



LAPPEENRANNAN
TEKNILLINEN YLIOPISTO

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
SÄHKÖTEKNI I KAN OSASTO

BL10A1000 Kandidaatintyö ja seminaari

KANDIDAATINTYÖ

14.10.2007

Henri Makkonen

0260085

Säte 5

Lasertyöaseman mekaniikan ohjelmointi

PL 20, 53851 LAPPEENRANTA, p. 05 62111, fax. 05 621 6799

<http://www.ee.lut.fi>

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Sähkötekniikan osasto

Henri Mikael Makkonen

Lasertyöaseman mekaniikan ohjelmointi

Kandidaatintyö

2007

18 sivua, 7 kuvaa, ei taulukoita, 2 liitettä

Tarkastaja: Professori Pertti Silventoinen

Hakusanat: laser, Mitsubishi controller, Alpha programming

Keywords: laser, Mitsubishi controller, Alpha programming

Työssä oli tarkoituksena suunnitella logiikka lasertyöaseman mekaniikan ohjaukseen. Logiikka muodostettiin Alpha Programming –ohjelmalla, mikä ladattiin muodostamisen jälkeen mikrokontrolleriin. Latauksen jälkeen logiikka testattiin ja ilmenevät virheet korjattiin. Korjausten jälkeen logiikkaa saatiin toimimaan oikein.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Department of Electrical Engineering

Henri Mikael Makkonen

Programming the mechanics of the laserworkstation

Thesis for the Degree of Bachelor of Science in Technology

2007

18 pages, 7 figures, no tables, 2 appendices

Examiner: Professor Pertti Silventoinen

Keywords: laser, Mitsubishi controller, Alpha programming

Aim of this study was to design a logic for controlling the mechanics of the laserworkstation. Logic was created with the Alpha Programming software and after the creation the logic was uploaded to a controller. After the upload the logic was tested and errors was repaired. After the repairs the logic worked correctly.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Savcor Alfa yhtiölle LoCoR lasertyöasemaa varten. Haluaisin kiittää Savcor Alfa yhtiötä mielenkiintoisista töistä sekä tästä kandidaatintyön aiheesta. Kiitän myös professori Pertti Silventoista avusta ja vinkeistä työtä tehdessä.

Haluan kiittää myös Maria oikolukemisesta sekä tukemisesta.

SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 TYÖN TAUSTA JA MERKITYS.....	7
2.1 Lasertyöaseman esittely.....	7
2.2 PLC-ohjelman esittely	9
2.3 Kontrollerin esittely.....	9
3 LOGIIKAN KEHITYS	10
3.1 Logiikan sanallinen esitys	10
3.2 Logiikan I/O:t.....	11
3.3 Lohkokaaviokuva.....	11
3.4 Logiikan kehitys.....	12
3.5 Logiikan testaus	17
3.6 Logiikan muutokset.....	17
4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSIDEAT.....	18
LÄHTEET	19
LIITTEET 1,2	

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

I/O Input/output

PLC Programmable logic controller

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoitus on tehdä logiikka lasertyöaseman mekaniikan ohjaukseen. Logiikka muodostetaan ohjelmalla, jossa on visuaalinen käyttöliittymä. Kehitetty logiikka ladataan mikrokontrolleriin, joka säätelee työaseman mekaniikkaa. Lasertyöaseman mekaniikka toimii paineilmalla, mutta paineilmakytkimet ovat sähköisesti ohjattuja. Tämä mahdollistaa mekaniikan ohjauksen mikrokontrollerin avulla.

2 TYÖN TAUSTA JA MERKITYS

Tarkoituksena on saada aikaiseksi lasertyöasema, joka on käyttäjystävällinen ja turvallinen. Mekaniikan logiikan kannalta on tärkeää, etteivät käyttäjän tekemät virheet vaikuta työaseman käyttöturvallisuuteen. Mekaniikan logiikka muodostetaan Alpha Programming -ohjelmalla, ja mekaniikan ohjaukseen käytetään Mitsubishi Controller -laitetta, johon ohjelmalla tehty logiikka ladataan.

2.1 Lasertyöaseman esittely

Savcor Alfa -yhtiössä laseria (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) käytetään yleisesti merkkaukseen, hitsaukseen ja leikkaukseen. Yleinen materiaali hitsaukseen on muovi ja leikkaukseen paperiset materiaalit. Merkkaukseen mahdollisia materiaaleja on suurempi valikoima, kuten eri muovimateriaalit, paperimateriaalit tai metallimateriaalit. Kyseinen työasema on modifioitu tekemään nimenomaan merkkausta.

Lasermerkkauksen hyviä puolia ovat nopeus, kosketukseton työstö ja kestävä merkkaus. Etuja ovat myös joustavuus ja selkeys. Muodot voidaan tehdä jokaiselle kappaleelle erikseen, merkkauksesta tulee selvärajainen ja laserin avulla voidaan merkata myös sellaisiin kohtiin, joihin muilla menetelmillä ei voitaisi merkata. (Kujanpää V. 2005)

Savcor Alfa on erikoistunut tekemään asiakkaan toiveiden mukaisia modifioituja lasertyöasemia. Työasemissa käytetään valmiiksi suunniteltuja malleja, mutta toiminnot

ja lasertyyppi voidaan muuttaa. Tarkoituksena on siis toimittaa asiakkaalle työasema, joka on heti valmis haluttuun toimintaan.

Tässä työssä käsiteltävä lasertyöasema Loco R (kuva 1) on modifioitu merkkamaan kappaleita. Loco R on varustettu pyöröpöydällä, joka mahdollistaa kappaleiden samanaikaisen työstön aseman sisällä sekä kappaleiden latauksen ja purun työaseman ulkopuolella. Tässä työssä käsiteltävään lasertyöasemaan on valittu laseriksi Nd:YVO₄. Laserlaitteistoon kuuluu skanneripää, virtalähde, jäähdytysyksikkö ja tietokone. Skanneripää ohjaa lasersädettä työstettävän kappaleen pinnalla. Virtalähde tuottaa lasersäteen, josta säde ohjataan skanneripäähän. Jäähdytysyksikkö jäähdyttää laserin resonaattoria ja pumppausdiodeja. Skanneripäätä ohjataan puolestaan tietokoneella eli tietokone sisältää halutut grafiikat ja parametrit. Lisäksi lasertyöasemassa on sähkökeskus, josta tarvittava sähköteho jaetaan laserlaitteistolle ja kytkimille. (Savcor Alfa)



Kuva 1. Lasertyöasema Loco R pyöröpöydällä.

Paineilmalla toimivia mekaanisia osia työasemassa on kaksi kappaletta, jotka ovat pyöröpöytä ja sylinteri. Pyöröpöydän avulla saadaan merkkauksprosessista nopeampi. Käyttäjä voi asettaa kappaleen pyöröpöydän toiseen muottiin samalla kun toista kappaletta merkataan. Sylinteri taas ohjaa luukku pyöröpöydän päällä.

Mekaniikan ohjauksessa käytetään apuna erilaisia antureita, joiden avulla saadaan selville, missä asennossa mikäkin osa on. Tämä on tärkeää etenkin työaseman luukussa, koska laser ei saa tuottaa sädettä ennen kuin luukku on varmasti kiinni. Antureita on siis yhdet luukun ylä- ja ala-asennoissa sekä yhdet pyöröpöydän molemmilla puolilla. Pyöröpöydän antureilla saadaan selville miten päin pöytä on, ja milloin pöytä on kierähtänyt täydet 180 astetta. Pyöröpöydän puolia eli asentoja merkitään numeroilla 1 ja 2.

2.2 PLC-ohjelman esittely

Logiikan kehityksessä käytetään Alpha Programming -ohjelmaa, jossa on visuaalinen käyttöliittymä. Toisin sanoen ohjelmalla ei kirjoiteta koodia, vaan kootaan haluttu logiikka pienemmistä logiikan palasista. Yksinkertaisimmat valmiit logiikkalohkot ovat Boolean algebran mukaiset and, or, not, nand, nor ja xor. Loput ohjelman logiikan paloista ovat funktiolohkoja, joilla voidaan esimerkiksi viivyttää signaalia tai tallentaa signaalin arvo. Mekaniikan ohjaukseen käytetään yksinkertaisinta yhden bitin logiikkaa, jolloin signaali voi saada arvokseen vain 0 tai 1 (off/on).

2.3 Kontrollerin esittely

Työssä mekaniikan ohjaukseen käytetään Mitsubishin kontrolleria AL2-24MR-D. Kontrollerissa on 15 tuloa ja 9 lähtöä, joiden avulla lasertyöaseman mekaniikkaa ohjataan. Laite toimii 24 voltin DC-jännitteellä, ja tehoa laite käyttää 7 wattia. Tuloista 8:aa voidaan käyttää analogisina, mutta lasertyöaseman ohjaukseen tarvitaan vain DC-tasoja. Laite sisältää myös LCD-näytön, josta näkee esimerkiksi päällä olevat tulot ja lähdöt. Kyseinen ominaisuus on kätevä erityisesti virheiden etsinnässä logiikasta. (Electrodepot)

3 LOGIIKAN KEHITYS

Tärkein asia logiikan kehityksessä on havainnoida asioiden tapahtumajärjestys. Lohkokaaviolla sanallinen logiikka saadaan helposti selkeästi esitettävään muotoon. Logiikan I/O:t täytyy olla tiedossa, jotta sähkökytkennät ovat oikein. Logiikan ollessa valmis se testataan laitteella, ja mahdolliset virheet etsitään ja korjataan. Tästä syystä logiikassa on tärkeää siisti ja selkeä ulkoasu, jotta myös muu kuin tekijä pystyy logiikan kulun hahmottamaan. Tässä asiassa myös lohkokaaviokuva on avuksi. Siistiä ulkoasua varten on hyvä käyttää user function -ominaisuutta, jolla käyttäjä voi muodostaa omia logiikkalohkoja. Näin saadaan koko logiikka mahtumaan pienempään tilaan ja siitä tulee helpommin luettava.

3.1 Logiikan sanallinen esitys

Logiikan kehitys alkaa aina sanallisesta selityksestä, jossa ilmenee, mitä mekaniikan on tarkoitus tehdä seuraavaksi. Sanallisessa selityksessä logiikka ilmaistaan vain karkeapiirteisesti. Sanallinen selitys aloitetaan usein siitä, että koneeseen kytketään virrat tai että käsiteltävä kappale asetetaan koneeseen.

Seuraavassa on esitetty logiikka sanallisesti:

- Luukku aukeaa ja pyöröpöytä pyörii asentoon 1
- Kun molempia start-nappeja painetaan samanaikaisesti, lähtee pyöröpöytä pyörimään kohti asentoa 2
- Kun pyöröpöytä on saavuttanut asennon 2, suljetaan luukku
- ”Luukku kiinni”-anturin alkaessa toimia, lähetetään 500ms pituinen ”aloita merkkkaus”-signaali
- Kun merkkkaus on valmis, saadaan ”merkkkaus valmis”-signaali
- Odotetaan ”start”-signaalia
- Toistetaan sekvenssi, tällä kertaa pyöröpöytä aloittaa asennosta 2, ja lähtee pyörimään kohti asentoa 1

Lisäksi täydennetään logiikan sanallista esitystä erikoisvaatimuksilla. Erikoisvaatimukset tarkentavat tai lisäävät sanalliseen selitykseen ehtoja.

- Molemmat start-napit täytyy painaa pohjaan samanaikaisesti (väliä korkeintaan 500ms)
- Jos molempia start-nappeja ei pidetä pohjassa, kunnes luukku menee kiinni, pysähtyy pyöröpöydän liike ja luukku avautuu. Liike jatkuu, kun start-nappulat painetaan taas pohjaan
- Pöytää täytyy pystyä pyörittämään myös manuaalisesti napista painamalla

3.2 Logiikan I/O:t

Logiikan I/O -järjestys tulee tietää, jotta sähköasentaja saa asennettua johdot oikein päin. Kätevää on myös pitää I/O -järjestys samana aina samassa työasemamallissa, jolloin se on myös asentajalle helpompaa. Logiikka tehdään kontrollerille, jossa on 15 tuloa ja 9 lähtöä, mutta tässä logiikassa on kuitenkin tarvetta vain 8 tulolle ja 7 lähdölle. Merkataan tuloa I:llä (input) ja lähtöä O:lla (output). Logiikan I/O:t ovat liitteessä 1.

Logiikan tulosignaalit tulevat antureilta tai työaseman käyttöliittymästä. Logiikka on siis yhteydessä myös tietokoneohjelmaan. Lähtösignaalit ovat tarkoitettuja laserille, mekaniikan ohjaukseen tai käyttäjälle tiedoksi virheestä.

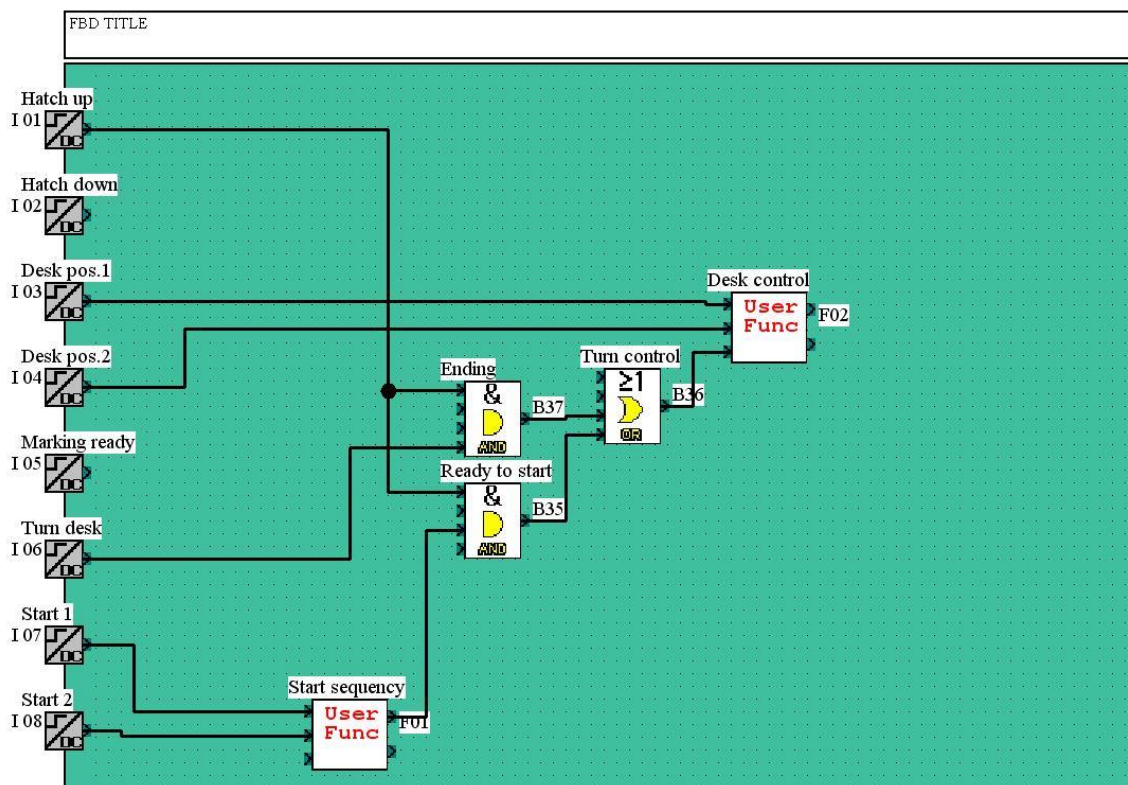
3.3 Lohkokaaviokuva

Lohkokaaviokuva helpottaa mekaniikan logiikan kehitystä ja tarkoituksen ymmärtämistä. Muodostetaan logiikasta yksinkertainen lohkokaaviokuva. Erikoisvaatimukset ovat pieniä osia koko logiikasta ja ne muodostavat erillisen osan. Koska lohkokaaviokuva on selkeämpi ilman erikoisvaatimuksia, tehdään lohkokaavio pelkästään normaalista sanallisesta logiikan selityksestä. Lohkokaaviokuva on liitteessä 2.

3.4 Logiikan kehitys

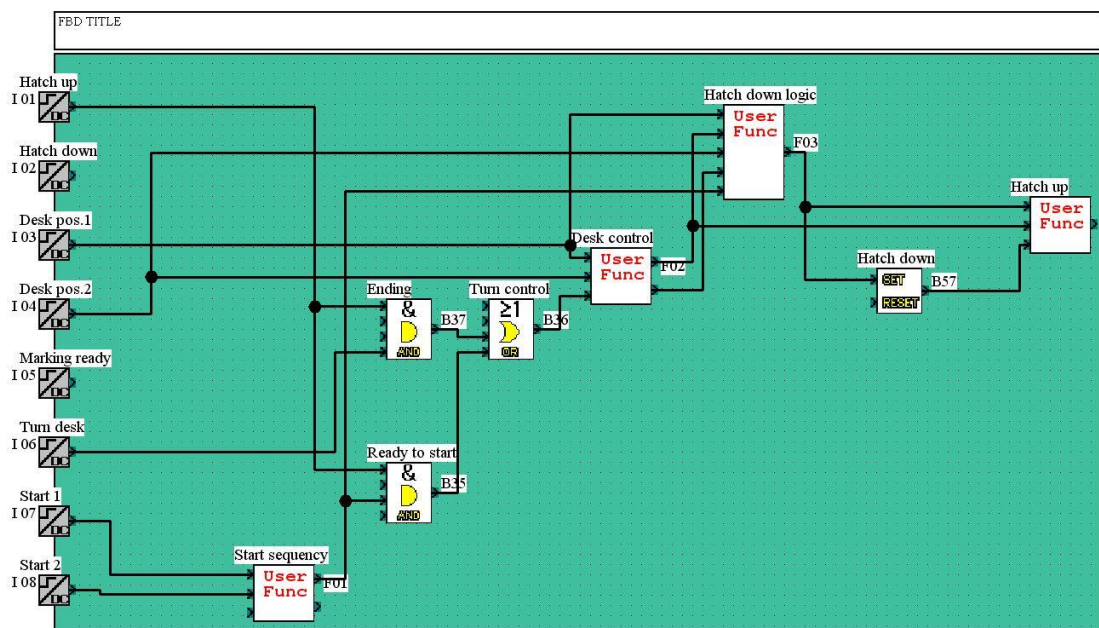
Ensin asetetaan I/O:t paikalleen ja nimetään ne. Tällöin voidaan työskennellä ilman erillistä I/O listaa. Logiikan kehitys tapahtuu lähtö kerrallaan. On kuitenkin tärkeää erotella selkeästi eri sekvenssit, jotta niitä voidaan käyttää toisissa sekvensseissä, eikä samaa logiikkalohkoa jouduta tekemään uudelleen.

Pöydän kääntäminen voidaan eritellä kahteen eri tapahtumaan. Ensin tarvitaan tieto milloin käännetään, jonka jälkeen pitää tietää minne käännetään. Tässä tapauksessa tieto, milloin käännetään, koostuu vielä useammasta osiosta. Pöytää siis käännetään, kun *Start sequency* -lohkon ulostulo aktivoituu tai kun tietokoneelta annetaan *Turn desk* -signaalille arvo 1. Molemmat tapaukset kuitenkin vaativat sen, että luukku on auki. Tieto käännöksen suunnasta saadaan pyöröpöydän antureilta. Pöytää käännetään sen asennon suuntaan, jonka anturi ei ole aktiivisena. Pöytää käännetään kunnes kyseinen anturi aktivoituu.



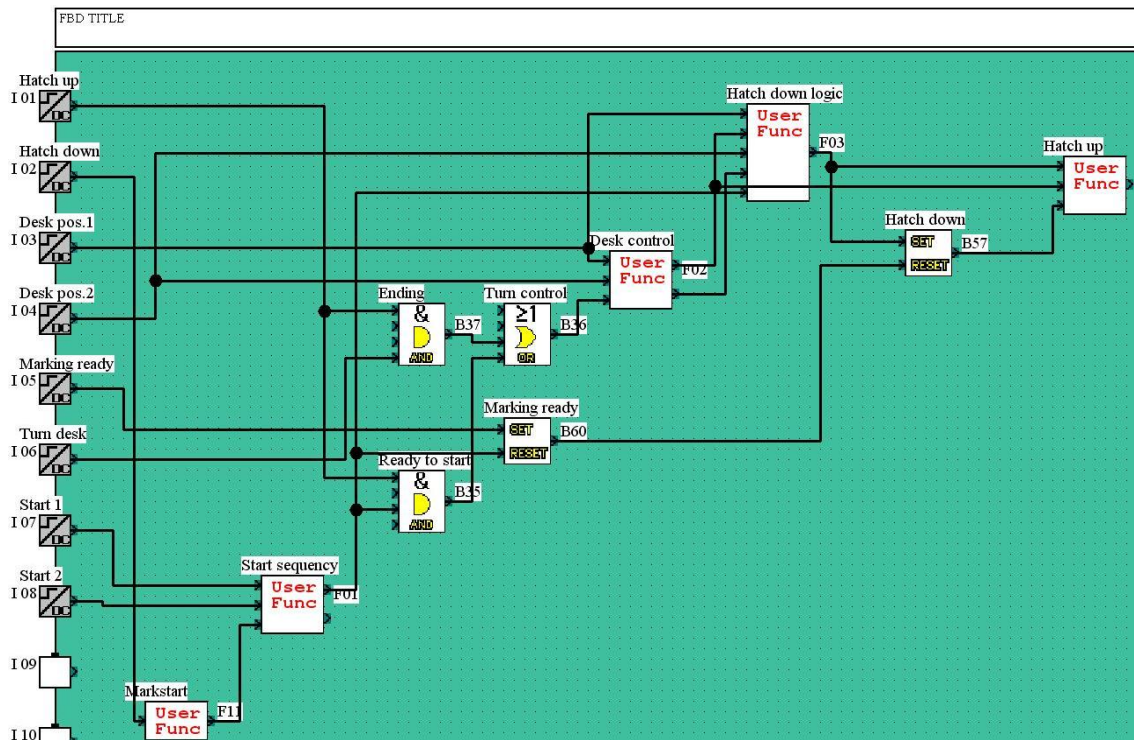
Kuva 2. Pyöröpöydän ohjaus. Varsinaiseen ohjaukseen tarvitaan 6 eri tuloa.

Luukun sulkemiseen tarvitaan tiedot pöydän tilasta. Kun pöytä on kääntynyt, voidaan luukku sulkea. Kun luukun sulkemiselle on tehty logiikka, voidaan luukun avaaminen toteuttaa yksinkertaisesti siten, että luukku on auki aina, ellei sitä ole laitettu kiinni. Aloitusehdot kuitenkin vaativat, että luukku avautuu, kun koneeseen kytketään virta päälle. Lisätään siis luukun avautumislogiikkaan yhden kerran alussa toimiva sekvenssi, joka avaa luukun heti virtojen kytkemisen jälkeen. Luukun ensimmäisen sulkeutumiskerran jälkeen sekvenssi kytkeytyy kokonaan pois päältä. Kuva logiikasta, johon on lisätty sekvenssit luukun sulkemiselle ja avaamiselle löytyy kuvasta 3.



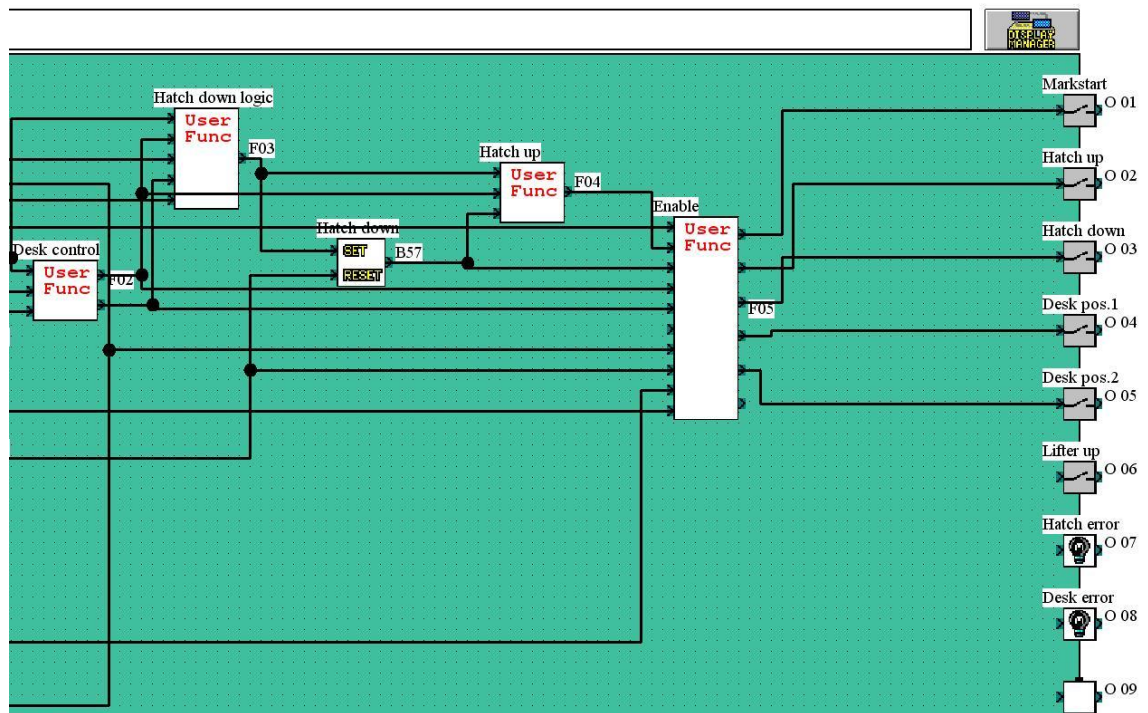
Kuva 3. Luukun ohjaus. Luukun sulkemiselle muodostetaan logiikka eri tulosten avulla, mutta luukun avautuminen toimii sulkeutumisen negatiolla.

Start mark -signaali on helppo toteuttaa. Luukun sulkeutuessa lähetetään yksi 500 millisekunnin mittainen signaali. Start mark -signaali aloittaa kappaleen merkkauksen. Myös marking ready -signaalille vaaditaan vain yksinkertainen toteutus. Tallennetaan tila marking ready, kunnes käyttäjä taas käynnistää koko sekvenssin uudelleen painamalla start-nappeja. Laser lähettää marking ready -signaalin kontrollerille merkkauksen ollessa valmis. Marking ready -signaalilla voidaan toteuttaa luukun avautuminen merkkauksen jälkeen (kuva 4).



Kuva 4. *Markstart* ja *marking ready*. *Markstart* -signaalia käytetään käynnistys sekvenssin uudelleen aktivoimiseen ja *marking ready* -signaalia luukun ohjaukseen.

Logiikan yksi erityisvaatimus on, että jos molempia start-nappeja ei pidetä pohjassa luukun sulkeutumiseen saakka, täytyy pyöröpöydän liike pysäyttää ja luukun avautua. Toimintojen täytyy kuitenkin jatkua taas normaalisti heti sen jälkeen kun molemmat start-napit painetaan pohjaan. Tästä syystä logiikkaan täytyy lisätä osa, joka sulkee ulosmenot vain hetkellisesti. Tämä voidaan toteuttaa laittamalla ennen lähtöä puskuri, jonka läpi kaikki mekaniikka ohjaavien lähtöjen täytyy kulkea. Puskurin täytyy kuitenkin aktivoida lähdöistä *Hatch up* -signaali, jotta saadaan aikaiseksi haluttu sekvenssi (kuva 5).

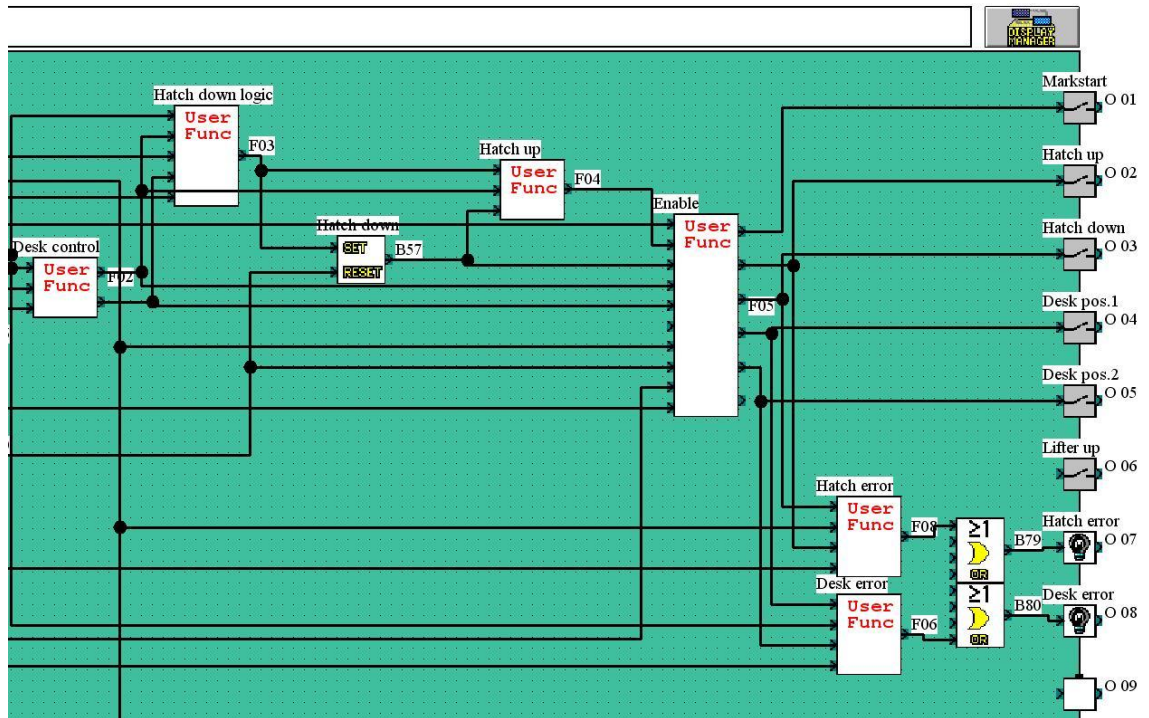


Kuva 5. Lähtöjen puskuri. Puskurilla kytketään lähdöt tilapäisesti pois päältä puskurin ehtojen täytyessä.

Logiikalta vaaditaan myös kyky ilmoittaa virheistä. Yleisimmät virheet ovat pyöröpöydän jumittuminen, luukun juuttuminen ja antureiden rikkoontuminen. Muodostetaan pyöröpöydästä ja sen antureista yksi virhesignaali, ja luukusta ja sen antureista toinen virhesignaali.

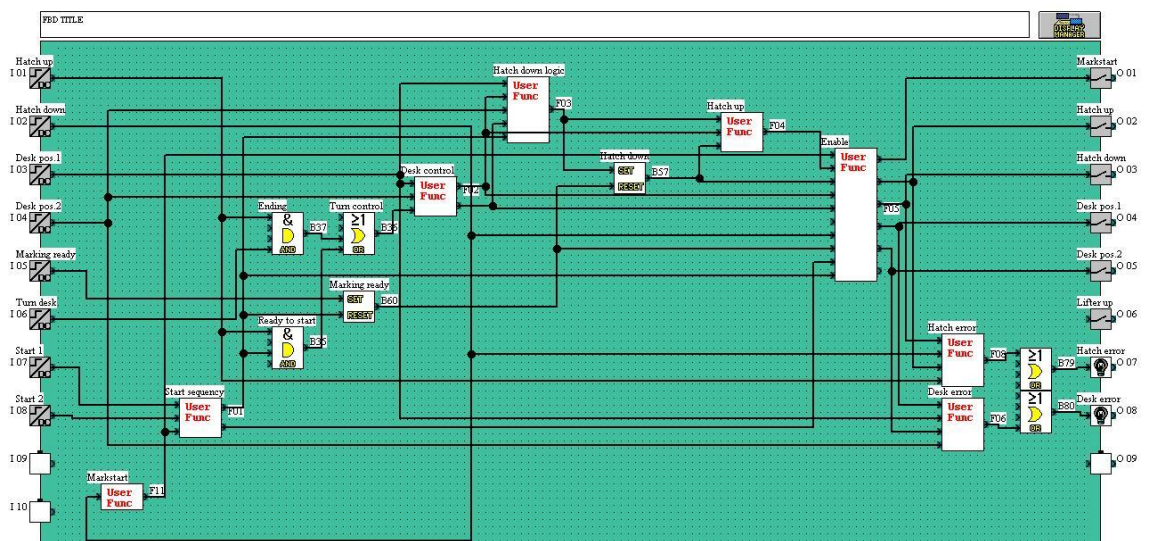
Luukun ja pöydän jumittuminen saadaan selville asettamalla viive, johon mennessä luukun tai pöydän olisi pitänyt muuttaa asentoaan. Jos luukulle on annettu käsky sulkeutua, eikä sen *Hatch down* –anturi aktivoidu kolmen sekunnin kuluttua, on luukku todennäköisesti jumissa. Tällöin käyttäjälle annetaan virheilmoitus.

Antureiden rikkoontuminen selviää helpommin. Jos anturit ovat samanaikaisesti päällä, on ainakin toinen anturi rikki. Rikkoentuessaan anturit oikosulkevat itsensä. Tällöin se anturi, joka on kokoajan päällä ilman syytä, on rikki. Virheilmoitusten logiikkalohkot ovat kuvassa 6.



Kuva 6. Luukun ja pyöröpöydän virhesignaalit. Virhesignaaleille ilmoitetaan käyttäjälle virheestä ja sen laadusta.

Vaikka erilliset käyttäjän valmistamat logiikkalohkot siistivät ulkoasua, on lopputulos jonkin verran sekava mekaniikan ohjaukseen tarvittavan logiikan monimutkaisuuden vuoksi. Valmis logiikka on kuvassa 7.



Kuva 7. Valmis logiikka. Logiikassa on käytetty kahdeksaa käyttäjän luomaa logiikkakokonaisuutta (*User Func*), joiden logiikka ei ole suoraan nähtävissä.

3.5 Logiikan testaus

Logiikka testataan ajamalla sitä työasemassa erilaisissa tilanteissa. Sen pitää suoriutua sekä normaaleista tilanteista että niistä tilanteista, jossa työaseman käyttäjä toimii vastoin annettuja ohjeita. Työasemasta ei siis saa koitua vaaraa käyttäjän tehdessä virheen.

Testauksissa löytyi virhe kohdassa, jossa käyttäjä irrottaa start-napeista ennen kuin luukku on kiinni. Puskuri eliminoi kaikki signaalit, jolloin myöskään luukun avaussignaali ei päässyt läpi. Tällöin luukkua ei ohjattu kiinni eikä auki ja luukku pääsi valumaan painovoiman avulla alas. Korjataan asia asettamalla luukku auki puskurin sisällä olevan logiikan avulla. Tällöin puskurin toimiessa kaikki lähdöt sammuvat, lukuun ottamatta luukun avaussignaalia, joka aktivoituu.

Logiikasta ei löytynyt lisää virheitä. Mekaniikka toimi oikein eikä logiikka jumiutunut käyttäjän tekemistä virheistä huolimatta.

3.6 Logiikan muutokset

Logiikkaan halutaankin muutos, jossa aloituksessa start-nappeja pidetään vain siihen asti, kunnes pyöröpöytä on kääntynyt. Alun perin start-nappeja piti pitää pohjassa, kunnes luukku on sulkeutunut. Muutetaan puskurin sisään rakennettua logiikkaa niin, että pushuri päästää signaalit jo silloin läpi, kun logiikka antaa luukulle sulkemissignaalin, vaikka start-nappeja ei enää painettaisikaan.

Testataan pieni logiikan muutos, jotta varmistutaan muutoksen toiminnasta. Muutoksen jälkeen logiikka toimii oikein, joten lopullinen logiikka on valmis.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSIDEAT

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin, koska logiikka toimi oikein, eikä vaaratilanteita syntynyt käyttäjän, vaikka käyttäjä tekikin virheitä. Logiikkaohjelman ulkoasu jäi kuitenkin vielä suttuiseksi, joten ulkoasussa olisi parantamisen varaa. Parhaimpaan lopputulokseen päästäisiin, kun yksikään logiikan johdoista ei ylittäisi toista, mutta logiikan vaativuuden vuoksi se olisi liian vaikeaa toteuttaa. Logiikka on kuitenkin hyvin ositeltu ja osat hyvin nimetty, jolloin ulkopuolisen on helppo korjata tai muuttaa logiikkaa.

Tavallisessa työtilanteessa logiikan suunnitteluun ei ole paljoa aikaa. Tällöin logiikan I/O:t saatetaan kirjoittaa vain hätäisesti suttupaperille, sanallinen kuvaus annetaan vain suullisena, ja logiikkaa aletaan rakentaa suoraan näiden pohjalta. Logiikasta kyllä tehdään kuitenkin aina myös virallinen I/O-lista, mutta sanallista kuvausta tai lohkokaaaviota ei yleensä tehdä.

LÄHTEET

Kujanpää Veli, Salminen Antti, Vihinen Jorma. 2005. Lasertyöstö. Teknologiainfo Teknova Oy. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Electrodepot. [Viitattu 4.10.2007]. [Online].

<http://www.electrodepot.com/> (> PLC systems > AL24DC).

Savcor Alfa. [Viitattu 27.10.2007]. [Online].

<http://www.savcor.com/> (> Savcor Alfa > Tuotteet > Lasermerkklauslaitteet > Loco Workstation R).

LIITE 1: Logiikan I/O:t

I ₁	Hatch up	O ₁	Markstart
I ₂	Hatch down	O ₂	Hatch up
I ₃	Desk position 1	O ₃	Hatch down
I ₄	Desk position 2	O ₄	Desk position 1
I ₅	Marking ready	O ₅	Desk position 2
I ₆	Turn desk	O ₆	-
I ₇	Start 1	O ₇	Hatch error
I ₈	Start 2	O ₈	Desk error
I ₉	-	O ₉	-
I ₁₀	-		
I ₁₁	-		
I ₁₂	-		
I ₁₃	-		
I ₁₄	-		
I ₁₅	-		

LIITE 2: Logiikan lohkokaaviokuva

