



Arto Eronen

**FESTO MPS -LAITTEISTON OHJAUKSEN TOTEUTUS OMRON
CP1L -LOGIIKALLA**

**FESTO MPS -LAITTEISTON OHJAUKSEN TOTEUTUS OMRON
CP1L -LOGIIKALLA**

Arto Eronen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma, projektointi

Tekijä(t): Arto Eronen

Opinnäytetyön nimi: Festo MPS -laitteiston ohjauksen toteutus Omron CP1L -logiikalla

Työn ohjaaja(t): Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 38 + 5 liitettä

Työ tehtiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan osastolle. Osastolla on opetuskäytössä Festo MPS -laitteisto. Työssä toteutetaan MPS-laitteistoon Omron CP1L -logiikkaliitynnät, laaditaan aiheesta projektointiohje ja luodaan logiikkasovellus. Työn tarkoitus on saada MPS-laitteiston tuotantoyksiköt toimimaan Omronin logiikalla ja samalla lisätä MPS-laitteiston käyttövalmiutta eri opintojaksoilla.

Työ kattaa Omron CP1L -logiikan liitännöiden suunnittelun ja rakentamisen MPS-laitteistoon, logiikkasovelluksen luomisen ja projektointiohjeen laatimisen. CP1L -logiikkaliitynnät rakennettiin käyttämällä MPS-laitteistossa olevia I/O-terminaaleja, mikä mahdollistaa tulo- ja lähtötietojen kytkemisen tiedonsiirtokaapeleilla. Logiikkasovellus luotiin sekvenssiohjelman siirtorekisteritoimilohkoa apuna käyttäen. Projektointiohje tehtiin pääpiirteissään työn suoritus -osiota seuraamalla. Tarvittavat tiedot työn toteutukseen haettiin pääasiassa laitteiston toimittajan dokumenteista sekä Internetistä.

Työn tuloksena saatiin logiikkakokoonpano, joka voidaan liittää tiedonsiirtokaapeleilla Festo MPS -laitteiston tuotantoyksiköihin. Työn tavoitteet saavutettiin ja tulevaisuudessa on mahdollista harjoitella Omron CP1L -logiikoiden ohjelmointia Festo MPS -opetuslaitteiston avulla.

Asiasanat:

Festo MPS, Omron CP1L, CX-One, CX-Programmer, ohjelmoitava logiikka, siirtorekisteri

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 FESTO MODULAARINEN TUOTANTOJÄRJESTELMÄ	6
2.1 Jakeluasema	9
2.2 Testausasema	9
2.3 Käsittelyasema	9
2.4 Prosessointiasema	10
2.5 Lajitteluasema	10
2.6 Laitteiston rakenne	10
2.7 Laitteiston liitynnät	12
3 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT	14
3.1 Logiikan rakenne	14
3.2 Omron CP1L	16
3.3 Logiikan ohjelmointi	17
3.3.1 CX-One-ohjelmisto	18
3.3.2 Tikapuukaavio-ohjelmointikieli	19
3.3.3 Osoitteen määräytyminen	20
4 MPS-LAITTEISTON OHJAUS OMRON CP1L -LOGIIKALLA	22
4.1 Omron CP1L -logiikan liitynnät	22
4.2 Logiikkasovelluksen ohjelmointi	26
4.2.1 Symboli- ja askeltaulukot	28
4.2.2 Sekvenssiohjelma siirtorekisterin avulla	30
4.3 Käyttöönotto ja testaus	33
4.4 Projektointiohje	34
5 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	37
Liite 1 Kokoonpanokuva	
Liite 2 Pääkaavio	
Liite 3 Piirikaavio	
Liite 4 Logiikkasovellus	
Liite 5 Projektointiohje	

1 JOHDANTO

Tekniikan kehittyessä on opetuslaitteistojen ja menetelmien pystyttävä vastaamaan työelämän tarpeisiin. Käytännön pätevyysvaatimukset on otettava huomioon oppilaiden koulutuksessa, jossa varsinkin opetuslaitteistojen merkitys korostuu.

Oulun seudun ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan osastolla on opetusikäytössä Festo MPS -laitteisto. Laitteistoa käytetään logiikkaohjelmoinnin opetuksessa ensimmäisien vuosikurssien opiskelijoille. Työn tilaajan ammattikorkeakoulun lehtori Timo Heikkisen toimeksiantona laitteistoon luodaan mahdollisuus liittää Omron CP1L-logiikka. Tällä halutaan lisätä Festo MPS -laitteiston käyttövalmiutta eri opintojaksoilla.

Opinnäytetyön kaksi pääasiallista tavoitetta on saada Festo MPS -laitteiston tuotantoyksiköt toimimaan Omronin ohjelmoitavalla logiikalla ja laatia aiheesta projektointiohje. Logiikkamuutos käsittää mahdolliset laite-, kytkentä- ja ohjelmamuutokset. Projektointiohjeen tarkoitus on toimia opiskelijoille esimerkkinä aiheeseen tutustuttaessa sekä apuna laitteistoa käyttöön otettaessa laboratorioitöiden alussa. Työn lopuksi laaditaan malliohjelma, joka testaa logiikkamuutoksen toimivuuden ja tarvittaessa toimii lisäapuna logiikkaohjelmoinnin opinnoissa.

2 FESTO MODULAARINEN TUOTANTOJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyössä esiintyvä Festo MPS (Modular Production System) -laitteisto tarkoittaa tässä yhteydessä Oulun seudun ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan osaston opetuslaitteistoa. Festo MPS -laitteisto on Festo Oy:n tuottama ja toimittama modulaarinen tuotantojärjestelmä. Festo Oy on yksi maailman johtavista automaatioteknologian toimittajista ja kouluttajista. (1.)

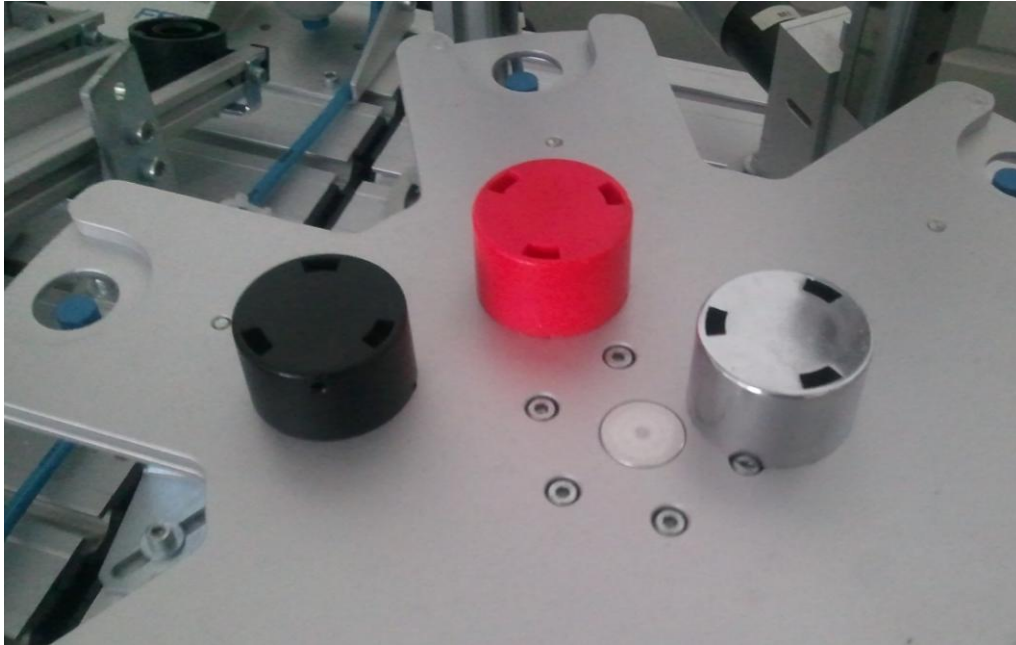
MPS -laitteisto sisältää prosessiautomaation keskeisiä osa-alueita, kuten sähkötekniikkaa, pneumatiikkaa, anturitekniikkaa, kuljetintekniikkaa ja ohjelmoitavia logiikoita. Laitteisto koostuu viidestä eri tuotantoyksiköstä, toisin sanoen osaprosessista. Tuotantoyksiköitä voidaan käyttää yksinään, rinnan toisen tuotantoyksikön kanssa tai ne voidaan linkittää yhdeksi tuotantojärjestelmäkokonaisuudeksi. Tuotantojärjestelmää voidaan käyttää eri variaatioilla muuttamalla tuotantoyksiköiden järjestystä tai esimerkiksi vaihtamalla kahden tuotantoyksikön paikkaa keskenään. Kaikki mahdolliset järjestykset eivät kuitenkaan ole mahdollisia ja näin tehtäessä voi joidenkin komponenttien säätäminen tai vaihtaminen olla tarpeellista virheettömän toiminnan takaamiseksi. Laitteiston tuotantoyksiköt ovat seuraavat (kuva 1):

- Distribution Station (Jakeluasema)
- Testing Station (Testausasema)
- Handling Station (Käsittelyasema)
- Processing Station (Prosessointiasema)
- Sorting Station (Lajitteluasema). (2, s.12.)



KUVA 1. Festo Modular Production System

Tuotantoyksiköiden voidaan ajatella muodostavan pienoismalli kappaletavara-teollisuuden tuotantolinjastosta. Prosessi kuljettaa käsiteltäviä työkappaleita eteenpäin tuotantojärjestelmässä, jossa jokaisella tuotantoyksiköllä on oma yksilöllinen osaprosessi. Osaprosessien tehtäviin kuuluu muun muassa työkappaleiden kuljetus, mittaus, tarkistus ja lajittelu niiden materiaalisten ominaisuuksien mukaan.(2, s. 12.) Tuotantojärjestelmässä käsiteltävät työkappaleet ovat nähtävissä kuvassa 2. Työkappaleita on väreiltään kolme erilaista: musta, punainen ja kirkas.



KUVA 2. Tuotantojärjestelmässä käsiteltävät työkappaleet

MPS -laitteiston tuotantoyksiköt toimivat 24 VDC käyttöjännitteellä ja 4 yksikköä käyttää toimintoihinsa 4–6 bar:n operointi-ilmanpainetta. Käyttöjännitettä varten tuotantoyksiköt vaativat erillisen teholähteen ja paineilmaa varten paineilmalinjaston. Taulukossa 1 on nähtävissä MPS -laitteiston opinnäytetyön kannalta keskeisiä teknisiä tietoja. Tuotantoyksiköiden laitteistoa ja toimintoja käydään tarkemmin läpi seuraavissa luvuissa.

TAULUKKO 1. MPS-laitteiston teknisiä tietoja

Tuotantoyksikkö	Tehonsyöttö	Operointi ilmanpaine	Sisääntulot (inputs)	Ulostulot (outputs)	PC-PLC kytkentä
Distribution	24V DC, 4,5A	6 bar	7	7	TCP/IP
Testing	24V DC, 4,5A	6 bar	7	5	TCP/IP
Handling	24V DC, 4,5A	4 bar	8	7	TCP/IP
Processing	24V DC, 4,5A	ei käytetä	8	8	TCP/IP
Sorting	24V DC, 4,5A	6 bar	8	4	TCP/IP

2.1 Jakeluasema

Distribution-tuotantoyksikkö sisältää seuraavia komponentteja: varastomakasiini, 2-toiminen sylinteri, 180° kääntyvän imukuppitarttuja, rajakytkimiä sekä muita sähkö- ja pneumatiikkakomponentteja. Tuotantoyksikön tehtävänä on siirtää värilliset työkappaleet (punainen, musta, kirkas) varastomakasiinista imukuppi-tarttujalla Testing-yksikön tunnistusalustalle. Jos tuotantoyksiköitä käytetään yhtenä tuotantojärjestelmänä, tarkoitus on, että seuraava työkappale siirretään Testing-yksikköön vasta, kun Testing-yksikkö on käsitellyt edellisen työkappaleen ja siirtänyt sen Handling-yksikköön. (3, s. 59–73.)

2.2 Testausasema

Testing-tuotantoyksikkö sisältää muun muassa seuraavia komponentteja: 2-toiminen sylinteri, 2-toiminen poistosylinteri, hissisylinteri, jousipalautteinen sylinteri, optinen -, kapasitiivinen - ja induktiivinen anturi, pneumaattinen liuku sekä muita sähkö- ja pneumatiikkakomponentteja. Testing-yksikössä tutkitaan käsiteltävien työkappaleiden värit. Kapasitiivinen ja optinen anturi tunnistaa punaisen työkappaleen, induktiivinen ja optinen anturi tunnistaa kirkkaan työkappaleen sekä kapasitiivinen anturi tunnistaa mustan työkappaleen. Työkappaleiden korkeuden tunnistus tapahtuu hissinostimessa, jonka analoginen mittaus-signaali muutetaan komparaattorissa digitaaliseksi tai analogisignaali voidaan liittää suoraan logiikan analogiatuloon. Jos työkappale läpäisee tarkistukset, sylinteri työntää työkappaleen seuraavan tuotantoyksikön käytettäväksi. Jos työkappale ei läpäise tarkistusta, sylinteri työntää työkappaleen hylkäyslinjan liukuun. (4, s. 61–80.)

2.3 Käsittelyasema

Tuotantoyksikkö sisältää muun muassa 2-toimisen sylinterin, 2 liukua, 2-akselisen tarttujan (PicAlfa), optisen anturin ja rajakytkimiä. Tuotantoyksikön tehtävänä on siirtää työkappaleet Testing-yksiköstä Processing-yksikköön tai lajitella työkappaleet kahteen liukuun niiden materiaalistien ominaisuuksien perusteella. Siirtolaite tarttuu Testing-yksikössä hyväksytyyn työkappaleeseen ja siirtää sen Processing-yksikön pyörityspaletille. Siirtolaitteen tehtävänä on työs-

kennellä jatkuvatoimisesti aina Testing-yksikön hyväksytyä työkappaleita linjastossa eteenpäin. (5, s. 59–76.)

2.4 Prosessointiasema

Processing-tuotantoyksikkö sisältää muuan muassa 360° pyörivän paletin, DC-moottorin, porakoneen, induktiivisen anturin, mittausmoduulin, kohdistusmoduulin, optisen anturin, mikrokytkimiä sekä lajitteluportin. Tuotantoyksikön tehtävä on työkappaleiden työstäminen ja työkappaleiden tarkistaminen. Paletti alkaa pyöriä anturin tunnistettua työkappaleen. Paletti pyörähtää kuudesosa kierroksen, jolloin mittausmoduuli tarkistaa onko työkappale asetettuna reikä ylöspäin. Tämän jälkeen paletti pyörähtää jälleen kuudesosa kierroksen, jolloin pora lähtee päälle ja kohdistusmoduuli pitää työkappaleen paikoillaan. Käsitellyt työkappaleet päästetään seuraavaan tuotantoyksikköön sähköisen lajitteluportin kautta. (6, s. 55–69.)

2.5 Lajitteluasema

Sorting-tuotantoyksikkö sisältää muun muassa seuraavia komponentteja: 1- ja 2-toimiset sylinterit, DC-moottorin, hihnakuljettimen, optisen ja induktiivisen anturin, peiliheijasteisen anturin ja kytkimiä. Tuotantoyksikön tehtävänä on työkappaleiden lajittelu niiden materiaalisten ominaisuuksien perusteella. Työkappaleet lajitellaan hihnakuljettimen sivulla oleviin kolmeen varastoliukuun. Kappaleiden pysäytys tapahtuu pneumaattisella topparilla. Työkappaleiden tunnistus puolestaan tapahtuu topparin kohdalla olevan anturin avulla. Peiliheijasteisen anturin tarkoitus on pysäyttää prosessi, jos varastoliu'ut täyttyvät. (7, s. 59–73.)

2.6 Laitteiston rakenne

Rakenteellisia eroavaisuuksia MPS -laitteiston tuotantoyksiköiden välillä ei ole juurikaan. Kukin tuotantoyksikkö on rakennettu omaan asemavaunuunsa, joka toimii asennusalustana kenttälaitteille, eri sähkö- ja pneumatiikkakomponenteille sekä eri liitännöille. Modulaarisen rakenteen johdosta kenttälaitteiden ja komponenttien uusiminen ja vaihtaminen on helppoa. Tuotantoyksiköiden asemavaunut ovat helposti liikuteltavissa pienen ja kevyen rakenteen sekä alustassa olevien pyörien ansiosta. Kuvassa 3 on esitettyinä Distribution-tuotantoyksikkö.



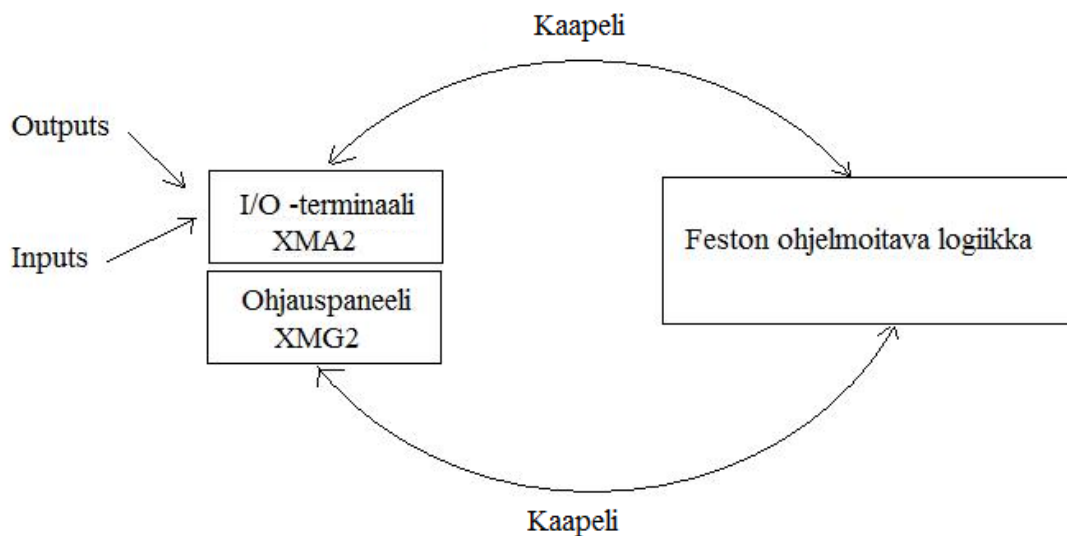
KUVA 3. Distribution-tuotantoyksikkö

Asemavaunut sisältävät opinnäytetyön edellisissä luvuissa läpikäytyjä kenttälaitteita ja komponentteja. Kenttälaitteet on sijoitettu asemavaunujen päälle, missä myös itse prosessi voidaan ajatella tapahtuvan. Kukin tuotantoyksikkö sisältää myös oman ohjauspaneelin, ohjauslogiikan ja sen kytkentälevyn. Ohjauspaneelissa on tuotantoyksikön Start-, Stop- ja Reset-painonapit, manuaali/automaattikytkin sekä merkkivalot painonapeille. Ohjauslogiikkana tuotantoyksiköissä käytetään Festo E.IPC-HC20 -mallin teollisuus PLC:tä. (3.)

Tuotantoyksiköt eroavat toisistaan kahden rakenteellisen ominaisuuden perusteella: mitä kenttälaitteita niissä on käytetty ja kuinka paljon niitä on. Kenttälaitteiden määrä on verrattavissa siihen, kuinka monta I/O-pistettä on kytketty kunkin yksikön logiikkaan. MPS -laitteiston yksikkökohtainen I/O-määrä on nähtävissä taulukossa 1. Huomioitava on myös ohjauspaneelin painonapit sekä merkkivalot, jotka lisäävät jokaiseen yksikköön 4 tuloa ja 3 lähtöä. Esimerkiksi Distribution -yksikön yhteen laskettu I/O-määrä olisi näin ollen 11 tuloa ja 10 lähtöä. (3.)

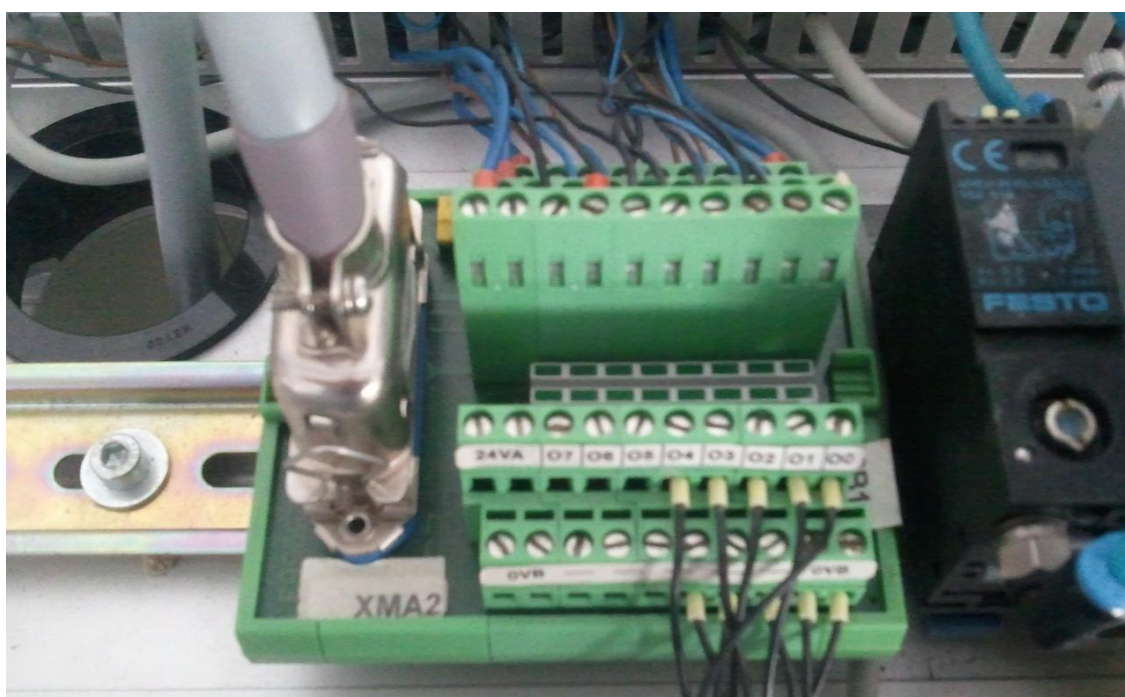
2.7 Laitteiston liitynnät

Kunkin tuotantoyksikön liitynnät Festo MPS -laitteistossa on rakennettu samalla periaatteella. Tuotantoyksiköiden tulot ja lähdöt on johdotettu asemavaunujen päällä olevaan I/O-terminaaliin (XMA2:seen), josta ne kytkeytyvät Feston ohjelmitavaan logiikkaan tiedonsiirtokaapelilla. Ohjauspaneelin (XMG2:sen) tulot ja lähdöt kytkeytyvät samanlaisella kaapelilla Feston ohjelmitavaan logiikkaan. I/O-tietojen lisäksi tiedonsiirtokaapeleilla toimitetaan kenttälaitteiden käyttöjännitteet. Kaapeleina käytetään 21-johdimista Amphenol-tiedonsiirtokaapelia. Kaapeloinnin pystyy tarkastamaan kuvasta 4 ja liitteenä 1 olevasta kaapeloinnin kokoonpanokuvasta.



KUVA 4. Periaatekuva tuotantoyksikön kaapeloinnista

I/O-terminaalin tehtävänä on vähentää ja yksinkertaistaa tuotantoyksiköiden johdotusta. Terminaaliin voidaan liittää yhteensä 8 tuloa ja 8 lähtöä sen riviliittimiin I0...I7 ja O0...O7, josta ne ovat linkitetty 24-pinniseen Centronics-naarasliittimeen. Näin I/O-terminaaliin johdotetut tulot ja lähdöt saadaan vietyä yhdellä kaapelilla haluttuun paikkaan, tässä tapauksessa ohjelmoitavalle logikalle. Terminaalissa on myös 22 kappaletta 0 VDC- ja 12 kappaletta 24 VDC -riviliittimiä kentälaitteille käytettäväksi. Terminaalin 16 ledivaloa ilmaisee tulojen ja lähtöjen tilan. (8.)



KUVA 5. I/O-terminaali (XMA2)

3 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

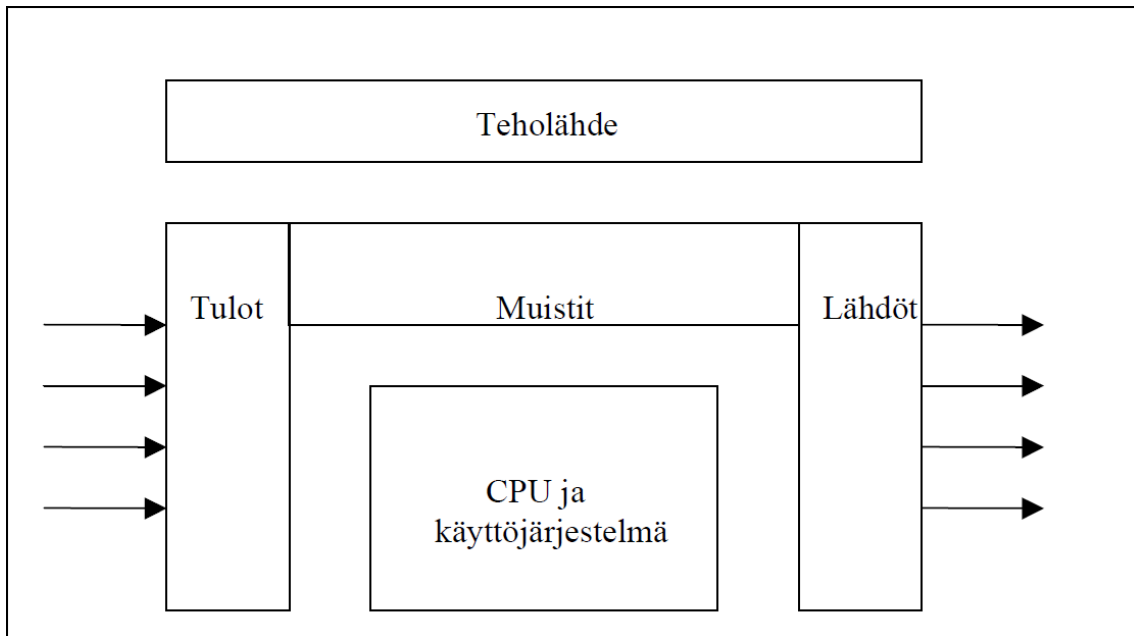
Ohjelmoitavalla logiikalla eli PLC:llä (Programmable Logic Controller) tarkoitetaan erilaisten automaatioprosessien ohjaukseen käytettävää pientä tietokoneyksikköä, joka on varustettu yhdellä tai useammalla mikroprosessorilla. Prosessien laitteiden ohjaus tapahtuu logiikoiden tulojen ja lähtöjen tai väylien kautta niiden muistissa olevien ohjelmien ja parametrien perusteella. Erilaiset kenttäväyläratkaisut ovat lisänneet sarjaliikenteen käyttöä laitteiden viestinnässä sekä hajautetussa I/O:ssa. (9, s. 5–6.)

Logiikat ovat yleisimpiä ohjauslaitteita, joiden toimintojen määrä ja suorituskyky on lisääntynyt prosessoreiden kehityksen myötä. Logiikkamarkkinoita hallitsevat monikansalliset yritykset, joista merkittävimpiä ovat Siemens, Omron, Mitsubishi ja Allen Bradley. (10, s. 102.)

Ohjelmoitavilla logiikoilla pystytään korvaamaan suuri määrä ajastimia ja releitä, mikä helpottaa laitteiden uudelleen ohjelmointia sekä pienentää johdotuksien määrää. Tämä puolestaan pienentää kunnossapidon määrää ja logiikan vika-diagnostiikkatyökalut helpottavat huomattavasti vikatilanteen selvittämistä. (10, s.102.)

3.1 Logiikan rakenne

Ohjelmoitava logiikka on prosessoripohjainen ohjainlaite, joka rakentuu joko modulaarisista tai integroiduista tulo- ja lähtöyksiköitä, muistista sekä teholähteestä (kuva 6). Perinteisesti ohjelmoitavat logiikat jaetaankin kompakteihin ja modulaarisiin logiikoihin. Kompakteissa logiikoissa yhdistyvät edullinen hinta ja pieni koko. Ne ovat rajallisesti laajennettavia noin 10...30 tuloa/lähtöä käsittäviä laitteita, niissä on integroidut tulo- ja lähtöyksiköt, eivätkä ne yleensä vaadi erillistä teholähdettä. Kompaktit logiikat on tavallisesti tarkoitettu pienen järjestelmän tai yhden koneen ohjaamiseen. (10, s. 106.)



KUVA 6. Ohjelmoitavan logiikan lohkokaavio (9)

Modulaariset logiikat ovat tavallisesti keskisuuria tai suuria logiikoita. Modulaariisiin logiikoihin käyttäjä voi itse valita komponentit mieltymyksensä tai käyttötarpeidensa mukaan ja ne ovat jälkeenpäin vaihdettavissa. (10, s. 106.) Modulaarinen logiikka voidaan ajatella koostuvan 6 eri yhteisestä tekijästä:

- teholähdeyksiköstä (PSU)
- keskusyksiköstä (CPU)
- tuloyksiköstä (Inputs)
- lähtöyksiköstä (Outputs)
- asennustelineestä (Rack assembly). (11.)

Teholähdeyksikön tehtävänä on syöttää logiikan keskusyksikön ja I/O-yksiköiden tarvitsema teho. Tehonlähde erottaa samalla logiikan verkosta eli tekee niin sanotun galvaanisen erotuksen. Teholähteet toimivat yleensä 24 VDC:n tai 230 VAC:n käyttöjännitteellä. (11.)

Keskusyksikkö toimii logiikan ”aivoina”. Keskusyksikkö koostuu prosessorista, muistista ja mahdollisista kommunikointiporteista. Keskusyksikön malli määrää,

mitkä ohjelmafunktiot ovat mahdollisia, kuinka paljon siinä on muistia ja miten nopeasti se prosessoi tietoa. (11.)

Tuloyksikön tehtävänä on tuoda tietoa logiikalle. Tieto voidaan saada esimerkiksi rajakytkimeltä tai lämpötila-anturilta. Lähtöyksikön tehtävänä on viedä tietoa logiikalta eteenpäin, kuten merkkilamppujen ja moottorien ohjauskäskyt. Tulo- ja lähtöyksiköihin voidaan kytkeä monia erilaisia laitteita, mutta ne voidaan signaalinsa mukaan jakaa kahteen eri ryhmään: digitaalisiin ja analogisiin. (11.)

Digitaaliset tulot ja lähdöt ovat binäärisiä kaksitilaohjauksia eli "0" tai "1", "päälle" tai "pois", "kyllä" tai "ei". Esimerkiksi tasavirtatuloyksikössä 24 V operointijännitteen loogista "0" vastaa 0...7 V ja loogista "1" 12...33 V. Analogiset tulot ja lähdöt puolestaan käyttävät muuttuvaa signaalia, joka voi vaihdella esimerkiksi lämpötilan mukaan. Analogiset yksiköt sisältävät datamuuntimet analogisen signaalin muuntamiseksi digitaaliseksi tai päinvastoin, mikä voi muun muassa tarkoittaa 0–10 V signaalin muuttamista 16 bitin digitaalisanaksi. (10, s. 108.)

Modulaariset logiikat kasataan perinteisesti yhteen ja samaan asennustelineeseen eli räkkiin, joka sisältää edellisissä luvuissa läpi käytyt modulaarisen logiikan yksiköt. Räkkinä toimii yleisessä käytössä alumiinikiskosta muokattu teline. I/O-laajennusyksiköitä käytettäessä voi olla tarpeellista asentaa lisärakkeja, joihin laajennusyksiköt kasataan. (11.)

3.2 Omron CP1L

Omron CP1L on logiikkasarja, jossa yhdistyvät kompaktien logiikoiden pieni koko ja modulaarisen logiikan ominaisuudet (kuva 7). Logiikkasarja on suunniteltu pienikokoisten järjestelmien ja laitteiden ohjaamiseen. CP1L-logiikoihin on saatavana ominaisuuksiltaan erilaisia prosessoreita, jotka poikkeavat toisistaan ohjelma- ja datamuistimäärän, I/O- lukumäärän sekä kommunikointiyhteyksien suhteen. Logiikkasarjaan on myös saatavilla I/O-laajennusyksiköitä. (12.)



KUVA 7. CP1L-sarjan ohjelmoitava logiikka (12)

Työssä käytetyssä Omron CP1L-EM30DR-D -mallissa on sisäänrakennettu Ethernet-portti sekä RS-232C-sarjaliikenneportti. Logiikkamallissa on yhteensä 18 sisääntuloa ja 12 reletyyppistä ulostuloa ja siihen voidaan kytkeä enintään 150 I/O-pistettä. Tähän logiikkaan on myös asennettu analogituloyksikkö, mihin kuuluu 2 analogista tuloa. Tulot toimivat joko 0-10 V tai 4-20 mA signaaleilla. Logiikka toimii 24 VDC:n syöttöjännitteellä, mihin se vaatii erillisen teholähteen. (13.)

Ohjelmamuistia yksikössä on 10 kSteps ja datamuistin kapasiteetti on 10 kilosanaa. Käskyjen suoritus aika CPU:ssa on 0,55 µs. Ulkoisilta mitoiltaan logiikka on 90x130x85mm. (13.)

3.3 Logiikan ohjelmointi

Jotta logiikka olisi käytettävissä, täytyy siihen kirjoittaa ohjelma prosessorille (CPU) suoritettavaksi. Nykypäivänä ohjelmointi tapahtuu lähes poikkeuksetta tietokoneella, johon on asennettu logiikan ohjelmointityökalu. Yleisimmin käytetyt ohjelmointikieliä ovat

- logiikkakaavio-ohjelmointikieli (Function Block Diagram),

- tikapuukaavio-ohjelmointikieli (Ladder Diagram),
- käskylistaohjelmointikieli (Instruction List) ja
- sekvenssiohjausohjelmointikieli (Sequential Function Charts). (11.)

Ohjelma voidaan kirjoittaa ilman logiikkaa, kun taas testauksessa käytetään apuna logiikkaa tai ohjelman simuloimiseen käytettävää ohjelmistoa. Ohjelma luodaan ja tallennetaan, minkä jälkeen se voidaan siirtää tietokoneesta logiikkaan esimerkiksi sarjaporttityhteyden kautta. Ohjelmointiohjelmissa on myös erilaisia ja eri tarkoituksiin kehitettyjä monitorointimahdollisuuksia logiikan muis-
tien tilojen seuraamiseksi ja ohjaamiseksi. (9, s. 7.)

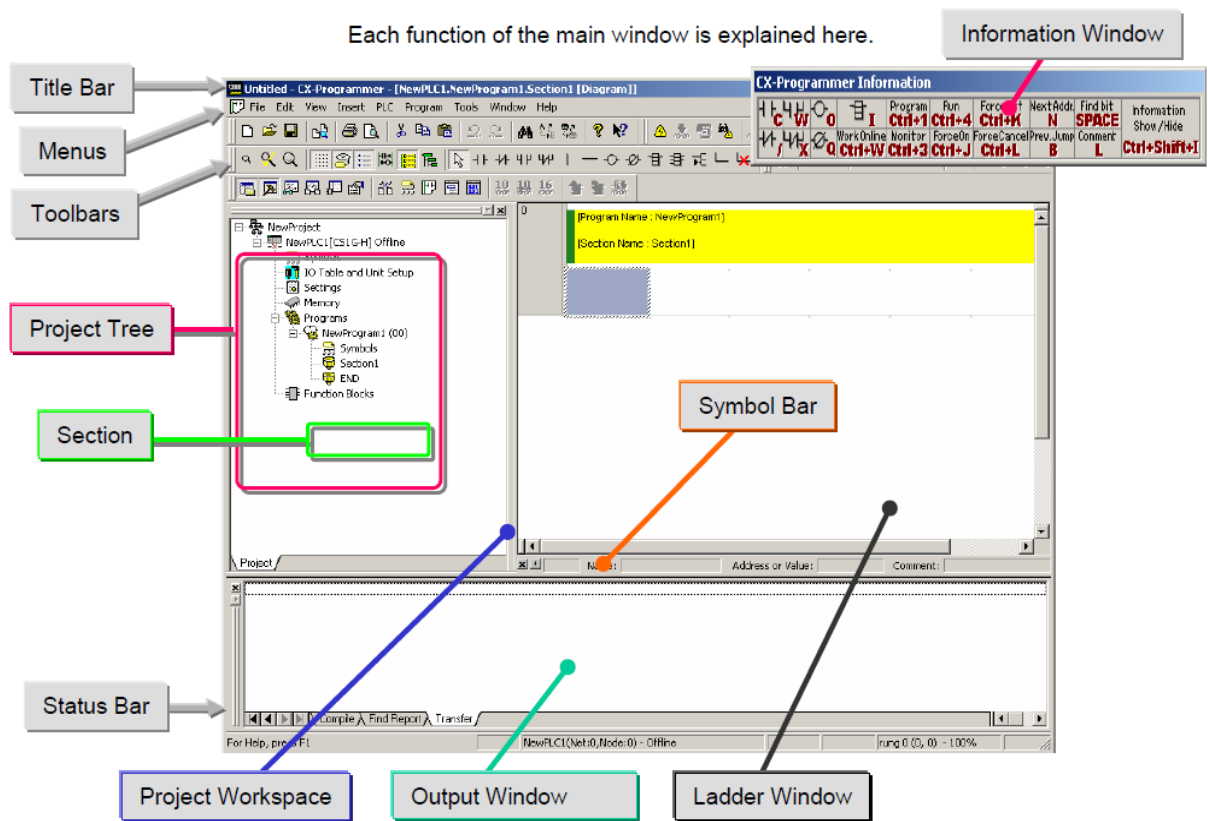
3.3.1 CX-One-ohjelmisto

CX- One on Omronin tuottama ohjelmistopaketti, jonka avulla voidaan määrittää ja ohjelmoida useita Omronin eri laitteita, kuten logiikkoja, käyttöpäätteitä, liikkeenohjausjärjestelmiä tai verkkoja. CX-One-ohjelmistopaketti sisältää muun muassa seuraavat ohjelmistot:

- CX-Programmer
- CX-Simulator
- CX-Designer
- CX-Integrator
- CX-Configurator
- CX-Protocol
- CX-Drive.(14.)

CX-Programmer-ohjelmisto on tarkoitettu Omronin kaikkien logiikkasarjojen ohjelmoimiseen, ja se tukee Omronin koko logiikkatuotesarjaa viimeisten 20 vuoden ajalta. CX-Programmerin avulla voidaan logiikkasovellus muuntaa ja käyttää uudelleen eri logiikkamallien välillä. Ohjelmisto mahdollistaa logiikkasovelluksen teon logiikkakaavio-, tikapuukaavio- ja sekvenssiohjausohjelmointikielillä. CX-Programmer sisältää myös laajan toimilohkokirjaston, jota voidaan käyttää ohjelmoinnin apuna. Toimilohkokirjasto sisältää muun muassa ajastimia (TIM), laskureita (CNT), kiikkuja (KEEP), vertailutoimintoja (CMP) ja erilaisia datan käsittelyyn tarkoitettuja toimilohkoja. (15.) Kuvassa 8 on CX-Programmer-

ohjelmiston pääikkuna ja sen eri osa-alueet. Omronin laajasta ohjelmistoperheestä tässä työssä käytettiin juuri CX-Programmer-ohjelmistoa.

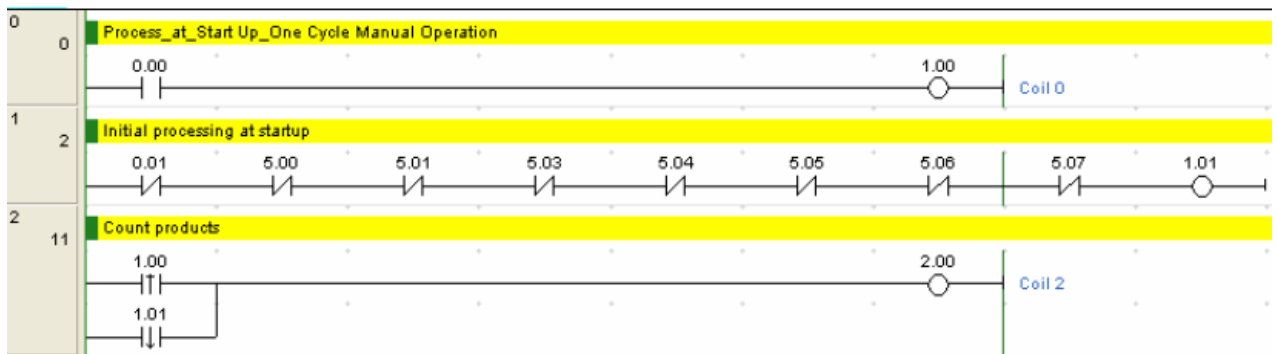


KUVA 8. CX-Programmer-ohjelmiston pääikkuna (16)

3.3.2 Tikapuukaavio-ohjelmointikieli

Tikapuukaavio-ohjelmointi (Ladder Diagram, LD) on logiikkaohjelmoinnin perinteinen ohjelmointikieli. Tikapuukaaviosta käytetään myös nimityksiä relekaavio tai kosketinkaavio. Tikapuukaaviossa ohjelmointi tapahtuu käyttämällä ohjelmistossa olevia kytkimiä, ajastimia, laskureita ja lähtöjä. Ohjelma koostuu joukosta virtapiirejä, joihin käytettävät toiminnot kasataan. (10, s. 119-120.)

Esimerkkinä kuvassa 9 on esitettyä CX-Programmer-ohjelmalla tehty tikupuukaavio-ohjelmapätkä. Esitetystä ohjelmasta on yhteensä 3 eri virtapiiriä. Ensimmäisessä virtapiirissä 0 nähdään tulo 0.00 ohjaavan lähtöä 1.00 aktiivisena ollessaan.



KUVA 9. Esimerkkikuva tikapuukaavio-ohjelmoinnista (16)

3.3.3 Osoitteen määräytyminen

Käsiteltäessä osoiteavaruutta Omronin logiikoiden yhteydessä käytetään termejä kanava (channel, sana) ja piste (point, bitti). Pisteen sisältämä tietomäärä on bitin mittainen ja kanavan 16 bitin mittainen. Bitillä voi olla kaksi tilaa, "1" tai "0". Kanavalla voi puolestaan olla 65 536 erilaista tilaa. Tietyn pisteen osoite koostuu aluetunnuksesta, tietyistä määrästä kanavaa osoittavista numeroista ja kahdesta pistettä osoittavasta numerosta. (10, s. 134-135.)

Esimerkiksi osoite CIO 1.00 viittaa tulo-lähtöalueen kanavan 1 pisteeseen 00. Aluetunnus ilmoittaa, millainen käyttötarkoitus muistialueella on, mutta aluetunnusta ei ohjelmaa kirjoittaessa tarvitse käyttää viitattaessa tuloon, apumuistiin tai erikoisapumuistiin.

Opinnäytetyössä käytetyn Omron CP1L-EM30DR-D -mallin logiikassa I/O-muistialueet ovat 1600 bitin (100 sanan) suuruisia. Logiikan 18 tuloa määräytyy muistialueiden CIO 0.00 ja CIO 0.11 sekä CIO 1.00 ja CIO 1.05 välille. Logiikan 12 lähtöä määräytyy muistialueiden CIO 100.00 ja CIO 100.07 sekä CIO 101.00 ja CIO 101.03 välille. Logiikkamallin muistien määräytyminen on nähtävissä kuvasta 10. (13.)

	CIO 0	CIO 1	CIO 2
10 I/O points	0.00~0.05	-	-
14 I/O points	0.00~0.07	-	-
20 I/O points	0.00~0.11	-	-
30 I/O points	0.00~0.11	1.00~1.05	-
40 I/O points	0.00~0.11	1.00~1.11	-
60 I/O points	0.00~0.11	1.00~1.11	2.00~2.11

Input bits



Output bits

	CIO 100	CIO 101	CIO 102
10 I/O points	100.00~100.03	-	-
14 I/O points	100.00~100.05	-	-
20 I/O points	100.00~100.07	-	-
30 I/O points	100.00~100.07	101.00~101.03	-
40 I/O points	100.00~100.07	101.00~101.07	-
60 I/O points	100.00~100.07	101.00~101.07	102.00~102.07

Area		Size	Range
CIO Area	Input Area	1600 bits (100 words)	CIO 0 to CIO 99
	Output Area	1600 bits (100 words)	CIO 100 to CIO 199
	1:1 Link Area	1024 bits (64CH)	CIO 3000 to CIO 3063
	Serial PLC Link Area	1440 bits (90 words)	CIO 3100 to CIO 3189
Work Area [W]		8192 bits (512 words)	W0 to W511
Holding Area [H]		8192 bits (512 words)	H0 to H511
Data Memory Area [D]		32 Kwords	D0 to D32767
Timer [T]	PVs	4096 words	T0 to T4095
	Completion flag	4096 bits	
Counter [C]	PVs	4096 words	C0 to C4095
	Completion flag	4096 bits	
Auxiliary Area [A]	Read-Only(Write- prohibited)	7168 bits (448 words)	A0 to A447
	Read/Write	8192 bits (512 words)	A448 to A959
Data Register Area [DR]		16 registers (16 bits)	DR0 to DR15
Index Register Area [IR]		16 registers (32 bits)	IR0 to IR15
Task Flag Area [TK]		32flags	TK0 to TK31
TR Area [TR]		16 bits	TR0 to TR15

KUVA 10. Muistialueiden määritys CP1L-logiikoissa (13)

4 MPS-LAITTEISTON OHJAUS OMRON CP1L -LOGIIKALLA

Ennen työn aloittamista Festo MPS -laitteisto oli alkuperäisessä toimituskunnossa. Työn tarkoitus oli Festo MPS -laitteiston saaminen toimintaan Omron CP1L -logiikalla. Koska työssä käytetty Omron CP1L -sarjan logiikka sisälsi yhteensä 30 I/O-pistettä, täytyi jokaiseen laitteiston tuotantoyksikköön liittää oma CP1L-logiikka tai hankkia yhteen logiikkaan I/O-laajennusyksiköitä. Työssä päädyttiin käyttämään jokaisen tuotantoyksikön ohjaukseen omaa CP1L-logiikkaa. Tämä myös tuki laitteiston opetuskäyttötarpeita, sillä tuotantoyksiköitä käytetään omilla laboratoriovuoroillaan, yksi opiskelijaryhmä kerrallaan.

Lähtökohtana oli, että työn lopputuloksena on mahdollista käyttää tuotantoyksiköitä sekä alkuperäisellä Feston teollisuus PLC:llä että Omron CP1L -logiikalla. Työn suorittamisen aikana joutui myös usein miettimään, miten työ tulisi toteuttaa tavalla, joka ei rajoita tai vähennä laitteiston opetus- ja oppimistarkoituksia.

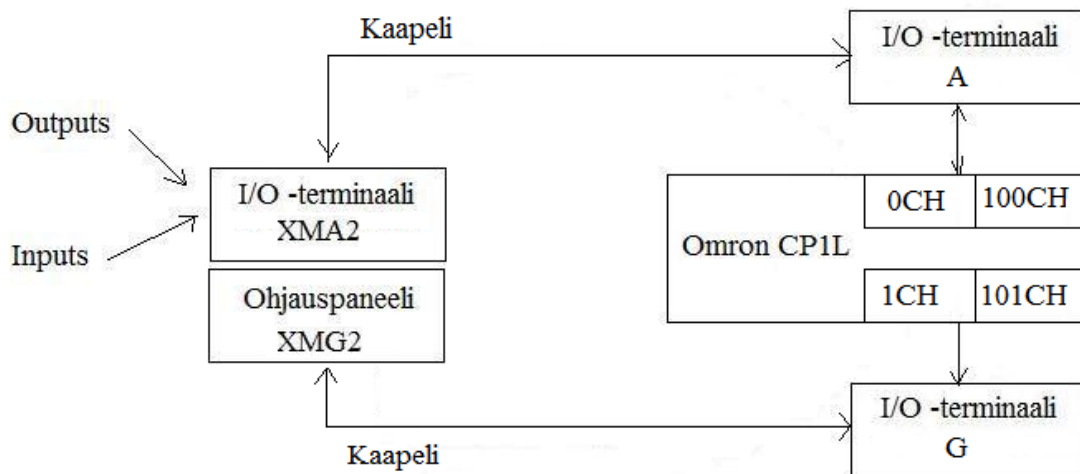
Aluksi perehdyttiin Feston automaatio suunnittelun tuottamiin dokumentteihin. MPS-laitteiston asennusohjeet antoivat hyvän kuvan laitteiston kokoonpanosta ja liitännöistä. Pneumaattisten ja sähköisten piirikaavioiden avulla pystyi tarkemmin tarkastelemaan laitteiston kytkentöjä. Datalehtien avulla pääsi tutustumaan laitteiston kenttälaitteisiin ja komponentteihin. Tärkeä osa tutustumista oli myös MPS -laitteiston logiikka- ja sekvenssikaaviot, Omron CP1L -logiikan datalehti sekä eri opintojaksomateriaalit.

4.1 Omron CP1L -logiikan liitynnät

Ensimmäisiä työn vaiheita oli suunnitella ja toteuttaa Omron CP1L -logiikan liityntä Festo MPS -laitteistoon. Lähtökohtana oli toteuttaa CP1L -logiikan liitynnät mahdollisimman käyttäjäystävällisellä tavalla, ottaen huomioon laitteiston käyttötarkoitus.

Parhaimmaksi tavaksi ratkesi I/O-terminaalien käyttäminen. Tämä mahdollisti tuotantoyksiköiden I/O-tietojen ja kenttälaitteiden käyttöjännitteiden kytkemisen tiedonsiirtokaapeleilla. I/O-terminaaleja tarvittiin kaksi kappaletta, yksi kummal-

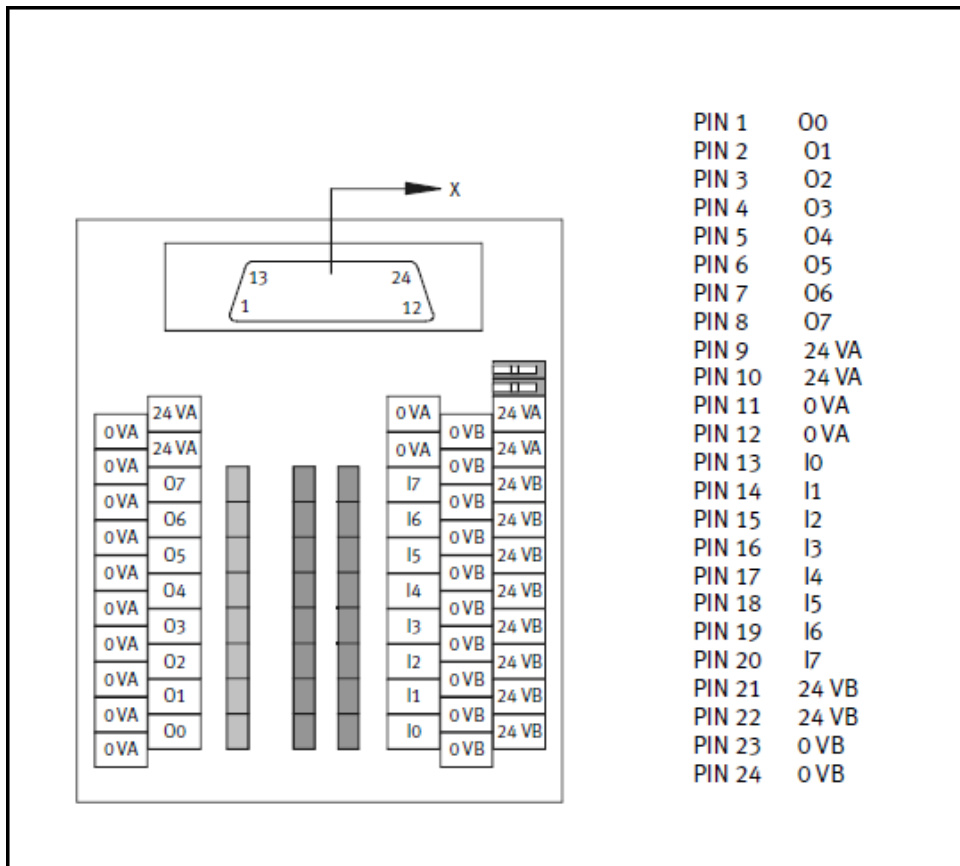
lekin kaapelille. Periaatekuva Omron CP1L-logiikan liittamisestä tuotantoyksik-
koon nähdään kuvasta 11.



KUVA 11. Periaatekuva Omron CP1L-logiikan liittamisestä MPS -laitteistoon

CP1L-logiikan kytkentäpuolella käytettävät I/O-terminaalit nimettiin A:ksi ja G:ksi. A-terminaaliin saatiin tiedonsiirtokaapelilla tuotua tuotantoyksiköiden I/O-tiedot XMA2-terminaalista. G-terminaaliin puolestaan saatiin toisella tiedonsiirtokaapelilla tuotantoyksiköiden ohjauspaneelin XMG2:sen I/O-tiedot. Omron CP1L -logiikassa on kaksi kanavaa tulo- ja lähtöpuolilla, joista kanavat 0CH ja 100CH varattiin I/O-terminaalille A, kun kanavat 1CH ja 101CH varattiin I/O-terminaalille G. Kentälaitteiden käyttöjännitteet saatiin kytkettyä samoilla kaapeleilla I/O-terminaalien A:n ja G:n kautta Omron S8VS-06024 -tehoyksiköstä.

CP1L-logiikan kanavien I/O-pisteet johdotettiin I/O-terminaalien A ja G riviliittimiin I0...I7 ja O0...O7. Koska I/O-terminaalit A ja XMA2 sekä G ja XMG2 ovat sarjassa toistensa kanssa, on sama I/O-tieto kytkettyneenä kummankin terminaalin samanimiseen riviliittimeen. Tällä tavalla voitiin katsoa Feston suunnitelmista piirikaavioista, mihin I/O-terminaalien riviliittimiin kukin I/O-tieto oli kytkettyneenä. I/O-terminaalien Centronics-liittimen pinnien ja riviliittimien välinen yhteys pystyttiin tarkastamaan kuvasta 12.

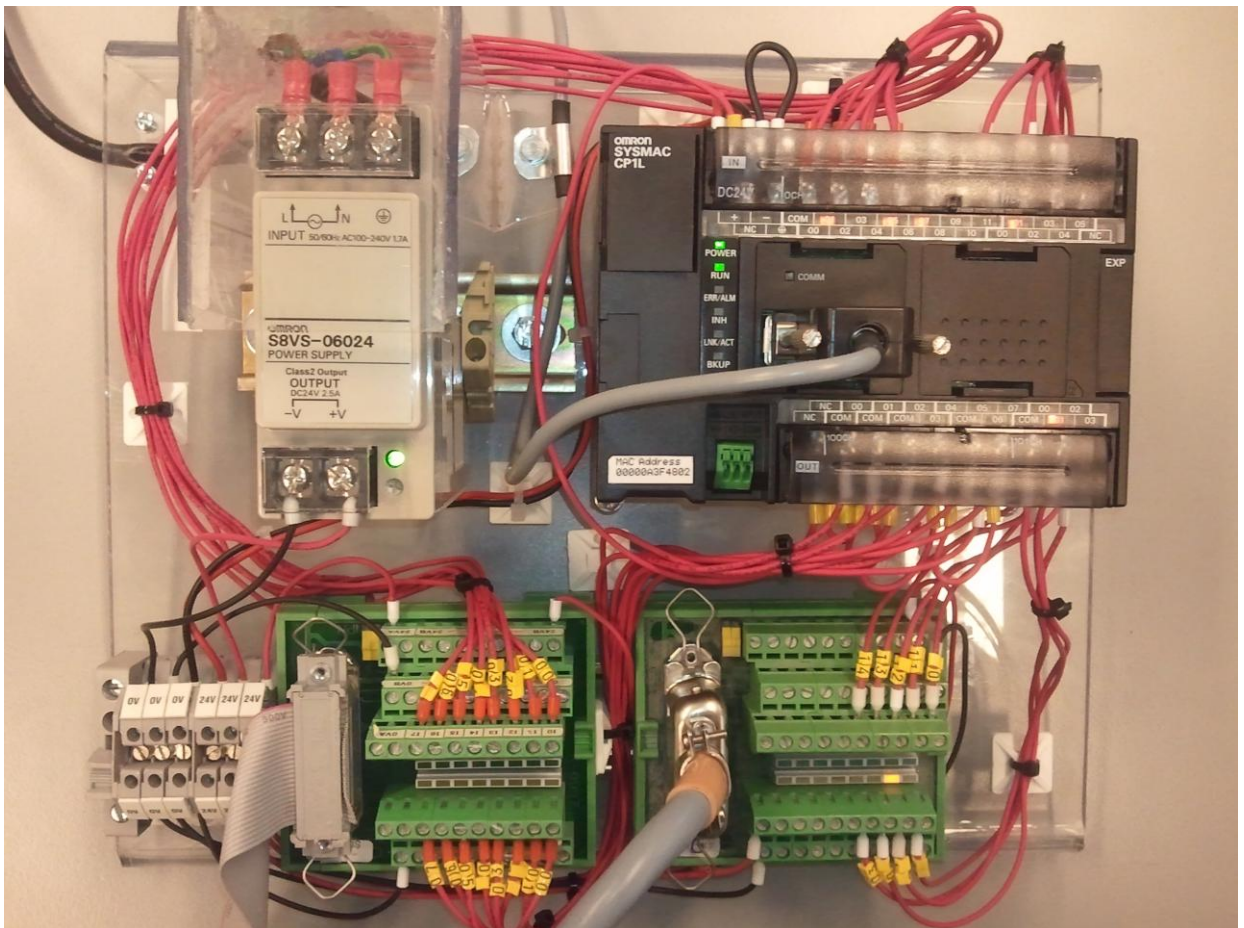


KUVA 12. Centronics-liittimen pinnien ja riviliittimien välinen yhteys (8)

Esimerkiksi piirikaaviosta voitiin katsoa, että Feston logiikan tulo 0.0 eli Start-painonappi oli kytkeytyneenä tiedonsiirtokaapelilla ohjauspaneelin (XMG2:sen) riviliittimeen I0. Näin ollen CP11-logiikan tulo 1.00 johdotettiin samalla periaatteella I/O-terminaali G:n riviliittimeen I0, tulo 1.01 riviliittimeen I1 jne. Käyttöjännitteet saatiin kentälaitteille kytkemällä tehoyksikön plusnapa I/O-terminaalien riviliittimiin 24 VA ja 24 VB sekä miinusnapa riviliittimiin 0 VA ja 0 VB. Riviliittimet on jaettu siten, että VB-riviliittimet ovat tuloille ja VA-riviliittimet lähdöille.

CP1L -logiikan lähtöpuolelle eli kanaviin 100CH ja 101CH tarvitsi erikseen johdottaa niiden käyttöjännite COM-liittimiin. COM-liittimen 24 VDC saatiin Omron S8VS-06024 -teholähteestä. CP1L:n reletyyppiset lähdöt toimivat siten, että releen vetäessä sen koskettimen läpi kulkeutuu COM-liittimeen kytketty 24 VDC.

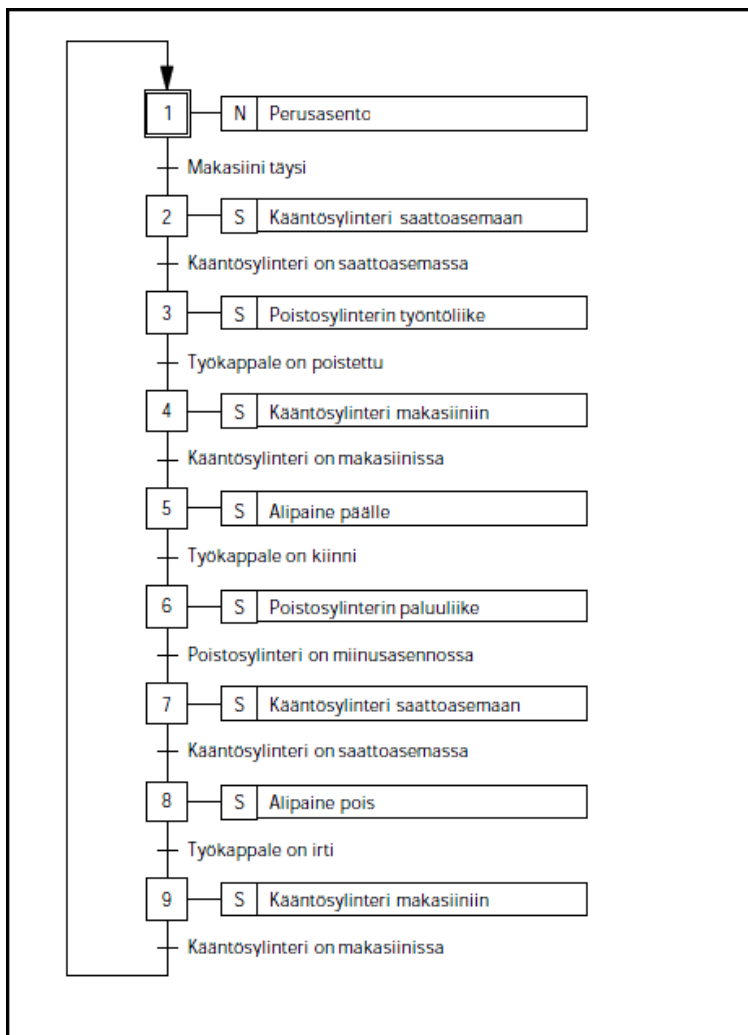
Kuvassa 13 on nähtävissä valmis Omron CP1L -logiikkakokoonpano, joka voidaan kytkeä tiedonsiirtokaapeleilla MPS -laitteiston tuotantoyksikköön. Samankaltaisia logiikkakokoonpanoja käytetään ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa logiikkaohjelmoinnin opinnoissa useita, joten jokaiselle kokoonpanolle on annettu yksilöllinen nimitys. Työssä käytetty kokoonpano on nimetty Automaatiolab.1/10:ksi. Kokoonpano on rakennettu akryylilevystä muokatulle alustalle, johon Omron CP1L-logiikka, Omron S8VS-06024 -teholähde, I/O-terminaalit ja riviliittimet ovat kiinnitetty DIN-kiskon avulla. Kokoonpanon pää- ja piirikaaviot ovat nähtävissä liitteinä 2 ja 3. Pää- ja piirikaaviot suunniteltiin CADS Planner Electric15-ohjelmistolla.



KUVA 13. Automaatiolab.1/10 kokoonpano

4.2 Logiikkasovelluksen ohjelmointi

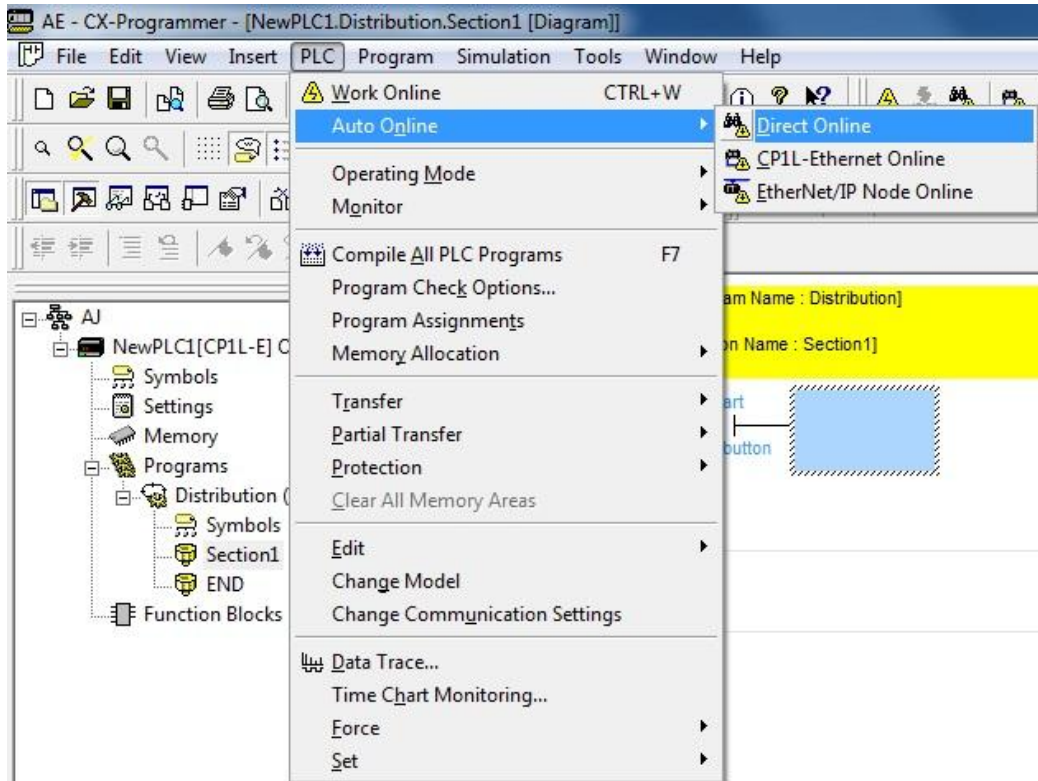
Logiikkasovellus tehtiin Omronin CX-Programmer-ohjelmistolla. Sovellus haluttiin toteutettavan sekvenssiohjauksena, mikä perustui kunkin tuotantoyksikön sekvenssiohjausperiaatteeseen. Kuvasta 14 näkee Distribution-yksikön sekvenssin askeleet sekä niihin kuuluvat toiminnot ja ehdot.



KUVA 14. Distribution-yksikön sekvenssiohjauksen periaatekuva (2)

Uuden logiikkasovelluksen tekeminen aloitettiin uuden projektin luomisella ja logiikan CPU-tyypin määrittämisellä CX-Programmeriin. Nopein tapa oli käyttää CX-Programmerin Direct Online -työkalua. Tällä tavoin saatiin CX-

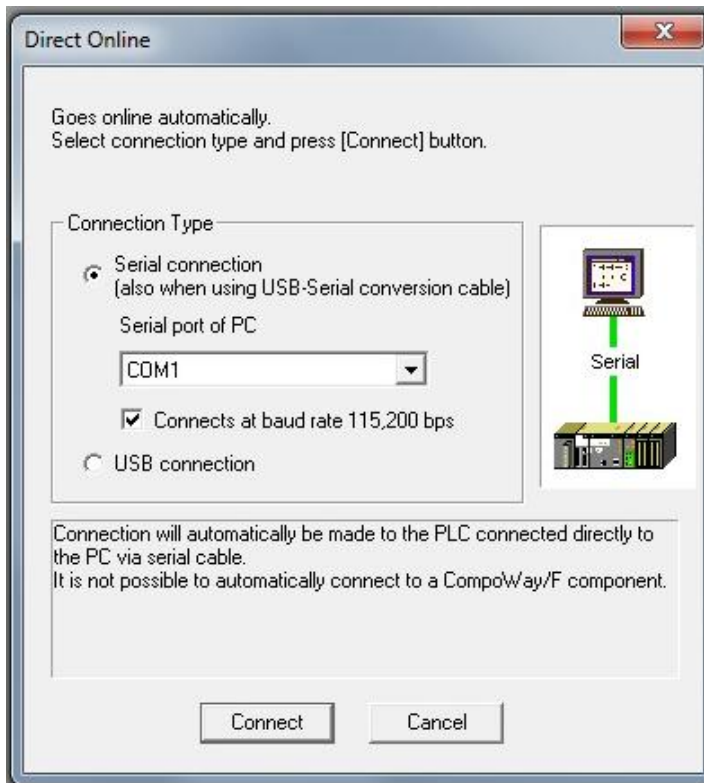
Programmerin uuden projektin määrittelyihin suoraan käytettävän CPU-tyyppin tiedot, eikä niitä tarvinnut erikseen määrittellä projektiasetuksiin. Ensiksi liitettiin sarjaporttiyhteys ohjelmointitietokoneen ja CP1L-logiikan välille sekä kytkettiin Omron CP1L-logiikkaan käyttöjännite, minkä jälkeen valittiin CX-Programmerin työkaluvalikosta PLC → Auto Online → Direct Online (kuva 15).



KUVA 15. CX-Programmerin työkaluvalikko.

Direct Online -valintaikkunasta (kuva 16) valittiin yhteydeksi Serial connection ja tietokoneen portiksi COM 1. Tämän jälkeen voitiin valita Connect, minkä jälkeen uuden projektin luominen sekä CPU-määrittelyt olivat tehtynä.

Muutettaessa ohjelmoitavan logiikan CPU-tyyppiä tai käytettävää yhteyttä keskeneräiseen projektiin pitää muistaa tehdä se projektiasetuksiin. Direct Online -työkalun käyttäminen aloittaa aina uuden projektin CX-Programmeriin.



KUVA 16. CX-Programmerin Direct Online-valintaikkuna.

4.2.1 Symboli- ja askeltaulukot

Ohjelmoinnin helpottamiseksi luotiin symboli- ja askeltaulukot. CX-Programmerissa on oma Symbols-taulukko, johon symbolimäärittelyt voitiin tehdä (kuva 17). Symbolitaulukkoon määritettiin logiikkaohjelman käyttämät I/O-tiedot, apumuistipaikat sekä sekvenssin kutakin askelta vastaava bitti omalla nimellään. Jokaiselle symbolille annettiin sen käyttämä muistipaikka, mahdollisimman kuvaavat nimet ja yksilölliset kommentoinnit. Koska I/O-tiedot katsottiin Feston piirikaavioista, annettiin symbolitaulukkoon tuloille ja lähdöille piirikaavioihin merkityt nimet.

Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
Stop	BOOL	1.01		In	Stop-button
STEP_10	BOOL	H0.09		Work	
STEP_09	BOOL	H0.08		Work	
STEP_08	BOOL	H0.07		Work	
STEP_07	BOOL	H0.06		Work	
STEP_06	BOOL	H0.05		Work	
STEP_05	BOOL	H0.04		Work	
STEP_04	BOOL	H0.03		Work	
STEP_03	BOOL	H0.02		Work	
STEP_02	BOOL	H0.01		Work	
STEP_01	BOOL	H0.00		Work	
Start	BOOL	1.00		In	Start-button
Reset	BOOL	1.03		In	Reset -button
P_OFF	BOOL	253.14		Work	ALLWAYS OFF FLAG
IP_FI	BOOL	0.07		In	Downstream station free
Hätäseis	BOOL	1.05		In	Emergency stop unlocked
ETENEMISEHTO	BOOL	16.00		Work	
Auto_Man	BOOL	1.02		In	Automatic-manual switch
_H3	BOOL	101.02		Out	Magazine empty indicator light
_H2	BOOL	101.01		Out	Reset indicator light
_H1	BOOL	101.00		Out	Start indicator light
_B4	BOOL	0.06		In	Magazine empty
_3Y2	BOOL	100.04		Out	Swivel drive to subsequent station
_3Y1	BOOL	100.03		Out	Swivel drive to magazine
_3S2	BOOL	0.05		In	Swivel drive i. pos. subsequ. stat.
_3S1	BOOL	0.04		In	Swivel drive in pos. magazine
_2Y2	BOOL	100.02		Out	Ejection impulse on
_2Y1	BOOL	100.01		Out	Vacuum on
_2B1	BOOL	0.03		In	Workpiece picked up
_1Y1	BOOL	100.00		Out	Ejecting cylinder push out workpi...
_1B2	BOOL	0.01		In	Ejecting cylinder extended
_1B1	BOOL	0.02		In	Ejecting cylinder retractet

KUVA 17. Symbolitaulukko

Askeltaulukkoon merkittiin sekvenssin askeleiden numeroinnit, nimet, toimenpiteet sekä etenemisehdot (kuva 18). Askeltaulukosta nähdään esimerkiksi, että Askel2:ssa aktivoidaan lähtö 3Y2 ja etenemisehtona on ennen Askel3:een siirtymässä tulo 3S2 "ON"-tila eli kyseinen tulo on aktiivinen. Askeltaulukko helpotti ohjelmointia varsinkin tehtäessä sekvenssin etenemisehto-virtapiiriä.

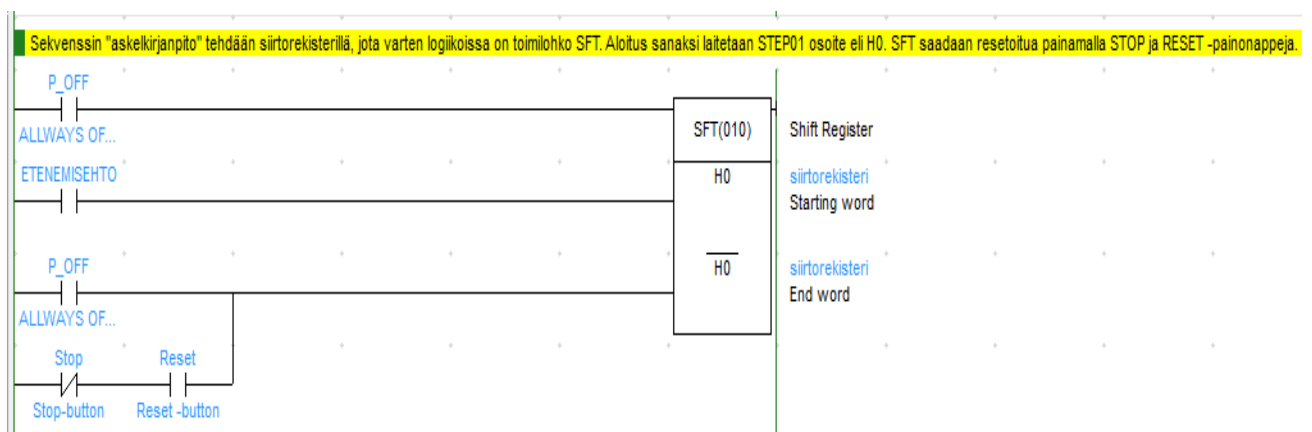
Askel	Askeleen nimi	Toimenpiteet	Etenemisehdot
1	Sekvenssi aloitusvalmis	Start-painonappi	RESET-valo H2 "OFF"
2	Tarttujan ajo saattoasemaan	Aktivoi 3Y2	3S2 "ON"
3	Poistosylinterin työntöliike	Aktivoi 1Y1	1B1 "ON", B4 "OFF"
4	Tarttujan ajo makasiinille	Aktivoi 3Y1	3S1 "ON"
5	Alipaine päälle	Aktivoi 2Y1	2B1 "ON"
6	Tarttujan ajo saattoasemaan	Aktivoi 3Y2	1B1 "ON", 3S2 "ON"
7	Alipaine pois	Deaktivoi 2Y1	3S2 "ON"
8	Puhallus päälle	Aktivoi 2Y2	2B1 "OFF"
9	Uuden jakson aloitus	Hyppää askeleeseen 3	B4 "OFF"

KUVA 18. Askeltaulukko

4.2.2 Sekvenssiohjelma siirtorekisterin avulla

Omron CP1L -logiikat eivät tue CX-Programmerin sekvenssiohjausohjelmointikieltä (SFC), joten sekvenssiohjaus tehtiin MPS -laitteistoon tikapuukaavio-ohjelmointikielellä siirtorekisterin avulla.

Käytettäessä sekvenssiohjelmaa täytyi olla koko ajan tiedossa, missä askeleessa ollaan menossa. Siirtorekisterillä saatiin tehtyä tämä tarvittava ”askelkirjanpito”. Siirtorekisterillä tarkoitetaan yhden tai useamman sanan mittaista muistialuetta, joka on valittu siirtorekisteriksi. Siirtorekisterin muistipaikka määritetään tikapuukaaviossa siirtorekisteritoimilohkon sisällä, joka Omronin logiikoissa on toimilohko SFT (kuva 19). (17.)

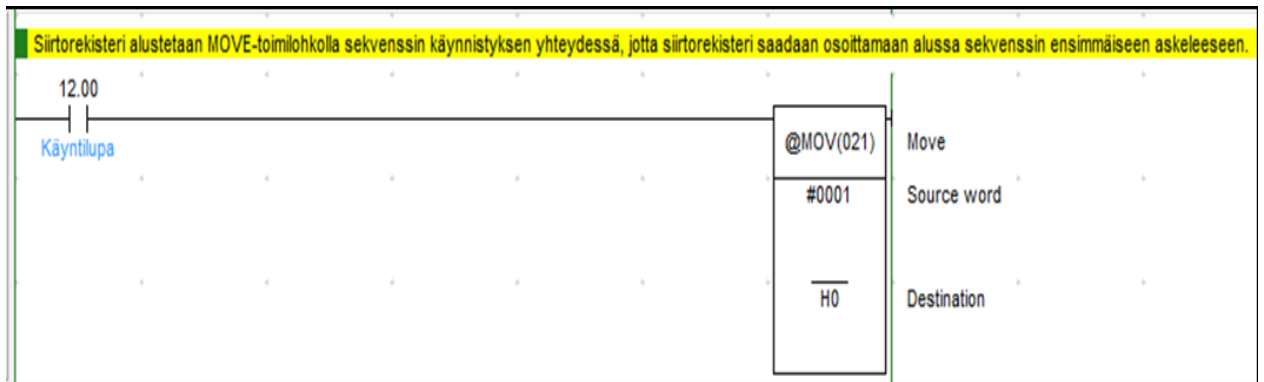


KUVA 19. CX-Programmerin siirtorekisteritoimilohko SFT ja sen tulohaarat

Siirtorekisteritoimilohkoon liittyy kolme tulohaaraa. Keskimäinen tulohaara vaikuttuneena ollessaan siirtää kaikkia siirtorekisterin bittejä yhden vasemmalle. Ylimmästä tulosta tieto siirtyy siirtorekisterin vapautuvaan oikeanpuolimmaiseen bittipaikkaan. Ylimmässä tulossa käytettiin ehtona erikoisapumuistipaikkaa 253.14, joka on aina tilassa "0". Tämä varmisti, ettei siirtorekisterissä liiku kuin yksi ykkönen. Siirtorekisterin alimmainen tulo aktivoituessaan toimii resetointiehtona, jolla siirtorekisterin kaikki bitit menevät nolleksiksi. Alimmaiseen tuloon voitiin kerätä kaikki sekvenssin pysäyttävät tulot.

Toteutettaessa sekvenssiohjausta MPS -laitteistoon siirtorekisteriä käyttäen tarvittiin ohjelmassa muutama vakiopiiri. Käynnistyspiiri käynnistää sekvenssin siirtämällä ensimmäisen ykkösen siirtorekisteriin. Siirto toteutettiin MOV-

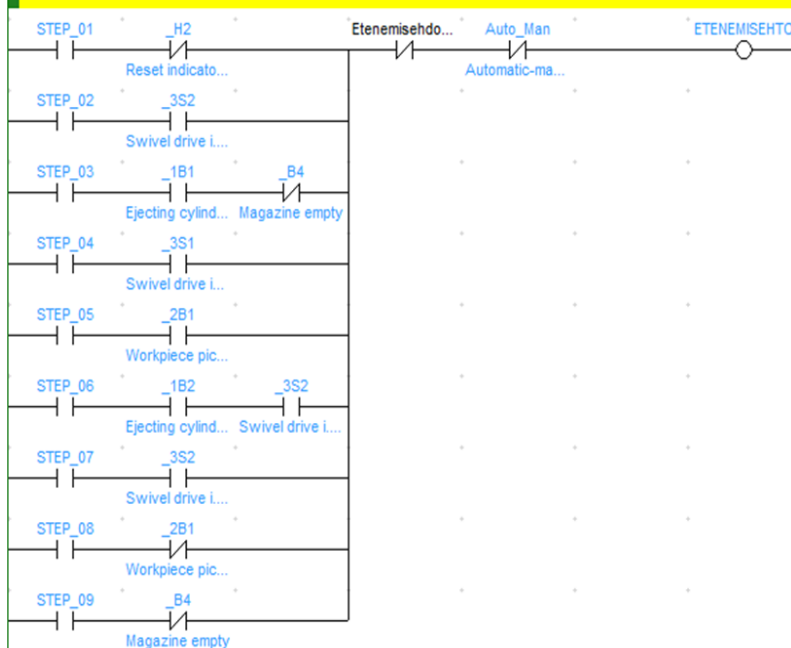
toimilohkolla, joka siirtää luvun 1 siirtorekisterin sisällöksi yhden kerran sekvenssin kierron alussa. MOV-käskey saatiin toteutumaan vain kerran, tuloehdon nousevalta reunalta käyttämällä käskeyn edessä @-merkkiä (kuva 20).



KUVA 20. CX-Programmerin MOV-toimilohko

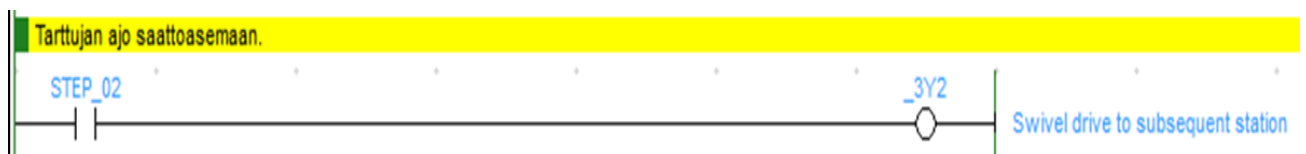
Jokainen askel ja niiden etenemisehdot koottiin yhteen virtapiiriin askelkohtaisiksi haaroiksi kuvan 21 mukaan. Askelhaaroihin laitettiin sarjaan etenemisehtobitti sekä AUT/MAN-kytkintulo. Etenemisehtobitti määrää siirtymisehdon seuraavaan askeleeseen ja AUT/MAN-kytkintulolla voidaan sekvenssi pysäyttää ennen seuraavan askeleeseen siirtymistä. Esimerkiksi kuvassa 21 on nähtävissä, että askel STEP_02:n etenemisehtona käytettiin tuloa 3S2, joka aktivoituu, kun imukupparttuja saapuu saattoasemarakalle.

Jokaisen askeleen etenemisehdot kootaan yhteen virtapiiriin askelkohtaisiksi haaroiksi alla olevan mukaan. Etenemisehtojen kanssa sarjassa on man/aut-kytkin, jolla sekvenssi saadaan pysäytettyä.



KUVA 21. Sekvenssiohjelman etenemisehto-virtapiiri

Sekvenssin toiminnolle eli ohjauksille tehtiin omat virtapiirinsä ohjelman loppuun. Oleellista oli, että jokaisen ohjauksen virtapiirissä oli kyseessä olevan askeleen bitti tulona. Esimerkkinä toimii kuvassa 22 oleva askel STEP_02:n virtapiiri, jossa ohjataan lähtöä 3Y2 eli imukuppitarttujan ajoa saattoasemaan.

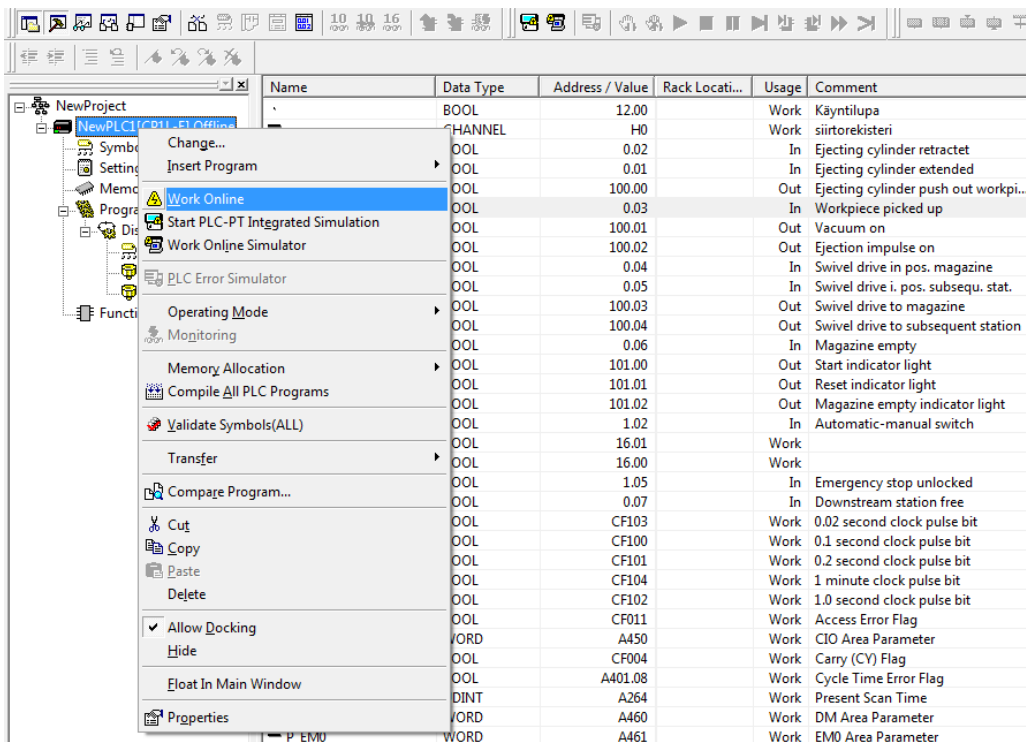


KUVA 22. Askel STEP_06:n virtapiiri

Logiikkasovelluksia luotiin loppujen lopuksi yksi, Distribution-tuotantoyksikön sekvenssiohjelma. Yhden logiikkasovelluksen ajateltiin palvelevan työn käyttötarkoituksia riittävästi. Ajateltaessa, että logiikkasovellukset olisi tehty jokaiseen tuotantoyksikköön erikseen, poikkeaisivat ne periaatteessa toisistaan vain etenemisehtovirtapiirien ja askelkohtaisten virtapiirien välillä. Distribution-tuotantoyksikön sekvenssiohjelma on liitteenä 4.

4.3 Käyttöönotto ja testaus

Työn lopussa testattiin laitteiston toiminta. Testaus tapahtui lataamalla valmis CX-Programmerilla tehty sekvenssisovellus CP1L -logiikkaan ja liittämällä Automaatiolab.1/10-kokoonpano Distribution-tuotantoyksikköön. Ennen sovelluksen lataamista logiikkaan täytyi se kääntää logiikan ymmärtämään muotoon käyttämällä Compile-toimintoa, joka löytyy esimerkiksi valitsemalla projektitikaupuusta käytettävän logiikan kohdalla hiiren oikealla napilla avautuvasta ikkunasta ”Compile All PLC Programs”. Ikkunasta löytyy myös muut tärkeät toiminnot, kuten ”Transfer”, jonka avulla voidaan sovellus ladata tietokoneesta logiikkaan tai päinvastoin sekä ”Work Online”, jonka avulla voidaan työskennellä online-tilassa (kuva 23).



KUVA 23. CX-Programmer-ohjelmiston eri toimintoja

Testauksen aikana huomattiin joidenkin rajatietojen menneen sekaisin sekvenssisovelluksessa, mikä voi johtua muun muassa siitä, ettei Feston piirikaavioissa käytetyt laitteiden ja rajatietojen nimet ole tarpeeksi kuvaavia. Tämä voi tulla myös ongelmaksi seuraavilla käyttäjillä. Esimerkiksi piirikaavion lähtötieto

”ejection impulse on” voidaan sekoittaa muun muassa poistosylinterin työntöliik-
keeksi, kun se oikeasti merkitsee imukuppitarttujan puhallusilman aktivointia.

Tuotantoyksiköissä on mahdollisuus ohjata käsikäyttöisesti eri toimintoja, kuten
venttiileitä, minkä avulla tuotantoyksiköiden tulo- ja lähtötiedot saadaan helposti
yksilöityä ja tarkistettua. Myös jännitemittarin johtavuusmittauksella eli ”piippari”-
mittauksella saadaan tarkistettua helposti eri tietojen kytkentäpisteet. Itse testa-
uksessa käytettiin apuna askeltaulukkoa, jonka avulla voitiin seurata sekvenssin
toimintoja ja suunnitellun mukaista käyttäytymistä (kuva 18). Esimerkiksi CX-
Programmerin ”Work Online”-toiminto olisi tullut testausvaiheessa hyödylliseksi,
mutta kyseessä oleva ohjelmisto ei ollut käytettävissä MPS-laitteiston kanssa
samassa laboratoriotilassa. Testauksen lopuksi voitiin todeta korjatun sekvens-
sisovelluksen ja CP1L -logiikan liitännöiden toimivan suunnitellulla tavalla.

4.4 Projektiohje

Projektiohjeen tarkoitus on olla apuna opiskelijoille laboratoriotöiden alussa.
Ohje kattaa Omron CP1L -logiikan liittämisen tuotantoyksikköön, logiikan ja tie-
tokoneen välisen yhteyden muodostamisen, CX-Programmer-ohjelmiston uu-
den projektin luomisen sekä käytettävän logiikan CPU-tyypin määrittämisen.
Projektiohjeessa käydään hieman läpi myös I/O-määrittelyjen luomista, jotta
laboratoriokokeet pääsisivät helpommin alkuun.

Projektiohje on tehty pääpiirteissään opinnäytetyön työn suoritus -osiota
seuraamalla. Ohjeen kuvat ja esimerkit ovat otettu opinnäytetyön teon ja logiik-
kasovelluksen ohjelmoinnin aikana. Projektiohjeen tarkoitus on muodostaa
helppo, suoraviivainen ja mahdollisimman kuvaava selitys, kuinka MPS -
laitteiston tuotantoyksikkö otetaan käyttöön Omron CP1L -logiikalla. Projektioh-
je on liitteenä 5.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli saada Festo MPS -laitteiston tuotantoyksiköt toimimaan Omronin logiikalla ja laatia aiheesta projektointiohje. Tavoitteena oli myös lisätä MPS-laitteiston käyttövalmiutta eri opintojaksoilla, joissa MPS-laitteistoa käytetään logiikkaohjelmoinnin opetuksessa. Työn tuloksena saatiin logiikkakokoonpano, joka voidaan liittää tiedonsiirtokaapeleilla MPS-laitteiston tuotantoyksiköihin. Sekvenssiohjelmalla testattiin työn onnistuminen.

Opetuslaitteistojen avulla luodaan mielekäs, haasteellinen ja toimiva oppimisympäristö. Laitteistojen kanssa työskentely kasvattaa opetuksen ymmärtämistä ja luo kiinnostuksen opetettavaan aiheeseen. Samalla saadaan ensivaikutelma työelämän tehtävistä. Opetuslaitteistojen käytölle haasteen luo kuitenkin tekniikan jatkuva kehittyminen. Opetuksessa käytettävien laitteiden ja ohjelmistojen olisi pysyttävä kehityksen matkassa ja vastattava työelämässäkin käytettyjä laitteita ja järjestelmiä.

Omronin logiikat ovat varsin laajasti käytettyjä niin teollisuudessa kuin kiinteistöautomaatiossa. Työn lopputulos palveleekin Omronin CP1L -logiikoiden ohjelmoinnin opiskelua sekä antaa hyvät oppimisedellytykset logiikoiden ohjelmomisesta yleisesti ajatellen. MPS-laitteiston avulla pääsee näkemään suunnitellun logiikkasovelluksen toiminnan käytännössä. Omronin eri logiikkamallien käyttö ja ohjelmointi eivät eroa suuresti toisistaan ja niiden ohjelmointi tapahtuu samalla CX-Programmer-ohjelmistolla. MPS -laitteistoa käytettäessä voisi hyödyntää myös CX-One-ohjelmistopakettin muita eri ohjelmistoja. Työn lopputuloksessa yhdistyvät helppo ja nopea käytön aloittaminen sekä vaihto CP1L-logiikan ja Feston teollisuus PLC:n kesken sujuu vaivattomasti.

Työn suorittamisen aikana ei ilmennyt merkittäviä ongelmia. Yhtenä ongelmana voidaan mainita CP1L-logiikan liitäntöjen suunnittelu, jossa jouduttiin alkuperäisestä suunnitelmasta hieman poikkeamaan. Ongelmanratkaisukykyä vaadittiin myös sekvenssiohjelman luomisen aikana, sillä siirtorekisteritoimilohkon toiminta ja sen käytön perusteet eivät olleet enää kovinkaan hyvin muistissa. Lisäksi logiikan reletyyppisten lähtöjen toimintaan saattaminen osoittautui työn loppu-

vaiheilla hieman haastavaksi. Työn suorittamista hidastutti MPS -laitteiston sijoitus laboratoriotilassa, jossa ei ole CX-One-ohjelmistoa.

Työn lopullinen käyttäminen ja hyödyntäminen jää työn tilaajan päätettäväksi. Mahdollisina kehittämissuhteiksi voidaan mainita useamman samanlaisen logiikkakokoonpanon kehittäminen opetuskäyttöön, jotta jokaiselle tuotantoyksikölle ja harjoitusryhmälle olisi käytettävissä oma CP1L -logiikka. Harkinnanvaraisena seikkana mainittakoon myös TCP/IP-verkkoprotokollan käyttöä tietokoneen ja Omron CP1L-logiikoiden välisiin yhteyksiin. Lisäksi tulevia harjoitustöiden tekemistä helpottaisi huomattavasti, jos MPS -laitteisto olisi sijoitettu laboratoriotilaan, jossa on käytettävissä CX-One-ohjelmistopaketti. Mahdollisena kompastuskivenä laboratorioharjoituksissa voi olla oikeiden I/O-määrittelyjen luonti, jota käydään läpi työn edellisissä luvuissa sekä projektiohjeissa.

Työssä pääsi tutustumaan Festo MPS -laitteistoon perusteellisesti eri dokumenttien kautta kuin myös itse laitteistoa käyttäessä. Kiinnostusta aiheeseen lisäsi se, ettei Omron CP1L-logiikka ollut ennestään tuttu. Työn aikana pääsi palauttamaan mieleen jo ennestään opittua ja mielenkiintoisen aiheen johdosta työ sujui vaivattomasti.

LÄHTEET

1. Festo. 2013. Festo Oy. Saatavissa:
http://www.festo.com/cms/fi_fi/index.htm. Hakupäivä 8.04.2013.
2. Modulaarinen tuotantojärjestelmä. Sisäinen dokumentti. MPS-Automaattinen tuotanto_Versio10_04.pdf. Festo.
3. Distribution Station manual. Sisäinen dokumentti.
648811_Manual_Distribution.pdf. Festo.
4. Testing Station manual. Sisäinen dokumentti. 648812_Manual_Testing.pdf. Festo.
5. Handling Station manual. Sisäinen dokumentti.
655633_Manual_Handling.pdf. Festo.
6. Processing Station manual. Sisäinen dokumentti.
648813_Manual_Processing.pdf. Festo.
7. Sorting Station manual. Sisäinen dokumentti. 648821_Manual_Sorting.pdf. Festo.
8. I/O-terminal datasheet. Sisäinen dokumentti. 034035_IO_terminal.pdf. Festo.
9. Syswin peruskoulutusmateriaali. Sisäinen dokumentti. syswin_peruskoulutusmateriaali.pdf. Omron.
10. Fonselius, Jaakko – Pekkola, Kari – Selosmaa, Seppo – Ström, Markku – Välimaa, Taisto 1996. Automaatiolaitteet. Helsinki: Oy Edita Ab.
11. Basic PLC Components. 2013. PLCtutor. Saatavilla:
<http://www.plctutor.com/plc-components.html>. Hakupäivä 10.4.2013.
12. Luokkansa paras pienikokoisten koneiden ohjain. 2013. Omron. Saatavissa:
http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/program

mable_logic_controllers/compact_plc_series/cp1l/default.html. Hakupäivä 8.4.2013.

13. CP1L. 2013. Omron. Saatavissa:

<http://www.ia.omron.com/products/family/1916/specification.html>. Hakupäivä 12.4.2013.

14. Yksi ohjelmisto automaatiojärjestelmää varten. 2013. Omron. Saatavissa:

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/software/configuration/cx-one/default.html. Hakupäivä 8.4.2013.

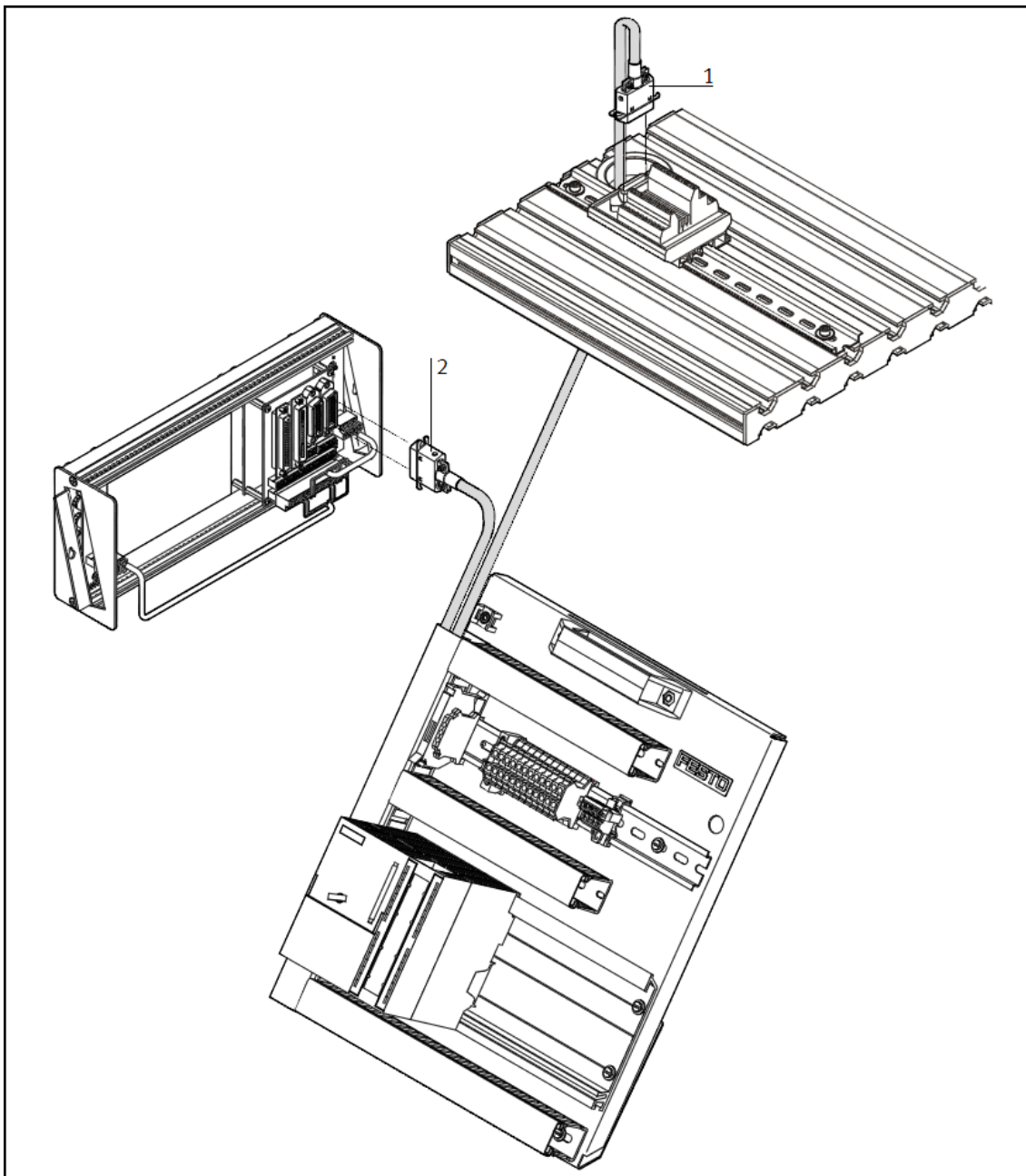
15. Logiikan ohjelmointi ja vianmääritys on nyt entistä helpompaa. 2013. Omron. Saatavissa:

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/software/configuration/cx-one/cx-programmer.html. Hakupäivä 8.4.2013.

16. CX-Programmer introduction guide. Sisäinen dokumentti. CX-Programmer Introduction Guide R132-E1-04.pdf. Omron.

17. Sekvenssiohjelmointi. 2013. Timo Heikkinen. Saatavissa:

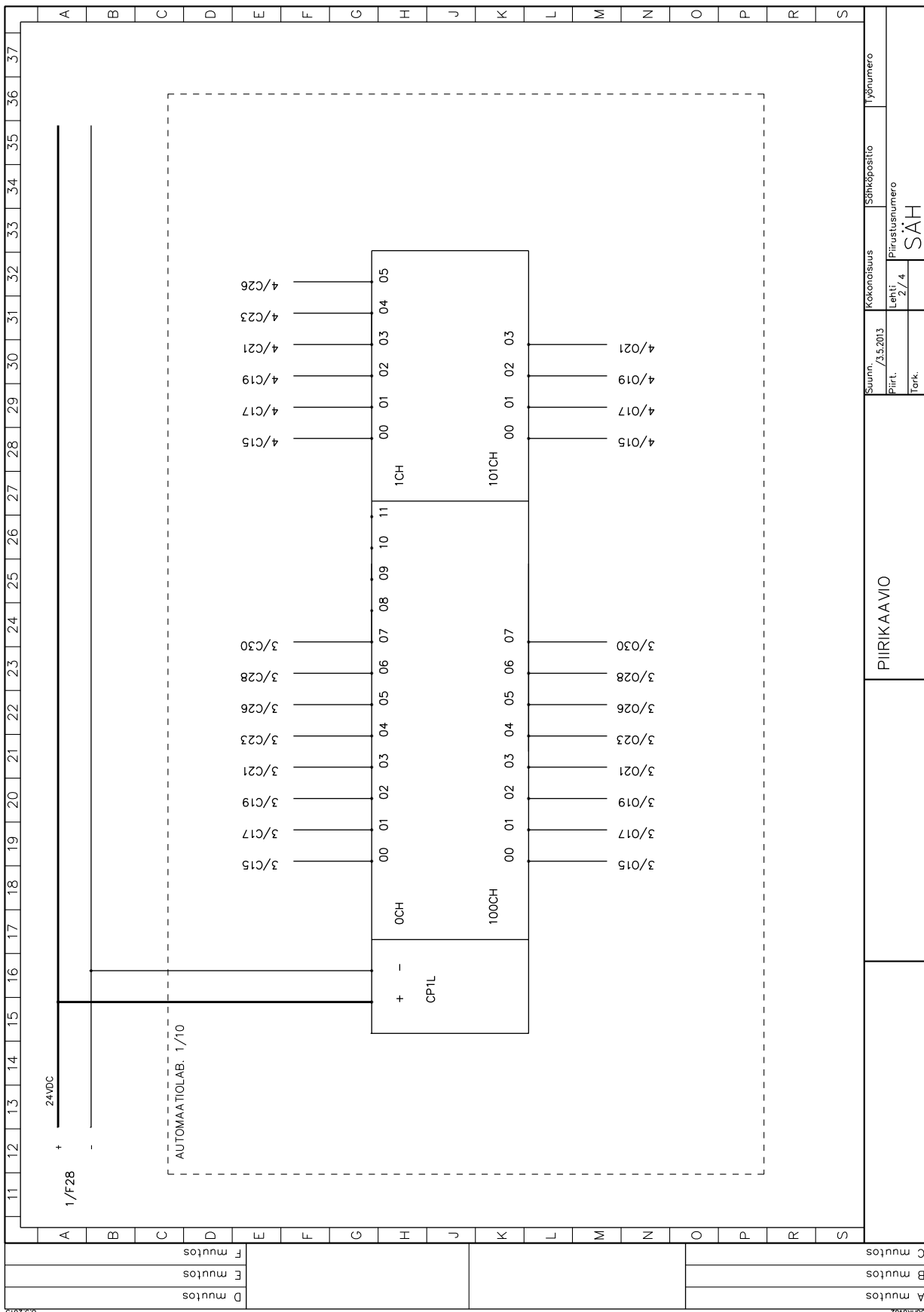
<http://www.tekniikka.oamk.fi/~timohei/?p=20opintojaksot/10TL6021/06sekvenssi>. Hakupäivä 15.4.2013.

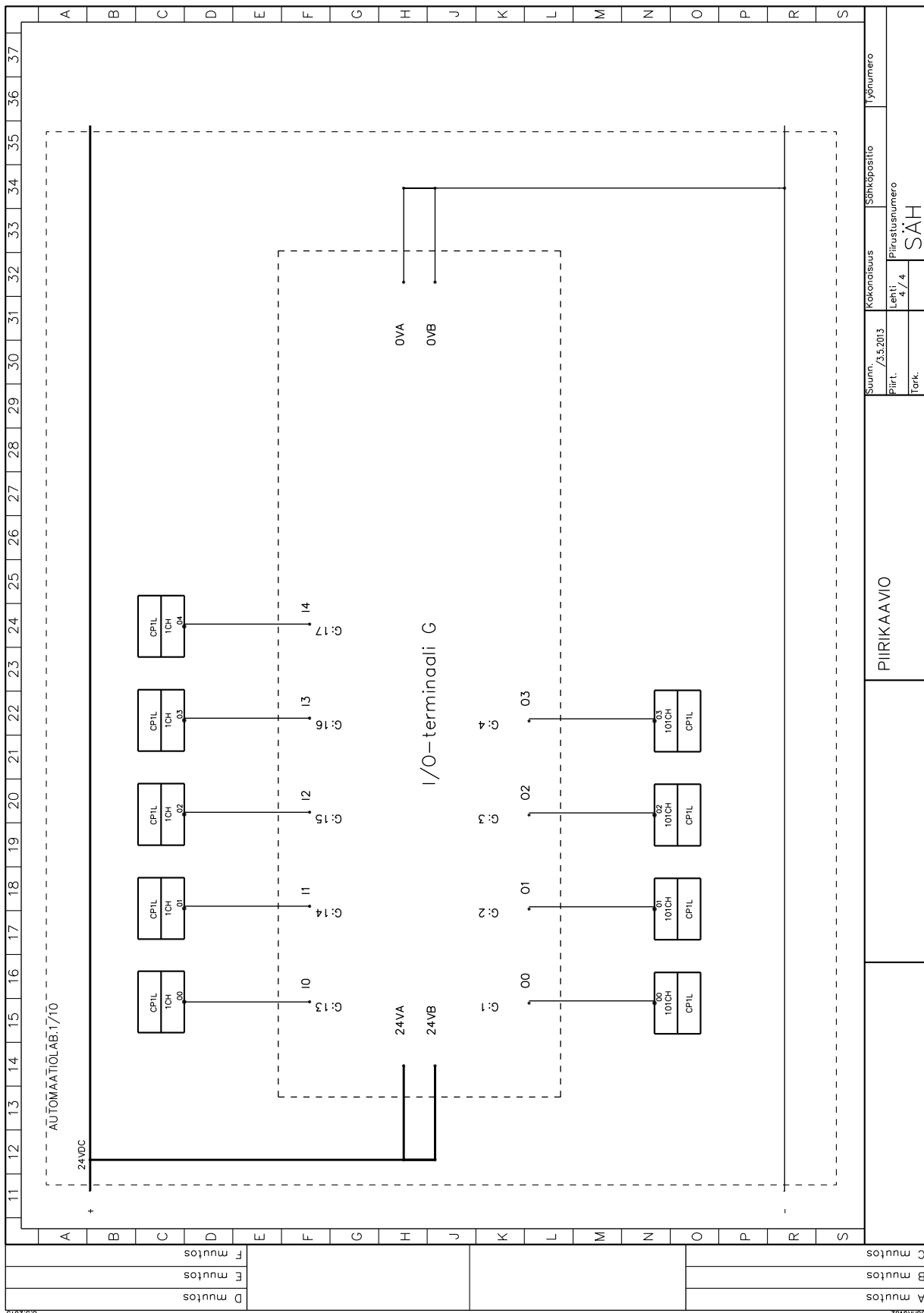


Kaapeliyhteydet logiikkataulusta ohjauspaneelille ja toimilaitteille.

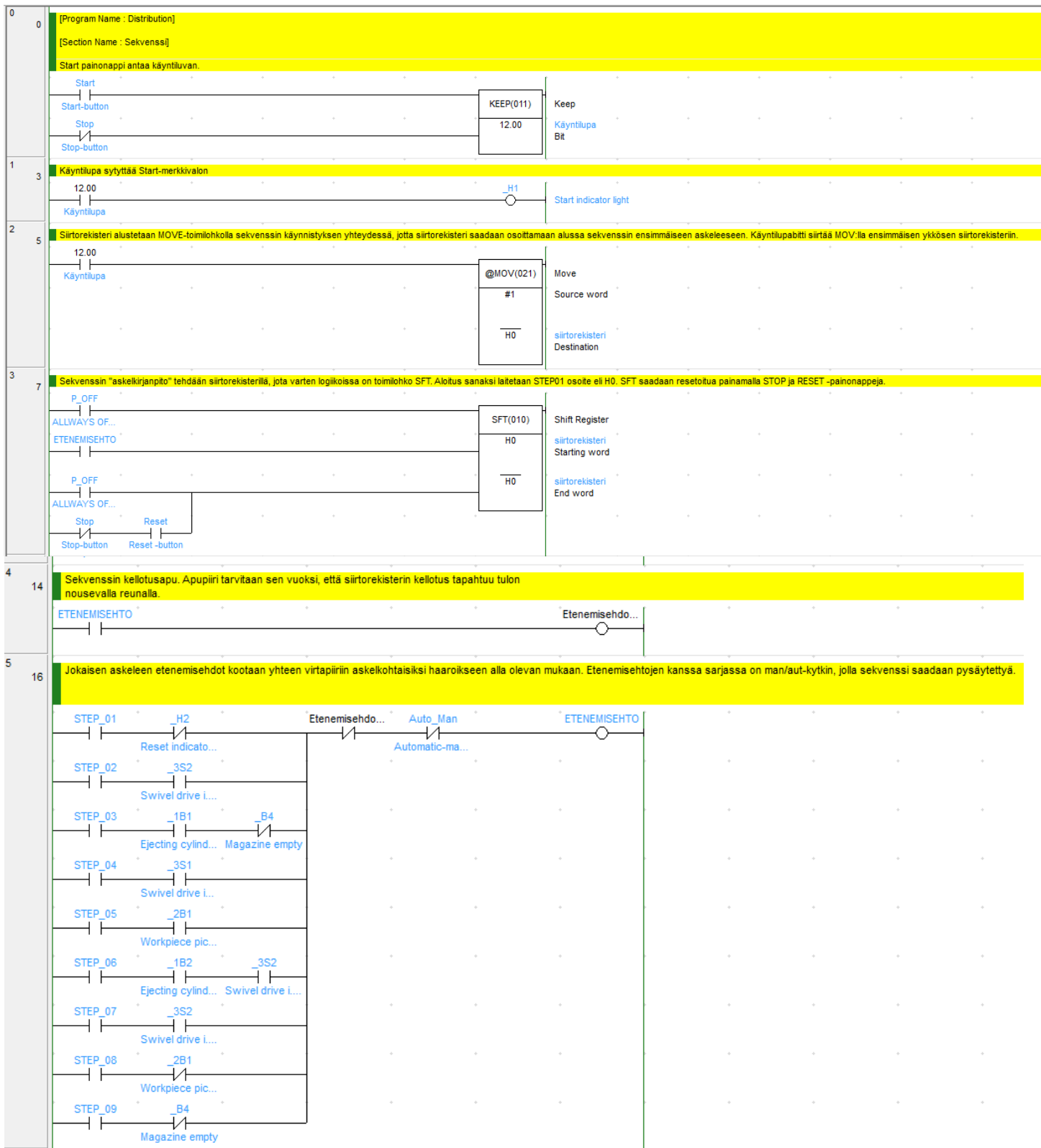
1. XMA2

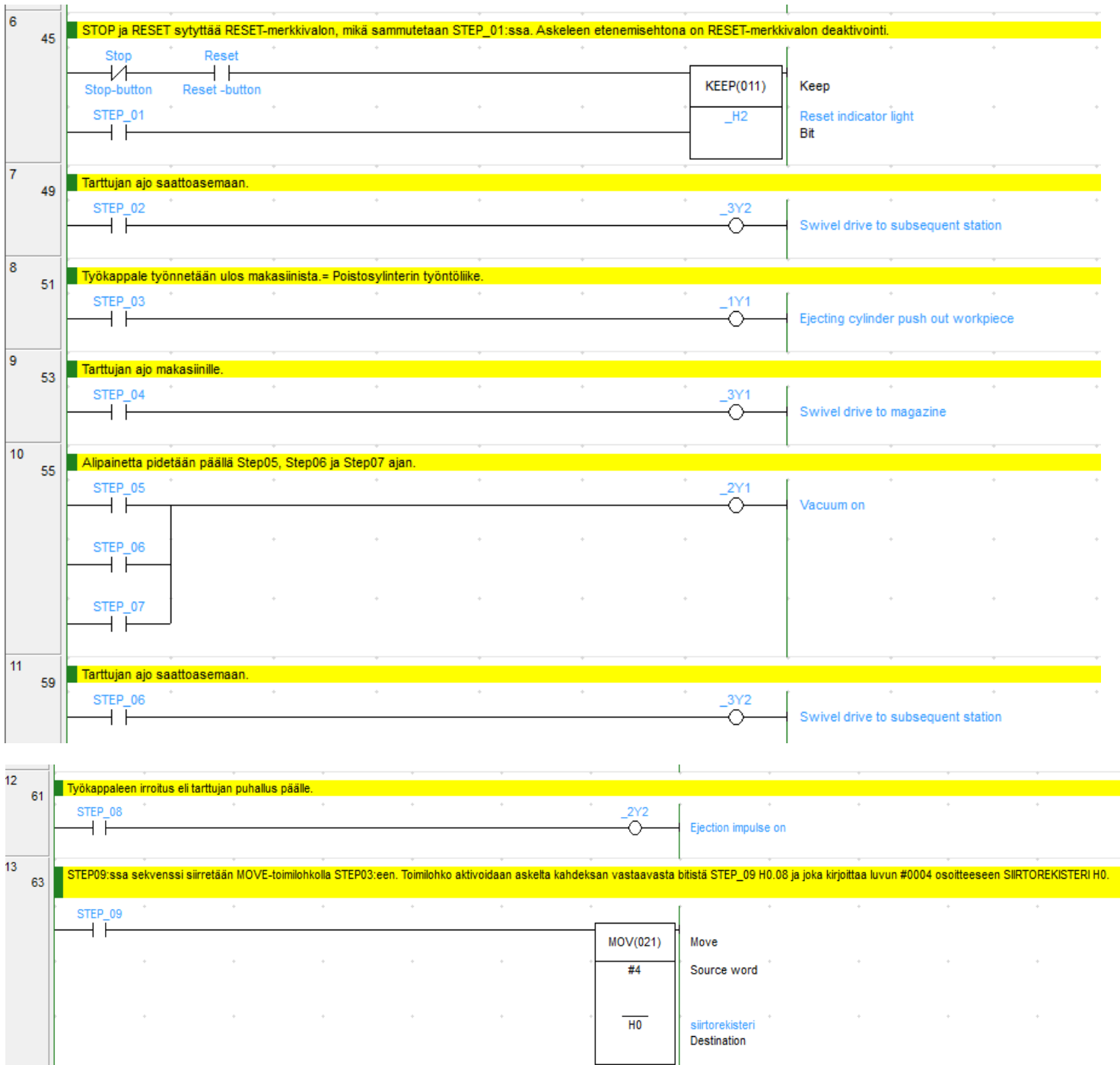
2. XMG2





A	D muutos		Suunn. /3.5.2013		Kokonaissuus		Sähkökäsittö		Tyy numero	
B	E muutos		Pirt. /4/4		Lehti		Piiustusnumero		SÄH	
C	F muutos		Terak.							





**PROJEKTOINTIOHJE
FESTO MPS -LAITTEISTON OHJAUS OMRON CP1L-
LOGIIKALLA**

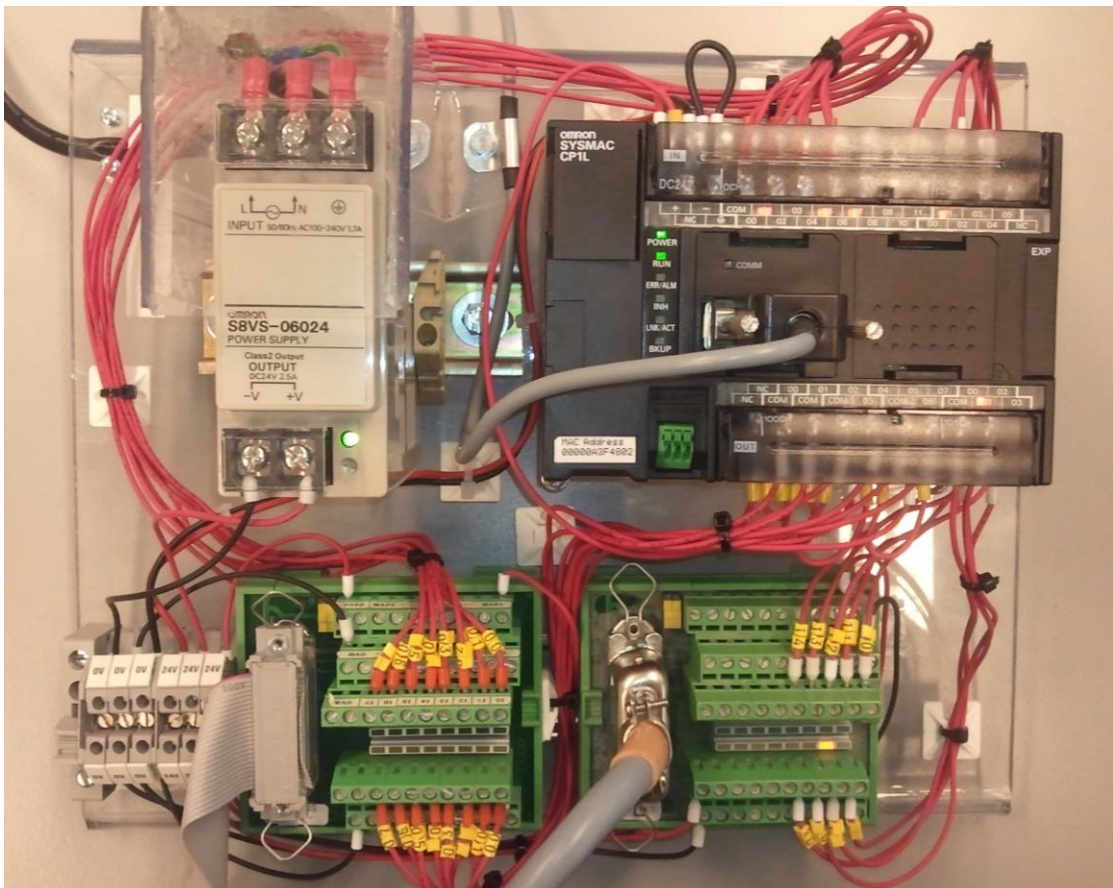
SISÄLLYS

SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	3
2 CP1L-LOGIIKAN LIITTÄMINEN YKSIKKÖÖN	4
2.1 Tuotantoyksikön ja logiikan välinen yhteys	4
2.2 Tietokoneen ja logiikan välinen yhteys	4
3 KÄYTÖN ALOITTAMINEN	5
4 I/O-MÄÄRITTELYT	9

1 JOHDANTO

Tämä projektiohje on tarkoitettu Festo MPS -laitteiston käyttöönottoon Omron CP1L-logiikalla. Työssä käytetään automaatiolaboratoriosta löytyvää Automaatiolab.1/10-logiikkakokoonpanoa, joka sisältää Omron CP1L-logiikan, I/O-terminaalit (A ja G) ja Omron S8VS-06024 -tehoyksikön (kuva 1).

Ohje kertoo kuinka CP1L -logiikka liitetään tuotantoyksikköön sekä kuinka CX-Programmer-ohjelman käyttö aloitetaan. Tässä ohjeessa tarkastellaan laboraatiotyötä Distribution-tuotantoyksikön avulla. Riippumatta työn kohteena olevasta tuotantoyksiköstä työn kulku on pääpiirteiltään samankaltainen. Tarpeen tullen opettajalta voi tiedustella työn etenemistä.



KUVA 1. Automaatiolab.1/10

2 CP1L-LOGIIKAN LIITTÄMINEN YKSIKKÖÖN

Tiedonsiirtoon MPS -laitteiston tuotantoyksiköiden ja Omron CP1L -logiikan välillä käytetään tiedonsiirtokaapelia, joka kytketään I/O-terminaalien XMA2 ja A sekä XMG2 ja G välille. XMA2- ja XMG2-terminaalit löytyvät käytettävästä tuotantoyksiköstä ja A- ja G-terminaalit löytyvät Automaatiolab.1/10-kokoonpanosta. Tietokoneen ja CP1L -logiikan välille muodostetaan sarjaliikenneyhteys.

2.1 Tuotantoyksikön ja logiikan välinen yhteys

Kytke tiedonsiirtokaapeli Automaatiolab.1/10-logiikkakokoonpanon A-terminaalin ja tuotantoyksikön XMA2-terminaalin välille (kuva 2). Kytke toisella kaapelilla G-terminaalin ja tuotantoyksikön ohjauspaneelin XMG2:n kaapeliliittimen välinen yhteys. XMG2:n kaapeliliitin löytyy ohjauspaneelin takaa.



KUVA 2. I/O-terminaalien välinen yhteys (vasen A, oikea XMA2)

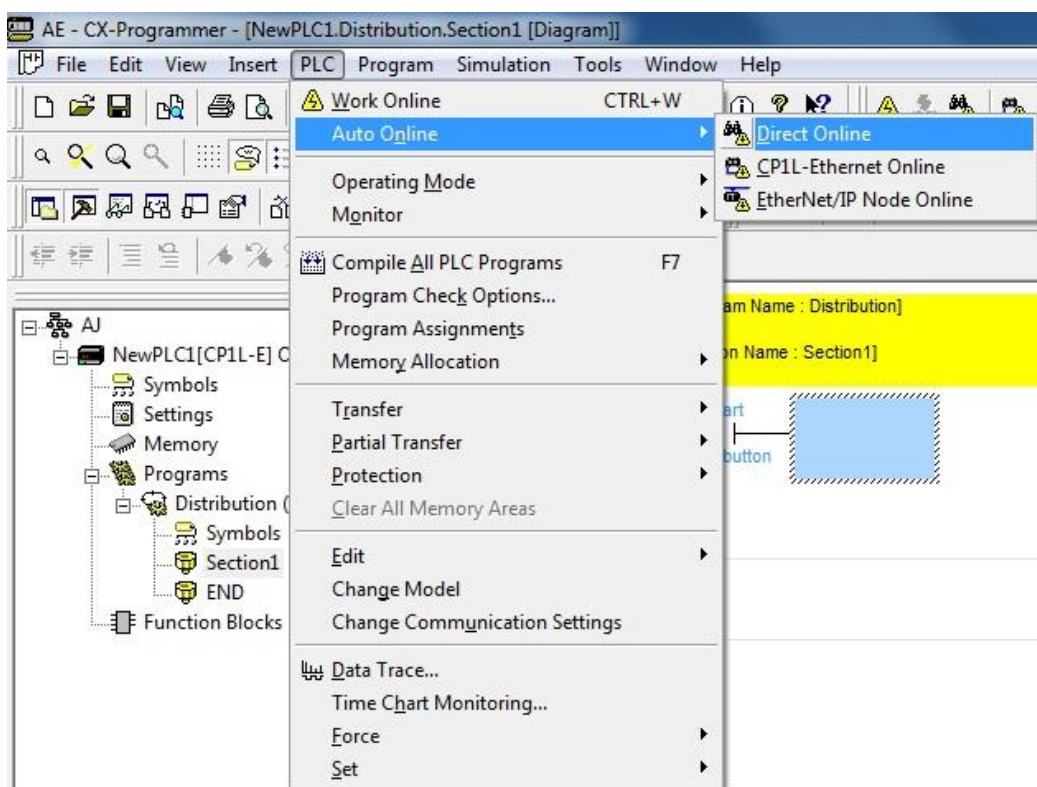
2.2 Tietokoneen ja logiikan välinen yhteys

Tietokoneen ja CP1L-logiikan välille luodaan sarjaliikenneporttiyhteys (RS-232C). Kytke yhteyttä varten käytettävän kaapelin toinen pää tietokoneen takasassa sijaitsevaan sarjaliikenneporttiin ja toinen kaapelin pää CP1L-logiikan sarjaliikenneporttiin.

3 KÄYTÖN ALOITTAMINEN

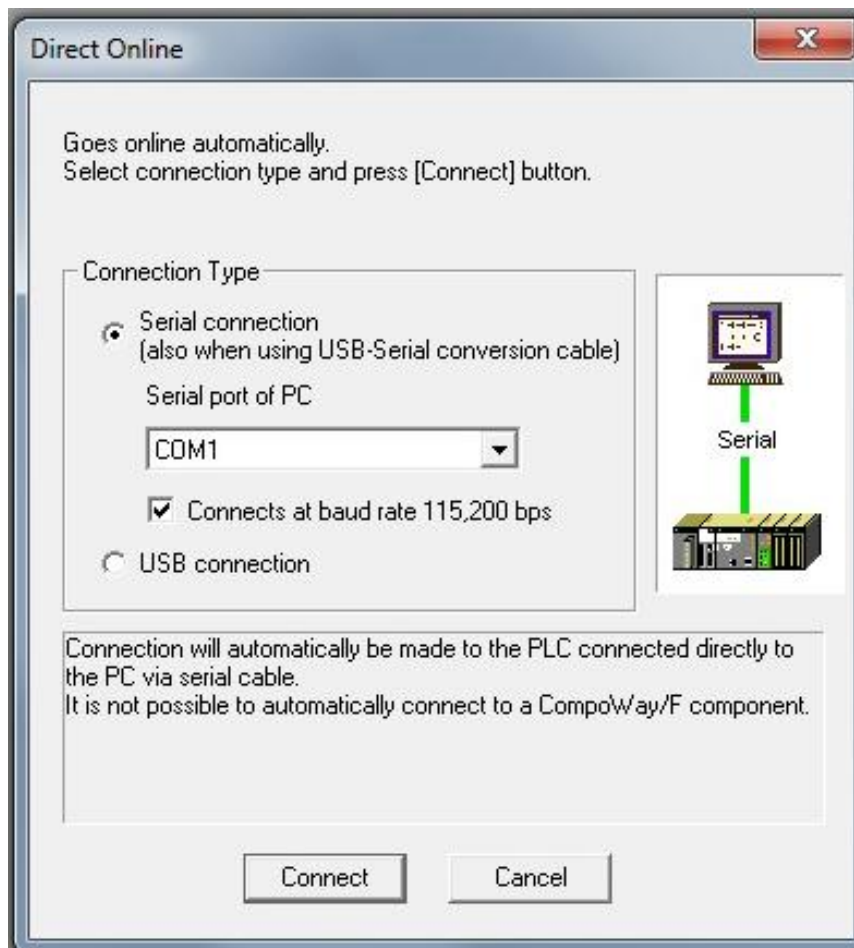
Omronin logiikoiden ohjelmoimiseen käytetään CX-Programmer-ohjelmistoa. Ohjelmisto löytyy CX-One -kansioista ”Käynnistä”-valikosta. Kun ohjelma on la-
tautunut, varmista CP1L-logiikan ja tietokoneen välinen yhteys ja kytke CP1L-
logiikan käyttäjännite.

Uuden projektin luominen ja logiikan CPU-tyyppin määrittäminen aloitetaan
käynnistämällä CX-Programmerin Direct Online-työkalu. Direct Online löytyy
CX-Programmerin työkaluvalikosta PLC → Auto Online → Direct Online (Kuva
3).



KUVA 3. CX-Programmerin työkaluvalikko

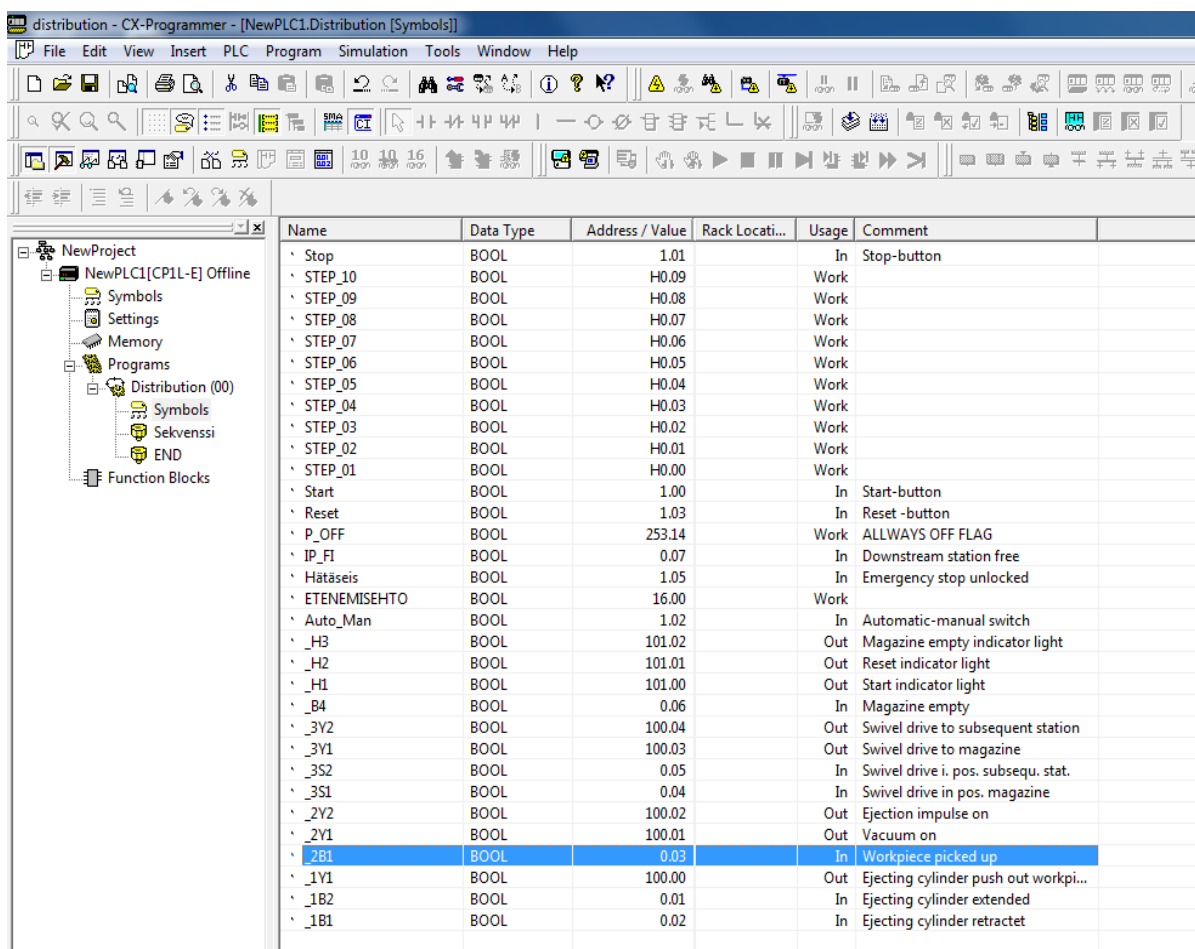
Valitse avautuvasta Direct Online -valintaikkunasta (kuva 4) yhteydeksi Serial
connection ja tietokoneen käyttämäksi portiksi COM 1 (jos käytit eriä porttia tie-
tokoneessa, vaihda se tähän). Tämän jälkeen valitse Connect ja odota kunnes
CX-Programmer saa yhteyden logiikkaan.



KUVA 4. Direct Online -valintaikkuna

4 I/O-MÄÄRITTELYT

Ohjelmoinnin helpottamiseksi kannattaa ensimmäiseksi luoda CX-Programmerin I/O-määrittelyt. I/O-määrittelyt tehdään CX-Programmerin projektipuu-valikon Symbols-välilehteen. Kuvassa 5 on esitettyä Distribution-tuotantoyksikön valmis symbolimäärittely, jossa on I/O-tietojen lisäksi sekvenssiohjelmointia varten omalla nimellään kutakin askelta vastaava bitti ja sen vaara muistipaikka.

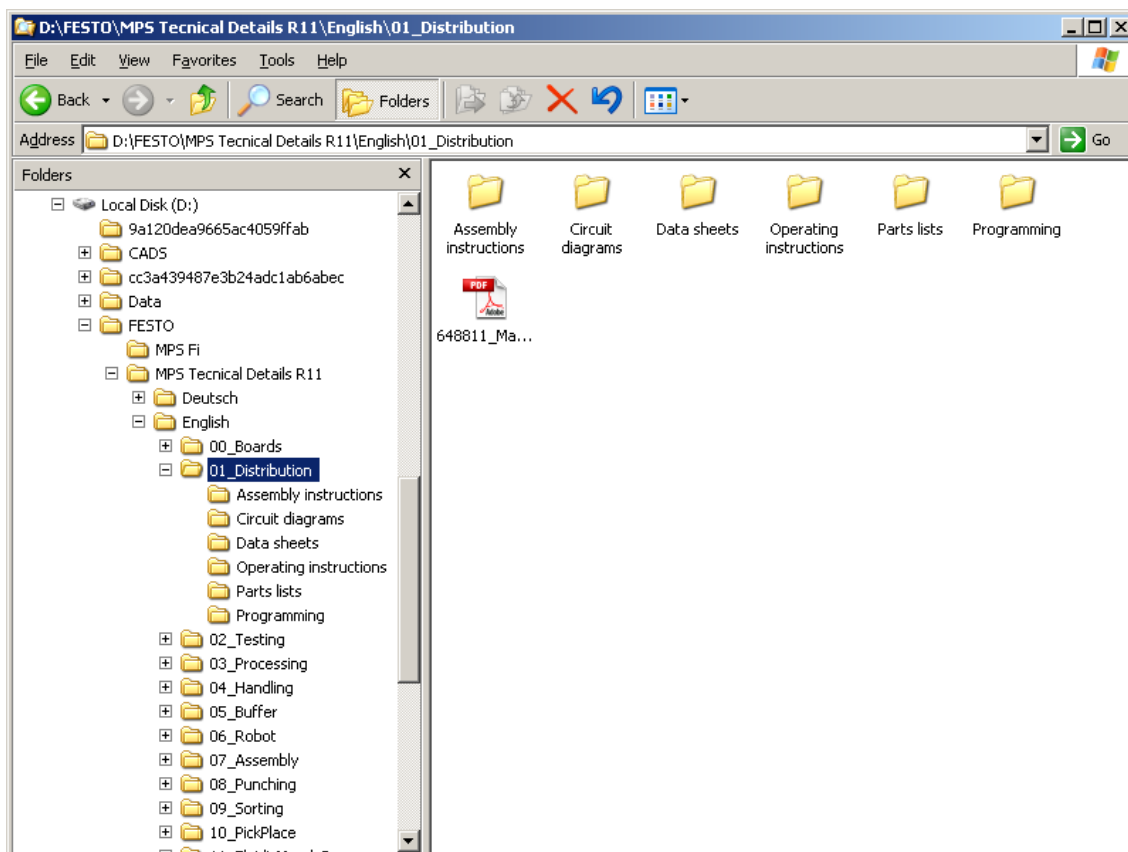


Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
* Stop	BOOL	1.01		In	Stop-button
* STEP_10	BOOL	H0.09		Work	
* STEP_09	BOOL	H0.08		Work	
* STEP_08	BOOL	H0.07		Work	
* STEP_07	BOOL	H0.06		Work	
* STEP_06	BOOL	H0.05		Work	
* STEP_05	BOOL	H0.04		Work	
* STEP_04	BOOL	H0.03		Work	
* STEP_03	BOOL	H0.02		Work	
* STEP_02	BOOL	H0.01		Work	
* STEP_01	BOOL	H0.00		Work	
* Start	BOOL	1.00		In	Start-button
* Reset	BOOL	1.03		In	Reset -button
* P_OFF	BOOL	253.14		Work	ALLWAYS OFF FLAG
* IP_FI	BOOL	0.07		In	Downstream station free
* Hätäseis	BOOL	1.05		In	Emergency stop unlocked
* ETENEMISEHTO	BOOL	16.00		Work	
* Auto_Man	BOOL	1.02		In	Automatic-manual switch
* _H3	BOOL	101.02		Out	Magazine empty indicator light
* _H2	BOOL	101.01		Out	Reset indicator light
* _H1	BOOL	101.00		Out	Start indicator light
* _B4	BOOL	0.06		In	Magazine empty
* _3Y2	BOOL	100.04		Out	Swivel drive to subsequent station
* _3Y1	BOOL	100.03		Out	Swivel drive to magazine
* _3S2	BOOL	0.05		In	Swivel drive i. pos. subsequ. stat.
* _3S1	BOOL	0.04		In	Swivel drive in pos. magazine
* _2Y2	BOOL	100.02		Out	Ejection impulse on
* _2Y1	BOOL	100.01		Out	Vacuum on
* 2B1	BOOL	0.03		In	Workpiece picked up
* _1Y1	BOOL	100.00		Out	Ejecting cylinder push out workpi...
* _1B2	BOOL	0.01		In	Ejecting cylinder extended
* _1B1	BOOL	0.02		In	Ejecting cylinder retractet

KUVA 5. Distribution-tuotantoyksikön valmis symbolimäärittely

Koska yhdistetyt I/O-terminaalit XMA2 ja A sekä XMG2 ja G ovat sarjassa tois-

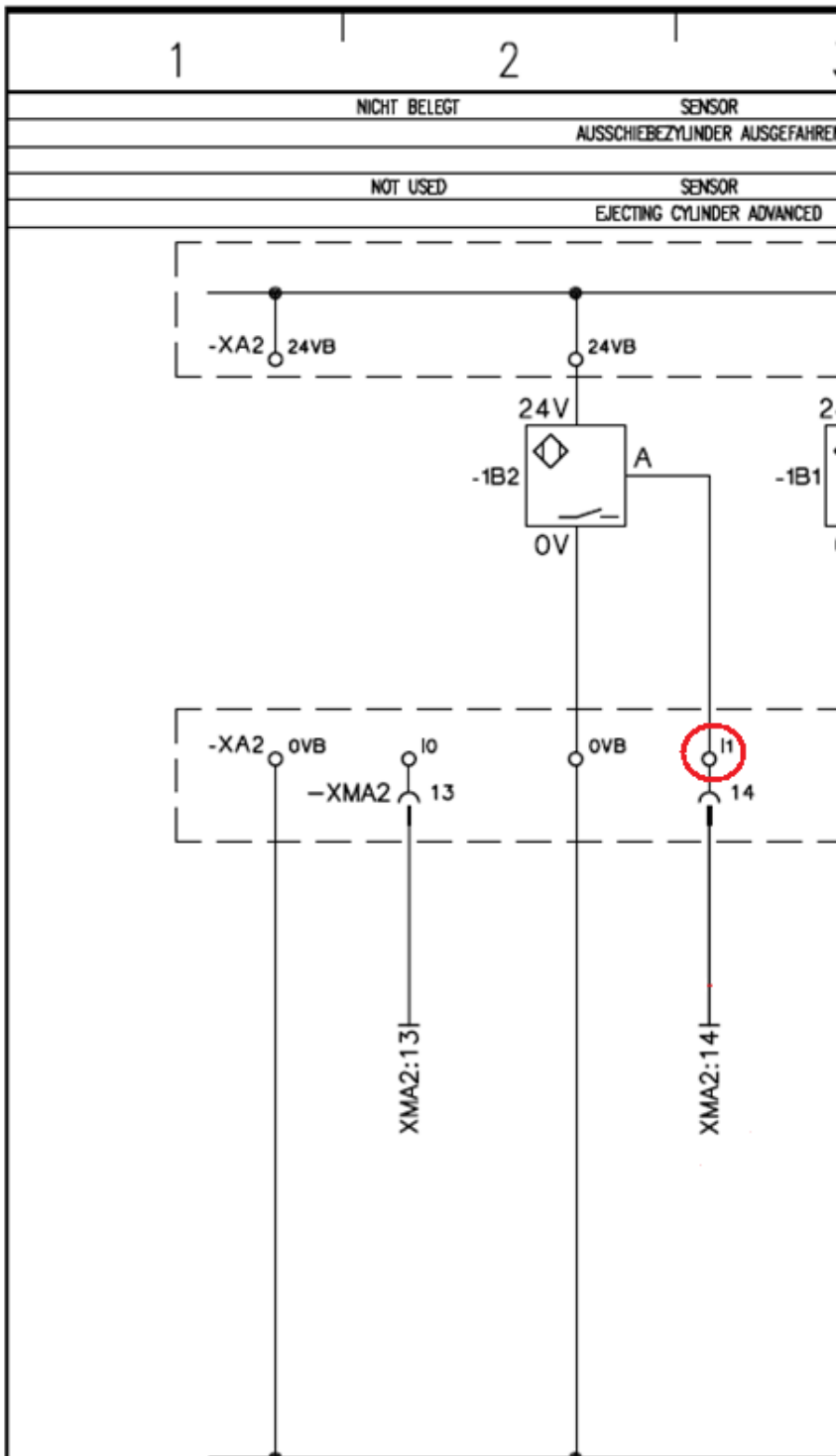
tensa kanssa, voi kunkin kenttälaitteen liittymispisteen katsoa Feston suunnitelmista piirikaavioista. Piirikaaviot löytyvät AUTLAB2-luokan tietokoneilta D-levyltä FESTO-kansiosta (kuva 6) tai muusta opettajan ohjeistamasta kansioista.



KUVA 6. Feston dokumentaatio

Esimerkiksi Distribution-yksikköä käytettäessä, katso ensin kenttälaitteen nimi piirikaavion yläreunasta, minkä jälkeen tarkista, mihin I/O-terminaali XMA2:n riviliittimeen se on kytketty. Kuvassa 7 on nähtävissä, että sylinterin työntöliikkeen raja-anturi on kytketty XMA2:n riviliittimeen I1 (XMA2:14:I1). Näin ollen sama rajatieto on kytkettyneenä I/O-terminaali A:n riviliittimeen I1 eli Omron CP1L -logiikan kanavaan 0CH pisteeseen 01. Tarvittaessa eri toiminnot saadaan myös yksilöityä käsikäytöllä. Esimerkiksi venttiileissä on käsikäytölle oma vipunsa.

Piirikaavio Distribution, sivu 4



KUVA 7. I/O-tietojen määrittelyä