

Rami Sivula

ROBOTTI KONEPALVELUSOVELLUKSESSA

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tieto- ja viestintäteknikan koulutusohjelma
Tammikuu 2021**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Tammikuu 2021	Tekijä/tekijät Rami Sivula
Koulutusohjelma Tieto- ja viestintätekniikka		
Työn nimi ROBOTTI KONEPALVELUSOVELLUSSESSA		
Työn ohjaaja Hannu Ala-Pönttiö	Sivumäärä 36 + 8	
Työelämäohjaaja Ari Lamberg		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja tehdä konepalvelusovellus Omronin yhteistyörobotilla ja CNC-sorvilla. Sovellus tehtiin Centrian robotilla Kpedun konepajalla.</p> <p>Tarkoituksena oli kehittää ja toteuttaa mahdollinen automatisoitu konepalvelusovellus, jolloin mahdolliset kustannukset laskisivat, ja tuottavuus nousisi. Sovelluksessa robotti syöttää aihioita sorville.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään ensimmäisessä osassa läpi sovelluksessa käytettäviä laitteita ja koneita. Toisessa osassa käydään sorvin ja robotin turvallisuutta ja niissä olevia turvallisuusasetuksia.</p> <p>Viimeinen osa alkaa siitä, miten aloin suunnittelemaan, ja toteuttamaan sovellusta. Osassa käydään myös läpi sovelluksen aikana tulleista haasteista, ja kuinka lopulta ratkaisin. Osan lopuksi käydään robotin ohjelma ja sen testaaminen läpi.</p> <p>Muutaman ongelman jälkeen sovellus testattiin ja todettiin toimivaksi, jonka jälkeen sovelluksen kytkennät purettiin.</p>		

Asiasanat
CNC, NC, ACSII, NODE

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date January 2021	Author Rami Sivula
Degree programme Information Technology		
Name of thesis ROBOT IN MACHINE SERVICE APPLICATION		
Instructor Hannu Ala-Pöntiö	Pages 36 + 8	
Supervisor Ari Lamberg		
<p>The topic of the thesis was to design and make a machine service application with Omron's collaborative robot and Mori Seiki CNC lathe. The application was made with Centria's robot at Kpedu's machine shop.</p> <p>The aim was to develop and make an automated machine service application, and the main goals were to lower the manufacturing costs and increase productivity. In the application, the robot feeds the blanks to the lathes.</p> <p>The first part of the thesis goes through the devices and machines used in the application. The second part discusses the safety of the lathe and the robot and the safety features in them.</p> <p>The last part starts with the designing and implementing of the application. This part also discusses the challenges that emerged during the application and how they were finally solved. At the end of the section, the robot's program and its testing will be presented.</p> <p>After a few difficulties, the application was tested and found to be functional, after which the application wiring was dismantled.</p>		

Key words CNC, NC, ACSII, NODE
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

CNC	Computerized Numerical Control, eli Tietokoneavusteinen numeerinen ohjaus
NC	Numerical Control, eli numeerinen ohjaus
ACSII	American Standard Code for Information Interchange
NODE	Verkon tai diagrammin osa, josta polut yhdistyvät tai haarautuvat

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 LAITTEET JA NIIDEN OHJEMISTOT	2
2.1 OMRON TM COLLABRATIVE ROBOT	2
2.1.1 TM 12 & 14	2
2.1.2 TM FLOW	6
2.2 MORI SEIKI SL250	7
2.3 4-CHANNEL RELAY MODULE	8
3 TURVALLISUUS	9
4 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS	12
4.1 SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	12
4.2 SOVELLUKSEN OHJELMA	30
4.3 SOVELLUKSEN TESTAUS	35
5 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	37
LIITTEET	
KUVAT	
KUVA 1. Omron robotti	2
KUVA 2. Robotti suoristettuna ja sen nivelet	4
KUVA 3. Tarttujan kiinnitys	5
KUVA 4. Esimerkkiohjelma	6
KUVA 5. CNC-sorvi	7
KUVA 6. 4-kanavainen relekortti	8
KUVA 7. Nivelten raja-arvot	9
KUVA 8. Robotin turvallisuusasetukset	10
KUVA 9. Robotin valotorni	11
KUVA 10. Sorvin ohjaus kokonaisuudessaan	12
KUVA 11. RS232 Pinout	14
KUVA 12. Accessport-ohjelma	15
KUVA 13. Robotin testiohjelma	16
KUVA 14. Accessport-asetukset	17
KUVA 15. Ohjelman muuttajat	18
KUVA 16. Sorvi, ja sen polkimet	19
KUVA 17. Sorvin releet	20
KUVA 18. Sorvin polkimien sähkökaavio yksinkertaistettuna	21
KUVA 19. Ohjaukseen tehdyt muutokset	21
KUVA 20. Riviliittimet	22
KUVA 21. Ohjaukseen tehdyt muutokset	23
KUVA 22. Laajempi kuva ohjaukseen tehdyistä muutoksista	24
KUVA 23. Testiohjelma	25

KUVA 24. Lopullinen kaavio pakan ohjaukselle.....	26
KUVA 25. Rajakatkaisija ja sen teline	27
KUVA 26. Sorvin ja sen ohjauspaneeli	28
KUVA 27. Sorvin pakka	29
KUVA 28. Sovelluksen ohjelma.....	30
KUVA 29. Sovelluksen paletti.....	31
KUVA 30. Sorvin pakkakiinnialiohjelma.....	32
KUVA 31. Sorvin käynnistysaliohjelma.	33
KUVA 32. Aihiot loppu.....	34
KUVA 33. Aihiot ja valmis tuote.	35

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Omron TM-Sarja.....	3
TAULUKKO 2. Omron TM-Sarjan nivelien liikkuvuus.....	3
TAULUKKO 3. RS232 Pinout	14

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä konepalvelusovellus robotilla ja CNC-sorvilla. Opinnäytetyössä yhdistetään robotti CNC-sorviin. Sovelluksessa robotti syöttää sorville työstettäviä aihioita. Tarkoituksena on automatisoida CNC-sorvi. Normaalisti ilman robottia kyseiseen sorviin tulee ihmisen syöttää aina uusi kappale pakkaan, kun edellinen kappale on valmis.

Tässä opinnäytetyössä robottina toimii Omron tm 12-robotti ja sorvina mori seiki SL250, jossa on Fanuc 18i-tb -ohjaus. Sorvin automatisoinnissa robotilla saavutetaan pienempi vaihtamiseen kuluva aika ja parempi tuottavuus, ja valmistamisen kustannukset laskevat. Robotti tekee myös yksinkertaiset, toistuvat ja rasittavat liikkeet halvemmalla kuin ihminen. Robotti voi myös toimia vaikka kellon ympäri.

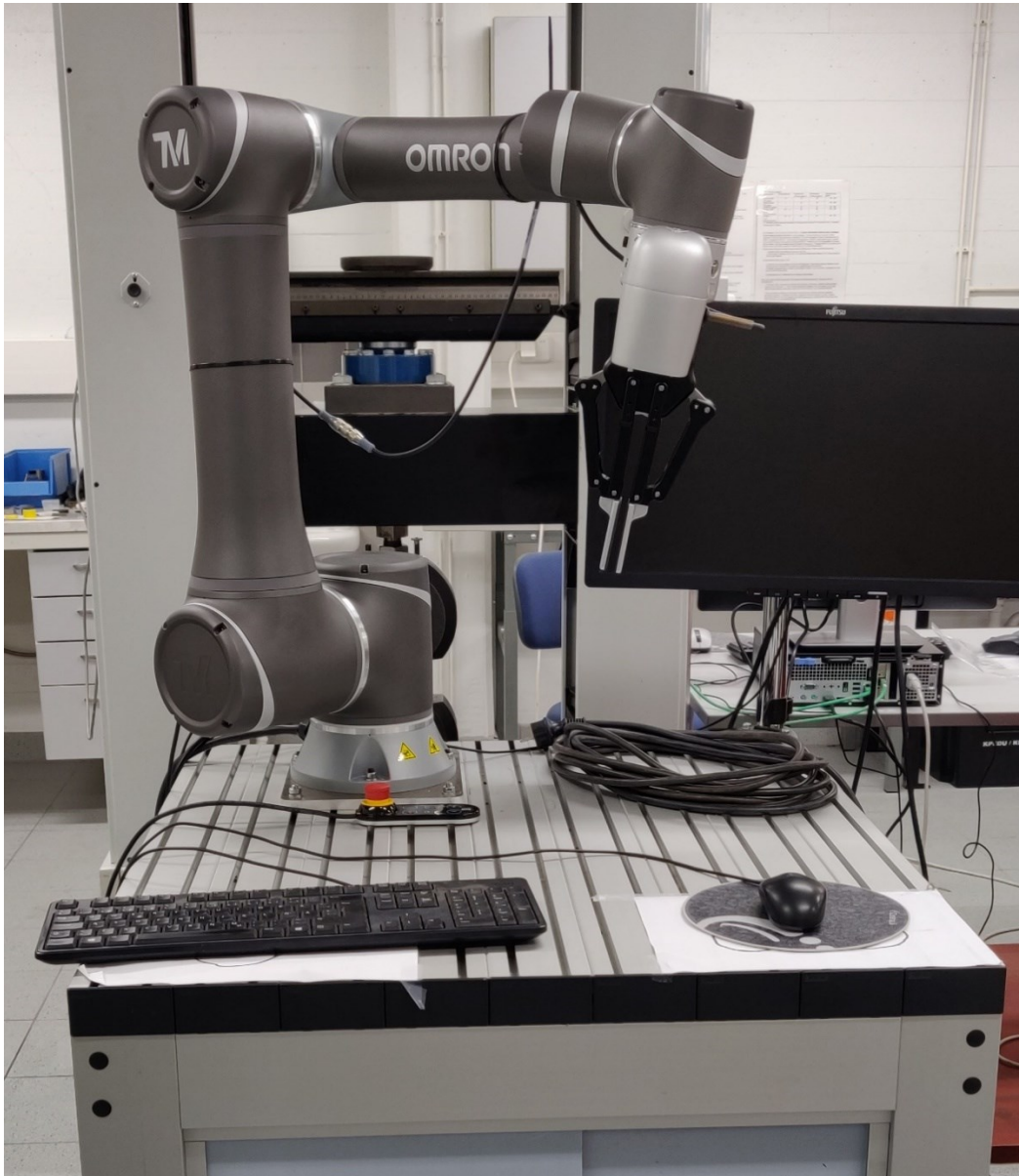
Jotta robotti voisi syöttää robotille kappaleita, tulee robotin tietää, milloin ohjelma on valmis ja milloin sorvin ovi on auki tai kiinni ja robotin tulee myös kommunikoida sorvin kanssa siitä, milloin laittaa sorvin pakka kiinni tai auki ja milloin robotti on tuonut kappaleen.

Robotin ja sorvin välinen kommunikointi toteutettiin releillä robotin I/O:n kautta. Opinnäytetyötä aloitettaessa kommunikointi oli tarkoitus hoitaa sarjaportin välityksellä, mutta asiaan tutustuttuani olisi kommunikointi vaatinut logiikkaan muokkausta, joten toiseksi mahdollisuudeksi jäi sorvin ohjaaminen releiden avulla. Opinnäytetyön alussa käydään läpi, miten aloitin opinnäytetyön tekemisen ja aiheeseen tutustumisen. Toisessa luvussa tutustutaan Omron tm 12 ja 14 -robotteihin, niiden ominaisuuksiin ja niiden käyttökohteisiin. Kolmannessa luvussa käydään läpi käytännön osuus ja viimeisessä osassa sovelluksen ohjelmointi.

Opinnäytetyö tehtiin Centria TKI:n robotilla Kpedun konepajalla Kokkolassa.

2 LAITTEET JA NIIDEN OHJEMISTOT

2.1 OMRON TM COLLABRATIVE ROBOT



KUVA 1. Omron tm14 -robotti

2.1.1 TM 12 & 14

OMRON TM COLLABRATIVE ROBOT eli Omron tm sarjan -robotit ovat Techman Robot Inc valmistamia yhteistyörobotteja, joita myydään ja markkinoidaan Omronin alla. Omron TM -sarjaan kuuluu neljä robottimallia, joita ovat: TM5-700, TM5-900, TM12 ja TM14.

TAULUKKO 1. Omron TM -Sarja. (Mukaiillen Techman Robot Inc. 2020a, 80)

Malli	Uloittuvuus	Nostokyky	Paino	Nopeus
TM5-700	700 mm	6 kg	22. 1 kg	1. 1 m/s
TM5-900	900 mm	4 kg	22. 6 kg	1. 4 m/s
TM12	1300 mm	12 kg	33. 3 kg	1. 3 m/s
TM14	1100 mm	14 kg	32. 6 kg	1. 1 m/s

Robotissa on sisäänrakennettu 5 megapikselin kamera. Kameralla voidaan lukea QR- ja viivakoodeja, lukea testiä ja laskea kappaleitten määrä. Sillä voidaan myös tunnistaa haluttuja kappaleita värin, muodon ja asennon perusteella. Robotissa on 6 eri pyörivää niveltä. (KUVA 2.) Tietyissä malleissa osa nivelistä liikkuu 360 astetta kumpaakin suuntaan. Nivelien liikkuvuus on 120 ja 180 asteen väliltä. Tm -sarjan robotit ovat tarkkuudeltaan +/- 0. 1 mm luokkaa.

TAULUKKO 2. NIVELIEN LIIKKUVUUS (Mukaiillen Techman Robot Inc. 2020a, 80)

Malli	TM12	TM14
1 ja 6	+/- 270°	+/- 270°
2, 4, 5	+/- 180°	+/- 180°
3	+/-166°	+/- 163°



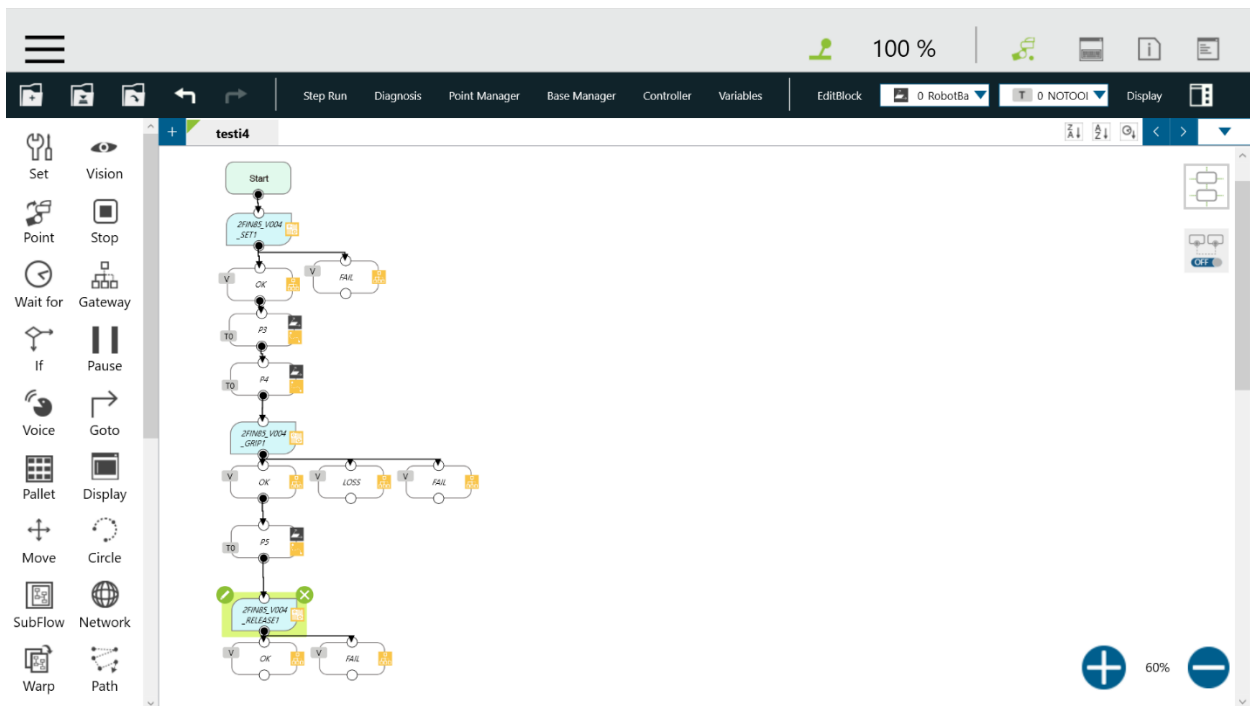
KUVA 2. Robotti suoristettuna ja sen nivelet.

Robottiin on mahdollista kiinnittää erilaisia työkaluja ja tarttuvia. ISO 9409 kiinnitysstandardin ansiosta robottiin on työkaluja ja erilaisia tarttuvia jokaiseen mahdolliseen työvaiheeseen. (KUVA 2.) Erilaisten työkalujen vaihto on sen vuoksi helppoa.



KUVA 3. Tarttujan kiinnitys

2.1.2 TM FLOW



KUVA 4. Esimerkkiohjelma

Tm flow on tm-sarjan robottien ohjelmointiin tarkoitettu ohjelma. Ohjelma on helppo käyttää, ja ohjelmoinnin oppii nopeasti. Ohjelmassa käytetään vuokaaviota itse ohjelman esille tuomiseen. (KUVA 4.) Ohjelma on yleensä valmiiksi asennettuna robottia ohjaavalle tietokoneelle, mutta robottia voidaan myös ohjelmoida erilliseltä koneelta esimerkiksi Ethernet-kaapelin välityksellä. Ohjelma koostuu erilaisista ”nodeista” ja funktioista. Vuokaavion ansiosta ohjelmaa on helppo ymmärtää, ja perusohjelman, jossa viedään robotin tarttujalla kappale paikasta a paikkaan b, oppii kuka tahansa hyvin nopeasti.

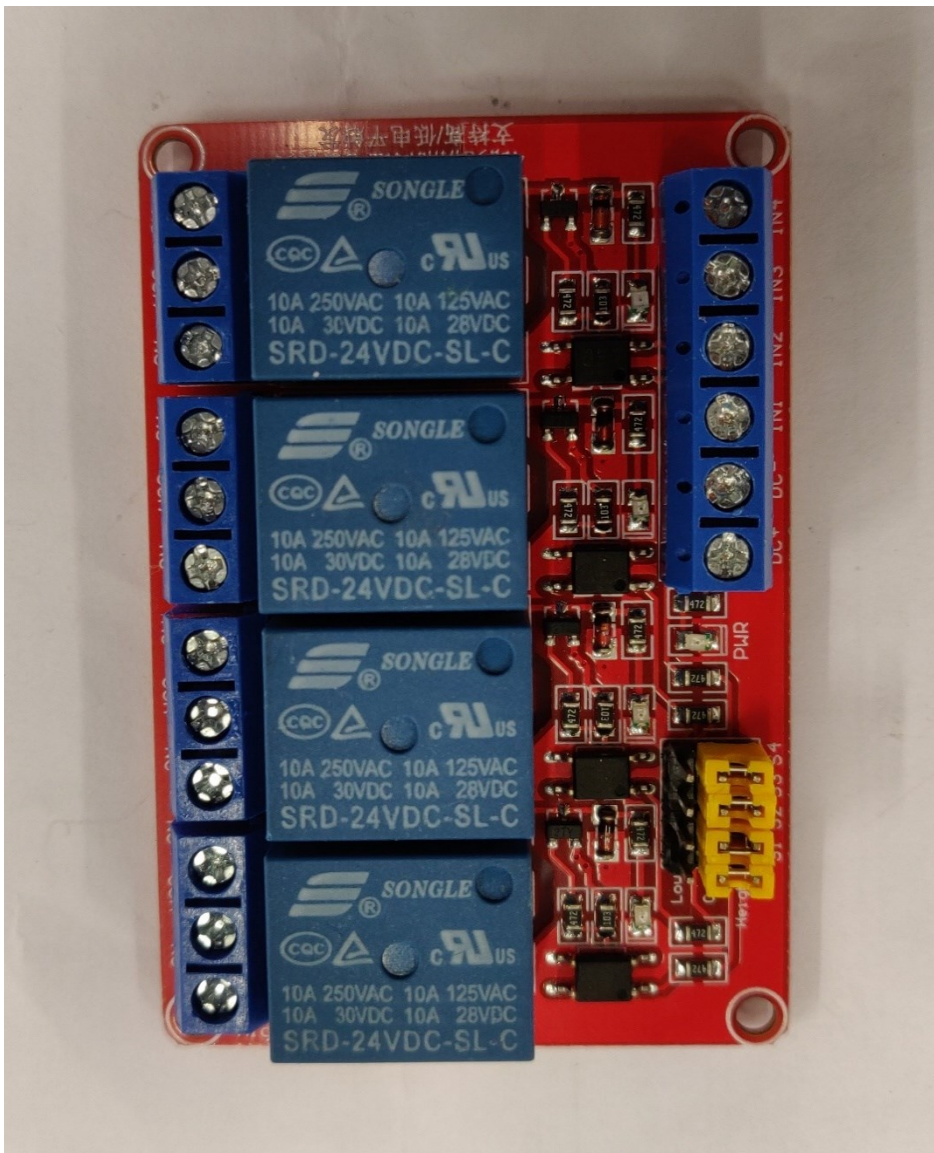
2.2 MORI SEIKI SL250



KUVA 5. CNC-sorvi.

Opinnäytetyötä aloitettaessa oli monia sorvivaihtoehtoja. Parhaimmaksi vaihtoehdoksi kuitenkin valikoitui Mori seiki sl-250. Kyseinen oli paras vaihtoehto koska siinä on automaattiovi, joka voidaan sulkea ja avata automaattisesti. Tämän takia ei robotin tarvitse itse sulkea ovea. Robotin tehtäväksi jää polkimien ohjaaminen ja ohjelman käynnistäminen napista.

2.3 4-CHANNEL RELAY MODULE



KUVA 6. 4-kanavainen relekortti

Rele on kytkin, jota ohjataan sähköisesti ohjaussignaalin avulla. Kyseisessä relekortissa on 4 relettä, joita kutakin voidaan ohjata erikseen, ja jokaisella on 3 kosketinta, NO (Normally open), NC (Normally Closed) ja COM (Common). NO-koskettimen ja COM välinen piiri on suljettu, kun rele ei ole saanut ohjaussignaalia. Releen saatua ohjaussignaalin, NC:n ja COM välinen piiri on suljettu, tämän avulla voidaan releen avulla ohjata suuriakin virtoja tai jännitteitä pienellä jännitteellä. Kyseinen kortin ohjausjännite on 24 V.

3 TURVALLISUUS

Robotissa ja sorvissa on erilaisia suojia, joilla ensisijaisesti taataan käyttäjän turvallisuus. Suojien tarkoituksena on myös suojata laitetta rikkoontumiselta ja hajoamiselta. Sorvin ovi voidaan avata ja sulkea automaattisesti ohjelman alussa. Robotissa on erilaisia turvallisuusominaisuuksia, jotka pienentävät hajoamisen riskiä.

Safety Setting

Performance Safety Settings
Human - Machine Safety Settings
 Safety IO Settings

Body Region Risk Setting X More Limit Setting X

TCP TCP Speed 1.5000 m/sec TCP Force 150 N

Hand Guide TCP Speed Limit 1.500 m/sec

	Joint Speed	Joint Torque
J1:	190 deg/sec	65 Nm
J2:	190 deg/sec	65 Nm
J3:	190 deg/sec	65 Nm
J4:	235 deg/sec	15 Nm
J5:	235 deg/sec	15 Nm
J6:	235 deg/sec	15 Nm

Default
 Save

Last Modified:
 2020-12-11T10:11:14+02:00

KUVA 7. Nivelten raja-arvot

Yksi turvallisuusominaisuuksista on mahdollisuus asettaa kunkin nivelen nopeus ja voima, jolla nivel liikkuu ja myös sen liikkumisrajaa voidaan muuttaa asteen tarkkuudella. (KUVA 7.)

Jos nivelet menevät asetettujen rajojen ulkopuolelle sitä ajaessa tai käsin liikuttaessa, robotti pysähtyy automaattisesti. Robotti pysähtyy myös automaattisesti sen osuessa johonkin asetetulla voimalla. Ohjelmaa voidaan jatkaa kuittauksen jälkeen.

(läh)

Safety Setting

Performance Safety Settings | **Human - Machine Safety Settings** | Safety IO Settings

Body Region Risk Setting X | More Limit Setting X

1. Please set body regions that could be contacted by the robot in the collaborative workspace

Face & Head
 Neck Muscle
 Shoulder Joint and Muscle
 Chest
 Upper Arm & Elbow Joint
 Lower Arm & Wrist Joint
 Abdominal Muscle
 Hand & Fingers
 Thigh & Knee
 Lower Leg

Default | Save

Last Modified:
2020-12-11T10:11:14+02:00

2.Result

180 mm/sec

When robot enters the collaborative workspace, the PTP motion set with 100% speed will be automatically changed into 8.1 %

Please check the minimum possible contact area between any equipment installed on the robot and human body is larger than 0.74 cm x cm

When robot enters the collaborative workspace, the speed setting will be achieved within 150 ms

Enable G-Sensor ?
 I have checked the minimum possible contact area between any equipment installed on the robot and human body is larger than the value listed above

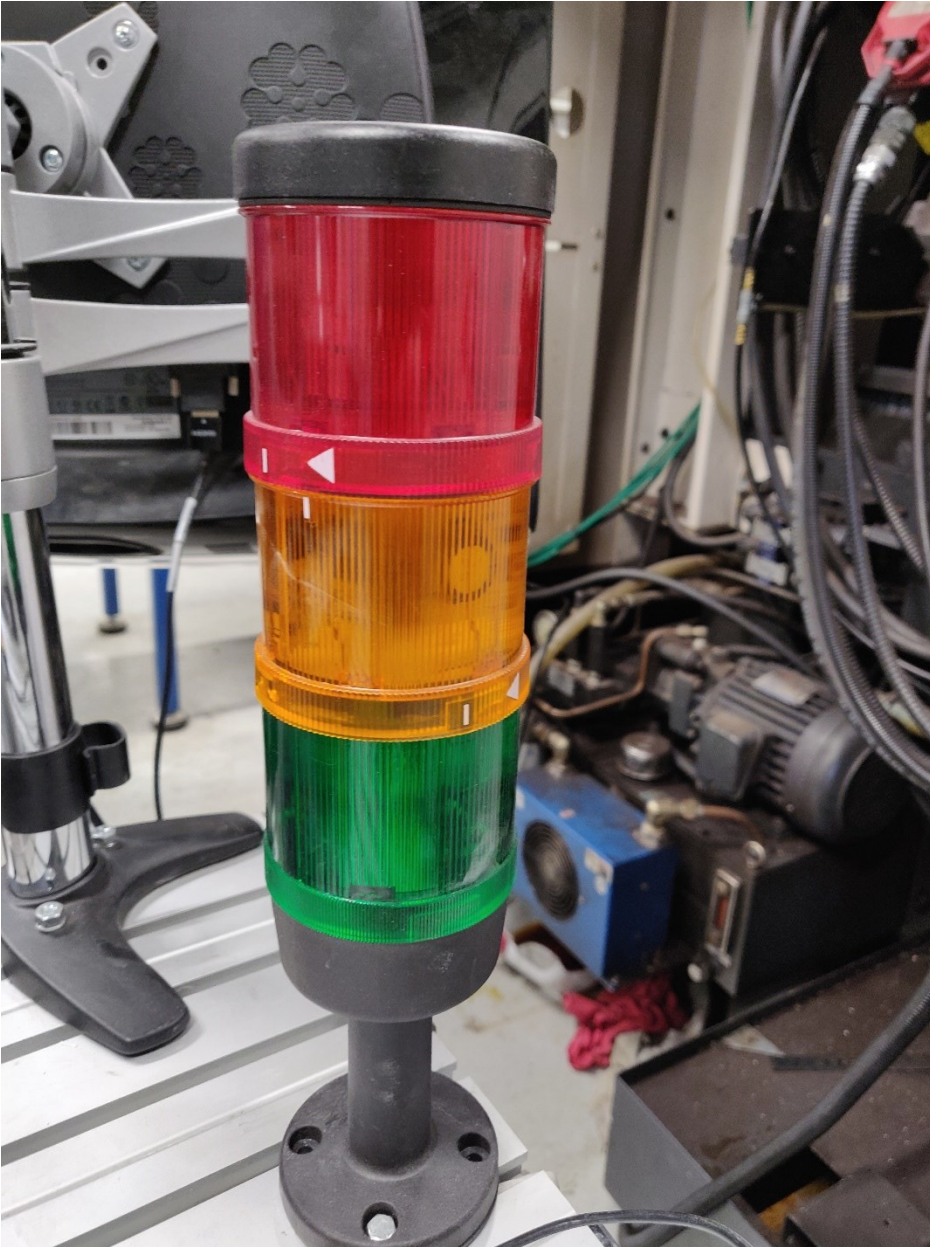
This feature is designed for user to quickly set up an initial robot application in collaborative workspace following the biomechanical limits of each body region listed in ISO/TS 15066*. User should still perform risk assessment on real application before deployment. User shall take responsibility for human body region which is not

KUVA 8. Robotin turvallisuusasetukset.

ISO/TS 15066 on yhteistyöroboteille luotu standardi, joka tarjoaa ohjeissäännöt ja suositukset ympäristöön, jossa ihminen on lähikontaktissa robotin kanssa. Standardin pääperiaatteita on riskien minimoiminen vahingon sattuessa. Standardi antaa maksimi voima ja paine arvot eri ihmiskehon osille. Näiden tarkoituksena on asettaa kipuraja arvot eri kehon osille. Standardissa SFS-EN ISO 13857 on selitetty turvaetäisyyksistä teollisuusympäristössä. (Motion Control & Motor Association. 2016.)

Robotin asetuksissa valitaan ruumiinosat, jotka voisivat olla kontaktissa robotin työympäristössä. (KUVA 7.) Valittujen kehonosien perusteella robotti säättää nopeutta ja voimaa niiden mukaan. Käyttäjän tulee kuitenkin varmistaa, ettei robotti aiheuta vaaraa kaulan ja pään alueelle. (Techman Robot Inc. 2020b, 38)

Robotti voidaan käynnistää ja sammuttaa etänä I/O:n kautta. Safety input connector avulla voidaan esimerkiksi laittaa hätäseistilaan tai pysäyttää. Kyseistä ominaisuutta voisi käyttää valoverhon kanssa, jolloin robotti voisi olla turva-aidan ja valoverhon takana ja kun käyttäjä tulee aidan sisäpuolelle, pysähtyy robotti automaattisesti.



KUVA 9. Robotin valotorni.

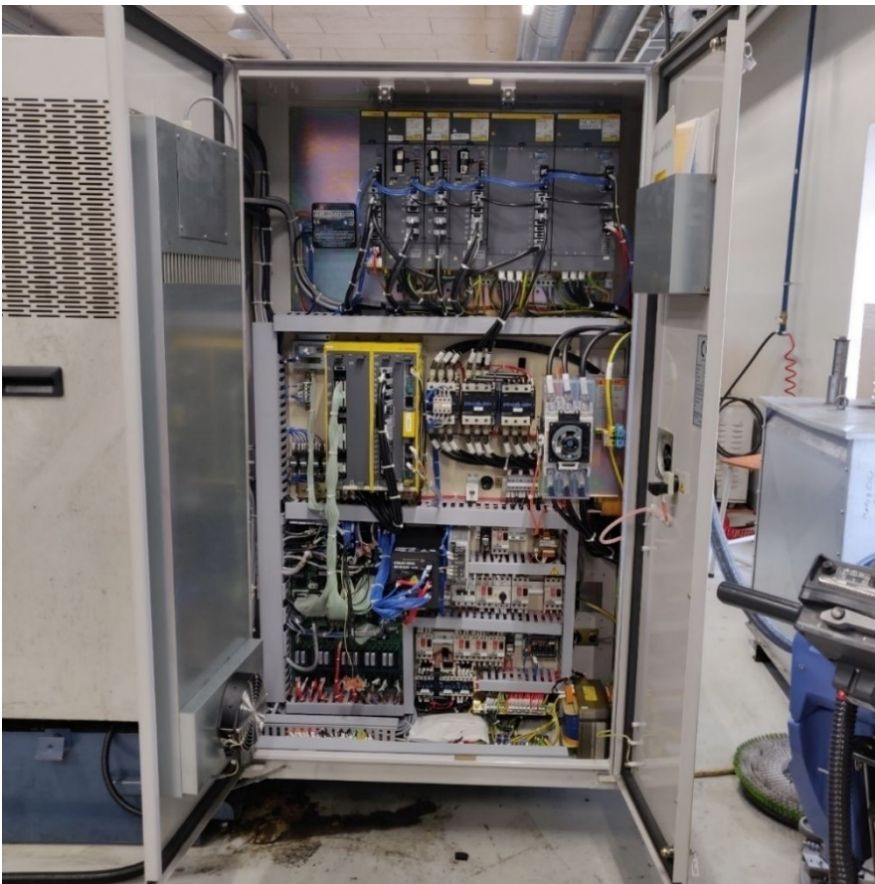
Safety input connectoria ei käytetty sovelluksen testaamisvaiheessa. Robotissa käytettiin valotornia (KUVA 9.), jossa on vihreä, keltainen ja punainen valo. Vihreä ja punainen valo palavat robotin ollessa käynnissä, ja keltainen valo vilkkuu. Mahdollisessa vikatilanteessa punainen valo vilkkuu.

4 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

4.1 SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Aloitin opinnäytetyön tekemisen ja suunnittelun pohtimalla, miten olisi mahdollista yhdistää tm-robotti Mori seiki sorviin. Sovellus tehtiin Centrian tki:n sorvilla Kpedun:n konepajan sorville. Kävin Kpedun konepajalla tutustumassa sorviin, ja sen yhdistämiseen robottiin. Alussa vaihtoehtoina oli robotin yhdistäminen sarjaportin kautta sorviin tai yhdistäminen robotin I/O:n kautta sorvin ohjaukseen.

Alussa ensimmäinen vaihtoehto tuntui paremmalta, koska silloin ei olisi tarvinnut tehdä sorvin ohjaukseen erillisiä kytkentöjä. Kuitenkin aiheeseen tutustuttuani huomasin, että robotin yhdistäminen sorviin sarjaportin välityksellä ei olisi mahdollista ilman että robotin ohjaukseen ja ohjelmaan tekisi isoja muutoksia, joten luovuin siitä vaihtoehdosta.



KUVA 10. Sorvin ohjaus kokonaisuudessaan.

Aloin tutustua sorviin ja sen ohjaukseen. (KUVA 10.) Alussa vaihtoehtoja olivat sen yhdistäminen joko sarjaportin välityksellä tai sitten itse ohjauksen kautta. Ensimmäinen vaihtoehto tuntui paremmalta ja helpommalta lähtökohdalta. Sorvissa on Rs232-sarjaporttiliitäntä, jonka avulla voidaan lähettää ohjelmia ja koodia tietokoneelta sorville. Ensimmäisenä yritin yhdistää sorvin kannettavaan tietokoneeseen, tarkoituksena lähettää tietokoneella sorville yksinkertainen koodi.

CNC ja NC -sorveissa ohjaus toimii automaattisesti tai manuaalisesti laaditun ohjelman mukaisesti. Ohjelma ladataan ohjaukseen muistiin, ja se koostuu lauseista. Työstön aikana ohjaus lukee ohjelmaa järjestyksessä rivi kerrallaan. Itse ohjelma koostuu sanoista ja koodeista, joilla voidaan tehdä eri asioita. Tässä on lyhyt esimerkki ohjelmakoodista:

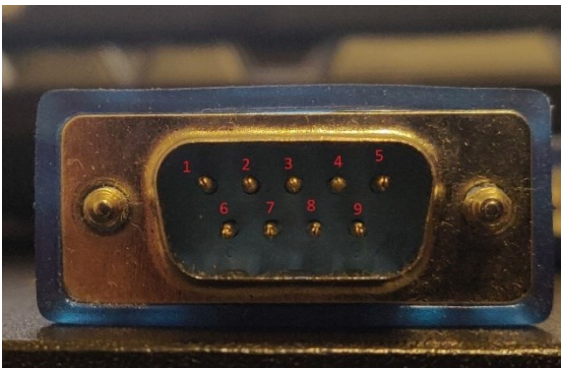
```
N10 T01
N20 G92 S2500 M3
N30 M08
N40 G1 X25 G93 Z1
N50 G01 X40 Z-15
N60 G01 Z-25
N70 G01 X60 Z-35
N80 G40 G00 X150 Z100
N90 M09
N110 M03
N120 %
```

Ohjelmakoodi muodostuu eri koodeista. Koodeja ovat N, M, T ja G -koodit. N-koodit ovat rivinumeroita, jotka numeroidaan N1, N2, N3. Usein kuitenkin rivit numeroidaan kymmenen välein, jolloin jälkepäin on helpompi lisätä rivi kuin vapaana olevia rivinumeroita.

M-koodeilla ohjelmakoodissa käynnistetään sorvin eri toimintoja kuten lastuamisneste pois/päälle, työkalun vaihto, sorvin käynnistys vasta- tai myötäpäivään jne. Sorveihin on olemassa oletuksena m-koodeja, jotka ovat kaikissa sorveissa samat. Kuitenkin sorvien välillä on eroja. T-koodeilla vaihdetaan sorviin haluttu työkalu. Jokaisella työkalulla on tietty koodi, joka voidaan ohjelmoida haluttuun numeroon. (Maaranen 2008, 266).

G-koodeilla kerrotaan sorveille, mitä tehdä. G-koodeilla kerrotaan sorville, miten työkalua pitää liikuttaa ja kuinka nopeasti. Niillä myös määritellään sorvin pyörimisnopeus. Tärkeimmät G-koodit ovat NC-sorveissa ja työstökeskuksissa vakioita, mutta joidenkin koodien välillä on eroja. (Maaranen 2008, 266).

Kokeilin ensiksi yhdistää kannettavan sorviin USB-sarjaporttisovittimen avulla. Sorvissa on DB25-sarjaporttiliitäntä. Yhdistin koneen sorviin sovittimen ja DB9 to db25 -adapterin avulla. Kokeilin aluksi sarjaportin avulla lähettää sorviin koodia tekstimuodossa, kuitenkin siinä onnistumatta. Arvelin että vika saattaisi olla sovittimessa tai ajureissa, joten kokeilin sitten niiden yhdistämistä robottiin.



KUVA 11. RS232 Pinout

Robotissa on 2 vapaata COM-porttia, jotka ovat naarasliittimiä, joten robotin ja sovittimen väliin tarvitsi DB9 naaras-naaras kaapelin. Yhdistin kannettavan robottiin sovittimella, enää ei tarvittu kuin ohjelma kommunikointia varten ja ajurit sovitinta varten.

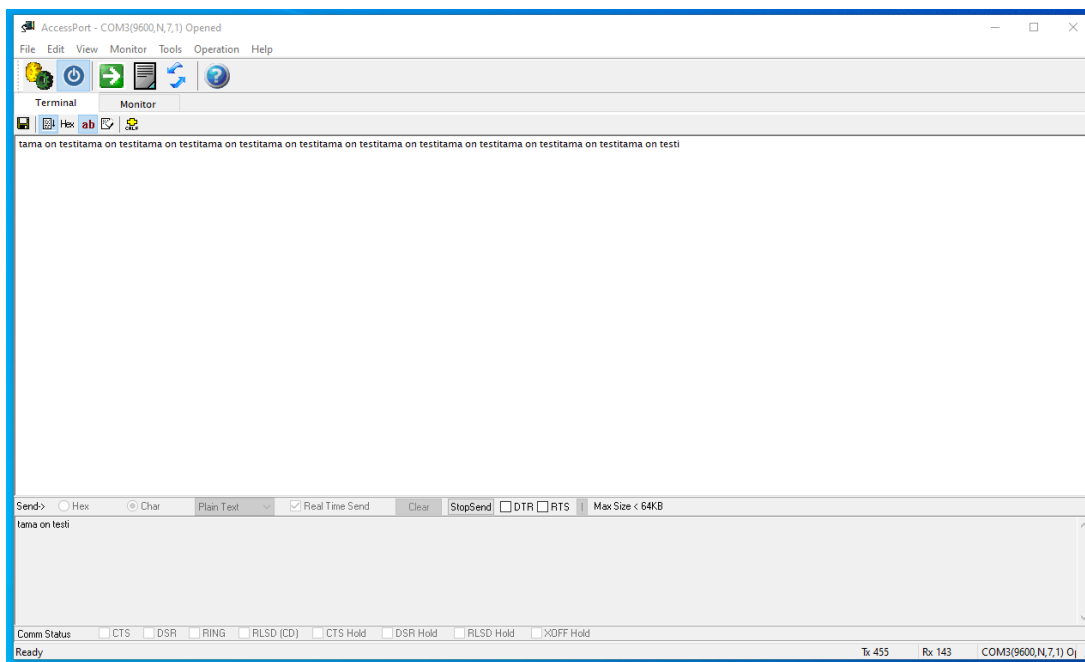
TAULUKKO 3. RS232 Pinout

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data set ready
2	Received Data	7	Request to send
3	Transmit Data	8	Clear to send
4	Data terminal ready	9	Ring indicator
5	Ground		

Ohjelmaksi valikoitui Accessport, jolla voidaan lähettää ja vastaanottaa viestejä sarjaportin välityksellä. Ensimmäisenä testasin USB-sovittimen, että se toimii niin kuin pitää. Sarjaporttisovittimen voi testata siten että yhdistää pinnit 2 ja 3 (KUVA 11).

Ensimmäiseen testaamaani USB-sovittimeen ei kuitenkaan löytynyt sopivia ajureita, joten se ei toiminut kuin piti. Sen vuoksi ostin toisen sovittimen, johon löytyi ajurit heti.

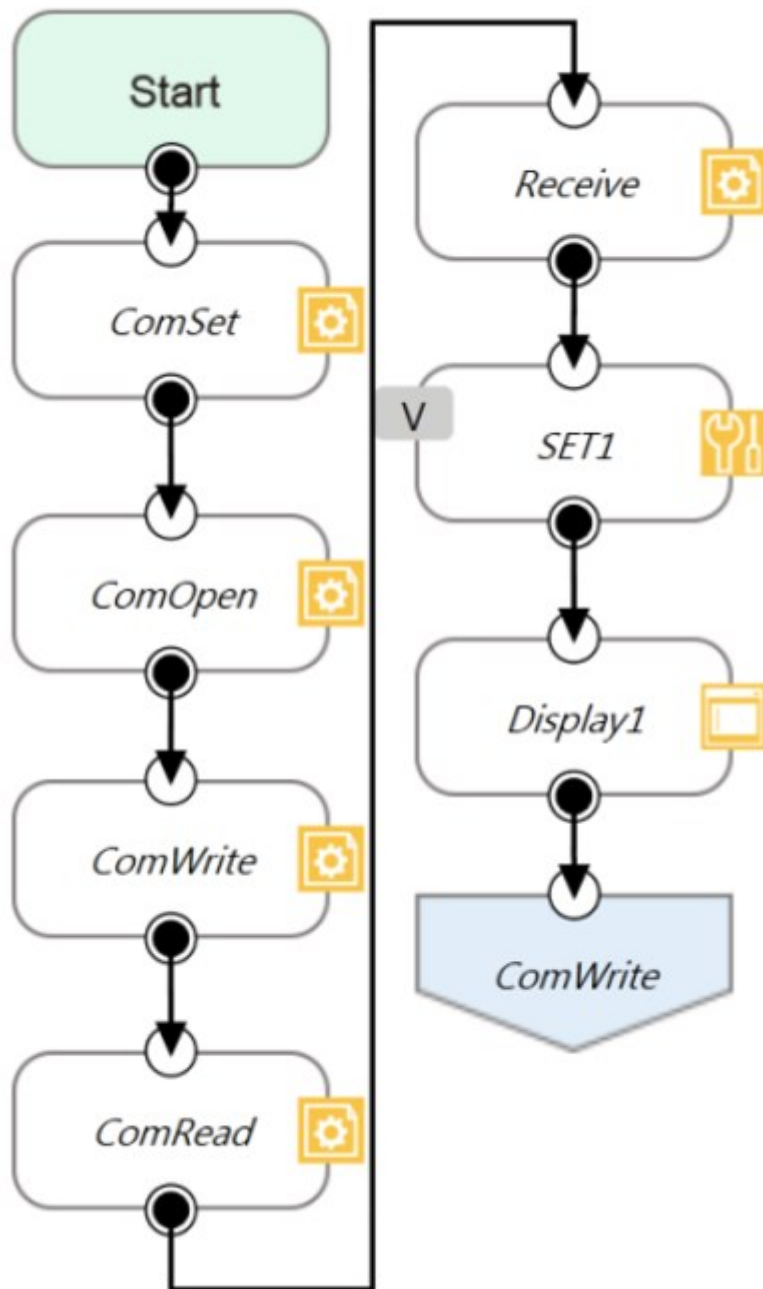
Pinnien 2 ja 3 ollessa yhdessä voidaan testata lähettäkö ja vastaanottaako sovitin viestejä. Kun sovitin osoittautui toimivaksi, yhdistin sen robotin COM-porttiin ja aloin tutustumaan miten robotilta voi lähettää tietokoneelle viestin ja toisinpäin. (TAULUKKO 3.). Testaamiseen käytin Accessport ohjelma. (KUVA 12).



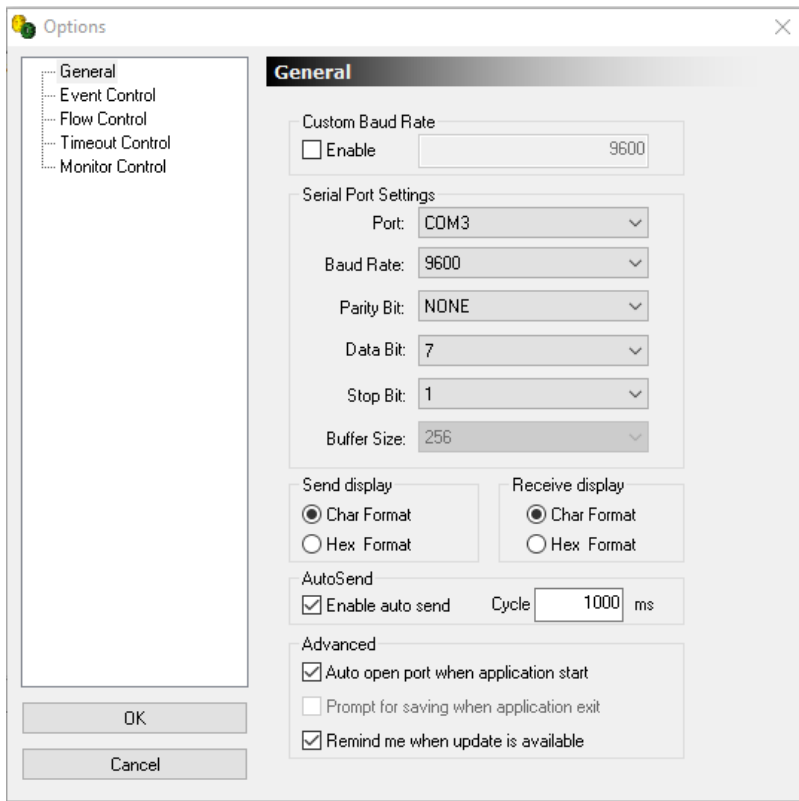
KUVA 12. Accessport ohjelma

Tein robotille testiohjelman, jolla voi lähettää ja vastaanottaa viestejä. (KUVA 13).

Seuraavaksi asetin kummallekin oikeat parametrit, jolloin ne voivat kommunikoida keskenään samalla nopeudella. (KUVA 14). Robotissa oikeiden parametreiden valinta tapahtuu muuttujien avulla. (KUVA 15).



KUVA 13. Robotin testiohjelman



KUYA 14. Accessport asetukset

The screenshot displays a software development environment with a 'Variables' dialog box open. The dialog box is titled 'Variables' and contains a list of declared variables. The background shows a flowchart for a program named 'testi2' with a sub-program 'clearbuffer'. The flowchart includes steps such as 'Start', 'ComSet', 'ComOpen', 'ComRead', 'SET1', 'Display1', and 'If'.

Type	Variable Name	Value
bool	var_connection	true
string	var_ComSet	"ComSet = 3 9600 n 8 1"
string	var_ComOpen	"ComOpen = 3"
string	var_ComWrite	"ComWrite = 3 tama on testi"
string	var_ComRead	"ComRead = 3"
string	var_ComClearBuffer	"ComClearBuffer = 3"
string	var_Receive	empty
string	var_testi	"testi"

Kuva 15. Ohjelman muuttujat

Testaamisen kautta sain lähetettyä viestin molempiin suuntiin. Jotta viesti robotilla olisi luettavissa, piti ACSII koodi muuntaa funktion avulla takaisin tekstiksi. Nyt kun tiesin että sovitin toimii ja että robotin ja tietokoneen välillä voidaan sarjaportin kautta kommunikoida., yritin seuraavaksi lähettää koodia koneelta sorville.

Tarkoituksena oli lähettää m-koodeja sorville. M-koodeilla voidaan sorvin ohjelmassa käynnistää ja ohjata erilaisia toimintoja, kuten pakkaa ja sorvin automaattiovea. Testattuani asiaa ja sen varmistuttua suoraan Fanucilta sain selville, että sorvin ohjaaminen sarjaportin kautta ei olisi käytännössä mahdollista ilman että tekisi isoja muokkauksia ohjaukseen, ja että siihen tarvitsisi myös erilaisen kaapelin.

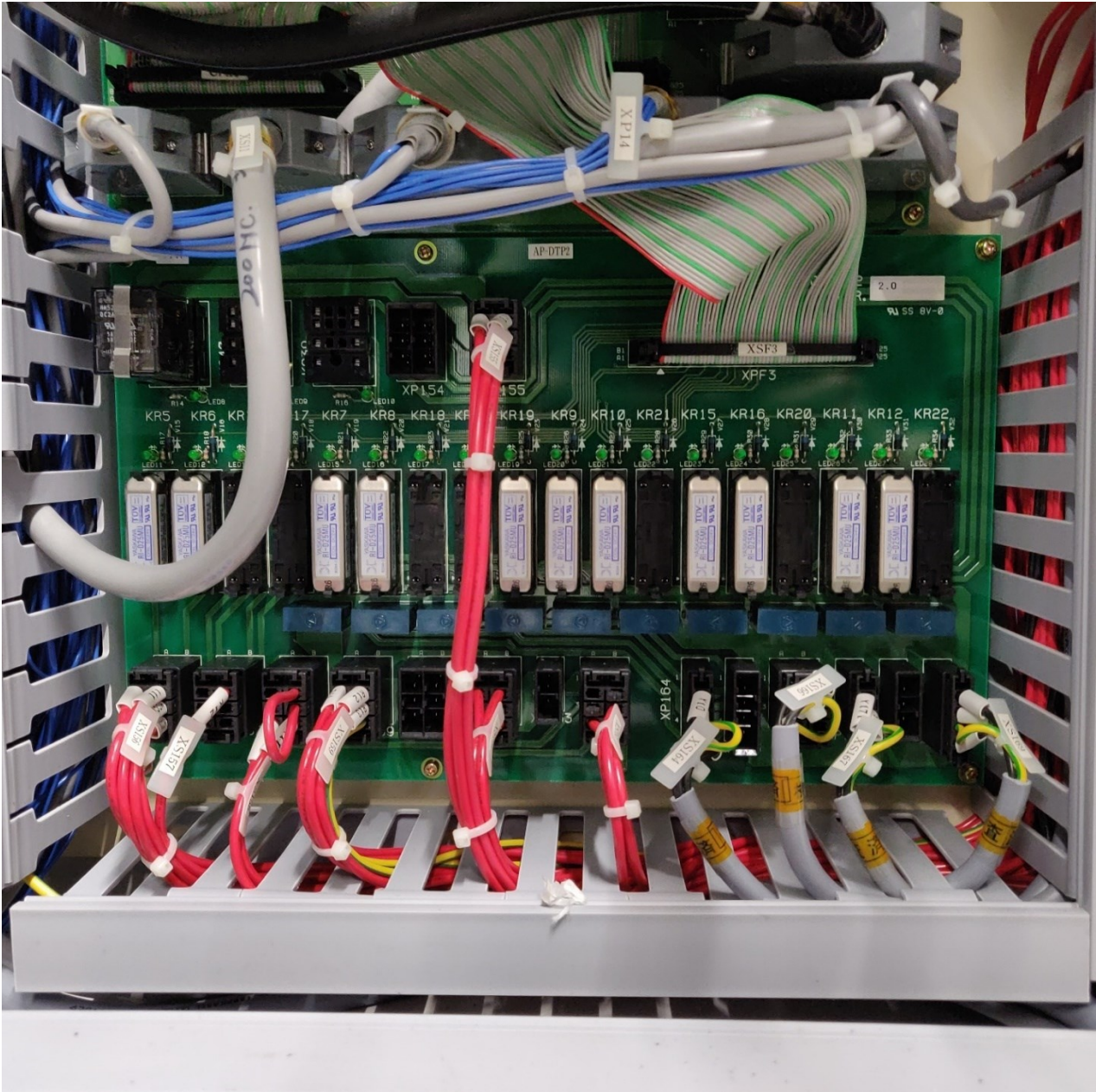
Tiedettyäni että ohjaus ei ole sitä kautta mahdollista, luovuin ajatuksesta ja aloin tutkia miten muuten sorvin ohjaaminen olisi mahdollista. Jotta sorvi voitaisiin täysin automatisoida, täytyisi robotilla ohjata pakkaa ja sorvin ovea. Kyseisessä sorvissa on automaattiovi, joka voidaan sulkea ohjelman alussa m-koodilla ja avata ohjelman päätteeksi. Ainoiksi asioiksi jäi sorvin pakan ohjaus ja ohjelman käynnistäminen.



KUVA 16. Sorvi, ja sen polkimet

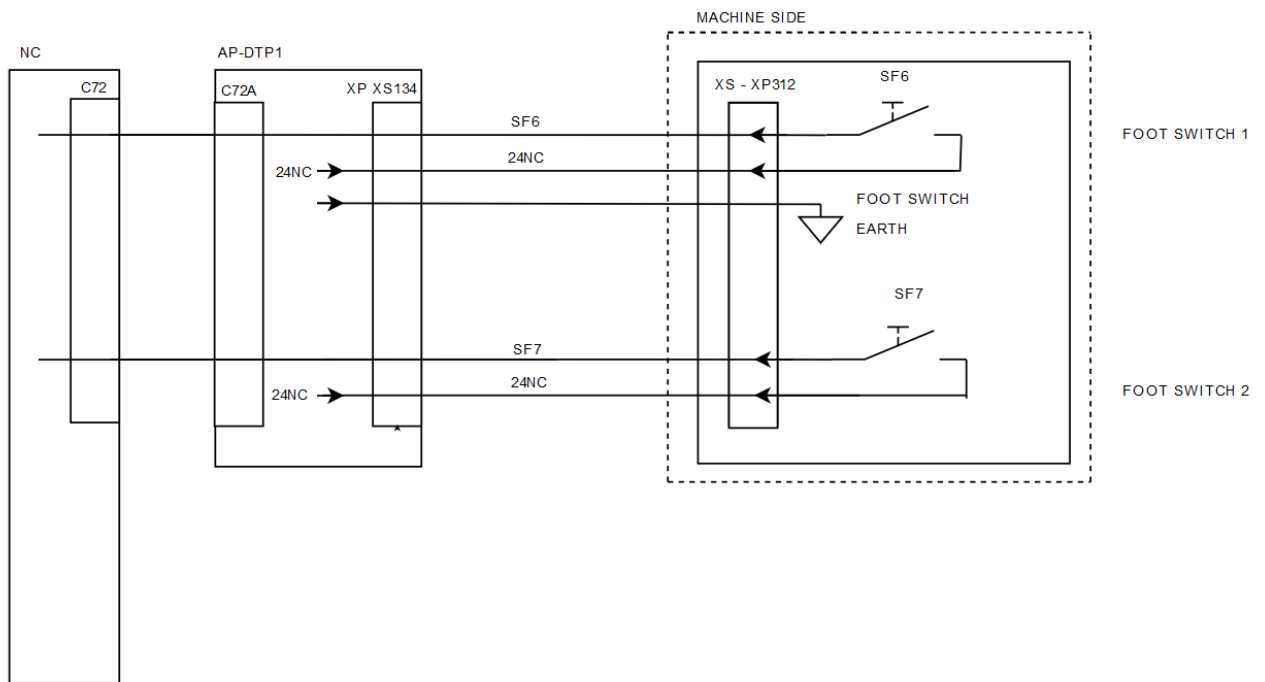
Sorvin pakkaa ohjataan kahdella polkimella, toisella auki ja toisella kiinni. (KUVA 16)

Aloin tutustumaan sähkökuviin, ja siihen miten polkimien ohjaaminen olisi mahdollista. Polkimilla ohjataan releitä, joilla taas pakkaa. Ensimmäisenä otimme selvää, mikä rele aktivoituu, kun poljinta painetaan. (KUVA 17)



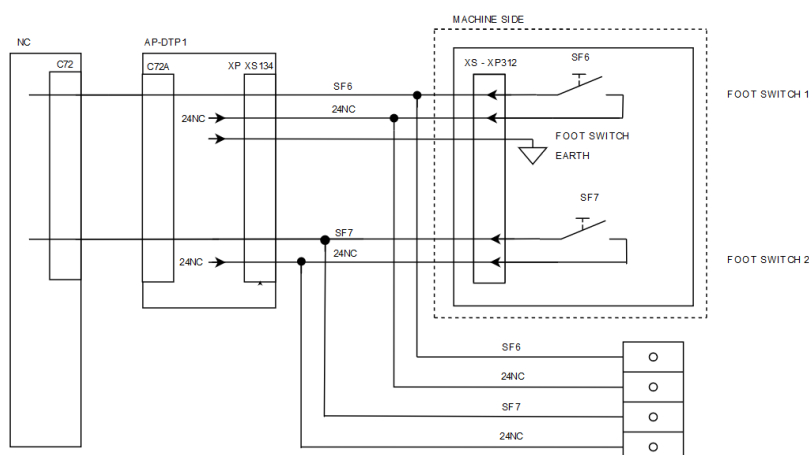
KUVA 17. Sorvin releet

Seuraavaksi aloin sähkökuvista etsiä polkimien kuvia, jotka löytyivät pienen etsimisen jälkeen.



KUVA 18. Sorvin polkimien sähkökaavio yksinkertaistettuna. (Mukaillen DMG Mori Seiki Co, 1998)

Kaavion avulla testasin miten polkimet toimivat ja mitä kytkentöjä pitää tehdä, jotta niitä voidaan ohjata. (KUVA 18) Yleismittarin avulla selvisi, että poljinta painattaessa SF6 JA 24NC ovat yhdessä eli piiri sulkeutuu, joten ohjaukseen ei tarvitsisi tehdä suuria muutoksia, ainoistaan riviliittimet SF6, SF7 ja kummallekin 24NC. Johtojen väliin laitettiin WAGO-liittimet, (KUVAT 21-22) ja niistä DIN kiskolla oleviin riviliittimiin. (KUVA 20)

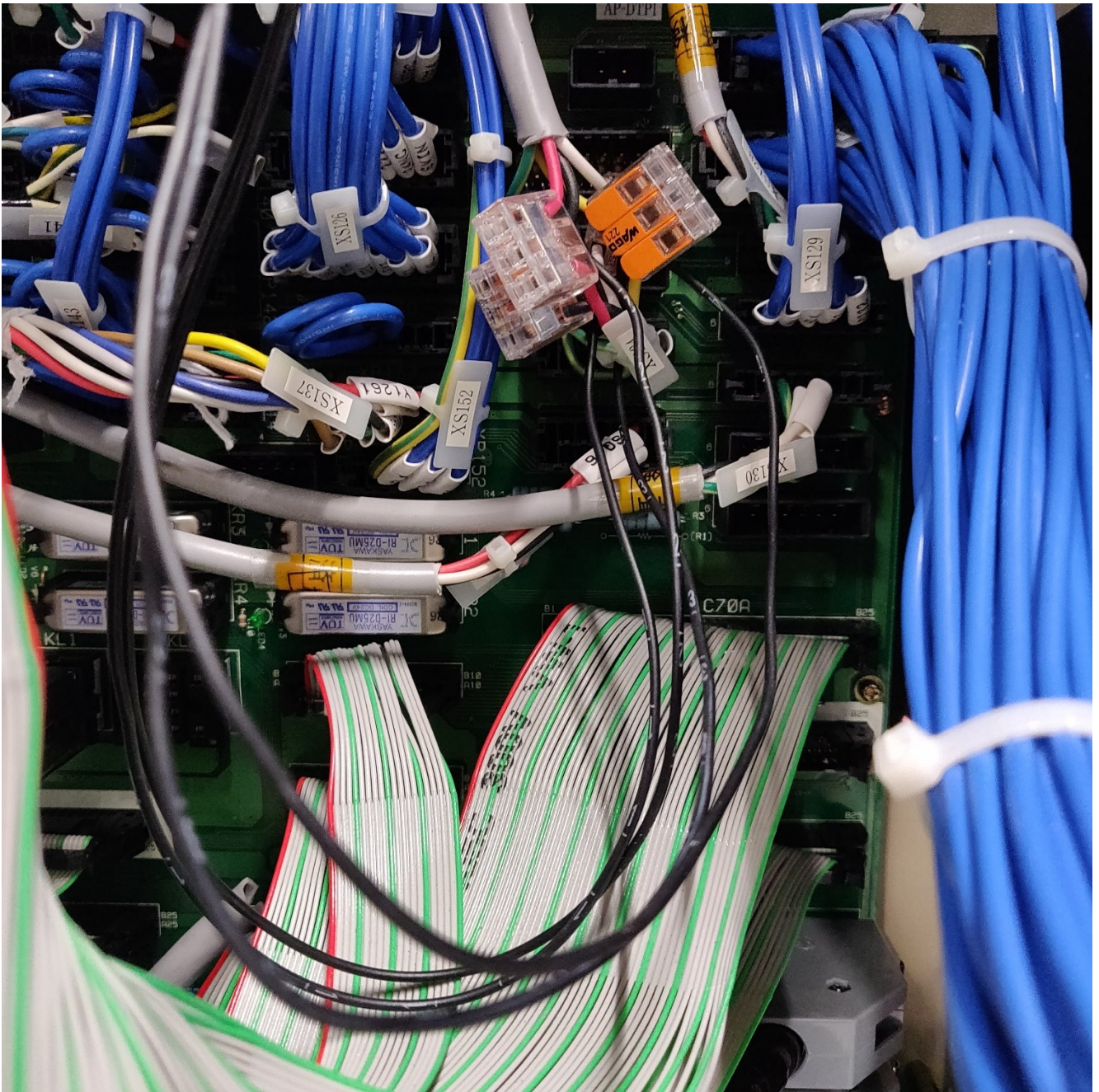


KUVA 19. Ohjaukseen tehdyt muutokset (Mukaillen DMG Mori Seiki Co., 1998)

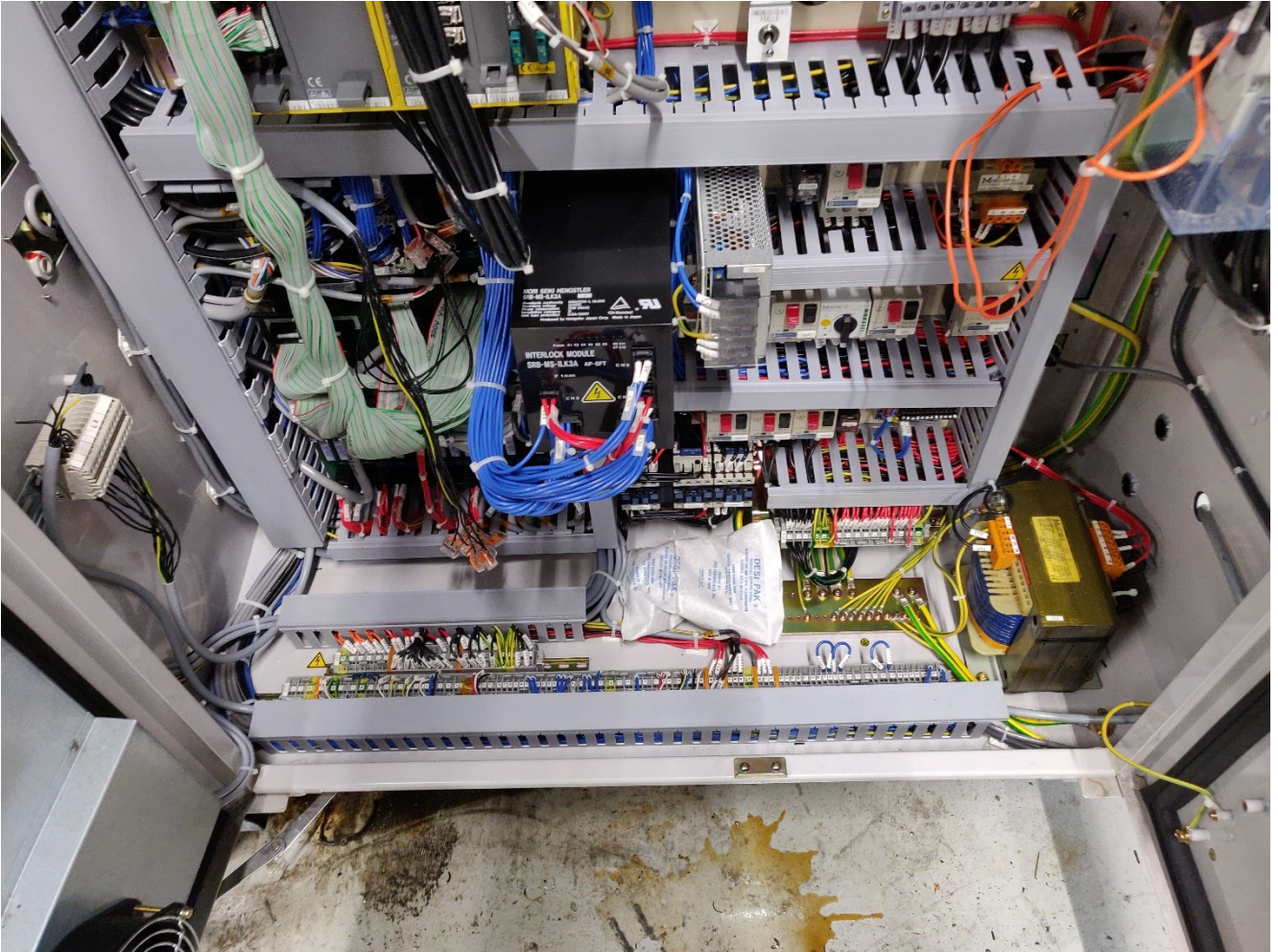


KUVA 20. Riviliittimet

Muutoksentekohetkellä, on riviliittimistä käytössä 4 kpl. Loput koskettimista ovat varalla. 1 ja 2 koskettimista sorvin pakka menee kiinni. Koskettimet 3 ja 4 ovat auki. Riviliittimet ovat helposti saatavilla, ja ne ovat helposti kytkettävissä esimerkiksi releisiin, joiden avulla ohjataan sorvin pakkaa robotilla (KUVA 20).

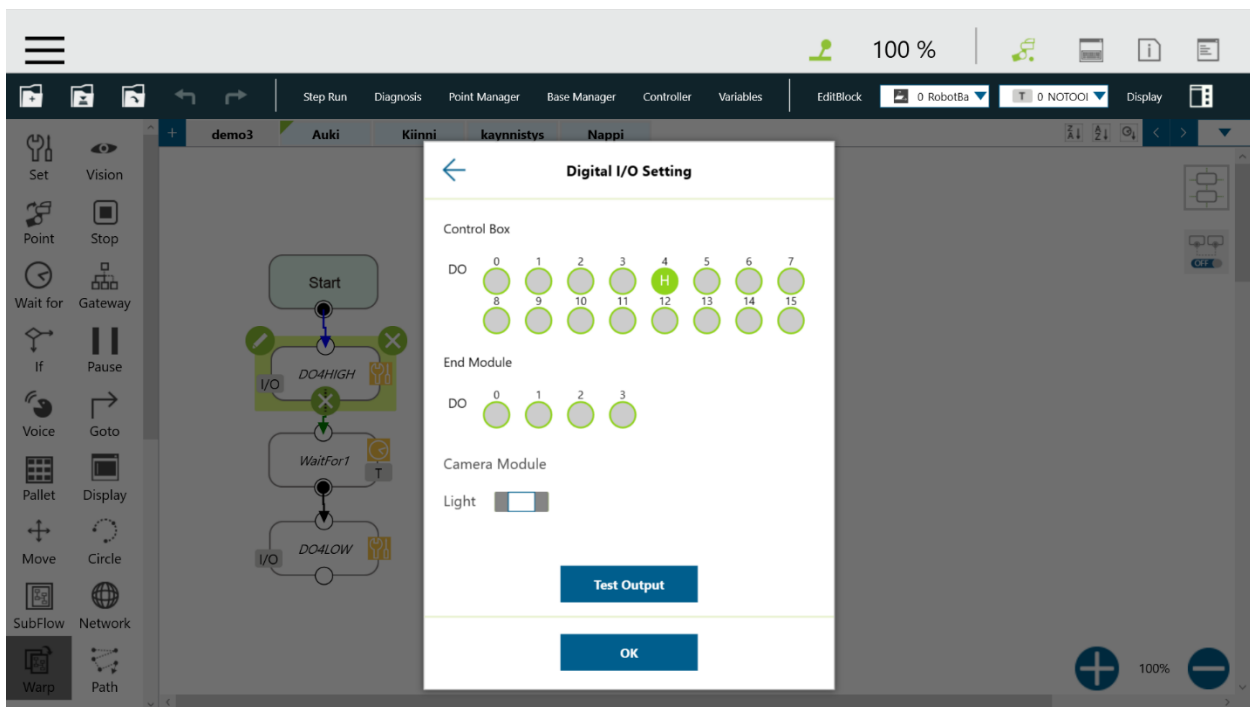


KUVA 21. Ohjaukseen tehdyt muutokset



KUVA 22. Laajempi kuva ohjaukseen tehdyistä muutoksista.

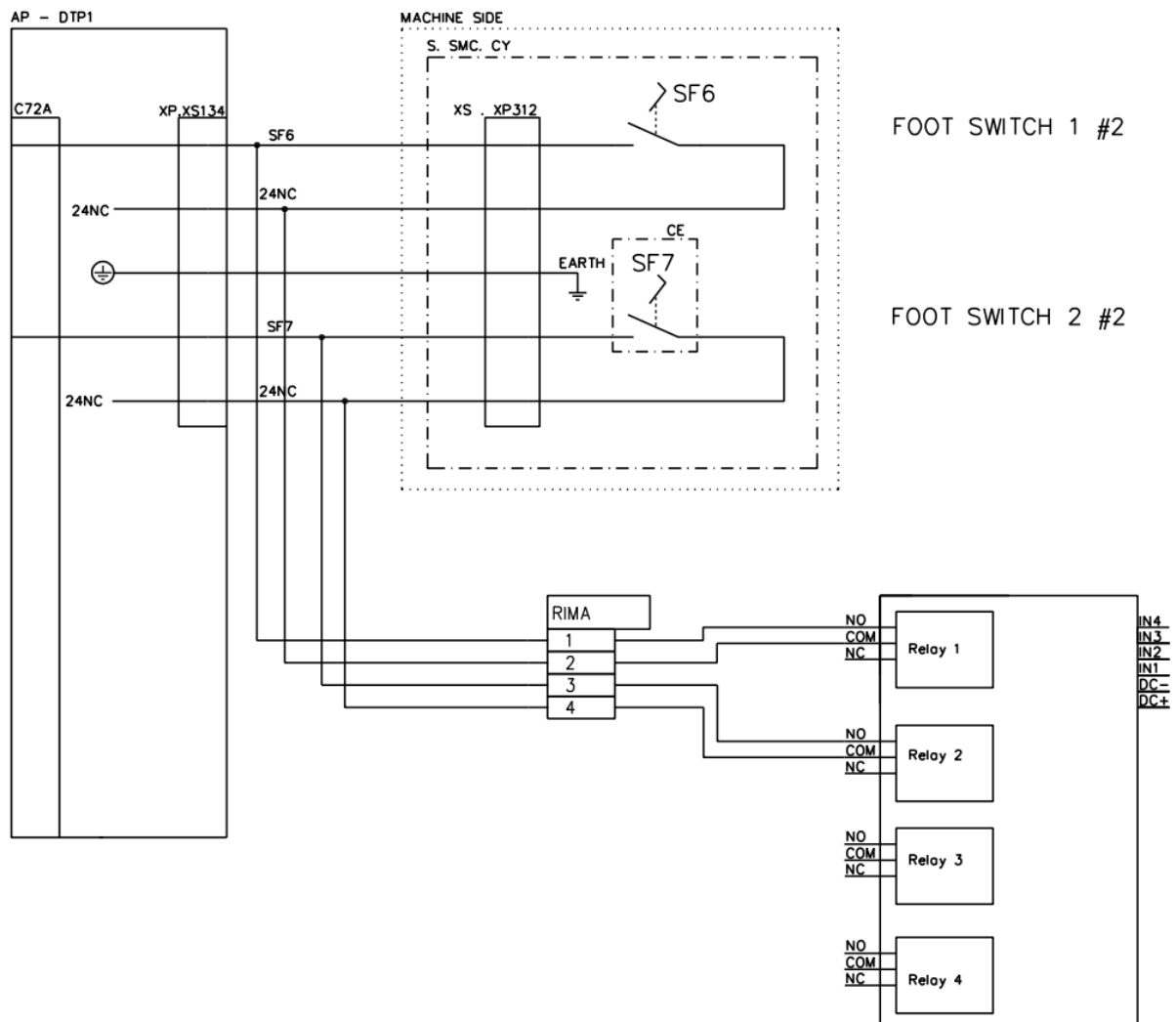
Seuraava vaihe oli etsiä sopiva relekortti, joka sopii sorvin ja robotin ohjausjännitteille. Relemoduuliksi valikoitui 4-kanavainen relemoduuli, jota toimii 24 V:n jännitteellä. Sovellukseen tarvitaan vain 2 kanavaa, mutta valitsin kyseisen, koska 4-kanavaisia halutulla ohjausjännitteellä oli paremmin saatavilla. Saatuani moduulin tein TM flow -ohjelmalla ohjelman, jolla testasin releiden toimivuuden (KUVA 23).



KUVA 23. Testiohjelma

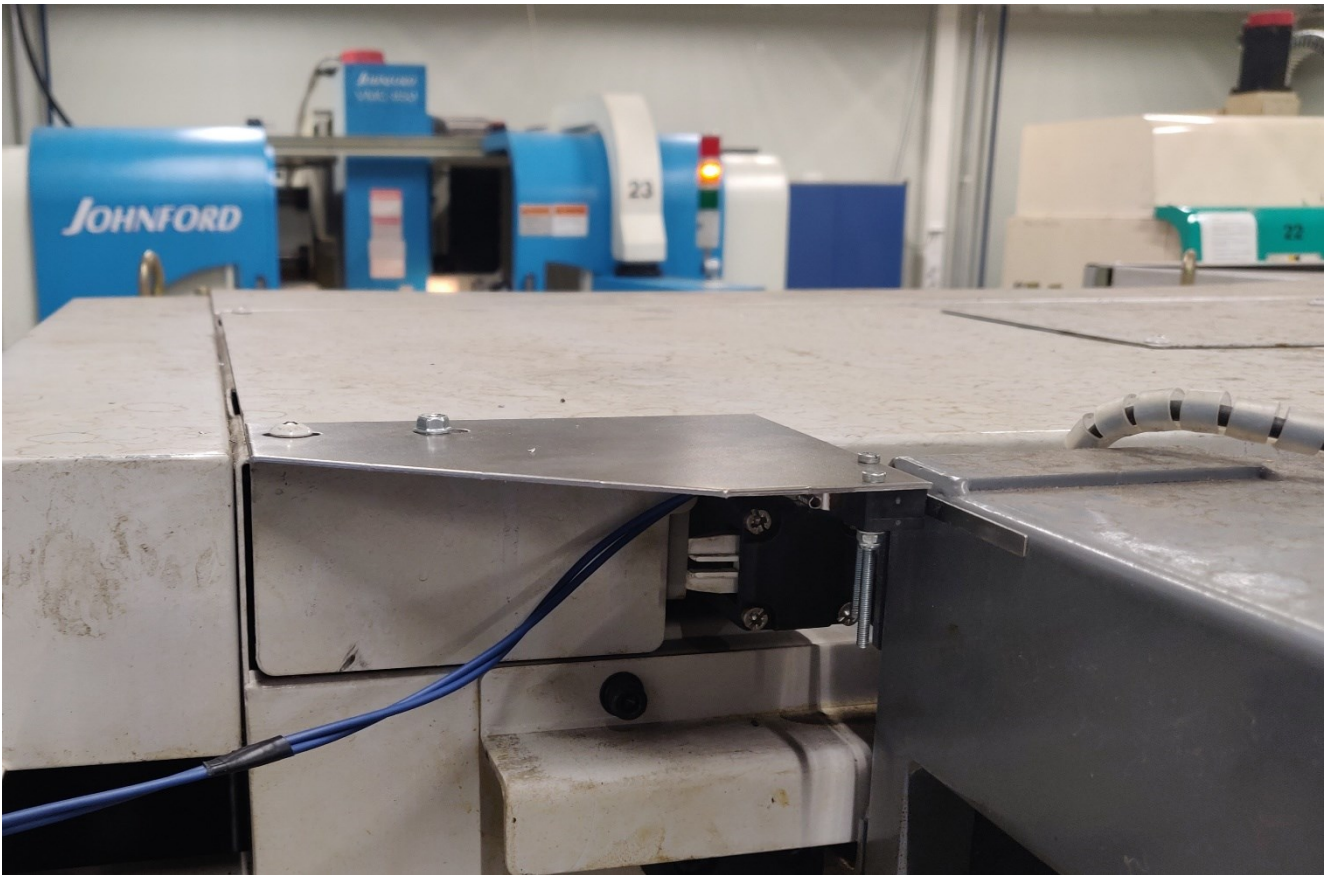
Kun olin todennut releet toimiviksi, oli seuraavana vuorossa ohjelman suunnittelu ja sen toteuttaminen. Aloitin tekemällä ohjelman releiden ohjauksen osalta valmiiksi, ja lopun ohjelman niin pitkälle kun voin. Näin ollen ei tarvitse koko ohjelmaa tehdä alusta paikan päällä, ja sen saa valmiiksi pienin muutoksin. Saatuani robotin sorvin ääreen sovimme sorvattavasta kappaleesta, koska sorvi lopuksi katkaisee aihion haluttuun mittaan, päädyimme kappaleeseen, jossa on kaksi työvaihetta, jossa kappale käännetään ja sorvataan toinen puoli ensin.

Yhdistin myös releet robotilta sorviin, ja tein pakan ohjaukseen tarvittavat johdotukset. Relekorttiin syötetään käyttöjännite robotilta. Jokaisella releellä on oma pinni, josta sitä ohjataan robotin IO:n kautta (KUVA 24).



KUVA 24. Lopullinen kaavio pakan ohjaukselle. (Mukaillen DMG Mori Seiki Co, 1998)

Seuraavaksi testasin, että ohjaus toimii, ja se toimikin suunnitellusti. Testaamisen jälkeen aloin tutkia miten robotti saisi tiedon siitä, milloin sorvin ovi on auki. Kävin läpi eri vaihtoehtoja ja päädyin siihen vaihtoehtoon, että tehdään sorvin oveen yksinkertainen rajakatkaisija. Suunnittelin ja piirsin katkaisijaa varten levystä sille pidikkeen paperille, jonka jälkeen se piirrettiin puhtaaksi ja tehtiin Kpedun konepajalla.



KUVA 25. Rajakatkaisija ja sen teline

Katkaisijaksi valikoitui mekaaninen rajakytkin yksinkertaisuuden vuoksi. Katkaisijassa on 3 liitintä: NC (Normally closed), NO (Normally open) ja COM (Common). Katkaisijan sulkeutuessa NO:n ja COM:n välinen piiri sulkeutuu ja NC avautuu. Kun NC ja COM kytketään robottiin, sorvin avautuessa piiri sulkeutuu, ja robotti saa inputista tiedon, että ovi on auki (KUVA 25).

Sorvissa voidaan M-koodien avulla avata ja sulkea ovi automaattisesti. Robotin ei tarvitse kuin syöttää kappale, ohjata pakkaa ja painaa fyysisesti nappia. Alun perin oli tarkoituksena myös käynnistää ohjelma ilman fyysistä napin painamista. Tutustuttuani robottiin ja käytyäni sähkökaaviot läpi tuli selväksi, että käynnistäminen ilman napin painallusta ei olisi mahdollista ilman isoja muutoksia sorvin ohjauspaneeliin. Tähän emme halunneet ryhtyä, joten käynnistämme ohjelman robotilla napista. Robotin tarttuja on liian iso painaakseen nappia, joten käytin apuna kumista tehtyä kappaletta, jolla tarttuja painaa nappia. Kappale oli juuri sopiva kyseiseen tarkoitukseen.

Kävin läpi eri vaihtoehtoja kappaleen paikalle ja sen telineelle, jotta kappale pysyisi pystyssä oikeassa asennossa. Ilman telineitä kappale pysyi kuitenkin hyvin pystyssä. Päätin varmuuden vuoksi käyttää

hyväkseni robotin kameraa kappaleen löytämisessä, jotta robotti ottaisi aina oikeasta kohdasta kiinni. Kameran ansiosta robotti löytää aina kappaleen, vaikka se liikkuisikin jostain syystä eri kohtaan (KUVA 26).



KUVA 26. Sorvin ja sen ohjauspaneeli

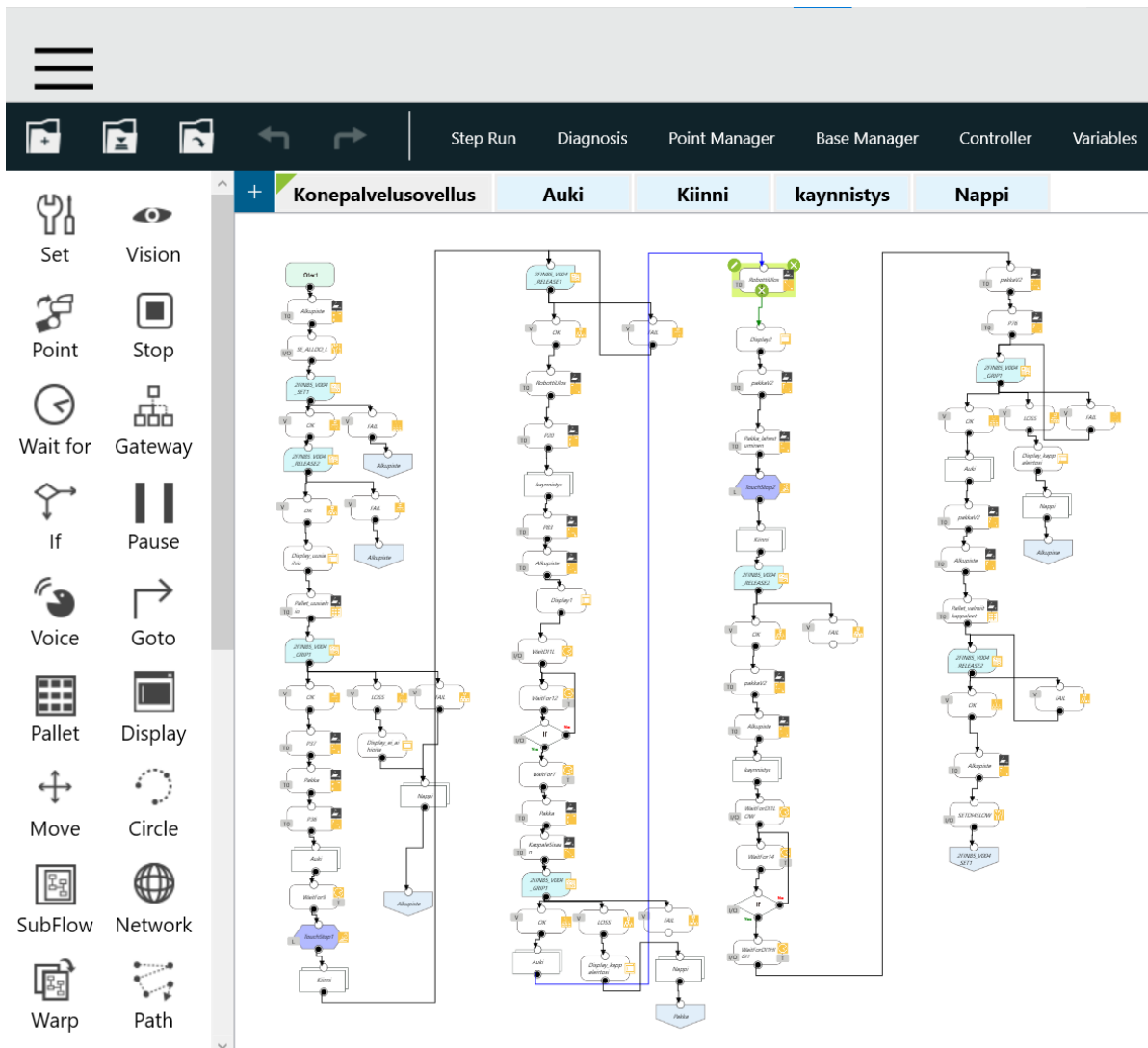
Kun olin saanut ratkaistua haasteet käynnistyksen osalta, aloin muokata aiemmin tekemääni ohjelmaa liikkeitten osata. Aluksi ajoimme sorvilla sorvattavan kappaleen, jotta tiedän mistä robotti voi parhaiten ottaa kiinni. Käytännön asioiden vuoksi sorvattava kappale sorvataan kahdessa osassa, jossa robotti kääntää kappaleen puolivälissä. Aihion syöttämisessä yksi haaste oli saada aihio pakkaan vastinta vasten, jolloin kappaleesta saadaan kunnolla kiinni. Tällöin ei sorvi sorvaa liian isoa lastua. Sillä myös estetään mahdollinen aihion irtoaminen.



KUVA 27. Sorvin pakka

Touch stop "Noden" avulla sain lopulta toimimaan. "Noden" avulla voidaan asettaa kappale pintaa vasten, kun se koskettaa pintaa (KUVA 27). Kyseiseen tarvitaan vain kappaleen ja takarajan etäisyys millimetreissä ja voima, jonka kohdatessaan robotti pysähtyy. Saatuani tämän toimimaan oli jäljellä enää ohjelman hiominen ja viimeistely.

4.2 SOVELLUKSEN OHJELMA



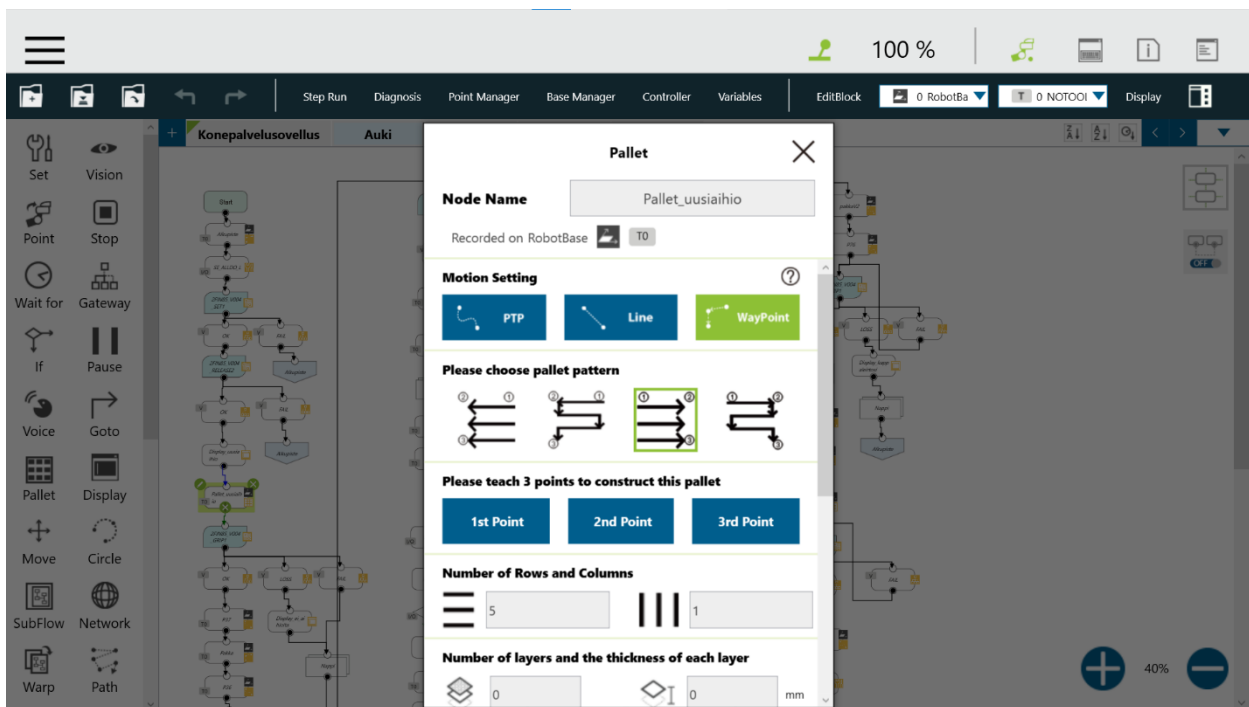
KUVA 28. Sovelluksen ohjelma

Robotin ohjelmointi on vuokaaviiohjelmointia, joka muodostuu erityyppisistä ”nodeista” joilla kullakin on oma tehtävänsä (KUVA 28). Ohjelmointi on helppoa, ja sitä voidaan opettaa käsin. Kun painetaan free-nappia pohjassa, voidaan robottia liikuttaa myös käsin. Robotin ollessa halutussa paikassa painetaan point-nappia. Tämä tallentaa kyseisen pisteen ohjelmaan. Tällä tavalla jatketaan, kunnes haluttu reitti on valmis.

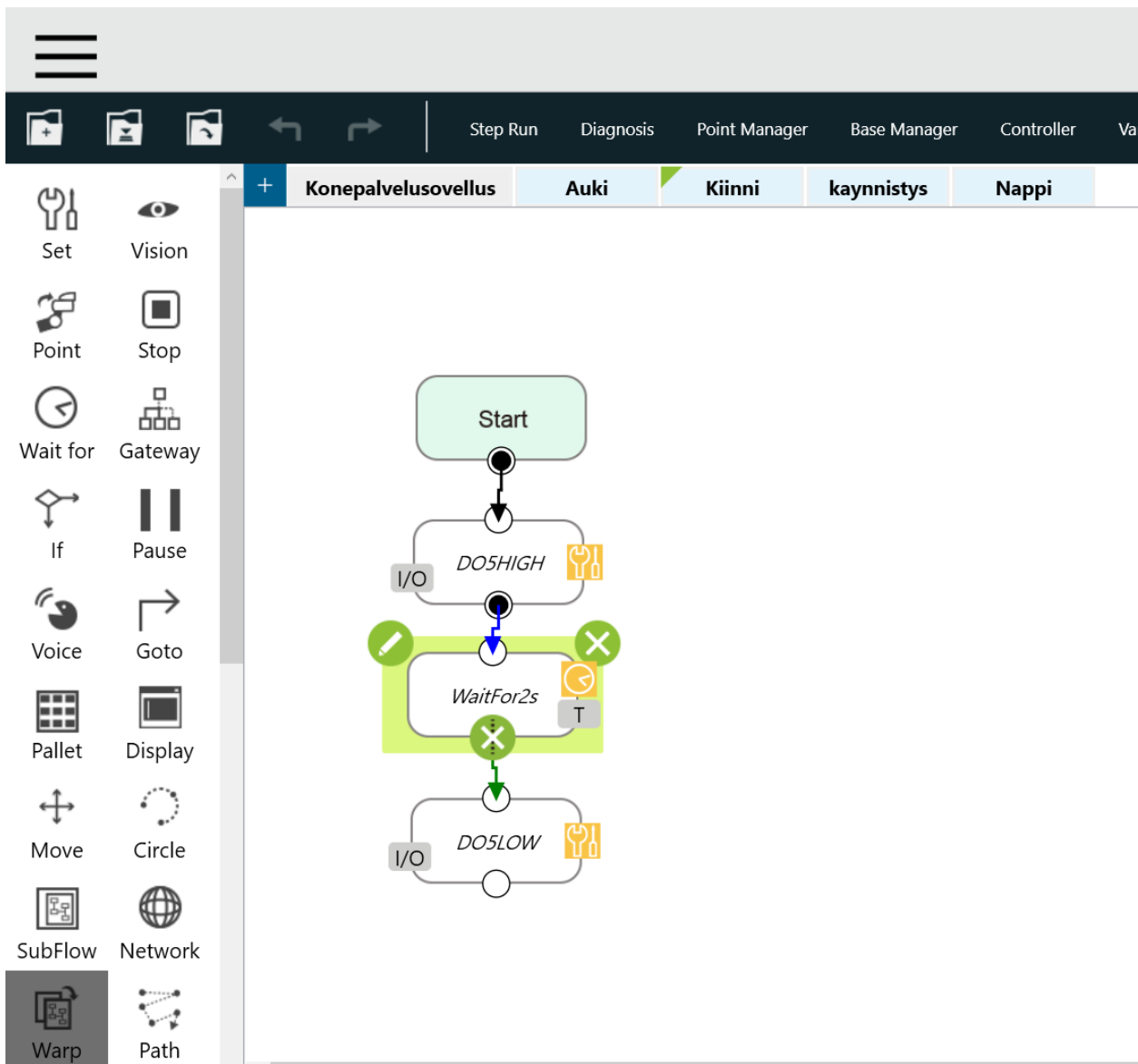
Robotti menee ohjelman aluksi alkupisteeseen, säätää aluksi tarttujan leuat haluttuun asentoon ja myös muut tarttujaan liittyvät arvot kuten leukojen nopeuden ja niiden voiman. Tämän jälkeen robotti hakee sorvattavan aihion pöydältä, ja asettaa sen sorvin leukoihin. Robotti varmistaa ohjelmassa, että ovi on

auki, ja että sorvin pakka on auki. Robotti seuraavaksi käynnistää ohjelman, ja odottaa että ovi menee kiinni. Oven avauduttua uudelleen, kääntää robotti aihion tehdäkseen kappaleen toisen vaiheen. Jos ovi ei mene kiinni ilmoittaa robotti siitä näytölle tulevalla tekstillä. Kappaleen ollessa valmis, robotti asettaa sen pöydälle, tämän jälkeen ohjelma alkaa alusta.

Aihioille ja valmiille kappaleille on oma ”paletti” josta ne otetaan ja johon laitetaan. Paletin täyttöjärjestyksen ja sen kuinka monta saraketta ja riviä paletissa on voi itse päättää. Robotti osaa laittaa kappaleita myös kerroksittain, kunhan robotille ilmoitetaan vain yhden kerroksen paksuus (KUVA 29).

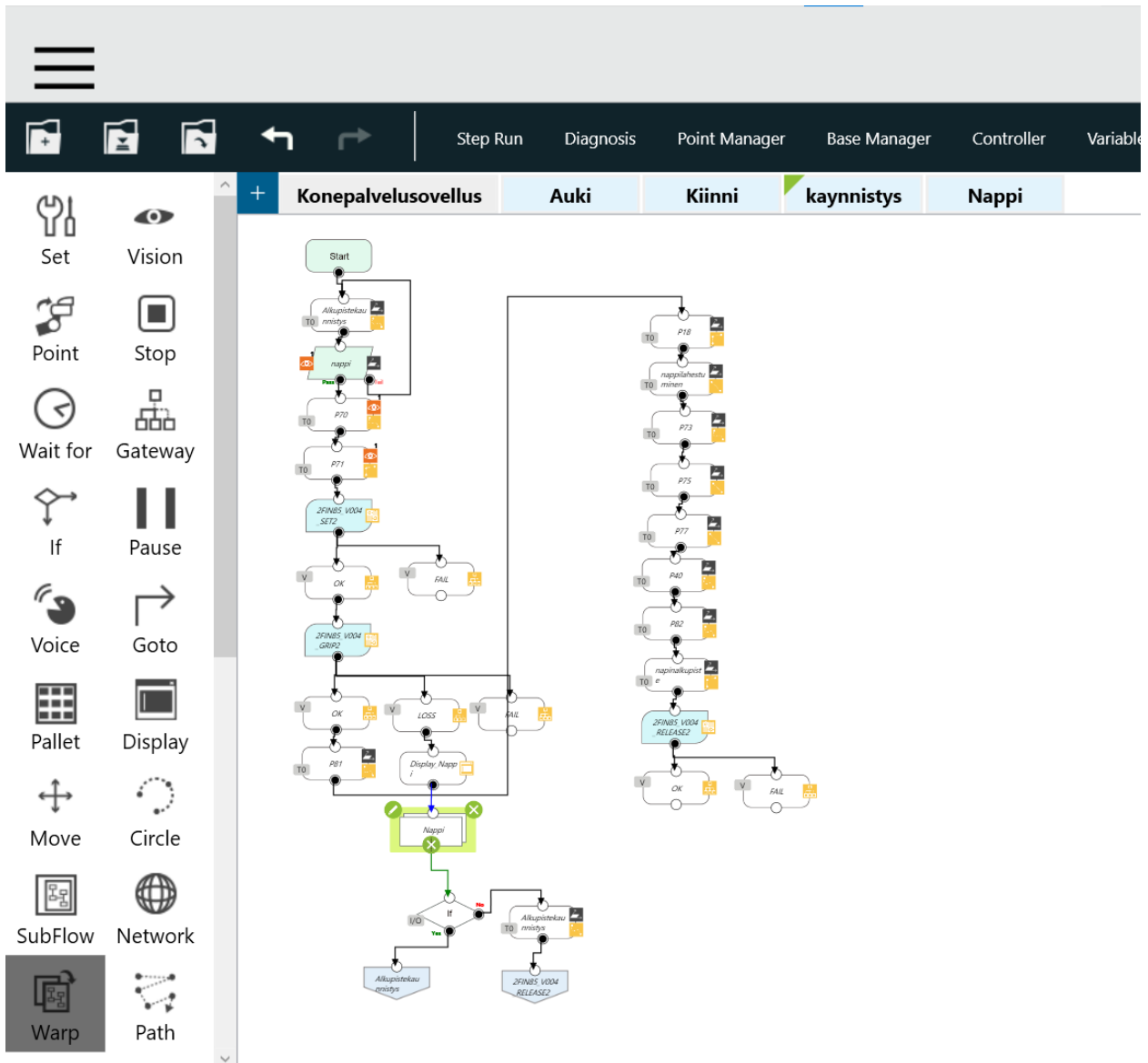


KUVA 29. Sovelluksen paletti



KUVA 30. Sorvin pakka kiinni aliohjelma.

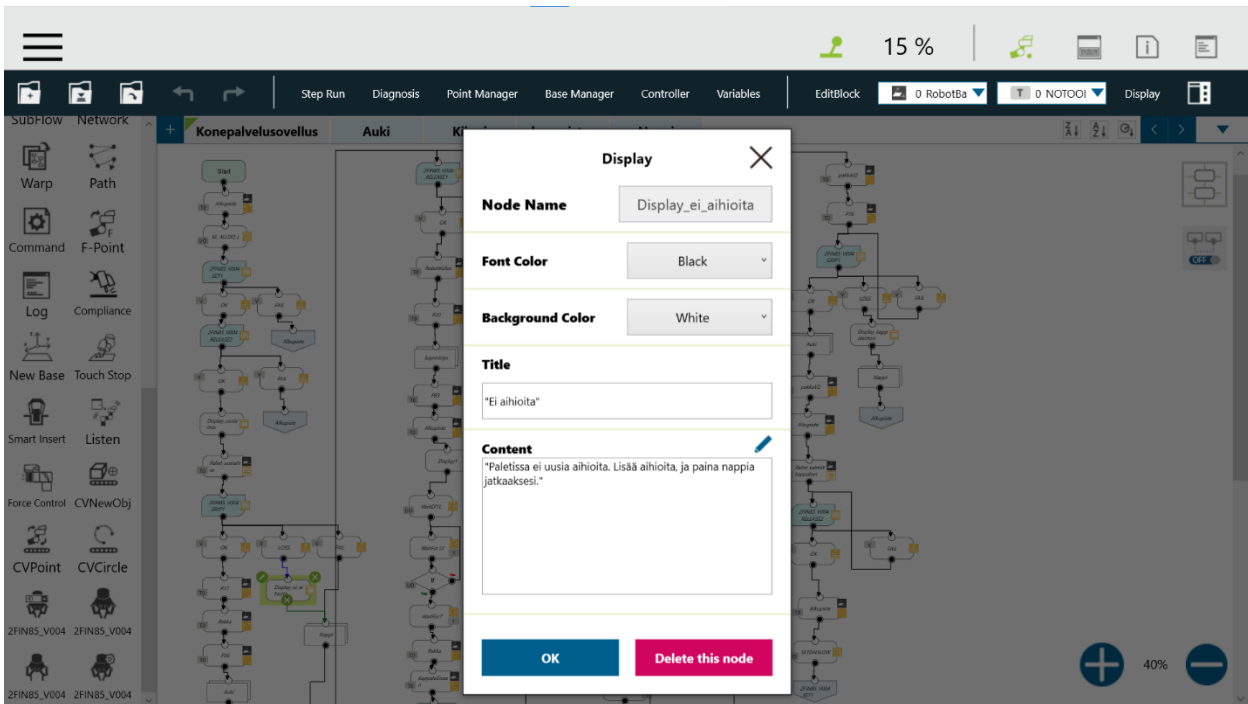
Ohjelmassa pakan ohjaamiselle ja sorvin käynnistykselle tein omat aliohjelmat, jotta pääohjelma olisi selkeämpi ja helppolukuisempi. Testaaminen on myös nopeampaa (KUVA 30).



KUVA 31. Sorvin käynnistysaliohjelma.

Käynnistysaliohjelmissa käytin hyväksi robotin kameraa kappaleen löytämiseen (KUVA 31). Käynnistäminen onnistuu kyllä ilman kameraakin, mutta koska testausvaiheessa napin kappaleella ei ollut erillistä telinettä, päätin käyttää sitä sen varalta, jos kappale liikkuisikin muutaman millin eri kohtaan.

Kamera tunnistaa kappaleen värin ja muodon perusteella tietyltä alueelta kameran ”näkökentästä”. Kameran ainoa heikkous on valoisuuden muutos, jolloin kuva saattaa olla liian kirkas tai tumma löytääkseen kappaleen. Ohjelmassa on otettu huomioon erilaiset vikatilanteet, kuten aihoiden loppumiset, kappaleen irtoaminen tarttujasta yms. Robotti ilmoittaa vikatilanteesta näytöllä (KUVA 32). Ilmoittamiseen on mahdollista käyttää myös ääntä, mutta sitä ei tässä sovelluksessa käytetty.



KUVA 32. Aihiot loppu.

4.3 SOVELLUKSEN TESTAUS

Testasin sovellusta ensimmäiseksi yhdellä kappaleella varmistaen, että kaikki liikkeet toimivat halutulla tavalla. Testasin ensimmäisellä kerralla 5 %:n nopeudella, jonka jälkeen myös nopeammalla. Sain sovelluksen toimimaan halutulla tavalla muutaman virheen jälkeen. Tämän jälkeen viimeistelin robotin liikkeet paremmiksi. Lopuksi testasin myös sovellusta 5 ahiolla. Sovellus toimi halutunlaisesti, ja robotti myös asetteli valmiit kappaleet palettiin (KUVA 33). Testaamisvaiheessa oli ahioiden paikat merkitty teipillä fyysisen jigin puuttumisen vuoksi.



KUVA 33. Aihio ja valmis tuote.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella, ja toteuttaa konepalvelusovellus, jossa robotti syöttää sorville kappaleita. Tarkoituksena oli automatisoida CNC-sorvi. Tarkoituksena oli kehittää sovellus, jossa saavutettaisiin parempi tuottavuus, ja pienentää kappalekustannuksia. Konepalvelusovellus toimi niin kuin pitikin. Käytännön rajoitteiden vuoksi kuitenkin yhden kappaleen valmistamiseen kului enemmän aikaa kuin oli tarpeen. Sorvi käynnistettiin robotilla fyysisesti napista siihen tarkoitukseen tehtyä kappaletta hyväksi käyttäen. Sorvi olisi teoriassa mahdollista käynnistää robotilla ilman napin painallusta, mutta se vaatisi sorvin ohjauspaneelin aukaisemista, ja johtojen juottamista napille. Tähän emme halunneet kuitenkaan ryhtyä.

Aloitin opinnäytetyön tekemisen tammikuussa. Alussa oli ensimmäisenä ideana ohjata sorvia robotilla sarjaportin välityksellä. Kyseisessä sorvissa pystyy M-koodien avulla ohjaamaan ovea automaattisesti ohjelman alussa ja lopussa. Tämän vuoksi aloin tutkia kyseistä mahdollisuutta.

Lopulta kuitenkin testattuani, ja ollessani yhteydessä valmistajaan, tuli selväksi, että kyseinen ei olisi mahdollista ilman isoja muutoksia sorvin ohjelmaan ja sen ohjaukseen.

Vaikka kyseisessä menikin jonkin verran aikaa erilaisten ongelmien kuten ajuriongelmiin, ei aika mennyt kuitenkaan hukkaan. Kyseisenä aikana tutustuin tarkasti sarjaporttien toimintaan, ja niiden välillä tapahtuvaan kommunikointiin.

Tämän jälkeen kuitenkin opinnäytetyön tekeminen viivästyi vallitsevan pandemian vuoksi, jolloin en päässyt tekemään opinnäytetyötä suunnittelua pitemmälle. Pääsin kuitenkin tekemään opinnäytetyön käytännön osuutta joulukuussa robotin oltua lainassa syksyn. Alussa oli myös ideana tehdä sovellus kahdella robotilla, jossa kolmas robotti kuljettaisi kappaleita robottien välillä. Päätin tehdä sovelluksen kuitenkin vain yhdellä robotilla, koska toinen oli sillä hetkellä käytössä 3d-tulostuksessa.

Jos sovelluksessa haluaisi käyttää jotain muuta sorvattavaa kappaletta, ei se vaatisi ohjelmallisesti suuria muutoksia. Kuitenkin testaaminen veisi jonkin verran aikaa.

Omasta mielestäni sovellus onnistui ja toimi hyvin. Sen aikana opin paljon uutta roboteista ja niiden välisestä kommunikoinnista. Tutustuin myös Mir200-kuljetusrobottiin ja sen käyttöön alkuperäisen idean takia, josta kuitenkin luovuin käytännön syiden vuoksi. Sovellus lopuksi testattiin ja todettiin toimivaksi, jonka jälkeen kytkennät purettiin jotta sorvi saadaan taas normaaliin käyttöön.

LÄHTEET

Maaranen, K. 2008. Koneistustekniikat. 3. painos. WSOY Oppimateriaalit. Viitattu 8.10.2020

Techman Robot Inc. 2020a. Hardware Installation Manual. Saatavissa:

https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v10/i624_tm12_and_tm14_series_installation_manual_en.pdf Viitattu 8.10.2020

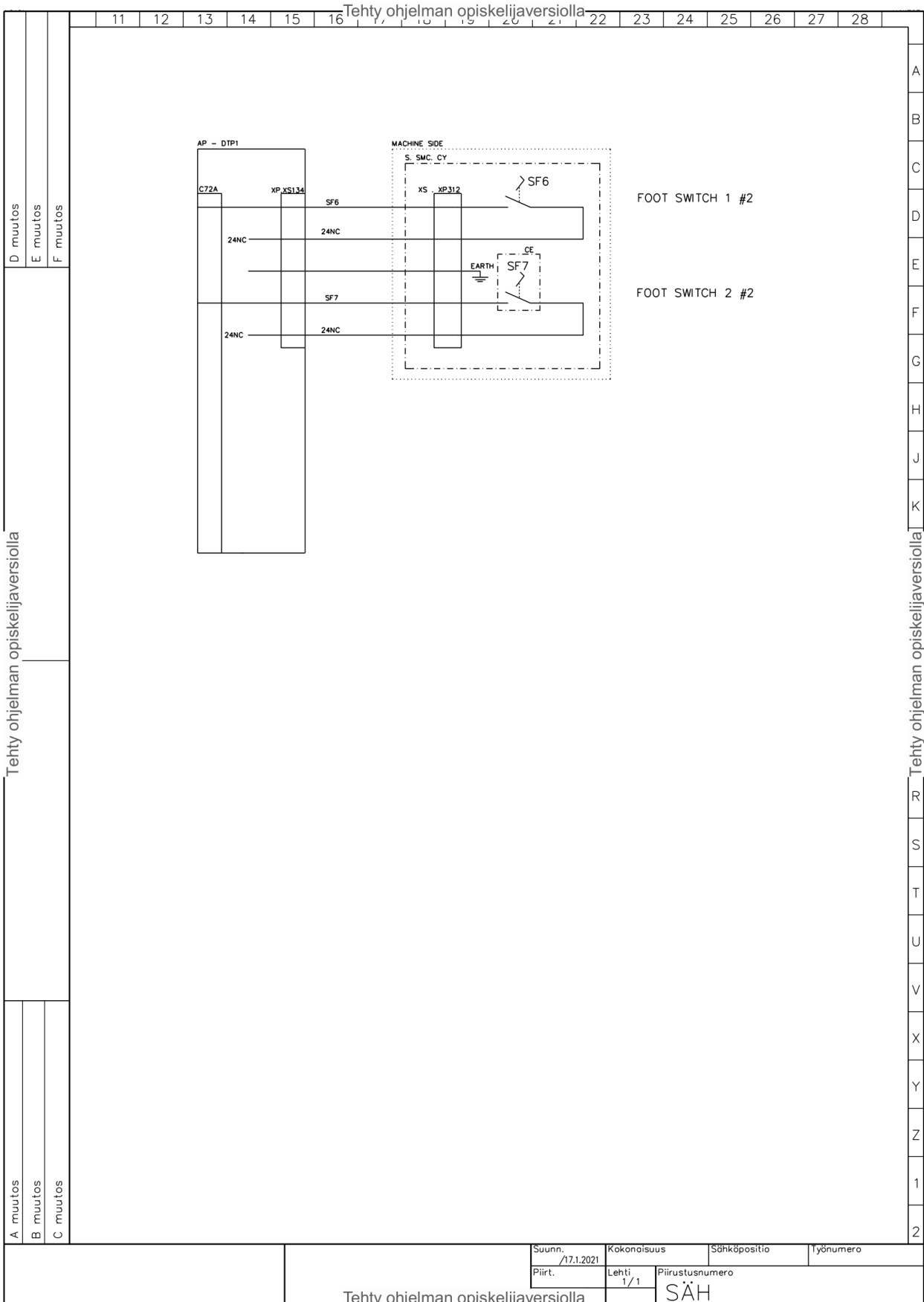
Techman Robot Inc. 2020b. Software Manual TMflow. Saatavissa:

https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v8/i626_tm_flow_software_installation_manual_en.pdf Viitattu 9.10.2020

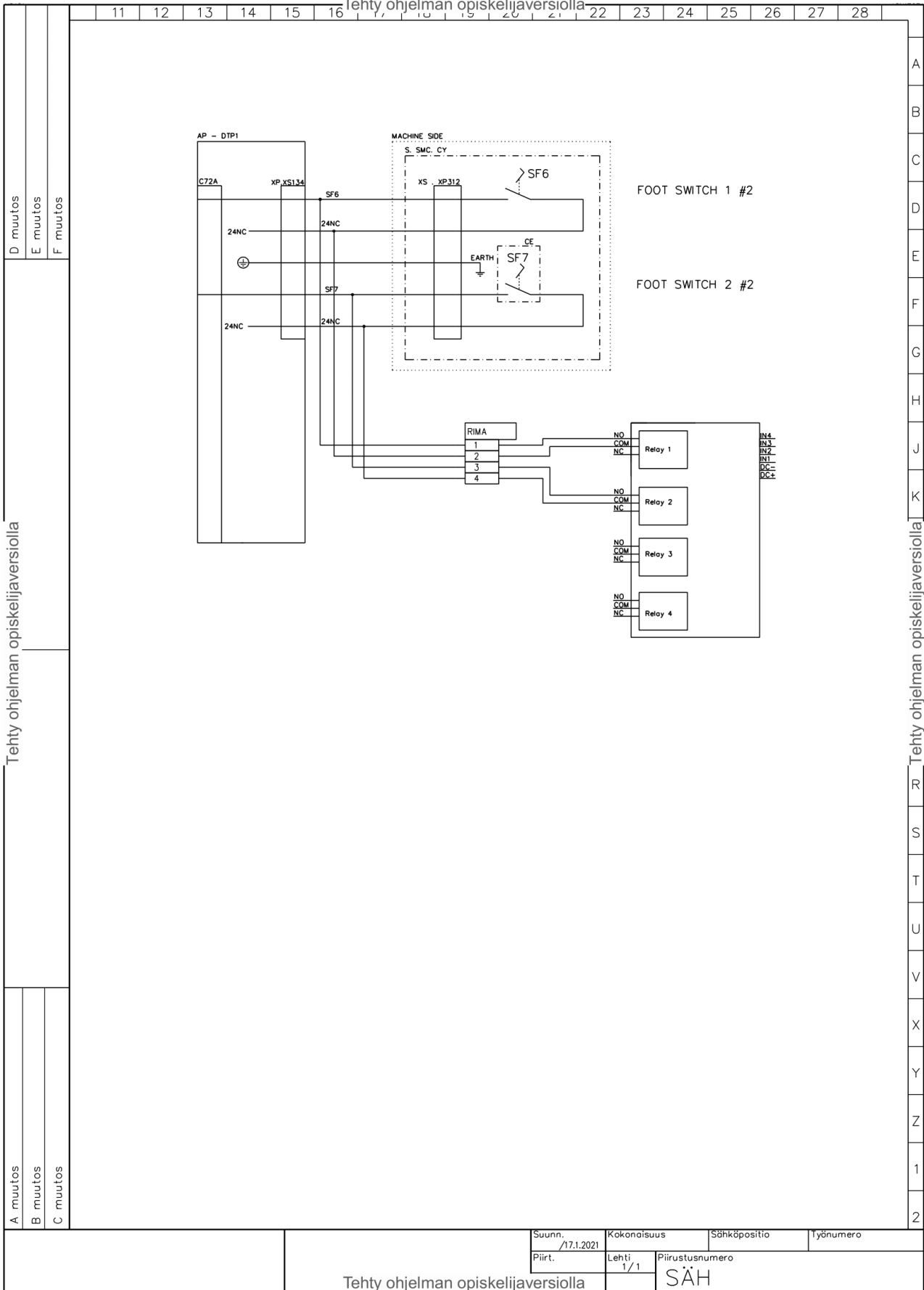
DMG Mori Seiki. 1998. Mori Seiki SL250 Electrical Circuit diagram. Viitattu 4.3.2021

Motion Control & Motor Association. 2016. ISO/TS 15066 Explained. Saatavissa:

https://www.motioncontrolonline.org/content-detail.cfm/Motion-Control-News/ISO-TS-15066-Explained/content_id/1729 Viitattu 1.4.2021



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

Suunn.	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
/17.1.2021			
Piirt.	Lehti	Piirustusnumero	
	1/1		

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

SÄH

