudige fout in besturingssysteem	Ernstige verwondingen	2	2	2	1	4

5.7 RISICO EVALUATIE EN REDUCTIE

Gevaarlijke situatie	Risico index	Risico-reductie oplossing
Slagen en stoten t.g.v. snelle, bruuske beweging van de X-, Y- of Z-as	3	Collectieve beveiliging: Vaste afscherming
Klemmen, verbrijzelen van ledematen of vingers tussen X-, Y- of Z-as onderling of met omgeving	3	Collectieve beveiliging: Vaste afscherming
Meetrekken, knellen en pletten van vingers tussen tandwiel en riem	4	Collectieve beveiliging: Vaste afscherming
Beschadiging van ogen t.g.v. rechtstreeks oogcontact met plasma vlam	5	<ul style="list-style-type: none"> - Individuele bescherming: Voorzien van oogbescherming. Bv: laskappen - Collectieve beveiliging: Voorzien van lichtwerende afscherming
In contact komen met plasma vlam	3	Collectieve beveiliging: Vaste afscherming
Inademen van gassen die vrijkomen tijdens het plasma snijden	6	Collectieve beveiliging: Voorzien van afzuiging voor gassen
Directe aanraking van elektrische componenten onder spanning	3	Collectieve beveiliging: Plaatsen van elektrische kast
Indirecte aanraking van geleidende delen onder spanning door storing	3	Collectieve beveiliging: Plaatsen van elektrische kast
Ongewenste start door enkelvoudige fout in besturingssysteem	4	Hardwarematige beveiliging door noodstop en eindeloopsensoren gekoppeld aan een noodstoprelais
Niet meer kunnen stoppen door enkelvoudige fout in besturingssysteem	4	Hardwarematige beveiliging door noodstop en eindeloopsensoren gekoppeld aan een noodstoprelais

6 ELEKTRISCH ONTWERP

Het elektrisch ontwerp van de installatie is volledig herzien. Het ontwerp is uitgetekend in het elektrisch engineerings-tekenplatform Eplan. De plannen vindt u terug als bijlage A bij deze bundel.

7 MECHANISCH ONTWERP

Het mechanisch ontwerp van de oorspronkelijke *pick-and-place* machine is volledig overgenomen voor de constructie van de automatische plasmasnijder. Echter is er wel een snijtafel toegevoegd. Deze is bevestigd aan het oorspronkelijke frame. Ook is er een bevestiging voor de plasmatoorts toegevoegd.

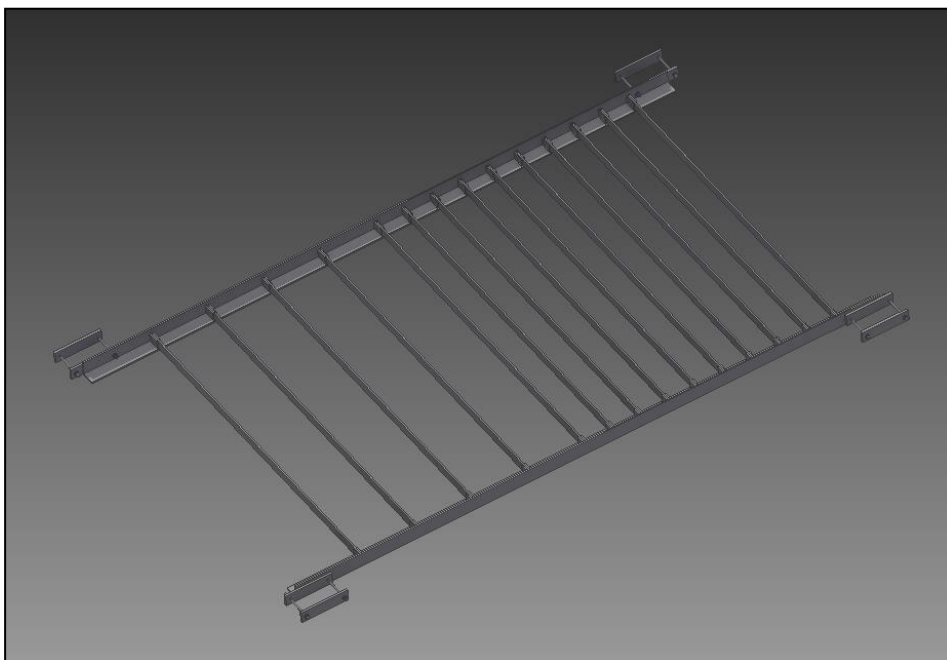
7.1 SNIJTAFEL

7.1.1 FUNCTIE

De toegevoegde snijtafel functioneert als draagvlak voor het te bewerken plaatmateriaal. Het zorgt voor de evenwijdigheid van het werkstuk ten opzichte van het werkvlak van de plasmatoorts.

7.1.2 ONTWERP

De snijtafel is zo geconstrueerd dat deze kan bevestigd worden aan het bestaande frame van de oorspronkelijke *pick-and-place* machine. De snijtafel wordt bevestigd via vier klemmen rond de poten van het oorspronkelijke frame. Op die manier kan de hoogte van de snijtafel ten opzichte van het werkvlak van de plasmatoorts steeds worden aangepast naar gelang de gewenste hoogte. Hierdoor kan ook de evenwijdigheid ten opzichte van de toorts steeds worden aangepast. Figuur 43 geeft een 3D-tekening weer van de snijtafel.



Figuur 43: Mechanisch ontwerp werkstuktafel plasmasnijder

De snijtafel is voorzien met gemakkelijk uitneembare en vervangbare draaglatten. Deze zijn gemakkelijk vervangbaar vermits de latten beschadigingen oplopen als de plasmavlam er mee in contact komt na het doorbranden van het te bewerken plaatmateriaal. Hierdoor zal er bij elke doorgang van de plasmavlam een deel van de draaglat weg worden gebrand.

Na verloop van tijd zullen deze latten dan ook doorgesneden worden en moeten deze worden vervangen. Daarom is er ook de mogelijkheid het teveel aan draaglatten weg te nemen en slechts het nodig aantal draaglatten te plaatsen. Bij groot plaatmateriaal is er dan de mogelijkheid het te veel aan draaglatten weg te nemen.

Daarbij is de snijtafel voorzien met een zone die de mogelijkheid biedt kleinere werkstukken te bewerken, in deze zone staan de draaglatten dichter bij elkaar.

7.2 PLASMATOORTS BEVESTIGING

7.2.1 FUNCTIE

De *pick-and-place* machine was oorspronkelijk ontworpen voor het verplaatsen van appels, de machine was daarom voorzien met een zuignap. Deze bevestiging is omgebouwd naar een bevestiging die het monteren van de plasmatoorts op de installatie mogelijk maakt.

7.2.2 ONTWERP

De plasmatoorts wordt ingeklemd met twee beugels. Figuur 44 toont de bevestiging van de plasmatoorts.



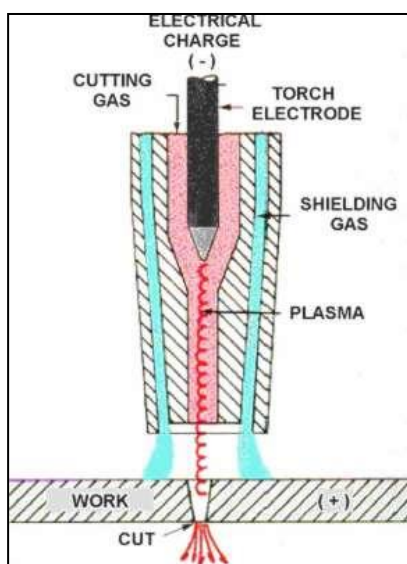
Figuur 44: Bevestiging plasmatoorts

8 INTEGRERING PLASMASNIJDER

In dit hoofdstuk bespreken we de werking van een plasmasnijder en hoe deze is geïntegreerd in de automatische plasmasnijder.

8.1 ALGEMENE WERKING VAN EEN PLASMASNIJMACHINE

Het plasmasnijden is een snijtechniek die wordt gebruikt voor het snijden van plaatmateriaal met behulp van plasma. Deze techniek laat toe om alle soorten geleidende metalen te snijden (staal, inox, aluminium, ...). Een standaard plasmasnijmachine bestaat uit een stroombron, mondstuk, massakabel, stroomtoevoerdraad en persleiding. Figuur 45 toont een schematische voorstelling van de plasmatoorts.



Figuur 45: Schematische voorstelling plasmatoorts

Via de persleiding wordt een inert gas of in ons geval perslucht met hoge druk door het mondstuk gespoten. Vanwege de vernauwing van het mondstuk krijgt deze perslucht een hoge snelheid. Tegelijkertijd wordt er een elektrische vlamboog tussen de wolframelektrode en het werkstuk opgewekt. Deze vlamboog ontstaat doordat het inerte gas of perslucht tussen het werkstuk en de elektrode bij voldoende hoge spanning geïoniseerd wordt en vervolgens een geleidend pad vormt.

Vervolgens doet dit de temperatuur van het inert gas of perslucht stijgen tot dat het overgaat in een nieuwe fase genaamd plasma. Het plasma heeft een temperatuur gelegen boven de 20.000 °C. Deze temperatuur is voldoende hoog om metalen te smelten en gedeeltelijk te sublimeren. Het gesmolten metaal wordt vervolgens weggeblazen door de hoge snelheid van het plasma.

De snedenkwaliteit is niet optimaal, de snede heeft meestal een conische vorm waardoor nabewerking vereist is. Plasma snijden is namelijk een smeltproces waarbij er meer vermogen beschikbaar is aan de bovenkant van de snede dan aan de onderkant van de snede. Dit effect is meer of minder zichtbaar naargelang de dikte van het werkstuk.

8.2 DE GEBRUIKTE PLASMASNIJDER

Voor het ontwikkelen van onze automatische plasmasnijder, kregen wij de "plasmagenerator nertazip 525" van het SAF ter beschikking. Dit is een plasmasnijder die plaatmateriaal tot een maximale dikte van 25 mm kan snijden. Deze werkt op een spanning van 400 V en heeft een continue luchtstroom van minstens 6 bar perslucht nodig met een minimaal vereist debiet van 110 l/min. Figuur 46 geeft de gebruikte plasmasnijder weer.

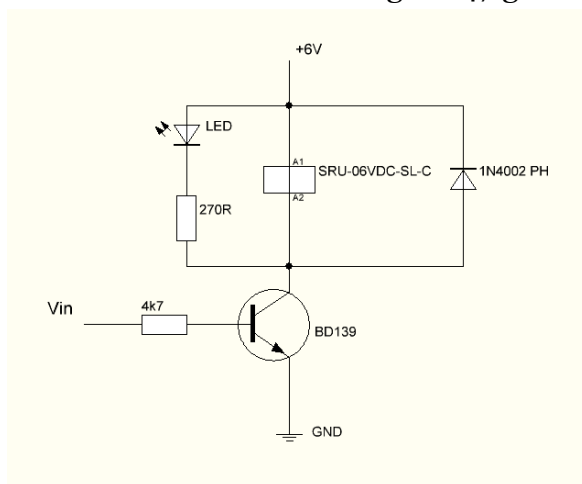


Figuur 46: SAF nertazip 525

De door ons toegepaste plasmasnijmachine maakt gebruik van een hoogfrequente spanning die zich uit in hoge voltages. Deze spanningen zijn groot genoeg voor het ioniseren van het inert gas of perslucht om zo een vlamboog te initialiseren. De spanningen hebben een grootte orde van 10 000 V. De vlamboog gevormd door de hoge frequentie heeft een grote spanning maar zo een lage stroom waardoor het niks doet met het werkstuk. Deze smalle vlamboog vormt eerst een geleidend pad. Hierna wordt de stroom opgedreven om de snijactie te starten.

8.3 AANPASSINGEN AAN DE PLASMASNIJDER

Voor een correcte werking van de automatische plasmasnijmachine moet het softwareprogramma mach3 controle hebben over wanneer de plasmasnijder al dan niet geactiveerd mag worden. Dus met andere woorden wanneer de vlamboog tussen het werkstuk en de toorts mag opgewekt worden. Met behulp van mach3 kon één van de uitgangen op de parallelle poort gebruikt worden als controle uitgang voor het activeren van de vlamboog. De uitgang wordt hoog (+5V) wanneer activatie van de vlamboog nodig is en laag (0V) wanneer het doven van de vlamboog nodig is. Voor de hardwarematige communicatie over en weer met de plasmasnijder is het maakcontact aanwezig op de toorts vervangen door het maakcontact van een 6V relais. Dit 6V relais wordt geactiveerd doormiddel van een kleine elektrische schakeling die gebruik maakt van een NPN-transistor. Figuur 47 geeft de elektrische schakeling weer. [18]

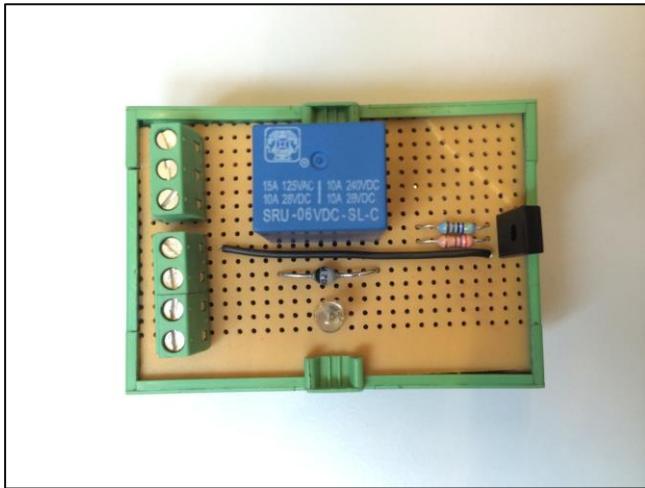


Figuur 47: Elektrische schakeling voor activeren toorts

De specifieke ingestelde uitgang van de parallelle poort wordt vervolgens met de Vin van de schakeling verbonden. Wanneer de uitgang laag (0V) is fungeert de transistor als een open schakelaar, waardoor het relais niet gevoed wordt en vervolgens de vlamboog van de plasmasnijder niet geactiveerd wordt. Wanneer we nu de uitgang hoog (+5V) maken zal de transistor in saturatie gaan waardoor de transistor fungeert als een gesloten schakelaar. De spoel van het relais wordt nu wel bekrachtigd waardoor het contact van het relais sluit waardoor vervolgens de vlamboog wordt geactiveerd.

Het hoofdcomponent bestaat uit een NPN-transistor van het type BD139 die hier werkt als schakelaar. De 1N4002 PH diode heeft de taak om de andere componenten te beschermen tegen spanningspieken als gevolg van het plots deactiveren van de spoel. De schakeling bevat ook een indicatie-LED voor de visuele controle of het relais al dan niet geactiveerd is.

Deze schakeling is vervolgens geïmplementeerd op een pcb bord, waardoor het eenvoudig integreerbaar is in de elektrische kast. Figuur 48 geeft de geïmplementeerde schakeling weer.



Figuur 48: Schakeling toorts plasmasnijder

9 ELEKTROMAGNETISCH INTERFERENTIE (EMI)

9.1 ALGEMEEN

De plasmasnijmachine maakt voor het starten van de vlamboog gebruik van een hoog frequente spanning die vervolgens hoge voltages (in een grootteorde van tienduizenden volts) genereert. Het grote nadeel van deze hoge startfrequentie is dat het veel elektromagnetische storingen produceert die gemakkelijk interfereren met elektronisch apparaten zoals een PC, drivers en communicatielijnen.

9.2 WAT IS EMI?

EMI staat voor elektromagnetische interferentie of ook wel RFI (Radio-Frequentie interferentie) genoemd. Dit zijn ongewenste effecten die optreden wanneer gevoelige componenten elektromagnetische straling opvangen die, al dan niet opzettelijk, wordt uitgezonden door andere elektronische apparaten. Dit met als mogelijk gevolg dat de getroffen componenten gestoord worden of defect raken.

9.3 EMI BINNEN DE INSTALLATIE

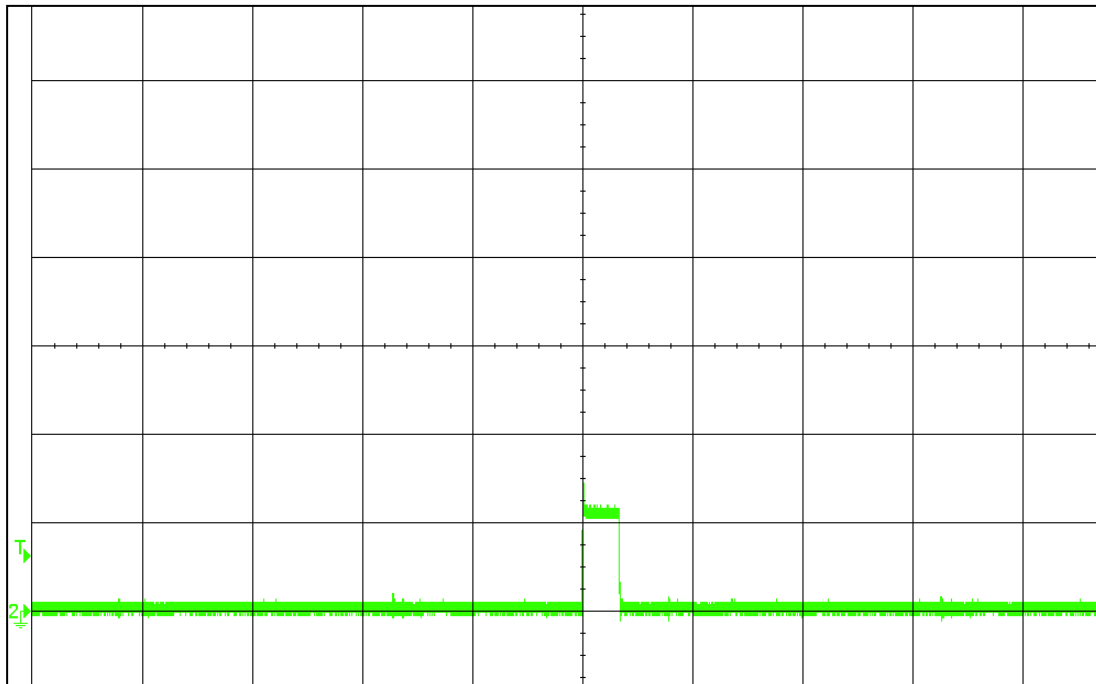
De hoge frequenties bij het starten van de vlamboog vormen binnen de installatie een grote bron van EMI. De hoog frequente spanningen worden gegenereerd in de bron van de plasmasnijmachine. Deze spanningen volgen vervolgens de lange kabelbundel naar de toorts. Deze lange kabelbundel fungeert als een antenne. De antennewerking van de kabelbundel zorgt ervoor dat er elektromagnetische straling wordt uitgezonden.

De ingangen op de parallelle poort van de noodstop en de 3 homing-sensoren worden getriggerd waardoor MACH3 in veiligheidsmodus gaat, en dus de motoren niet meer worden aangestuurd.

De drivers van de motoren interpreteren de EM-storingen als stappen waardoor deze foutieve bewegingen uitvoeren.

De problemen concentreren zich vooral op de communicatielijnen lopende van de motoren, de E-stop contactoren en het homing-relais naar de parallelle poort van de PC. Door het lage TTL-niveau (+5V) van de parallelle poort zijn de communicatielijnen zeer gevoelig voor EMI. Als gevolg van spanningsval over de lange kabels naar de motoren worden de communicatielijnen nog gevoeliger voor dergelijke interferentie.

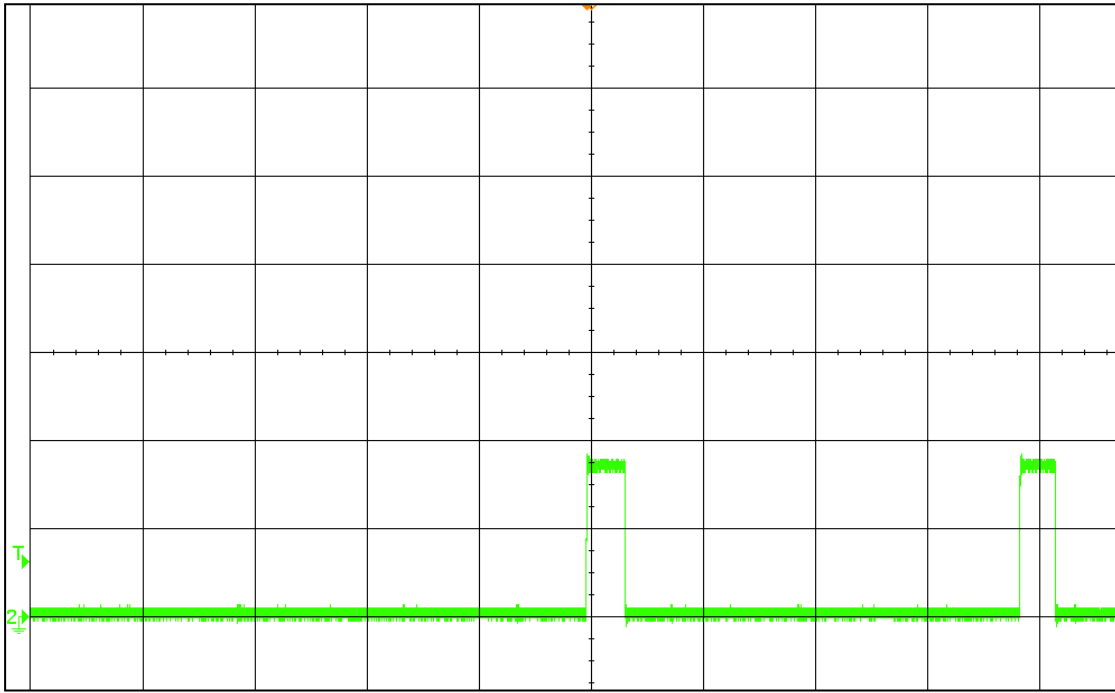
Figuur 49 geeft een meting weer met behulp van een digitale oscilloscoop, gemeten vlak voor de driver ingang van de MAC motor. Merk op dat de oscilloscoop is ingesteld op 2V per divisie.



Figuur 49: Scoopbeeld step-puls

Wanneer we *triggeren* op een inkomende puls zien we dat deze puls slecht een grootte heeft van 2V. Dit als gevolg van spanningsval en een groteingangsimpedantie van de driver.

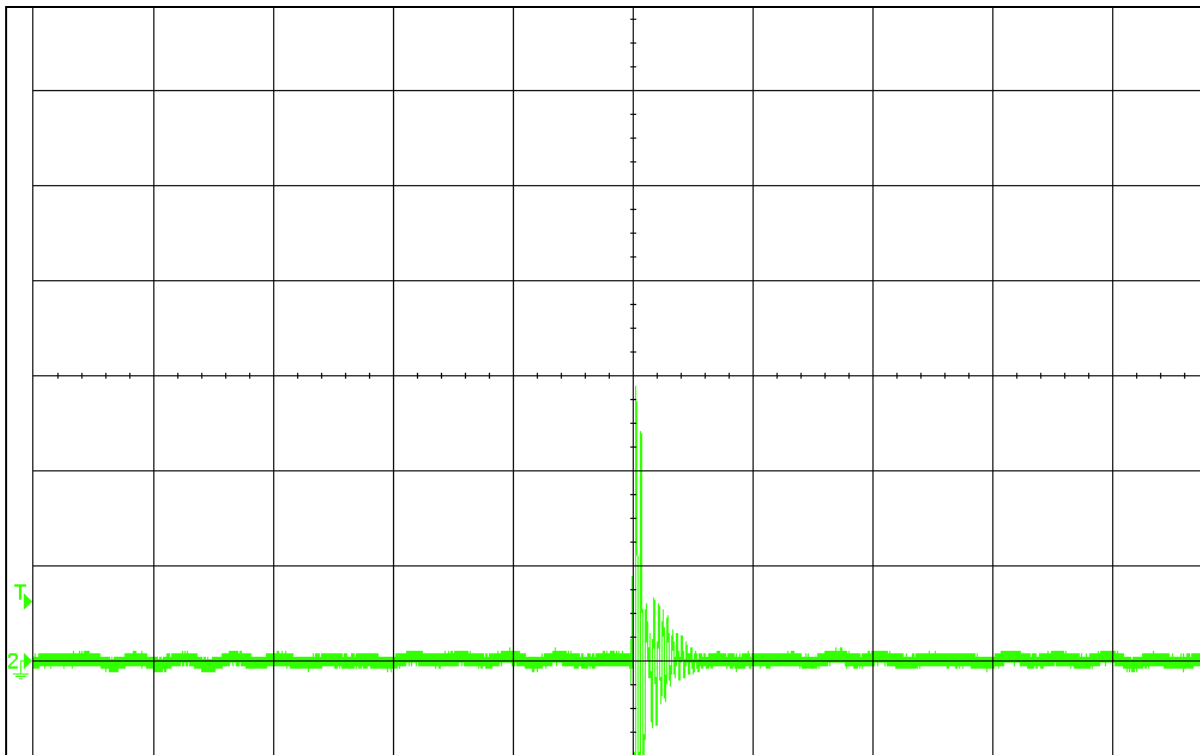
Figuur 50 geeft een meting weer zonderingangsimpedantie, dus waarbij de driver is losgekoppeld.



Figuur 50: Scoopbeeld step-puls zonder ingangsimpedantie

We meten nu een spanning van ongeveer 3,75V.

Als we dan de plasmasnijder activeren kunnen we met de oscilloscoop ook de grootte van de storingen opmeten. Figuur 51 toont de grootte van de storing. Één verdeling komt overeen met 2V. Dit scoopbeeld is genomen bij het activeren van de vlamboog.

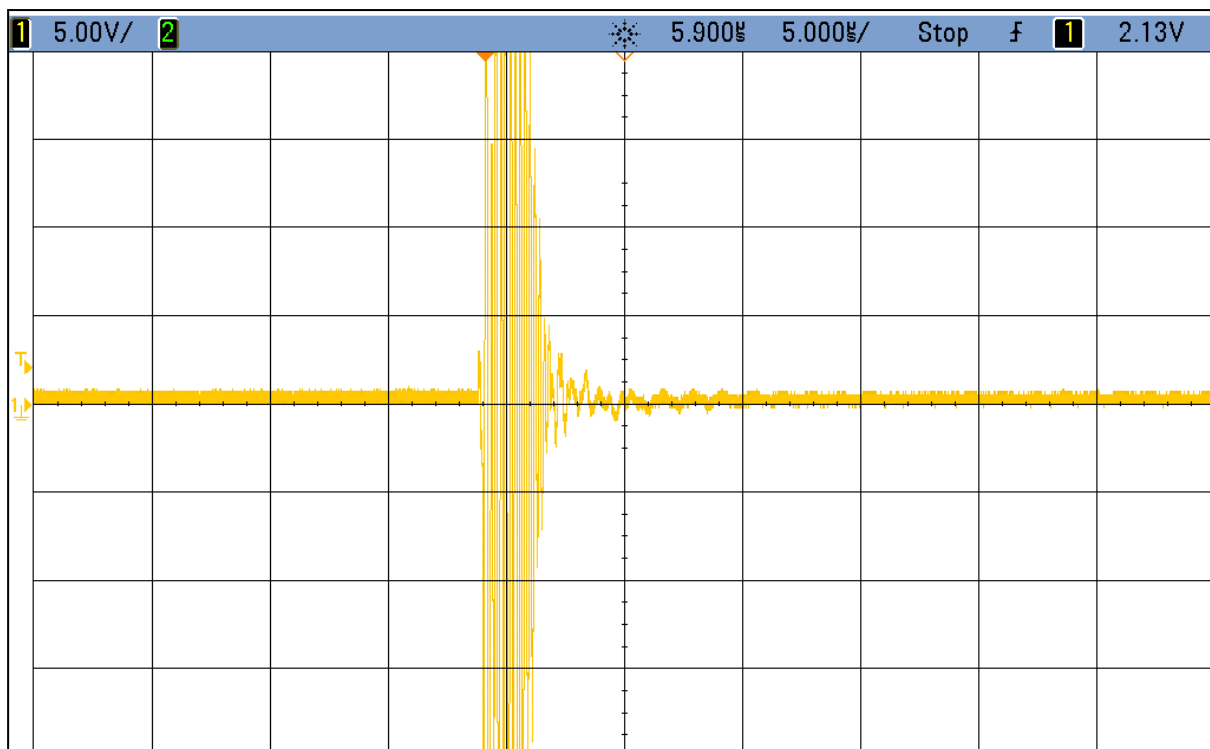


Figuur 51: Scoopbeeld EMI

We zien dat de storing een waarde heeft van bijna 6V. Deze is significant groter dan de grootte van de stuurpulsen. De storingen als gevolg van elektromagnetische interferenties zorgen dus degelijk voor het foutief bewegen van de MAC moten en het vroegtijdig activeren van de E-Stop.

Merk op dat deze metingen zijn genomen op de communicatieaansluitingen van de controller van de motor het dichtst gelegen bij de PC. Deze communicatielijnen zijn dus het kortst en ontvangen de minste hoeveelheid EMI. Het beschreven stooreffect zal dus nog vele malen groter zijn bij de andere motoren verder gelegen ten opzichte van de PC.

Figuur 52 geeft een meting op de communicatieaansluiting van de motor die het verste van de PC gelegen is. De kabellengte van de communicatielijnen zijn nu maximaal. De storingen als gevolg van EMI zijn nu beduidend groter. De oscilloscoop is ingesteld op 5V per verdeling. We zien dat het spanningsniveau van de storing vele malen groter is dan deze van de stuursignalen.



Figuur 52: Scoopbeeld EMI 2

9.4 BESTRIJDING TEGEN EMI

Nadat de analyse van de grootte van het probleem is het duidelijk dat er aanpassingen nodig zijn aan de machine om dergelijke problemen op te lossen.

Om de EMI te bestrijden bestaan er vele mogelijke oplossingen, de ene is al wat duurder en effectiever dan de andere. In onderstaande paragrafen bespreken we de door ons toegepaste verbeteringen met bijhorende resultaten.

9.4.1 AFSCHERMING EN AARDING

Door het correct aarden worden alle storingen opgevangen door de behuizingen en afgeleid naar het aardpotential.

Elektromagnetisch afscherming gebeurt door het toevoegen geleidende lagen die barrières vormen voor de elektromagnetische stralingen, ze reduceren de hoeveelheid straling. Het toevoegen van dunne geleidende lagen is bij hogere frequenties (> 40 MHz) voldoende. Alle kleine gaten moeten afgedicht zijn. Stralingen dringen namelijk, net als licht, overal tussendoor.

9.4.1.1 IMPLEMENTATIE

We voegen extra aardingsverbindingen toe aan de kabelgoten, PC behuizing en de elektrische kast. De huidige communicatiekabels worden vervangen door PROFINET-kabels die voorzien zijn met *shielding*.

9.4.1.2 RESULTAAT

Bij het testen van de installatie met de kabels met *shielding* hebben we vastgesteld dat de storingen nog steeds op de signaalkabels terecht komen. De *shielding* is dus niet voldoende voor het probleem op te lossen

9.4.2 DIFFERENTIËLE DATA TRANSMISSIE

Een mogelijke oplossing is de huidige communicatiemethode om te vormen naar een protocol dat gebruik maakt van een differentieel data transmissie systeem.

9.4.2.1 RS422

Het RS422 protocol maakt gebruik van differentieële gebalanceerde signalen. Net zoals bij RS232 wordt de informatie bit- per bit- verzonden. Maar het grote verschil hierbij is dat dit bij RS422 gebalanceerd differentieel gebeurt. Bij RS422 bestaan de signaallijnen elk uit twee draden. Deze zijn bij voorkeur getwist om op die manier storing te verminderen. De data of signaalwaarden worden gevormd door het spanningsverschil tussen de twee draden. Door het kijken naar spanningsverschillen in plaats naar spanningsniveaus zoals bij RS232, wordt een groot deel van de storingen van externe bronnen geëlimineerd. Storingen zullen tegelijkertijd plaats vinden op beide kabels.

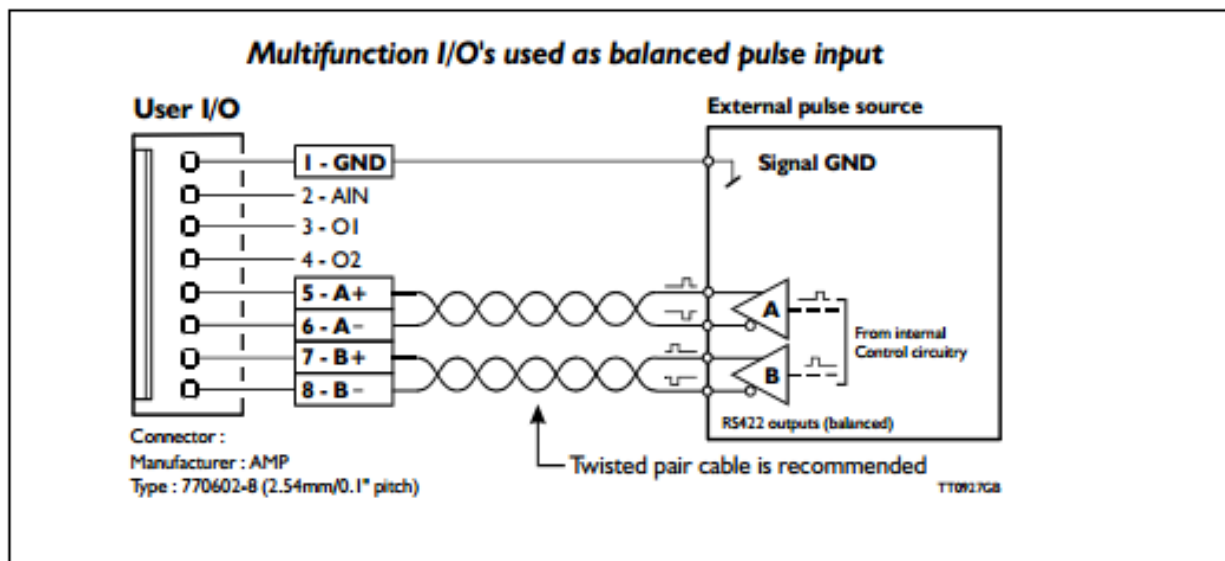
Door het nemen van het spanningsverschil tussen beide kabels heffen de storingen elkaar op.

9.4.2.2 IMPLEMENTATIE IN HUIDIG SYSTEEM

Bij de communicatie met behulp van de parallelle poort worden de data signalen net zoals bij RS232 ten opzichte van een gezamenlijk nul verzonden. Met als gevolg dat de storingen ten opzichte van de gezamenlijke nul aanwezig op de signaaldraden mee worden ontvangen door de ontvanger.

Voor de implementatie van RS422 in ons huidig systeem mogelijk te maken, is het nodig dat we het signaal ten opzichte van de GND kunnen omzetten in het protocol RS422. Dit doen we door gebruik te maken van "line drivers". Deze drivers zetten het standaard protocol van de parallelle poort om in het RS422 protocol, hierdoor kunnen we storingen als gevolg van EMI voor een groot deel wegwerken. De data signalen worden vervolgens differentieel doorgestuurd naar de controllers van de MAC motoren.

Figuur 53 geeft een globaal overzicht van de implementatie. Daarbij vormen de "line drivers" de "external pulse source". [5]



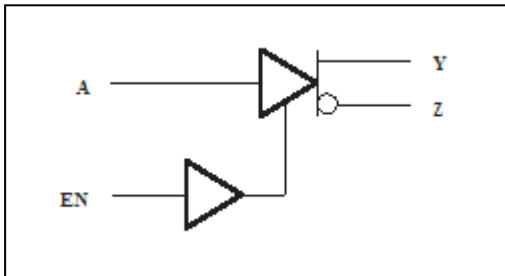
Figuur 53: Differentiële communicatie

De ingangen voor de stappulsen (A) en richtingspulsen (B) van de multifunction I/O aan de controller kant van de MAC motor zijn differentieel uitgevoerd. Controllers zijn voorzien met 2 "bi-directionele transceivers" waardoor ze compatibel zijn met een dergelijk protocol.

9.4.2.3 LINE DRIVER/ ZENDER

Een line driver is een elektronica-component met geïntegreerde technologie voor de omzetting van het data protocol, meestal in de vorm van een IC. De line drivers worden zo dicht mogelijk bij de parallelle poort geplaatst om zo blootstelling aan storing minimaal te houden.

Het inwendig schema van een enkele line driver ziet er als volgt uit. [19]



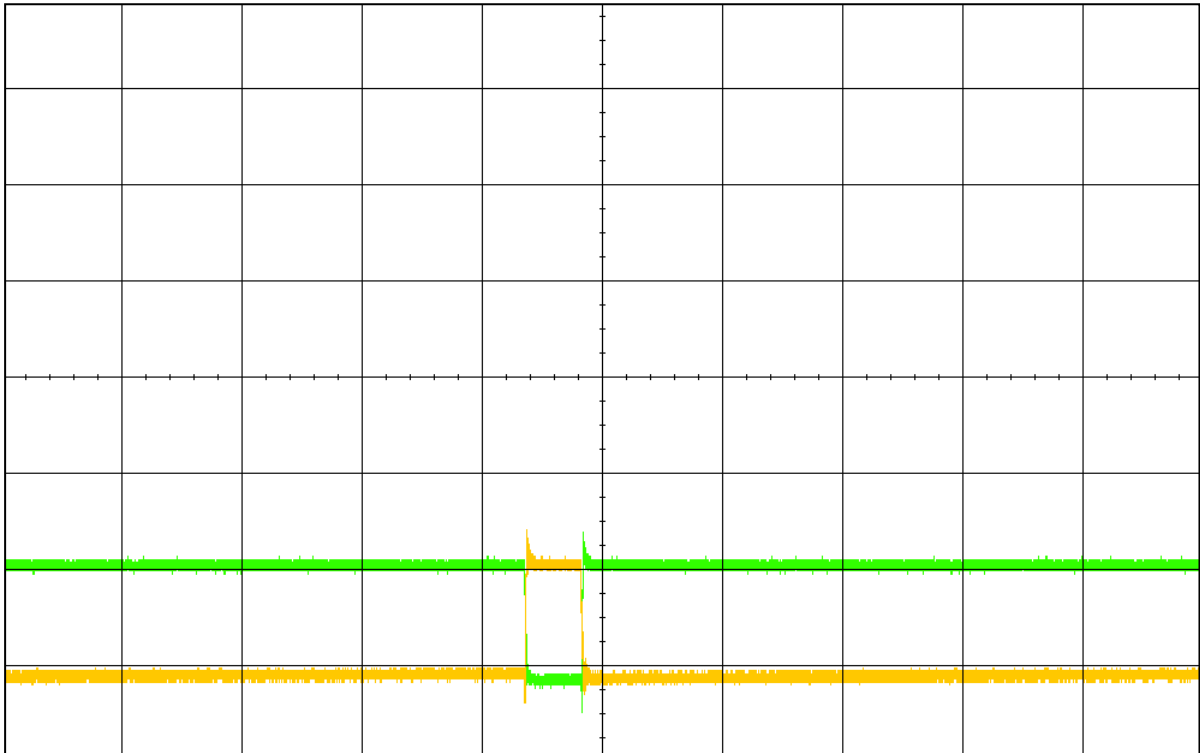
Deze zet het enkel signaal "A" om in een differentiaal signaal over twee draden bestaande uit "Y" en "Z". De Enable-ingang biedt de mogelijkheid om de driver te activeren.

De door ons geteste line drivers zijn van het type SN 75174N. Dit zijn "Quadruple differential line drivers". Het zijn IC-componenten met 4 geïntegreerde line-drivers, in dit geval functioneren de drivers als zenders. Figuur 54 toont de gebruikte IC. [19]



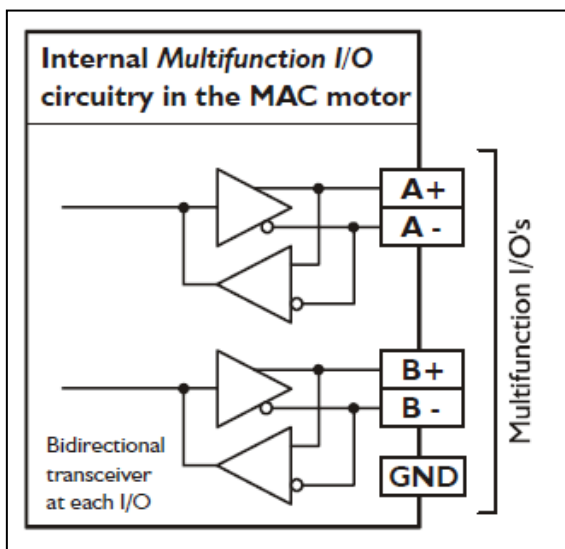
Figuur 54: Quadruple differential line driver

Figuur 55 geeft een step-puls die omgezet is in het nieuwe differentiële communicatieprotocol. Eén divisie op de figuur in verticale richting komt overeen met 5V.



Figuur 55: Differentiële step-puls

De stap- en puls-ingangen (A en B) van de controllers van de MAC motor zijn differentieel uitgevoerd met elk een "bi-directionele transceiver". Dit zijn line drivers die zowel als ontvanger als zender kunnen functioneren, dit naargelang ingestelde waarden instelbaar met het bijgeleverde programma MacTalk. De drivers vormen het differentieel signaal terug om in een enkelvoudig signaal ten opzichte van een gemeenschappelijke ground. Figuur 56 geeft het inwendig schema van de ingangen op de controller weer. [5]



Figuur 56: Interne logica multifunction IO

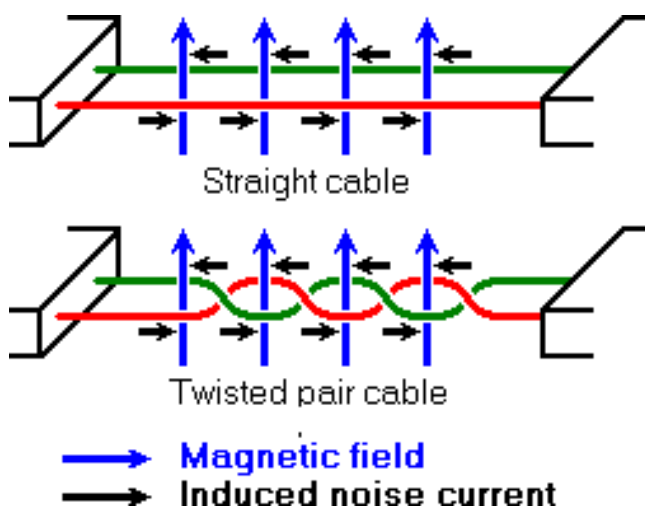
9.4.2.4 RESULTAAT

De testen met de installatie waarbij de signalen differentieel worden doorgestuurd zijn ook niet helemaal succesvol. We merken wel dat er een verbetering is. We merken dat een deel van de storing er wordt uitgefilterd omdat de rijbrug veel kleinere afstanden verplaatst bij het activeren van de plasmasnijder.

Het differentieel doorsturen van de signalen is dus niet de volledige oplossing maar zal zeker een bijdrage hebben in de totaaloplossing van het probleem.

9.4.3 GETWISTE KABELS

Door het twisten van de communicatie lijnen kunnen EMI storingen gereduceerd worden. De stoorstromen die worden opgewekt door een externe bron worden in richting omgekeerd na elke twist. Op die manier reduceren de stoorstromen elkaars invloed op de communicatie lijnen. Terwijl bij parallelle kabels de stoorstromen elkaar versterken. Figuur 57 verklaart dit meer in detail. [11]



Figuur 57: Twisted pair

Het gebruik van getwiste kabels zal de storingen nog verder wegdringen. Hierdoor zal de signaalkwaliteit verbeteren en zal de installatie beter werken.

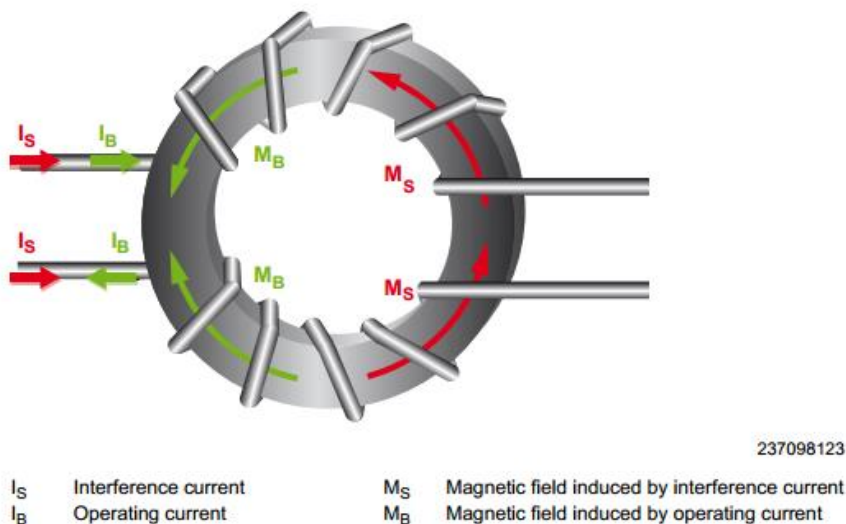
Deze maatregel hebben we echter nog niet kunnen toepassen op de installatie. De werkelijke invloed van het gebruik van getwiste kabels is dan ook nog niet bekend.

9.4.4 FERRIETKERNEN/ CHOKES

9.4.4.1 ALGEMEEN

Ferrietkernen zijn hoogfrequente common-mode passieve filters opgebouwd uit ferriet met een hoge magnetische permeabiliteit. Ze maken gebruik van twee filtermethoden. [20]

Common-mode inductantie:



Figuur 58: Werking Ferrite choke

De groene pijlen vormen hier het nuttige signaal. Er wordt een flux opgewekt door het nuttig signaal. Deze wordt opgeheven door de tegengestelde wikkeling van beide spoelen. De flux en flux-verandering zijn hierdoor nul met als gevolg dat de spoelen geen tegen-emk veroorzaken.

De rode pijlen verwijzen naar de stoor signalen, deze wekken een flux op in dezelfde richting. Hierdoor is de flux en flux-verandering niet gelijk aan nul, waardoor we een belangrijke inductantie en impedantie krijgen die het common-mode signaal blokkeert.

Energieopname door verhoging van temperatuur:

De hoog frequente common-mode storing doet de temperatuur van de ferrietkern stijgen, wat leidt tot afname van de storing.

Het gebruik van de ferrite chokes zal dus de storingen verder wegfilteren. Hierdoor zal dan ook de signaalkwaliteit verbeteren en zal de installatie beter werken.

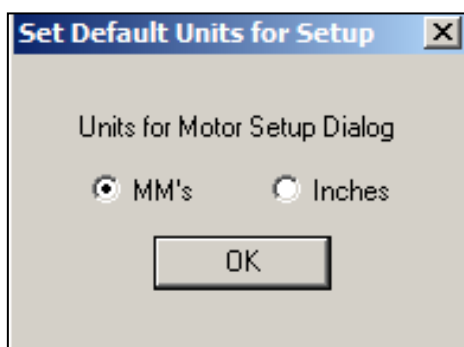
Deze maatregel hebben we echter nog niet kunnen toepassen op de installatie. De werkelijke invloed van het gebruik van de ferrite chokes is dan ook nog niet bekend.

10 HANDLEIDING AUTOMATISCHE PLASMASNIJDER

10.1 CONFIGUREREN VAN MACH3

Deze paragraaf behandelt de onderdelen die noodzakelijk zijn om de automatische plasmasnijder correct te laten werken. De configuratie wordt stap voor stap besproken met figuren om dit proces te vergemakkelijken. Ook wordt er steeds een beetje uitleg voorzien om duidelijk te maken wat de instellingen doen.

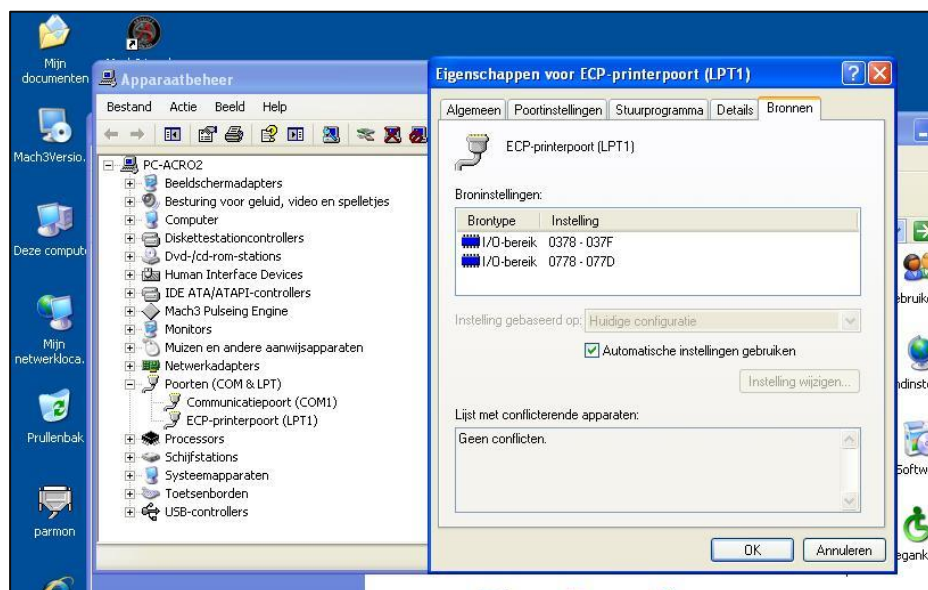
Config>Select Native Units



Deze setting kiest de standaardeenheid voor het programma. Deze zetten we op millimeter.

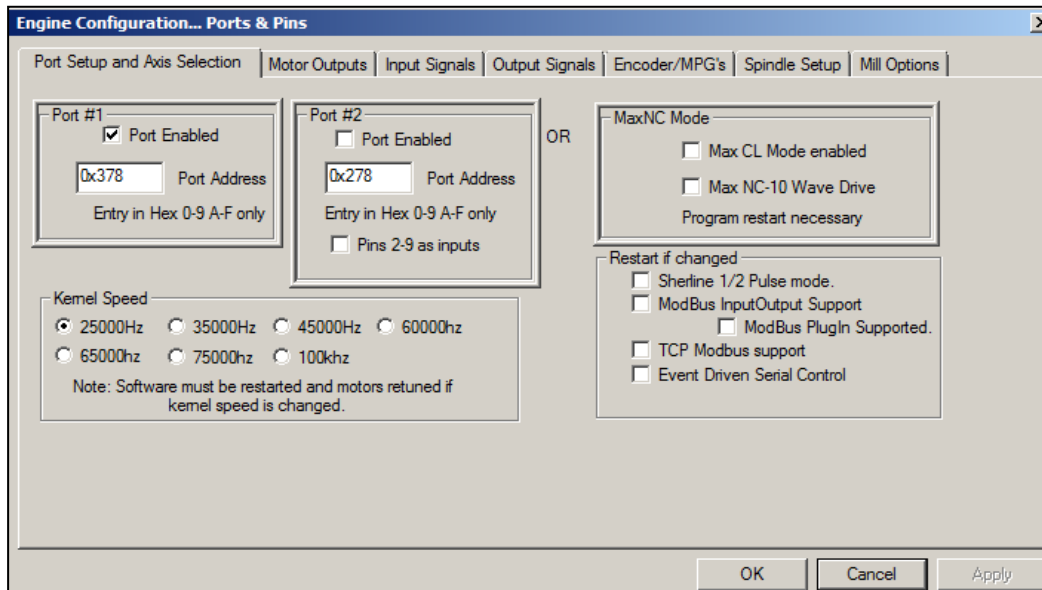
Config>Ports And Pins

In het eerste tabblad zichtbaar op Figuur 60 wordt de parallelle poort geconfigureerd. Het adres van de parallelle poort kan men aflezen in de 'device manager' of het 'apparaatbeheer' van de computer. Dit wordt getoond in Figuur 59. In ons geval is het adres 378.



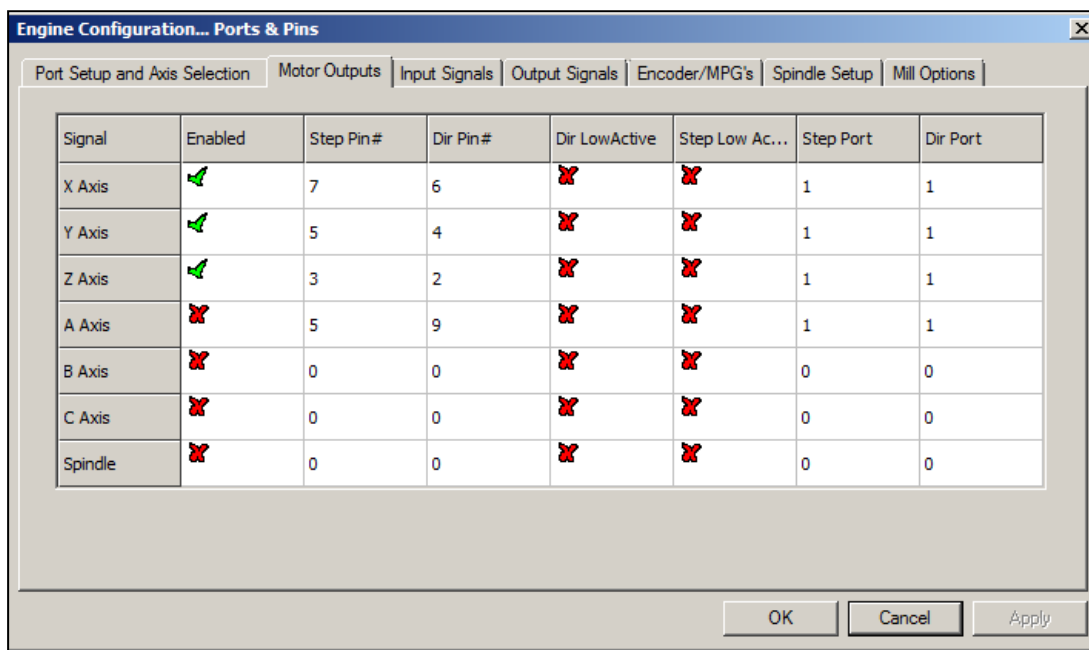
Figuur 59: Device manager LPT1 poort

De Kernelfrequentie bepaalt de maximale pulssnelheid van de parallelle poort. Deze frequentie wordt gekozen op basis van de maximale snelheid van de installatie in millimeter/ minuut en het aantal stappen per mm. Ook de rekenkracht van de computer moet men in beschouwing nemen. Hoe hoger de Kernelfrequentie ingesteld is, hoe minder rekestijd er beschikbaar is voor de andere processen van Windows. Bij een te hoge instelling van de Kernelfrequentie is het mogelijk dat de computer zeer traag reageert. Het is dus aangewezen om de Kernelfrequentie zo laag mogelijk in te stellen. We stellen voorlopig de Kernelfrequentie in op 25000 Hz. Nadien gaan we zien dat deze frequentie voldoende hoog is voor deze toepassing.



Figuur 60: Configuratie parallelle poort

In het tweede tabblad zichtbaar op Figuur 61 worden de juiste uitgangspinnen van de parallelle poort toegewezen aan de motoren van de verschillende assen. Ook moeten de actieve assen op enabled geplaatst worden, dit wordt aangeduid met het groene vinkje. Ook moet je het nummer van de gebruikte poort invullen. Wij gebruiken de parallelle poort, deze staat gedefinieerd als poort 1.



Figuur 61: Configuratie motor outputs

In het volgende tabblad zichtbaar op wordt de pinconfiguratie voor de *inputs* bepaald. Standaard zijn er slechts 5 *inputs* beschikbaar op de parallelle poort. Hierdoor moeten er dus ontwerpkeuzes gemaakt worden. Dit zien we op Figuur 62.

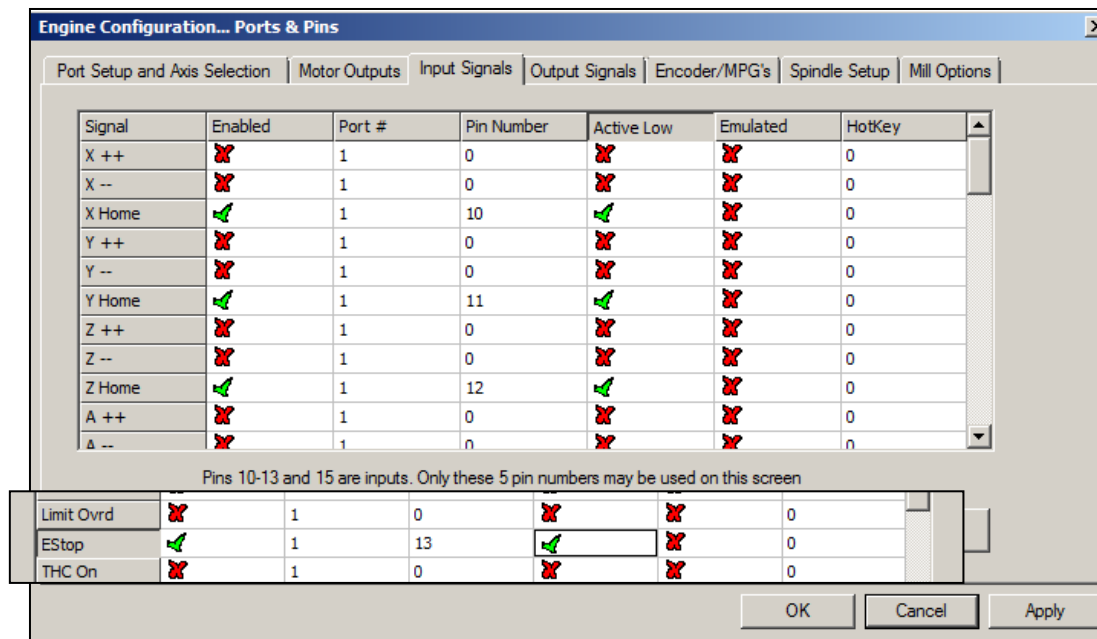
De *inputs* van de parallelle poort staan allemaal op 4,5 volt wat overeenkomt met een logische 1. Om de input te schakelen moet deze verbonden worden met de ground van de parallelle poort, hierdoor wordt de spanning op de input omlaag getrokken en verandert de logische 1 naar een logische 0.

De installatie heeft in totaal negen inductieve sensoren waarvan er zes de minima en maxima bepalen van de X-, Y- en Z-as. Ook heeft elke as nog een extra sensor om de home-positie te bepalen.

Er is gekozen om de limitswitches niet in de software te lezen maar deze te gebruiken om de installatie hardwarematig af te schakelen. Elke limitswitch is aangesloten op een relais. Deze relais staan in serie geschakeld en zijn gekoppeld met het noodstoprelais. Bij het *triggeren* van één van de limitswitches zal de kring onderbroken worden en zal het noodstoprelais afschakelen. Hierdoor verliezen de motoren hun voedingsspanning en is de gevaarlijke situatie afgewend.

Ook voorzien we een input voor de e-stop. Als het noodstoprelais afschakelt dan schakelt deze het hoofdrelais van het elektrisch bord af. De input pin voor de e-stop en de ground van de parallelle poort zijn verbonden op een NC(normal closed) contact van dit relais. Als dit hoofdrelais dan afschakelt dan zal de input op pin 13 veranderen waardoor het programma in e-stop zal gaan.

De home switches worden wel ingelezen. Als een home switch wordt geactiveerd dan schakelt een relais waardoor de input van de respectievelijke as zal schakelen.



Figuur 62: Configuratie van inputsignalen

Config>Motortuning

In dit venster zichtbaar op Figuur 63 worden de snelheidsprofielen van de verschillende motoren opgesteld. Er zijn 3 waardes die voor elke as moeten worden meegegeven. En dat zijn het aantal stappen van de motor om 1 mm verplaatsing te krijgen over de respectievelijke as. De maximale snelheid van de motor in millimeter per minuut en de acceleratie van de motor in millimeter per seconde, per seconde.

Het aantal stappen per millimeter verplaatsing is afhankelijk van de stappenresolutie van de motor, de reductie van de motoras naar de lineairinrichting en de overbrengingsverhouding van de lineairinrichting zelf. De berekening van deze waarden is zichtbaar in Tabel 3.

Om de totale stappenresolutie te bepalen vertrekken we vanaf de stappenresolutie van de motor en werken zo toe naar de omzetting van hoekverdraaiing naar het aantal millimeter lineaire verplaatsing. De stappenresolutie van de motor bedraagt 8192 pulsen. De MAC motoren reageren echter op zowel de positieve als de negatieve flank van de impuls dus er moet maar de helft van de pulsen worden verzonden voor een volledige omwenteling.

Op de motoren van de X- en de Y-as zit ook een extra reductie. Deze zorgt voor een toename van nauwkeurigheid en verhoogt ook het beschikbaar koppel. Op de X-as is een extra reductie met $i=10$ geplaatst en op de Y-as een reductie met $i=7$.

Tabel 3: Berekening stappenresolutie

	X-as	Y-as	Z-as
Stappenresolutie motor	8192	8192	4096
Pulsen/omwenteling			
Motor stapt op positieve flank en negatieve flank van de puls	4096	4096	2048
Pulsen/omwenteling			
Reductie	40960	28672	2048
Pulsen/omwenteling			
Indunorm lineairsysteem omzettingsfactor	190	190	
milimeter/rotatie			
Resultaat	215.5789474	150.9053	
milimeter/rotatie			

De maximale snelheid van de motoren is berekend op basis van de snijsnelheden van de plasmasnijder en de ingestelde kernelsnelheid. De snelheid van 5000 millimeter per minuut is voldoende om zeer dun plaatmateriaal te snijden en is zeker niet te traag bij het joggen van de motor. De waarde 5000 is ook voldoende laag genoeg om de maximale kernelfrequentie niet te overschrijden. Onderstaande berekening in Tabel 4 toont dat de benodigde kernelsnelheid lager is dan het ingestelde maximum.

Formule:

(Maximum snelheid(millimeter/minuut) * steps/millimeter)/ 60 = benodigde kernelfrequentie

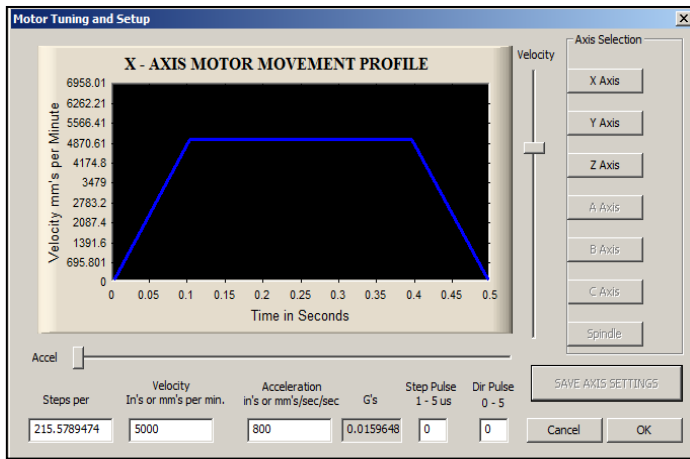
Tabel 4: Berekening benodigde Kernelfrequentie

	X-as	Y-as	Z-as
Maximale snelheid (Millimeter/rotatie)	5000	5000	200
Steps/millimeter	215.5789474	150.9053	2000
Benodigde kernelfrequentie (Hz)	17964	12575	6667

De ingestelde maximale Kernelfrequentie is 25000 Hz. We zien duidelijk dat de benodigde Kernelfrequenties hieronder liggen.

De versnelling van de motoren is zo ingesteld dat deze snel genoeg vertrekt voor de plasmasnijder optimaal te laten snijden en toch geen stappen zal overslaan. We nemen voor de X-as en Y-as van de motor een versnelling van 800 millimeter/s² en voor de Z-as een versnelling van 50 millimeter/s².

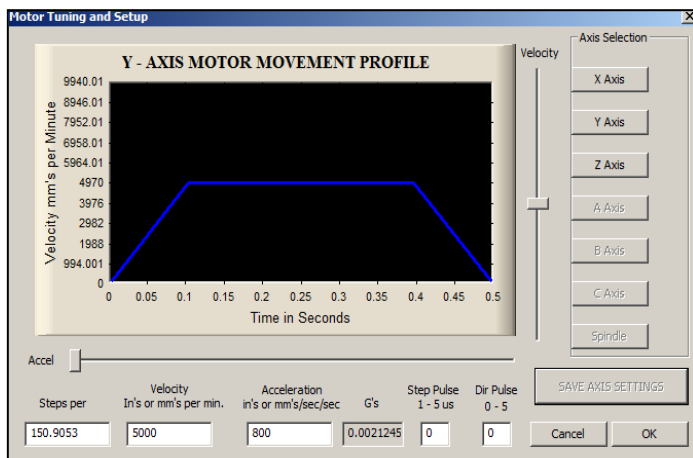
Figuur 63 toont de setupvensters in MACH3 voor de motortuning. Hier vullen we de berekende waarden in.



Steps/unit: 215.5789474

Velocity: 5000

Acceleration: 800



Steps/unit: 150.9053

Velocity: 5000

Acceleration: 800



Steps/unit: 2000

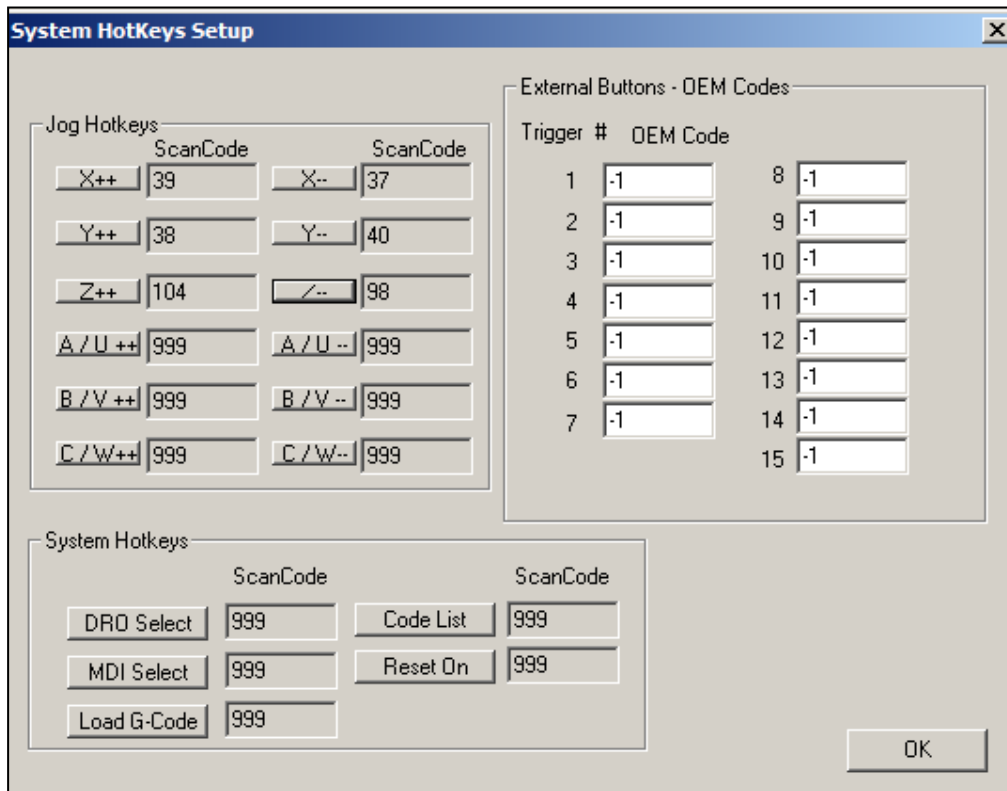
Velocity: 200

Acceleration: 50

Figuur 63: Opstellen van snelheidsprofielen motoren

Config>System Hotkeys Setup

In het volgende venster zichtbaar op Figuur 64 benoemen we enkele *hotkeys* om het gebruik van de installatie te vergemakkelijken. We benoemen de *hotkeys* om de motoren te laten joggen. Zo wordt de X-as bediend met de linker- en rechter-pijltjestoets(37 en 39), de Y-as met de boven- en onder-pijltjestoets(38 en 40) en de Z-as wordt bediend vanaf het numeriek klavier met de twee en de acht(98 en 104).



Figuur 64: Configuratie van hotkeys

Config>Homing Limits

In het volgende venster worden de *homing limits* bepaald. Hier moeten enkele settings worden veranderd om de *homing* van de motoren correct te laten verlopen. We kiezen ervoor om enkel de X- en de Y-as de automatische homing te laten uitvoeren. Bij het testen van de machine hebben we ondervonden dat de richting van de motoren tijdens homing moeten omdraaien. Dit kan simpelweg door de optie reversed aan te vinken.

Ook vinken we voor de X- en de Y-as de optie autozero aan. Hierdoor worden de positiewaarden van beide assen gereset naar 0 als de rijbrug in zijn home positie staat.

Om de Z-as te negeren bij de automatische homing moeten we gebruik maken van een trucje. We zorgen er namelijk voor dat de ingang van de home sensor van de Z-as steeds op hoog staat. Hierdoor zal de software steeds denken dat de Z-as in zijn home positie staat en zal dus niet bewegen bij automatische homing.

10.2 GCODE GENEREREN

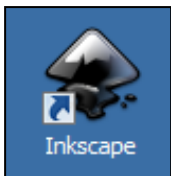
Om de GCODE te genereren bespreken we 2 programma's. Het eerste programma genaamd Inkscape is *freeware*. Deze software heeft een extra *plugin* genaamd Gcodetools. Deze *plugin* maakt het mogelijk om GCODE te genereren op basis van vectoren. Hierdoor is het handig om simpele figuren of tekst om te vormen naar GCODE.

Het andere programma dat we ook bespreken is LazyCAM. Deze software is gemaakt door dezelfde makers als MACH3. Hierdoor is de gebruikte GCODE volledig compatibel met MACH3. LazyCAM maakt het mogelijk om vector-files en image-files om te zetten naar GCODE.

Hieronder wordt uitgelegd hoe men in beide programma's tekeningen moet inladen en omzetten naar GCODE.

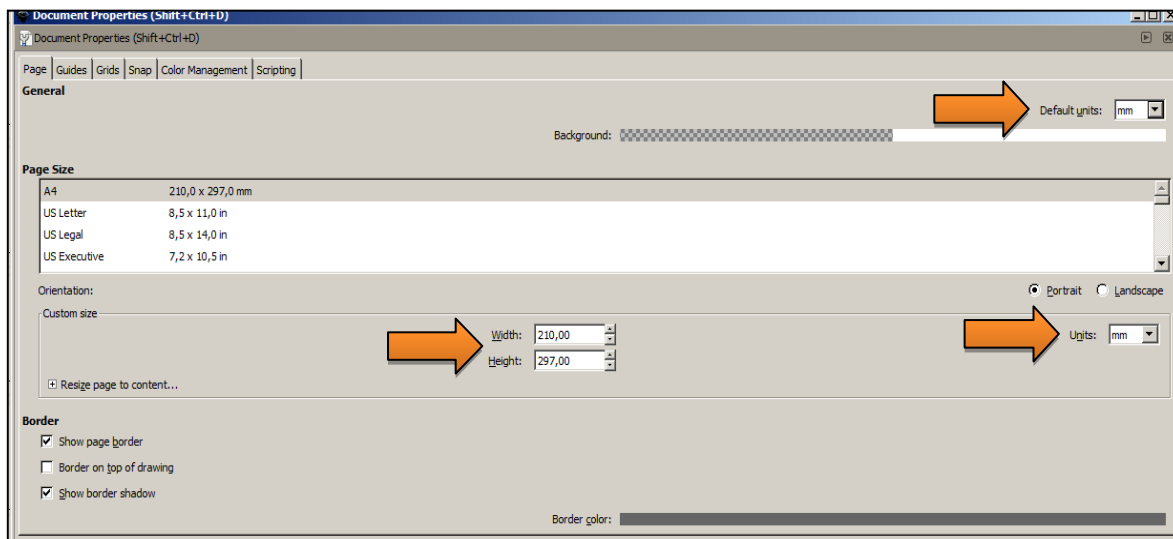
10.2.1 INKSCAPE MET GCODETOOLS

Stap 1: Open Inkscape vanuit het startmenu of met het icoontje op het bureaublad.

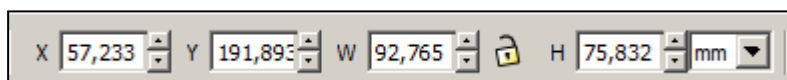


Stap 2: Ga naar **File>Document Properties**.

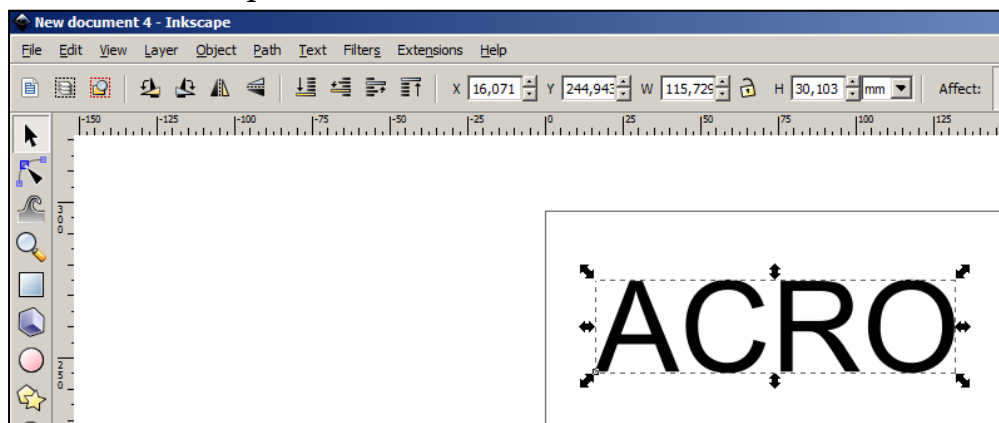
Hier kan je de eigenschappen van de tekeningen aanpassen. We veranderen hier de standaardeenheid naar millimeter. We kunnen dan ook de grootte van het tekenveld aanpassen. Na alle aanpassingen sluiten we het venster, de aanpassingen worden automatisch toegepast.



Step 3a: Teken zelf een figuur met de functies van Inkscape



Met deze tools kan je simpele figuren maken zoals veelhoeken, cirkels, willekeurige vormen en ook tekst. De grootte van deze figuren kan je ook steeds aanpassen.



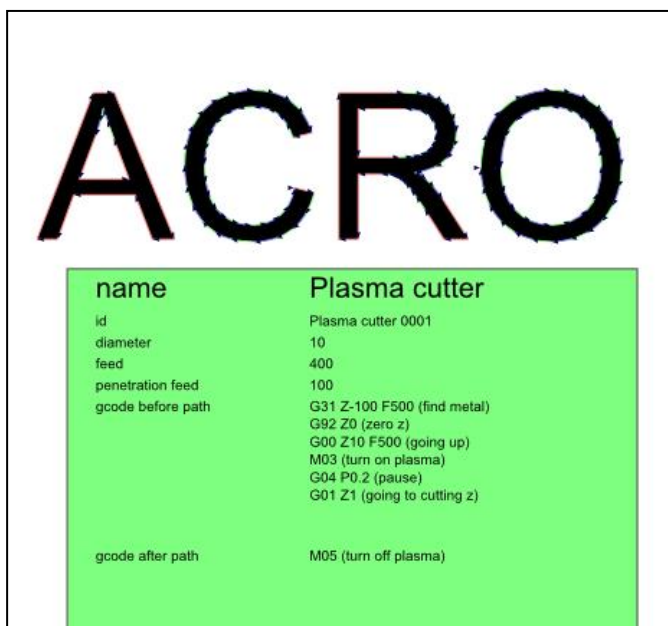
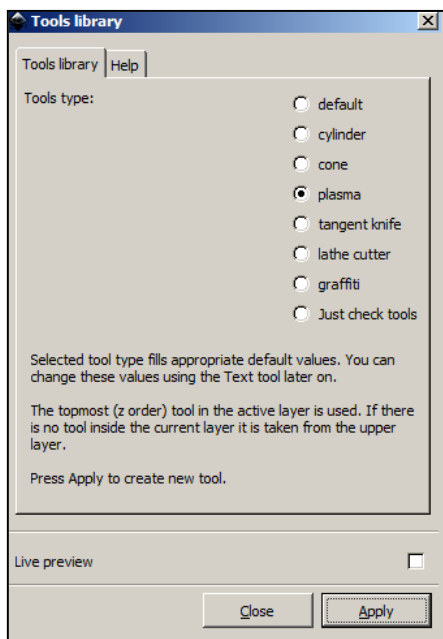
Step 3b: Laad een figuur in met **File>Open**

Step 4: Transformeer het object naar een vector tekening. **Path>Object To Path**

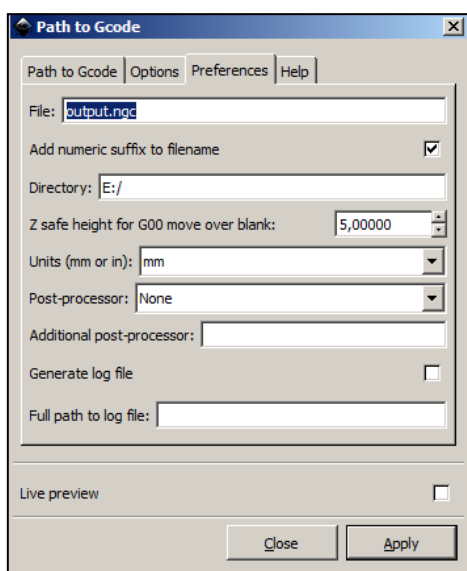
Dit commando zal het object omzetten naar vectoren. Deze vectoren zullen later omgezet worden in GCODE.

Step 5: Selecteren van de juiste tool. **Extensions>Gcodetools>Tools Library**

Hier selecteren we “plasma” als de standaard tool.



Step 6: Genereren van de GCODE. **Extensions>Gcodetools>Path To Gcode**



In dit tabblad geven we de plaats op waar de GCODE-file opgeslagen wordt.

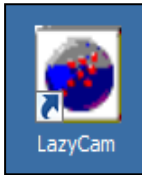
Controleer of de units hier in millimeter staan. Als dit niet het geval is, controleer dan in de settings, **File>Document Properties**, of de standaard eenheid op millimeter staat.

Druk hierna op “Apply”.

10.2.2 LAZYCAM

LazyCAM is handiger als de tekening al gemaakt is in een andere software zoals AutoCAD, Solidworks of Inventor. Dit programma kan verschillende types van vectorfiles en imagefiles lezen en omzetten. Een veel voorkomend bestandsformaat is de dxf-file. Hieronder volgt een stappenplan om een 2D-tekening in te laden in LazyCAM en daarna om te zetten naar GCODE.

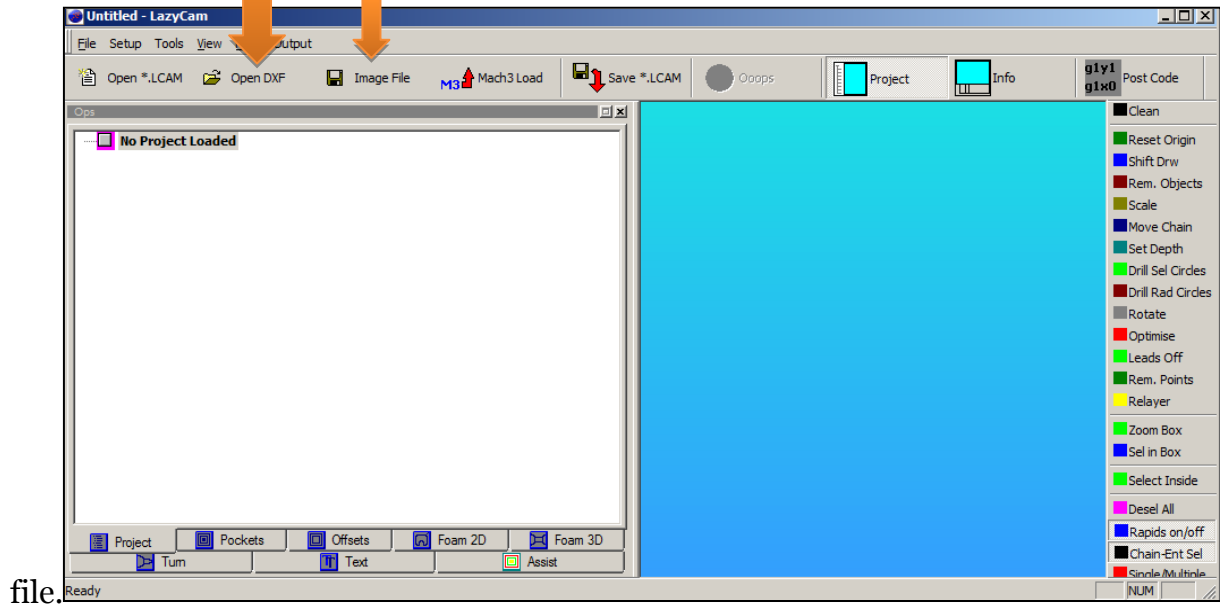
Step 1: Open LazyCAM vanuit het startmenu of vanop het bureaublad met het icoontje.



Stap 2: Openen van de gewenste

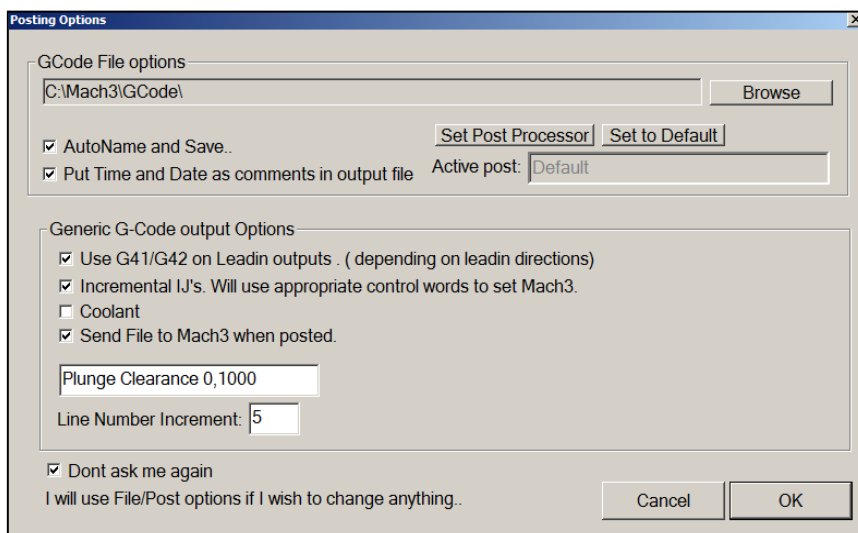
Openen van een DXF-

Openen van een image-file



Openen van andere bestandsformaten: **File>Open Vector File** of **File>Open Image File**

Stap 3: Aanpassen van Posting-options. **Setup>Posting Options**



Hier kan de gebruiker het pad bepalen waar de GCODE-file wordt opgeslagen.

Druk op 'OK' om de instellingen op te slaan.

Stap 4: Genereren van de GCODE.

Met deze knop wordt de GCODE gegenereert en opgeslagen op het vooraf ingestelde pad.



10.3 WERKSTUK UITSNIJDEN

Deze paragraaf behandelt de benodigde stappen om een werkstuk uit te snijden. Gaande van het inlezen van de GCODE tot het veilig activeren van de machine.

Stap 1: Plaatsen van het plaatmateriaal op de draagtafel van de plasmasnijder.

Kies plaatmateriaal van de gewenste dikte en plaats deze op de draagtafel.



Stap 2: Aanzetten van de installatie.

Zet de installatie aan door de hoofdschakelaar in de elektrische kast naar de aan-positie te draaien. Trek de noodstopknop uit indien deze nog ingedrukt is. Controleer of alle automaten in de on-positie staan. Als alles goed is hoor je een licht geruis van elke motor.

Indien het noodstoprelais niet reset bij het uittrekken van de noodstop, controleer dan of er geen limitswitches van de installatie zijn geactiveerd. Als dit toch het geval is, duw dan tegen de rijbrug totdat de limitswitch gedeactiveerd is. Schakel hierna nog eens met de noodstop zodat het noodstopcircuit wordt gereset.

Stap 3: Openen van MACH3 en inlezen van GCODE.

Open het programma MACH3 vanuit het startmenu of met het icoontje op het

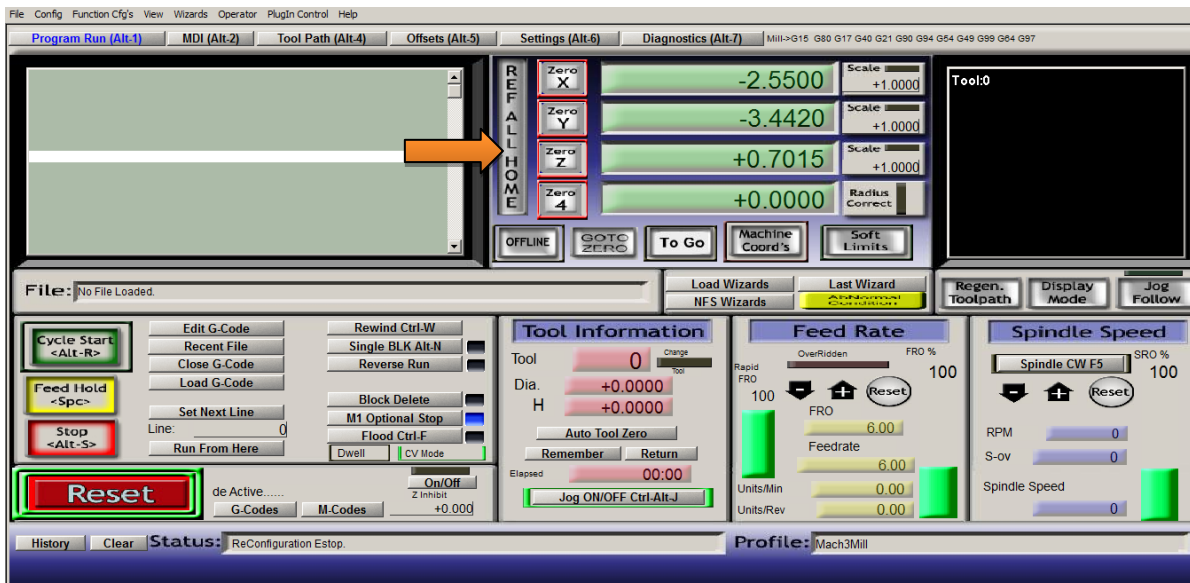


bureaublad.

Open dan de gewenste GCODE-file via **file>Load GCODE**.

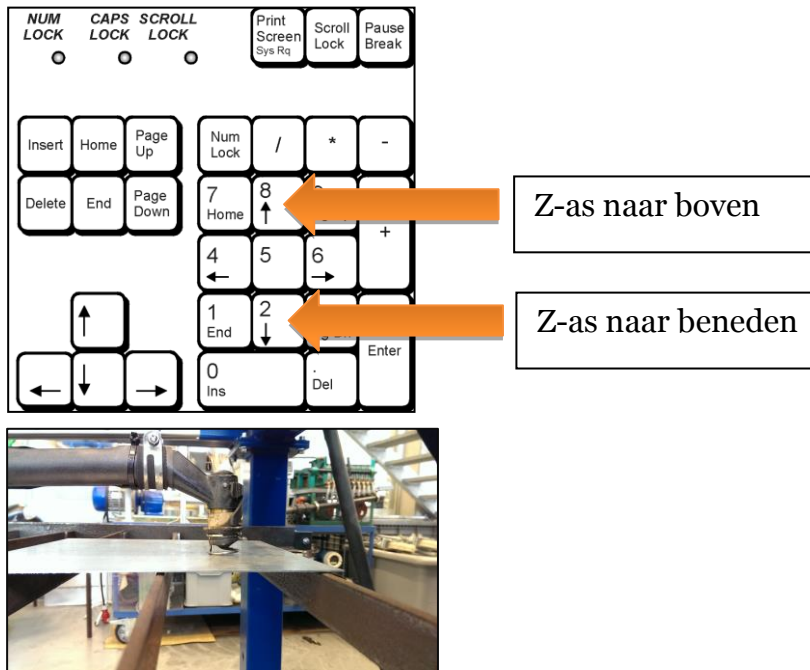
Stap 4: Homing van de X- en de Y-as.

Om de installatie naar zijn home-positie te laten gaan druk je op de knop “REF ALL HOME”. Hierdoor zal de machine automatisch één voor één de assen laten joggen richting zijn respectievelijke home-sensor. Als de home sensor geactiveerd wordt, dan draait de richting van het joggen om totdat de home-sensor terug gedeactiveerd is. Dit is de Home-positie van deze as.



Stap 5: Plaatsen van de z-as boven het werkstuk.

In deze stap brengen we de z-as naar beneden totdat de kop van de plasmatoorts net boven het werkstuk staat. Om de z-as te bewegen gebruiken we de vooraf ingestelde *hotkeys*. Op het numeriek gedeelte van het toetsenbord wordt nummer 2 gebruikt om de z-as naar beneden te bewegen en nummer 8 om de z-as naar boven te bewegen.



Stap 6: Aanzetten van de Plasmasnijder.

Om de plasmasnijder aan te zetten moeten we deze voorzien van een 3-fase voeding van 380 V en een persluchtleiding die een minimale continue druk van 6 bar kan leveren met een debiet van 110l/min.

Afhankelijk van de dikte van het te snijden plaatmateriaal kunnen we kiezen uit 2 modi.(1)

- Snijden van plaatmateriaal van 1 tot en met 5 mm dikte.
- Snijden van Plaatmateriaal van 3 tot en met 25 mm dikte.

Hierna plaatsen we de plasmasnijder op de setting 380V. De machine start op en men kan de ventilator horen blazen. (2)

Hierna drukken op het zwarte knopje, dit knopje dient als extra veiligheid voor men kan de toorts kan activeren. Als het knopje is ingedruwd zal een groen lampje oplichten op de plasmasnijder.

Stap7: Controleren van de ingestelde snijsnelheid in de GCODE.

Deze stap is een extra controle of de snijsnelheid van de toorts juist is voor de dikte van het plaatmateriaal. Deze snelheid is belangrijk om een mooie snijsnede te verkrijgen.

In MACH3 kan men de ingeladen GCODE aanpassen door op de knop “Edit GCODE” te drukken. Hierop zal de GCODE geopend worden als een txt-file die vrij aanpasbaar is.

De feedrate van de toorts wordt ingesteld door het commando ‘F’ gevolgd door een numeriek waarde in millimeter per minuut. In het voorbeeld zien we dat er een feedrate van 5000 millimeter per minuut is ingesteld.

Stap8: Uitvoeren van de GCODE.

Controleer of de E-stop niet actief is. Dit is de knop met het opschrift “**Reset**”. Als deze afwisselend een rode en een groene rand heeft dan is de E-stop geactiveerd. Dit zal ook in tekst zichtbaar zijn langs de reset-knop. Om de E-stop te deactiveren klik je op de Reset-knop. Hierdoor zal er een blijvende groene rand rond de knop verschijnen. De software is nu actief en het programma kan uitgevoerd worden.

11 BESLUIT

Deze thesis beschrijft het proces van de conversie van een pick-and-place machine naar een geautomatiseerde plasmasnijder.

Voor de aansturing van de pick-and-place machine zijn enkele sturingen onderzocht. Allereerst hebben we zelf een stuurprogramma ontwikkeld in LabVIEW. Dit stuurprogramma is gebaseerd op een positiesturing en stelt de machine in staat om zeer nauwkeurig van positie naar positie te bewegen. Deze sturing is echter niet geschikt voor gebruik in de plasmasnijder omdat het gevolgde traject tussen de posities niet 100 procent controleerbaar is. Hoewel deze sturing niet geschikt is voor een automatische plasmasnijder kan deze wel nog van pas komen voor toekomstige projecten waar een positiesturing gewenst is.

Hierna zijn we dan erin geslaagd om de pick-and-place te implementeren met een geschikte sturing. Deze sturing maakt het mogelijk om met de machine willekeurige vormen te maken.

De pick-and-place installatie heeft ook een volledig nieuw elektrisch ontwerp waarbij er rekening is gehouden met de veiligheid van de gebruiker. De machine is zowel softwarematig via het stuurprogramma als hardwarematig beveiligd.

Om het gebruik van de machine te vergemakkelijken hebben we ook enkele functies toegevoegd zoals het automatisch resetten van de nulposities met behulp van home-sensoren.

Ook op mechanisch vlak hebben we de machine aangepast naar de toepassing als plasmasnijder. We hebben een snijtafel ontworpen en gemaakt om het plaatmateriaal op te plaatsen en een houder voor de plasmatoorts.

We zijn er ook in geslaagd om de plasmasnijder te activeren via het aanstuurprogramma. Echter bij het simultaan werken van het sturingsprogramma en de plasmasnijder ondervonden we enkele problemen. De plasmasnijder is een grote bron van elektromagnetische interferentie. Door deze interferentie werd het gelijktijdig functioneren van de plasmasnijder samen met de aansturing van de machine onmogelijk.

Enkele mogelijk oplossingen voor dit probleem zijn getest maar leverden geen uitsluitende resultaten. We zijn er echter wel van overtuigd dat via correcte aarding van de installatie en het gebruik van kabels met shielding, de installatie wel kan werken.

Uiteindelijk zijn we niet volledig in ons opzet geslaagd om een automatische plasmasnijder te realiseren. Maar het vormt wel een stevige basis voor verdere ontwikkeling.

BIBLIOGRAFIE

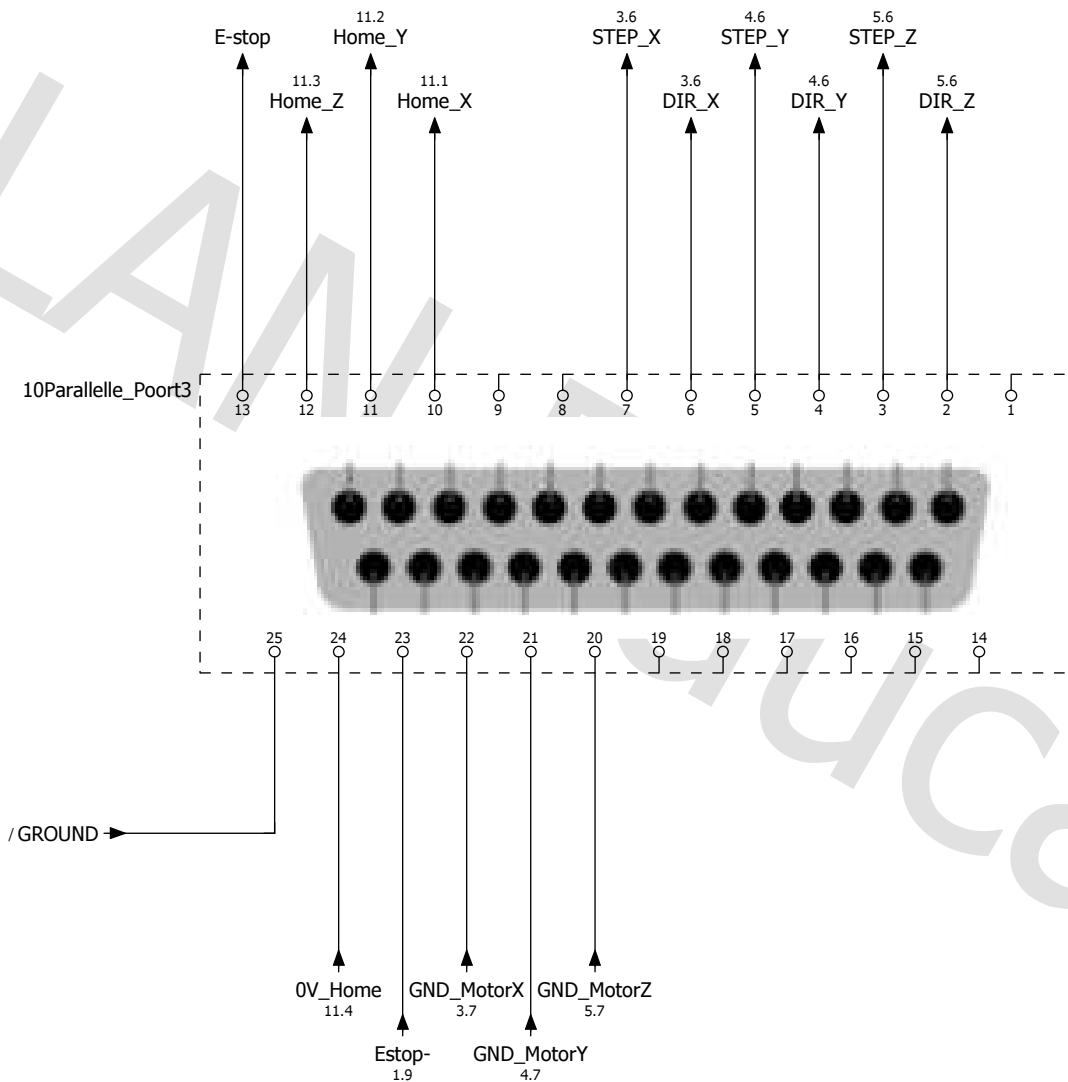
- [1] "MAC servo motors," JVL, 2006. [Online]. Available: <http://jvl.dk>. [Accessed 20 september 2013].
- [2] "Info over brushless sine drives," 2013. [Online]. Available: <http://galilmc.com>. [Accessed januari 2014].
- [3] L. a. Brooks, "Speed and position controllers using field-oriented control: a classical control approach," IEEE, 2014.
- [4] BDTIC, "Flux control simulink ans software library of a PMSM," STMicrocontrollers, 2007.
- [5] JVL, "Integrated servo motors_User manual," JVL Industri Elektronik A/S, Denmark, 2009.
- [6] Indunorm, "Zahnriemenachse baureihe LA ... SSR/SHS," Indunorm Bewegunstechnik GmbH.
- [7] Baumer, "Inductive proximity switch," 2013.
- [8] E. A. Parr, industrial control handbook, industrial press inc., 1999.
- [9] JVL, "MAc drives for PROFIBUS control," 2006.
- [10] JVL, Artist, *Function blocks MAC motor commands*. [Art]. 2006.
- [11] L. Bies, "info over RS232," 2007-2010. [Online]. Available: http://www.lammertbies.nl/comm/info/RS-232_specs.html. [Accessed 2014].
- [12] Antratek, "USB to RS232 adapter cable datasheet," FTDI, Glasgow, United Kingdom, 2009.
- [13] JVL, "MACcomm OCX control 1.07 user manual," JVL Industri Elektronik A/S, Denmark, 2008.
- [14] "Info over snelheidsgrafiek," 2 oktober 2013. [Online]. Available: http://en.wikibooks.org/wiki/FHSST_Physics/Rectilinear_Motion/Graphs. [Accessed 2014].
- [15] National instruments, "Info over USB6009 module," 2014. [Online]. Available: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/nl/nid/201987>. [Accessed 2014].

- [16] Roboveda, "Real time image processing," 2013.
- [17] D. Vose, Risk Analysis - a quantitative guide, John Wiley & sons, 2008.
- [18] AllAboutCircuits, "Info over elektrische circuits," 2012. [Online]. Available: http://www.allaboutcircuits.com/vol_6/chpt_5/8.html. [Accessed maart 2014].
- [19] Texas Instruments, "Quadruple differential line driver," Texas Instruments Incorporated, 1995.
- [20] J. Brown, "Understanding how ferrites can eliminate RF interference to audio systems," 2005.

BIJLAGEN

BIJLAGE A

EP
LA
M



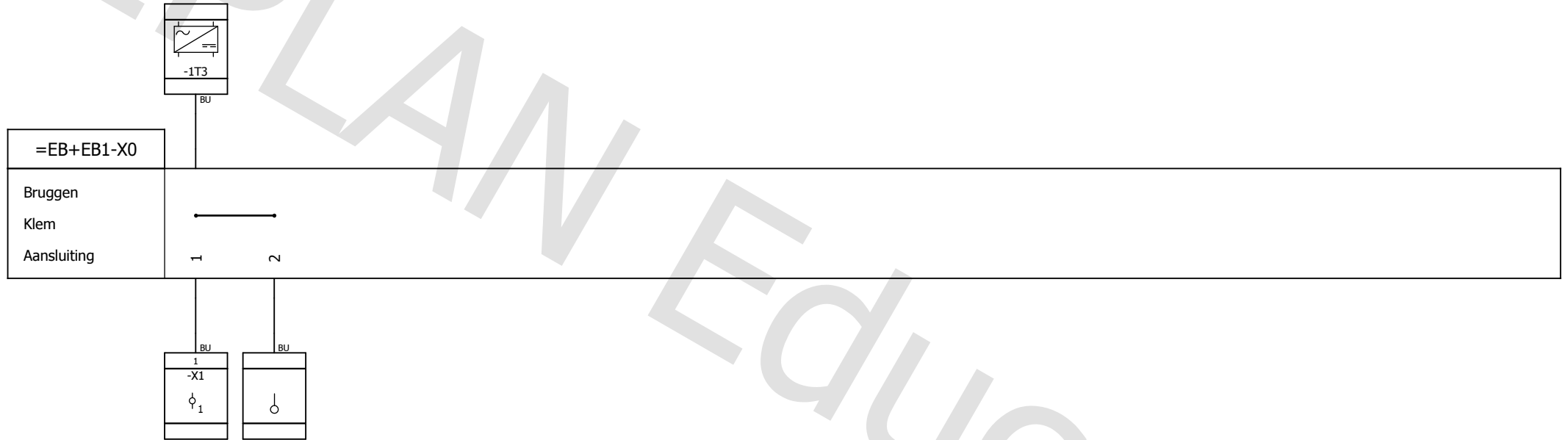
Education

			Datum	3/06/2014	ACRO				= EB
			Bew.	DENNIS MEUKENS	ACRO				+ EB1
			Gecontr		Elektrisch schema Plasmasnijder				
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr		Vervanging van	Vervangen door		1	Blad 10 Blad 22

Klemmenaansluitschema

F11_001
DENNIS MEUKENS

Interne doelen



Externe doelen

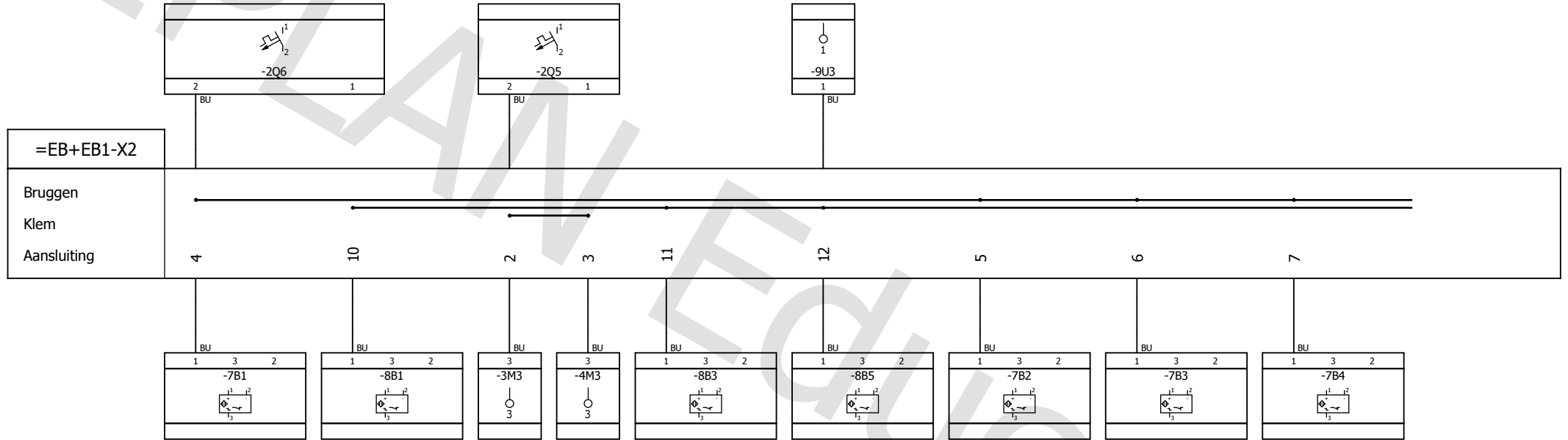
=EB/12

			Datum	28/05/2014	ACRO	ACRO	Klemmenaansluitschema =EB+EB1-X0	= VERW		
			Bew.	DENNIS MEUKENS				+ EB1		
			Gecontr		Elektrisch schema Plasmasnijder					
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr		Vervanging van	Vervangen door			1	Blad 1
										Blad 22

Klemmenaansluitschema

F11_001
DENNIS MEUKENS

Interne doelen



Externe doelen

			Datum	28/05/2014	ACRO	ACRO	Klemmenaansluitschema =EB+EB1-X2	= VERW
			Bew.	DENNIS MEUKENS				+ EB1
			Gecontr		Elektrisch schema Plasmasnijder			
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr		Vervanging van	Vervangen door		
							1	Blad 4
								Blad 22

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Converteren van een bestaande pick-and-place machine naar een geautomatiseerde plasmasnijder

Richting: **master in de industriële wetenschappen: energie-automatisering**

Jaar: **2014**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Meukens, Dennis

Abrams, Diederik

Datum: **3/06/2014**