



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hannes Tapani Hautala

VALO- JA KIINTEISTÖNOHJAUS- JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Tekniikka ja liikenne
2010

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Hannes Hautala
Opinnäytetyön nimi	Valo- ja kiinteistöohjausjärjestelmän käyttöönotto
Vuosi	2010
Kieli	Suomi
Sivumäärä	46 + 1 liite
Ohjaaja	Marko Rantasalo

Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä valo- ja kiinteistöohjausjärjestelmään ja käyttöönottaa se Loisto Pro Oy:lle. Opinnäytetyön avulla on tarkoitus myös laajentaa Loisto Pro Oy:n osaamista led-valoihin liittyvien palvelujen tarjoajana.

Työ toteutetaan käyttämällä Beckhoffin automaatiojärjestelmää, joka perustuu PC-pohjaiseen ohjaustekniikkaan. Työssä käydään läpi Beckhoffin järjestelmän tekniikkaa ja periaatteita sekä siinä on esitelty rakennettuun ohjausjärjestelmään käytetyt ohjelmistot ja vaadittavat komponentit.

Työn sivutuotteena valmistui myös pienimuotoinen ohjekirja TwinCAT-logiikkaohjelman käytöstä ja sen liittämistä EtherCAT-kenttäväylään.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Mechanical and Production Engineering

ABSTRACT

Author	Hannes Hautala
Title	Introducing Lighting and Building Automation System to a Company
Year	2010
Language	Finnish
Pages	46 + 1 Appendices
Name of Supervisor	Marko Rantasalo

The main goal of this thesis was to study the lighting and building automation system and introduce it to Loisto Pro Oy the company. The second objective was to help Loisto Pro Oy to extend their field of expertise as a supplier of led- based lighting systems.

The research work was carried by using Beckhoff's automation system that is based on PC control technology. The technology and principles of Beckhoff's system was explored. I also introduced all the softwares that have been used and the components that were needed.

A small manual, using TwinCAT-software and connecting it to EtherCAT-fieldbus, was completed as a side product of this thesis.

Keywords Automation system, Automation, TwinCAT, EtherCAT

LYHENTEET

ASIC	Application Specific Integrated Circuit, sovelluskohtainen mikro- piiri
BSOD	Blue Screen of Death, sininen ruutu
CFC	Continuous Function Chart
CPU	Central Processing Unit
DIN	Sähkökeskuksissa käytetty standardoitu kisko
DMA	Direct Memory Access, oikosiirto
DMX	Digital MultipleXer, digitaalinen ohjausjärjestelmä
FBD	Function Block Diagram, toimilohkokaavio
FPGA	Field Programmable Gate Array
FB	Funktion Block, toimilohko
IL	Instruction List, käskylistä
I/O	Input/Output, tulot/lähdöt
LD	Ladder Diagram, relekaavio
LVDS	Low Voltage Differential Signaling
NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus
OPC	Object Linking and Embedding for Process Control, teollisuus standardi
PLC	Programmable Process Controllers, ohjelmoitavat logiikat

POU	Program Organisation Unit, ohjelmalohko
PWM	Pulse Width Modulation, pulssinleveysmodulaatio
RAM	Random Access Memory
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition, valvomo-ohjelmisto
SFC	Sequential Flow Chart, sekvenssikaavio
SOAP	Simple Object Access Protocol, tietoliikenneprotokolla
ST	Structured Text, strukturoitu teksti
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol, internetin peruskommunikointikieli
UPS	Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön virransyöttölaite

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
LYHENTEET	4
1 JOHDANTO	8
2 BECKHOFF AUTOMATION JA LOISTO PRO OY	9
2.1 Beckhoff Automation Oy	9
2.2 Beckhoff Suomessa	9
2.3 Loisto Pro Oy	9
3 TWINCAT – LOGIIKKAOHJELMA	11
3.1 PLC- ja liikkeenohjaus PC:ssä	11
3.2 TwinCAT-arkkitehtuuri	11
3.3 Ohjelmistoratkaisu	11
3.4 Käynnistys ja pysäytys	11
3.5 Uudelleenkäynnistys ja tietojen suojaus	12
3.6 TwinCAT ja "sininen ruutu"	12
3.7 Maailmanlaajuiset yhteydet Message Routing -toiminnolla	12
3.8 Maailmanlaajuinen tiedonsiirto	12
4 JÄRJESTELMÄN KUVAUS	14
4.1 EtherCAT	14
4.2 Käytetyt komponentit	17
4.2.1 CX9001-0101	17
4.2.2 EL1002	19
4.2.3 EL2004	20
4.2.4 EL9011	20
4.2.5 EL6851	21
4.2.6 BK1250	22
4.2.7 KL2512	23
4.3 Sulautettu PC	24
4.3.1 CX-tuotesarja	24

4.3.2	Sovellusmahdollisuudet	24
TWINCAT – LOGIIKKAOHJELMAN PERUSTEET		25
4.4	System Manager.....	25
4.4.1	I/O-määrittelyt.....	25
4.4.2	Käsin määrittely	26
4.4.3	Skannaamalla määrittely	30
4.4.4	Määritellyn I/O:n testaus.....	31
4.5	PLC-projektin luominen ja liittäminen konfiguraatioon.....	31
4.5.1	Lohkotyypit.....	33
4.5.2	Program	33
4.5.3	Function Block (FB)	33
4.5.4	Function	33
4.6	Ohjelmointikielet	34
4.6.1	IL (Instruction List).....	34
4.6.2	LD (Ladder Diagram)	35
4.6.3	FBD (Function Block Diagram).....	35
4.6.4	SFC (Sequentia Flow Chart)	36
4.6.5	ST (Structured Text)	37
4.6.6	CFC (Continuous Function Chart).....	37
4.7	Ohjelmointi	38
4.7.1	Pikanäppäimiä ohjelmointiin	39
4.8	Avustavat toiminnot.....	39
4.8.1	Input Assistant.....	39
4.8.2	Declare Variable.....	40
4.8.3	Help –aputoiminto.....	40
4.8.4	Operaatiot.....	40
4.9	Ohjelman lataaminen järjestelmään	40
4.10	PLC –projektin liittäminen konfiguraatioon	42
4.10.1	PLC-muuttujien linkittäminen	43
5	YHTEENVETO	45
LÄHTEET		46

1 JOHDANTO

Alkuaikojen ohjausjärjestelmät olivat kaikki manuaalisesti ohjattavia. Kun ajatus ohjausjärjestelmästä alkoi hahmottua, tuli valo- ja kiinteistöohjaukseenkin tarve saada järjestelmä. Nykyajan säätö- ja ohjausjärjestelmillä pystytään toteuttamaan mitä monimutkaisempia kiinteistöautomaatiosovelluksia. Nykyajan järjestelmältä vaaditaan huomattavaa älykkyyttä ja suorituskykyä.

Valo- ja kiinteistöohjausjärjestelmä on työkalu, jolla voidaan parantaa ja vaikuttaa laajasti kiinteistön mukavuuteen, energiankulutukseen ja turvallisuuteen. Kiinteistöohjausjärjestelmällä voidaan ohjaamalla vaikuttaa kiinteistön lämpötiloihin, sisäilmastoon, valaistukseen ja teknisiin laitteisiin. Näitä säätöjä ja parametreja optimoimalla saavutetaan kaikin puolin tehokkaasti toimiva kiinteistö. Tekniikan kehittymisen myötä myös ihmisten vaatimustaso nousee. Arkipäivän asiat halutaan tehdä ja toteuttaa helpommin, mukavammin ja ennen kaikkea energiatehokkaammin.

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja rakennetaan valo- ja kiinteistöohjausjärjestelmä. Opinnäytetyö toteutetaan niin sanottuna pöytämallina. Opinnäytetyöstä selviää, että samoilla periaatteilla voidaan rakentaa myös suuremmat järjestelmäkokonaisuudet.

2 BECKHOFF AUTOMATION JA LOISTO PRO OY

2.1 Beckhoff Automation Oy

Beckhoff Automation Oy on PC-pohjaiseen ohjaustekniikkaan pohjautuvia avoimia automaatiojärjestelmiä toimittava kansanvälinen yritys, jonka emoyhtiö sijaitsee Verlissä, Saksassa. Beckhoffin tuotevalikoimiin kuuluu muun muassa kenttäväyläkomponentit, liikkeenohjauslaitteet, teollisuus-PC:t ja ohjauspaneelit sekä automaatiosovelluksien ohjelmistot. Tytäryhtiöitä sillä on edustettuna kansainvälisillä markkinoilla Belgiassa, Tanskassa, Suomessa, Ranskassa, Italiassa, Itävallassa, Puolassa, Venäjällä, Ruotsissa, Sveitsissä ja Espanjassa sekä Australiassa, Brasiliassa, Kiinassa, Intiassa, Kanadassa, Etelä-Afrikassa, Yhdysvalloissa ja Arabiemiraattien liitossa. Yrityksen tuotteita ja järjestelmäratkaisuja käytetään maailmanlaajuisesti erilaisissa sovelluksissa. /1/

2.2 Beckhoff Suomessa

Beckhoffin Suomen pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä. Yritys on toiminut Suomessa jo vuodesta 1986, ensin edustajan välityksellä ja myöhemmin vuonna 2000 Beckhoff-yhtiönä. Beckhoffin Suomen haarakonttorit sijaitsevat Seinäjoella ja Tampereella. /1/

2.3 Loisto Pro Oy

Loisto Pro Oy on tuore yritys, joka suunnittelee ja toimittaa uusia ja innovatiivisia valaistusratkaisuja. Valon lähteenä käytetään pääasiassa led-tekniikkaa. Loisto Pro Oy maahantuo, myy, suunnittelee ja asentaa valaistusratkaisuja. Opinnäytetyön tarkoituksena onkin laajentaa yrityksen osaamista kiinteistönohjaus- ja valaistusratkaisupalveluiden tarjoajana. /5/

Loisto Pro Oy valitsi käytettäväksi järjestelmäksi Beckhoffin automaatiojärjestelmän tämän hinta – laatu suhteen ansiosta. Opinnäytteen laajuuteen ei siis kuulunut järjestelmän valinta vaan perehtyminen kyseiseen järjestelmään. Beckhoff

pystyy tarjoamaan keskitason suorituskykyä tarjoavan järjestelmän hyvinkin edullisesti. Etenkin pienille ja tuoreille yrityksille on tärkeätä, ettei uuteen järjestelmään tutustuminen aiheuttaisi kohtuuttoman suuria kustannuseriä. Beckhoffin järjestelmän hintaan vaikuttaa erityisesti se, että järjestelmän voi rakentaa juuri sellaiseksi kuin itse haluaa. Tilattaessa järjestelmää, mukaan ei tule mitään ylimääräistä vaan järjestelmän modulaarisuuden ansiosta voidaan tilata juuri ne komponentit mitä halutaan. /5/

3 TWINCAT – LOGIIKKAOHJELMA

3.1 PLC- ja liikkeenohjaus PC:ssä

TwinCAT on Windows-pohjalle suunniteltu ohjausjärjestelmä, jonka avulla PC:stä voidaan tehdä usean PLC:n reaaliaikainen ohjausjärjestelmä. Reaaliaika-laajennus on toteutettu integroimalla reaaliaikatoiminnot suoraan Windows NT/2000/XP/Vistaan. Tiedonsiirto käyttöliittymään tai ulkoisiin ohjelmiin onnistuu Microsoftin avoimien standardien avulla. TwinCAT-ohjausohjelmisto on IEC-61131-3-standardia seuraava avoin, yhteensopiva PC-laitteisto. /1/

3.2 TwinCAT-arkkitehtuuri

TwinCAT-järjestelmä sisältää sekä reaaliaikaisen ohjausjärjestelmän että ohjelmointiympäristön sekä diagnosointi- ja konfigurointityökalut. Kaikki Windows-ohjelmat (esim. visualisointi- tai Office-ohjelmistot) voivat hakea tietoja tai suorittaa komentoja TwinCATissa Microsoftin standardiliityntärajapintojen kautta. /1/

3.3 Ohjelmistoratkaisu

TwinCATissa ohjelman suoritus tapahtuu deterministisesti täsmällisesti ajastetuissa sykleissä riippumatta muista prosessorin tehtävistä. Reaaliaikaohjauksen aiheuttaman kuormituksen määrää yhdelle PC:lle säädetään TwinCATin avulla. Näin saavutetaan optimaalinen suorituskyky. TwinCATilla voidaan tarkastella käynnissä olevien ohjelmien kuormitusta. Järjestelmään on mahdollista asettaa myös kuormitusrajoitus, jolla varmistetaan, että käyttöjärjestelmällä on riittävä määrä kapasiteettia käytössään. Jos tämä raja ylittyy, järjestelmä ilmoittaa virheestä. /1/

3.4 Käynnistys ja pysäytys

TwinCAT käynnistetään ja pysäytetään asetuksista riippuen joko manuaalisesti tai automaattisesti. Koska TwinCAT on integroitu Windows NT/2000/XP/Vista-

käyttöjärjestelmään, järjestelmän käynnistämiseen ei tarvita erillisiä käyttäjän toimenpiteitä – virran päällekytkeminen riittää. /1/

3.5 Uudelleenkäynnistys ja tietojen suojaus

TwinCAT lataa ohjelmat ja tallennetut tiedot automaattisesti kun se käynnistetään tai uudelleen käynnistetään. Tietojen turvaamisen ja Windows NT/2000/XP/Vistan turvallisen sulkemisen kannalta olisi suositeltavaa käyttää UPSia (Uninterruptible Power Supply), joka takaisi tasaisen virransyötön lyhyissä katkoksissa ja syöttöjännitteen epätasaisuuksissa. /1/

3.6 TwinCAT ja "sininen ruutu"

Vaikka käyttöjärjestelmä kaatuisi BSOD:in (Blue Screen of Death) vuoksi, voidaan TwinCAT-järjestelmä konfiguroida siten, että reaaliaikaohjaus jää kuitenkin toimintakykyiseksi. Reaaliaikatoiminnot, kuten PLC ja NC, voivat tämän ansiosta jatkaa toimintaansa ja saattaa ohjaamansa prosessin turvalliseen tilaan. On kuitenkin ohjelmoijan päätettävissä, käyttääkö hän tätä ominaisuutta ottaen huomioon, että tiedot ja ohjelmat voivat jo olla vioittuneet BSOD:in vuoksi. /1/

3.7 Maailmanlaajuiset yhteydet Message Routing -toiminnolla

TwinCAT:n ohjelmistolaitteita voidaan jakaa tarvittaessa käyttölaitteille. TwinCAT PLC-ohjelmia voidaan käyttää PC:llä ja Beckhoffin väyläterminaalien ohjaimissa. Niin kutsuttu "Message Router" hallinnoi ja jakelee viestit järjestelmän sisällä ja TCP/IP-protokollan (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) kautta. PC-järjestelmät voidaan liittää toisiinsa TCP/IP:n avulla. Väyläterminaalien ohjaimet liitetään sarjaliitäntöjen tai kenttäväylien (Lightbus, PROFIBUS DP, CANopen, RS232, RS485, Ethernet TCP/IP) avulla. /1/

3.8 Maailmanlaajuinen tiedonsiirto

Koska järjestelmässä voidaan käyttää Windows NT/2000/XP/Vista:n perus-TCP/IP-protokollia, mahdollistaa tämä tiedonsiirron kaikkialle maailmaan. Järjes-

telmä tarjoaa skaalattavan tiedonsiirtokapasiteetin ja aikavalvontakatkaisun tiedonsiirron valvontaan. OPC:n (open connectivity via open standards) avulla voidaan päästä käsittelemään monia erilaisia SCADA-paketteja (*Supervisory Control And Data Acquisition*). SOAP:in (Simple Object Access Protocol) avulla voidaan kaksi tietokonetta yhdistää internetin kautta HTTP-protokollan avulla. Twin-CAT:ssa on tähän tarkoitukseen erillinen komponentti. /1/

4 JÄRJESTELMÄN KUVAUS

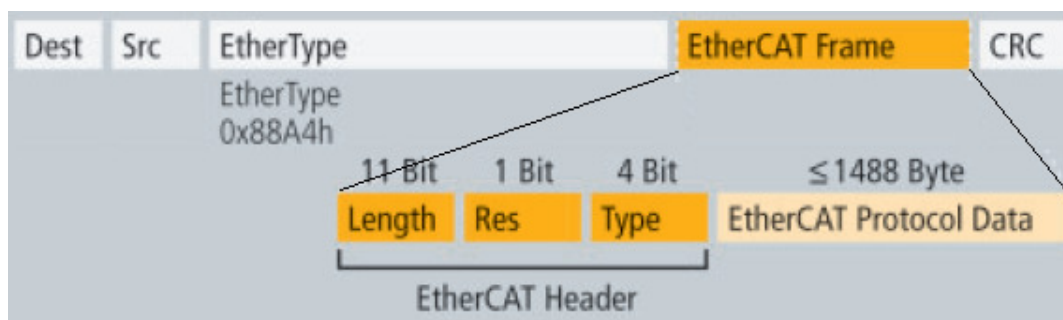
Koko järjestelmä on modulaarisesti DIN – kiskoon koottava järjestelmä. Modulaarisuuden etuna on joustavuus komponentteja ja osia valittaessa. Järjestelmäkokonaisuuden voi rakentaa juuri niillä moduuleilla ja osilla, joita siinä tarvitaan. Näin siitä saadaan juuri halutunlainen ilman mitään ylimääräistä ja näin ollen hinta ja järjestelmän koko pysyvät pieninä. Modulaarista järjestelmää on myös helppo myöhemmässä vaiheessa muokata ja laajentaa, jos siihen tulee tarve. Väyläratkaisuksi valittiin Beckhoff Automation kehittämä EtherCAT-väylä.

4.1 EtherCAT

EtherCAT (Ethernet Control Automation Technology) on Beckhoff Automation kehittämä teollisuus Ethernet-versio. Sen toimintatapa tekee siitä alansa nopeimman. EtherCAT parantaa järjestelmän suorituskykyä ilman ylimääräistä datan kopiointia mm. siirtämällä kartoitustehtävän (mapping task) ohjausprosessorista EtherCAT-järjestelmään. Lajitellut tiedot oikosiirretään DMA:n (Direct Memory Access) välityksellä ohjauskoneen RAM-muistiin. Näin suuretkin tietomäärät siirtyvät nopeasti, koska ohjelmiston ei tarvitse käsitellä kopioitavaa tietoa siirron aikana. Verkossa on yksi master-laite, ja loput verkon laitteista on slave-laitteita. Reaaliaikainen suorituskyky on toteutettu niin, että master-laite lähettää yhden kehyksen (frame), joka kuljetetaan kaikkien slave-laitteiden läpi. Lopuksi viimeinen slave-laite lähettää kehyksen jälleen takaisin master -laitteelle. Slave – laitteet lukevat kehyksestä niille osoitetun datan ja vastaavasti kirjoittavat siihen, ikään kuin ”lennossa”, datan kulkiessa niiden läpi. Tällä menettelyllä säästetään Ethernet-kehysten vastaanottamiseen ja prosessointiin normaalisti kuluva aika. Käytetty kehys on standardi Ethernet-kehys (Kuva 1), jonka dataosassa on EtherCAT-kehys (Kuva 2).

7	1	6	6	2	< ≈1500	<64	4
Tahdistusosa	Kehyksen alkuerote	Kohdeosoite	Lähdeosoite	Pituus-/tyyppikenttä	Data	Täyte(optio)	Tarkistussumma

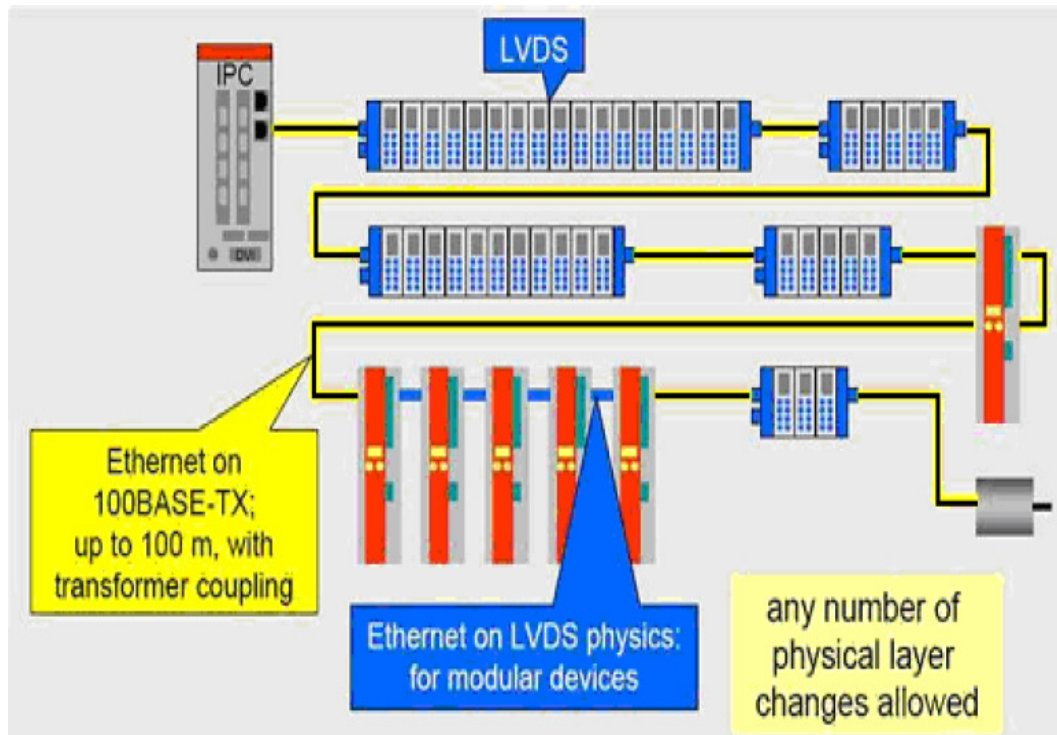
Kuva 1. Ethernet-kehysten sisältö IEEE 802.3:n mukaan



Kuva 2. EtherCAT- kehys Ethernet-kehysten dataosassa

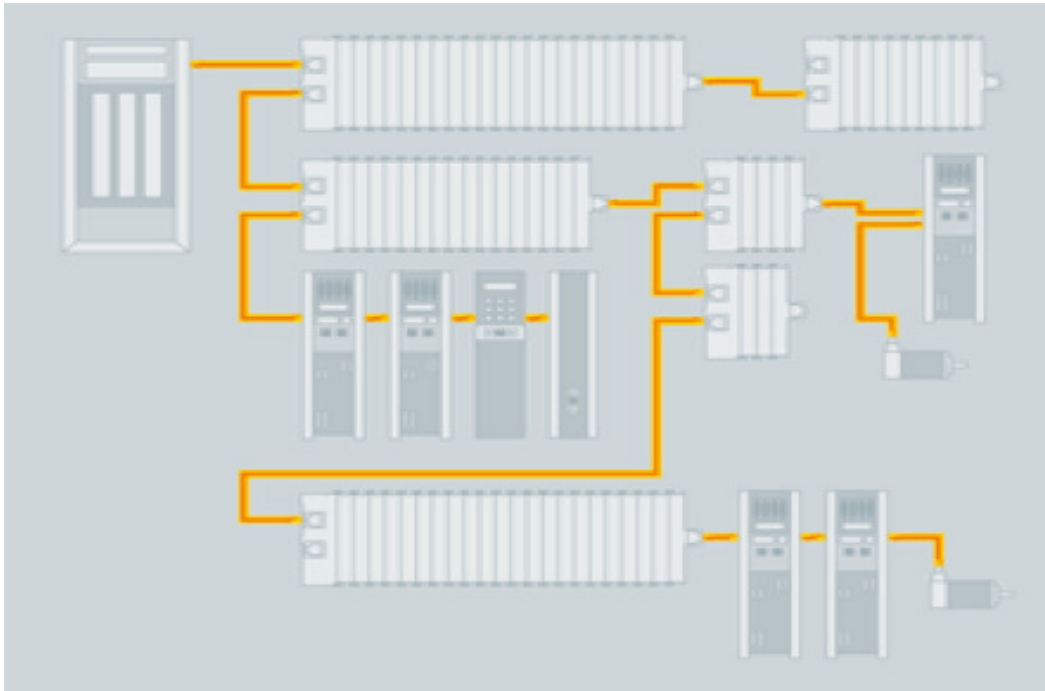
Jokaiseen slave-laitteeseen on integroitu ASIC- (Application Specific Integrated Circuit) tai FPGA- (Field – programmable gate array) piiri, joka toimii laitteen EtherCAT Slave Controllerina. Tämä piiri hoitaa kommunikoimisen laitteen osalta kokonaan. EtherCATilla päästään jopa 30 μ s sykliäikoihin. EtherCATissa kehys kierrätetään kaikkien laitteiden kautta ja näin voidaan verkon kahden solmun välinen etenemisviive laskea. Laitteiden synkronointi tapahtuu tämän tiedon avulla ja näin tällä päästään alle 1 μ s tarkkuuteen. Fyysisellä kerroksella EtherCAT hyödynittää 100 Mbit/s Fast Ethernetiä ja kierrettyä parikaapelia. Fast Ethernet on yleisnimitys kaikille 100 Mbit/s siirtäville Ethernet-tekniikoille. Verkon modulaarisissa laitteissa, joita kutsutaan Bus Coupler:ksi, muutetaan kierretty parikaapeli LVDS:ksi (Low Voltage Differential Signaling). LVDS tunnetaan myös nimellä E-bus ja se on vaihtoehtoinen fyysinen kerros Ethernet:lle. E-busissa kaapelin maksimipituus on 10 m, kun taas Fast Ethernet:ssa sen pituus voi olla 100 m. Fast Ethernet tai E-bus voidaan siis valita etäisyyden asettamien vaatimusten mukaan.

Modulaarisen laitteen lopussa järjestelmä muunnetaan takaisin kierrettyyn pari-kaapeliin.



Kuva 3. Kierretty parikaapeli vaihtuu LVDS:ksi modulaarisissa laitteissa

EtherCAT:iin on mahdollista yhdistää mitä tahansa Ethernet-laitteita kytkimen avulla, mutta jos laitteet ovat EtherCAT-laitteita, ei kytkimiä tarvita lainkaan. Verkossa voi olla laitteita kuitenkin enintään 65536 kappaletta. Verkkotopologian suhteen EtherCAT ei aseta rajoituksia. /4/, /6/, /8/



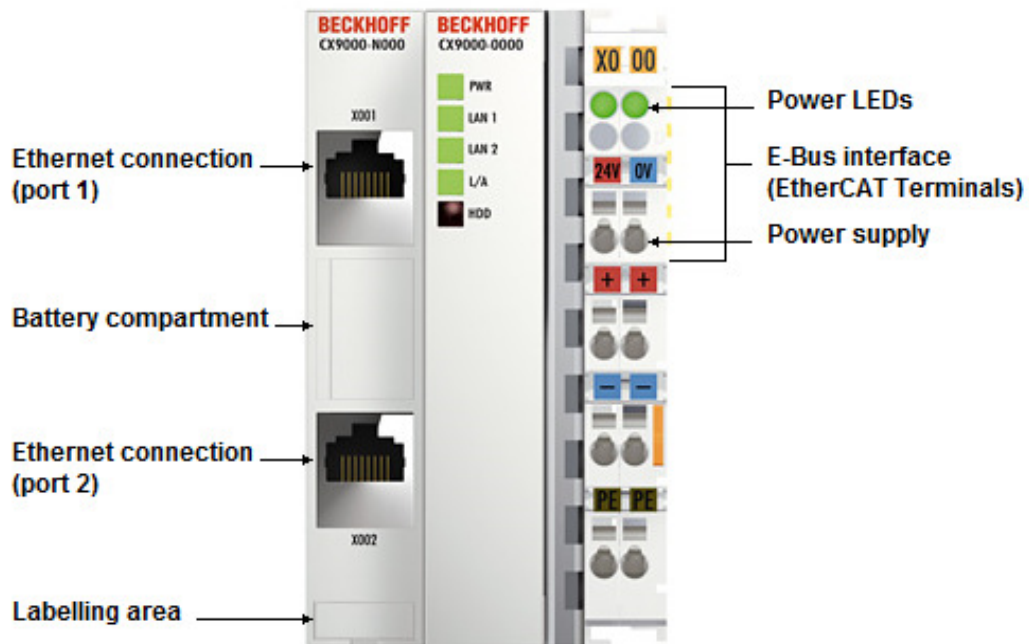
Kuva 4. Joustava topologia

4.2 Käytetyt komponentit

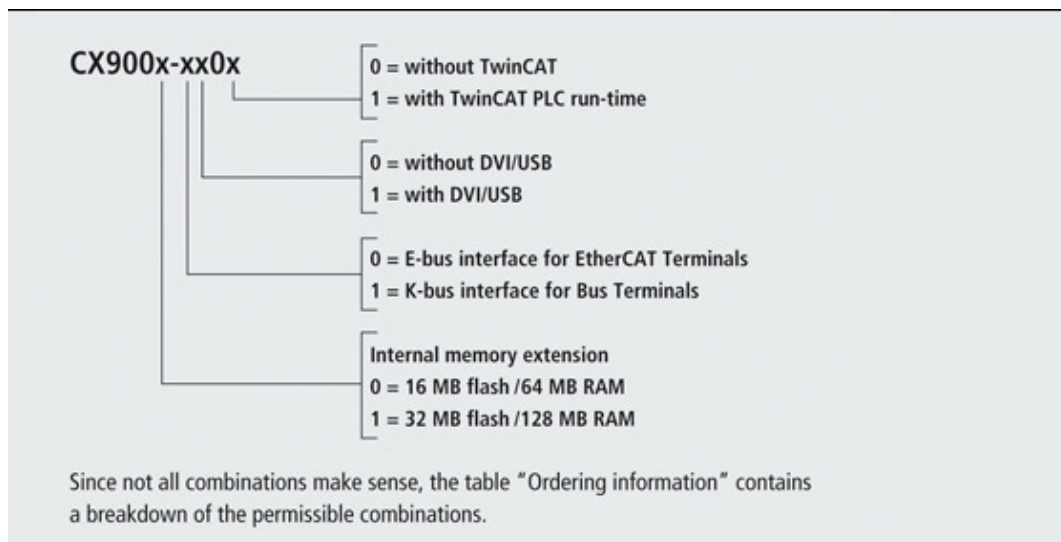
Opinnäytetyössä rakennettava pöytämalli toteutetaan käyttämällä seuraavia Beckhoffin tuotekomponentteja:

4.2.1 CX9001-0101

CX9001-0101 on DIN – kiskoon asennettava CPU – moduuli. Kyseisessä mallissa on 32 Mt:n flash-muisti, 128 Mt:n keskusmuisti, E – väylä (EtherCAT) ja Twin-CAT – PLC – Run - time ohjelmisto. Tämän järjestelmän perusosa käyttää Intelin IXP420 XScale® - teknologiaa ja 266 MHz:n kellotaajuutta. Käyttöjärjestelmänä toimii Microsoft Windows CE. Järjestelmä käyttää 24 voltin tasajännitettä ja siinä on kaksi RJ – 45 - liityntää Ethernet - yhteyttä varten. Toista liityntää voidaan käyttää esimerkiksi jos halutaan liittyä talon verkkoon. /1/



Kuva 5. CX9001-0101 CPU - moduuli

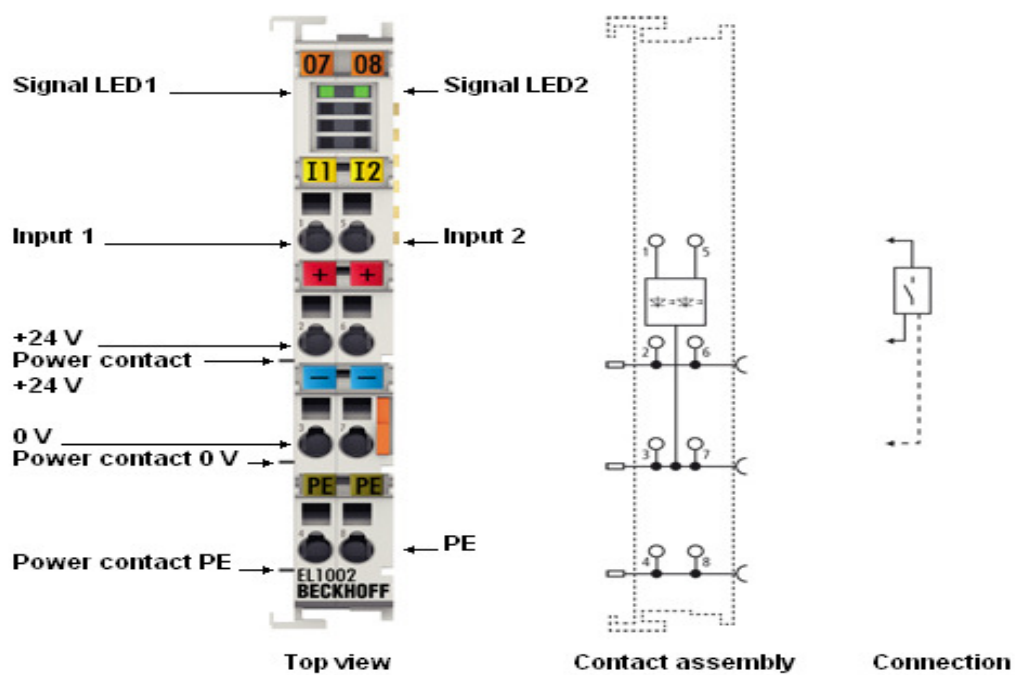


Kuva 6. CPU - moduulin vaihtoehtoiset rakenteet

4.2.2 EL1002

EL1002 on 2-kanavainen digitaalinen tuloterminaali, joka vastaanottaa signaalia prosessista ja lähettää sen korkeamman tason automaatioyksikölle käsiteltäväksi. Tuloterminaalin sen hetkisen tilatiedon voi todeta siinä olevan ledin avulla. Tuloterminaaleja on mahdollista saada myös 4- (EL1004) tai 8-kanavaisina (EL1008).

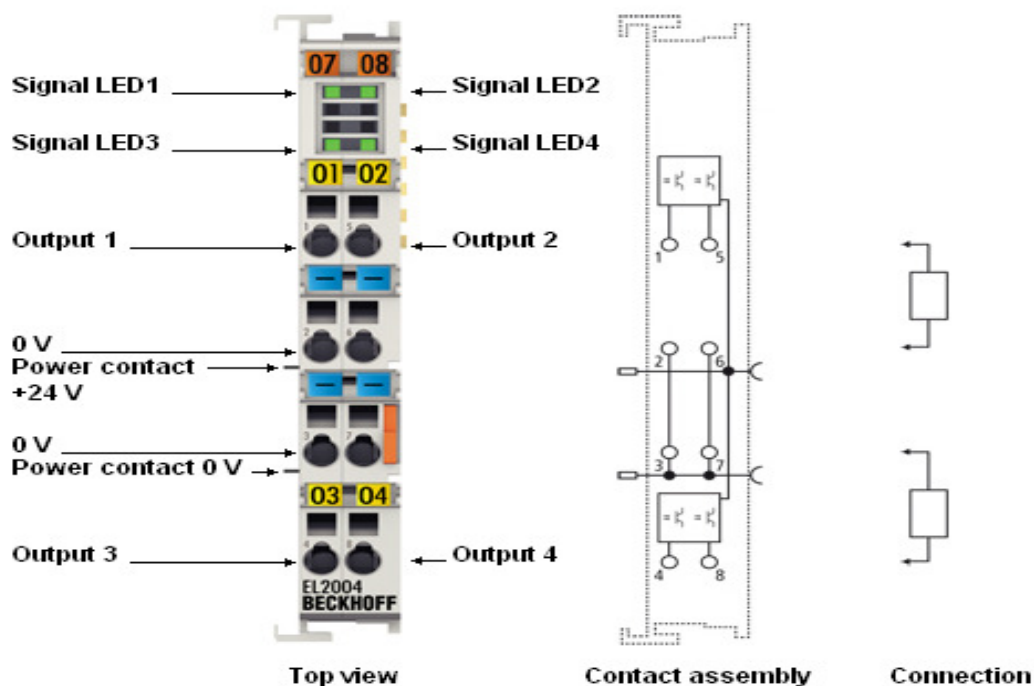
/1/



Kuva 7. EL1002-digitaalituloterminaali

4.2.3 EL2004

EL2004 on 4-kanavainen digitaalinen lähtöterminaali, joka lähettää lähtötiedon automaatioyksiköltä käyttölaitteelle. Myös digitaalilähtöterminaaleja on mahdollista saada 2- (EL2002) tai 8-kanavaisina (EL2008). Tuloterminaalin tilatiedon voi todeta siinä olevan ledin avulla. /1/



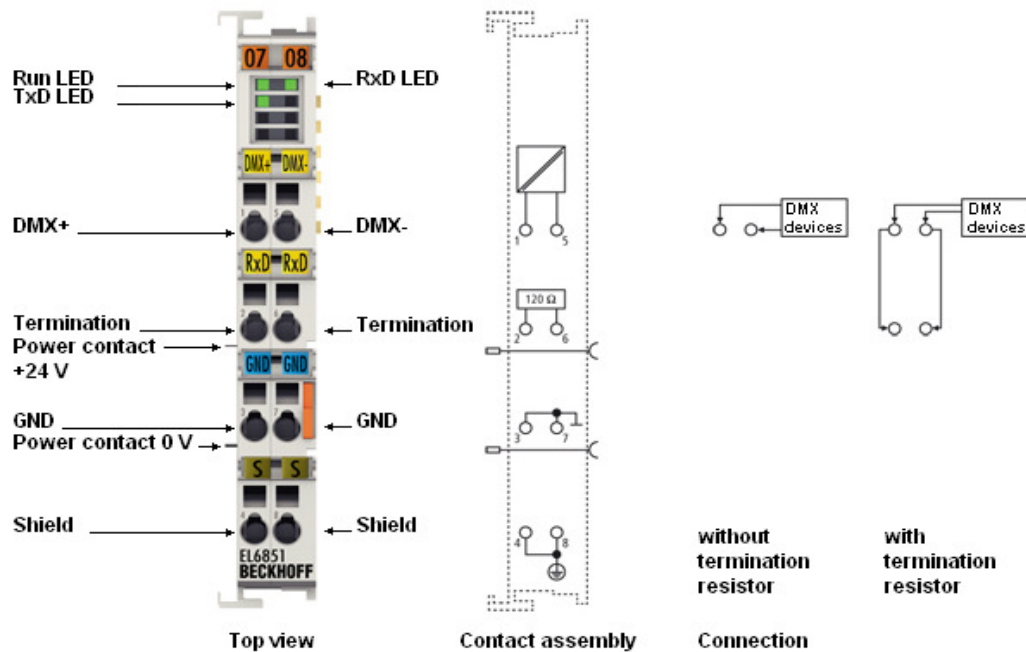
Kuva 8. EL2004-digitaalilähtöterminaali

4.2.4 EL9011

EL9011 on muovinen päätöspala, joka asennetaan DIN – kiskoon kootun järjestelmän päähän. Kyseinen moduuli on täysin muovinen eikä siinä ole tekniikkaa.

4.2.5 EL6851

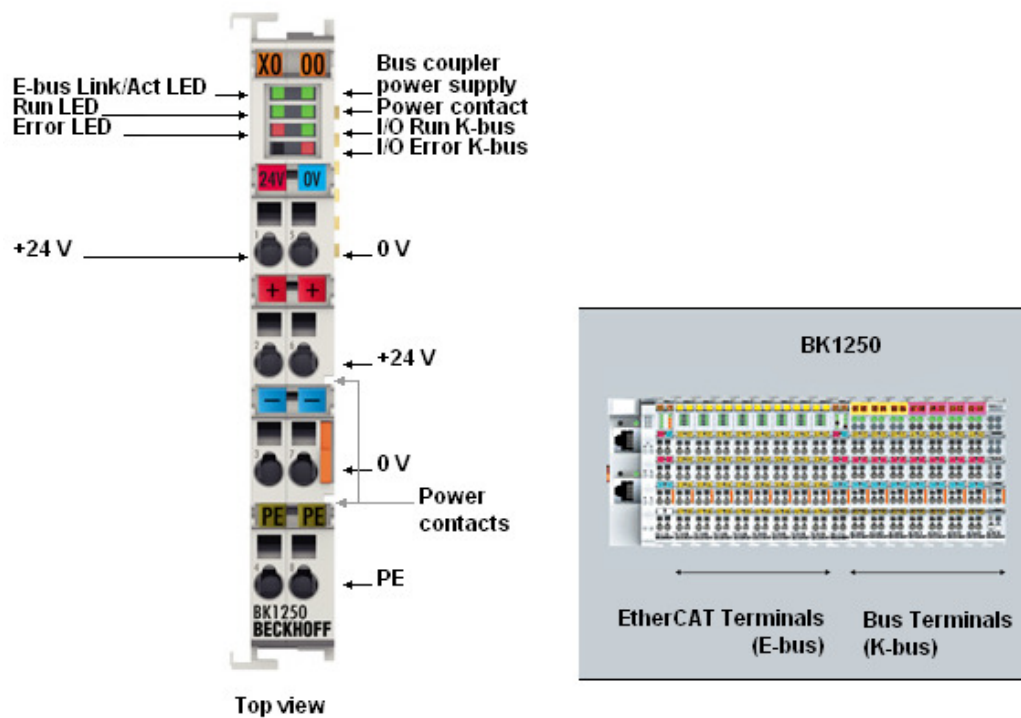
EL6851 EtherCAT-terminaali on DMX master-terminaali johon voidaan kytkeä 32 DMX - laitetta tarvitsematta kuitenkaan toistinta. DMX master-terminaali pysyy lähettämään 512 tavua dataa. EL6851 terminaalilla voidaan ohjata kolmiakselisia DMX – laitteita, kuten skannereita ja spottivaloja suoraan TwinCATin toimilohkojen avulla. DMX on valaistustekniikassa käytettävä digitaalinen sarjaprotokolla, joka on lähes kokonaan korvannut analogisen ohjausprotokollan. /2/



Kuva 9. EL6851 DMX master-terminaali

4.2.6 BK1250

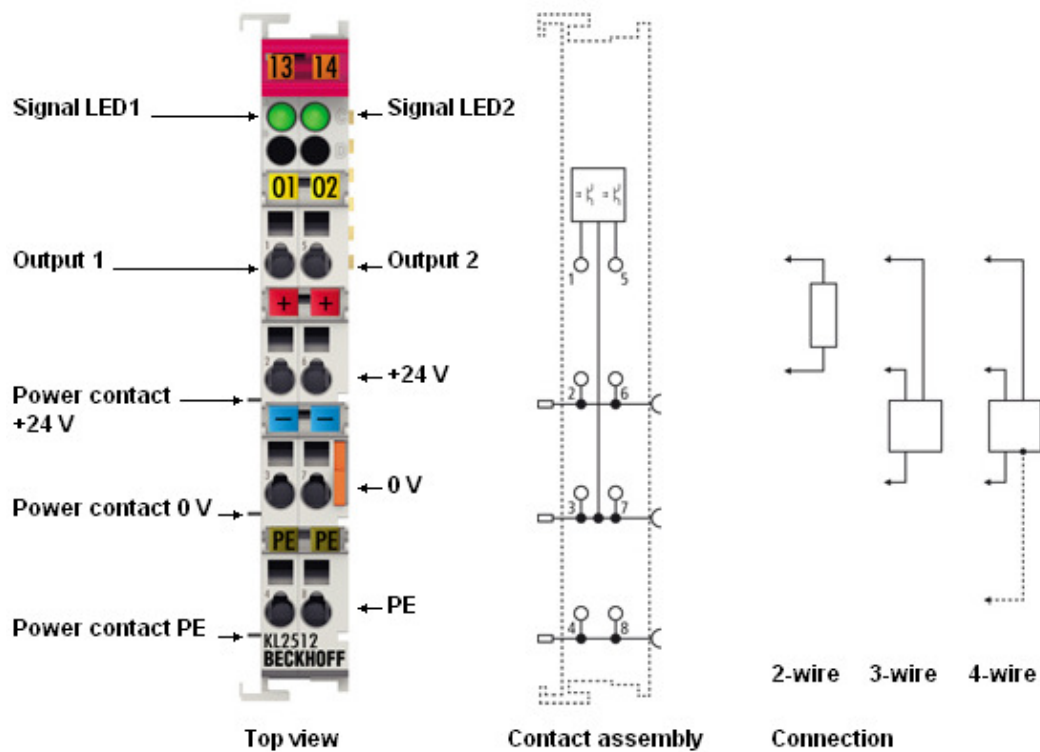
BK1250 on moduuli, jolla voidaan liittää EtherCAT-terminaaleja (E-bus) ja normaaleja Bus-terminaaleja (K-bus) yhteen samassa järjestelmässä. Tämä terminaalimuotoinen väyläliitin muuttaa E – väyläsignaalin K – väyläsignaaliksi. Näin BK1250 mahdollistaa EtherCAT-väylien ja standardiväyläterminaalien käytön samassa väyläasemassa. Tähän voidaan liittää jopa 64 Bus-terminaalia. BK1250 tunnistaa siihen liitetyn bus-terminaalin ja paikantaa sen EtherCAT-prosessikuvaan. /1/



Kuva 10. BK1250, K-bus ja E-bus-liitännämoduuli

4.2.7 KL2512

KL2512 on 2-kanavainen lähtöterminaali, jolla moduloidaan lähdön pulssin leveyttä. Pulssisuhteiden lukumäärää nimitetään resoluutioksi ja kyseisessä moduulissa resoluutio on n. 30 000. Pulssinleveysmodulaatio (PWM, Pulse Width-Modulation) on modulointitapa, jossa kuormaan menevää jännitettä säädetään. /1/



Kuva 11. KL2512, 2-kanavainen pulssin leveyttä säättävä lähtömoduuli

4.3 Sulautettu PC

4.3.1 CX-tuotesarja

Beckhoffin CX-tuotesarja sopii asennettavaksi kojekaapin DIN-kiskoon. Yksiköissä on PC-teknologia ja modulaarinen I/O-taso yhdessä laitteessa. CX-sarja yhdistää teollisuus-PC:n ja PLC-laitteiston maailmat ja se soveltuu keskisuurta suorituskkyä vaativiin ohjaustehtäviin. Modulaarinen ohjausjärjestelmä voidaan sovittaa tehtävän mukaiseksi ja se voidaan asentaa joko kojekaappiin tai liitännäkoteloon. /1/

CX-tuotesarjaan kuuluu useita erilaisia CPU-perusmoduuleja, kuten CX1030, CX1020, CX1010, CX9010 ja CX9000. Nämä moduulityypit eroavat toisistaan paitsi prosessorien, myös käytettävien PC-rajapintojen ja tehollähteiden suhteen. CX-tuotesarjan moduulit liittyvät toisiinsa PC104-standardiväylän (16-bittii) kautta. CX9000- ja CX9010-laitteissa on prosessori ja tehollähde integroitu yhteen laitteeseen, kun taas muissa CX-sarjan laitteissa perusyksikkö koostuu prosessorista ja tehollähdemoduulista. CX-tyypistä riippuen, ohjaimia voidaan laajentaa erillisillä PC-rajapinnoilla. Vaihtoehtoisten moduulien valikoimaan kuuluvat myös kenttäväyläliitännät PROFIBUS-, CANopen-, DeviceNet-, SERCOS- ja Lightbus-väylille sekä slave- että master-versioissa. /1/

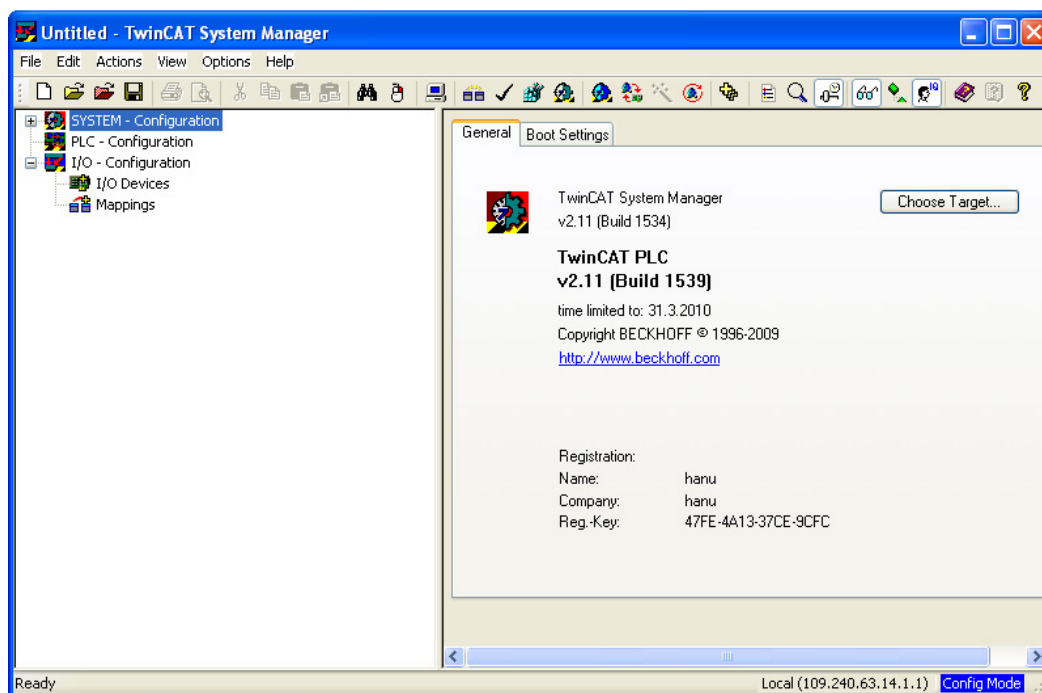
4.3.2 Sovellusmahdollisuudet

Teollisuus-PC:n rakenteensa ja ominaisuuksiensa ansiosta sulautetut PC:t soveltuvat käytettäväksi monilla eri aloilla. Olemassa olevia sovelluksia on käytössä mm. koneenrakennuksessa (automaattisissa sahauslaitteissa, automaattisissa koamislaitteissa, paperileikkureissa, pakkauslaitteissa ja peltilevyn työstössä), prosessitekniikassa (veden käsittelyssä, energiateollisuudessa ja kulutuksen seurannassa), rakennustekniikassa (tilanohjauksessa ja kulunvalvonnassa) ja monilla muilla aloilla. /1/

TWINCAT – LOGIIKKAOHJELMAN PERUSTEET

4.4 System Manager

System Managerilla luodaan laitteen todellinen tai virtuaalinen kuvaus, eli siellä tehdään laitteen IO-määrittelyt ja kerrotaan esimerkiksi millaisia akseleita laitteessa on. System Managerissa luodaan myös NC-akselit ja kanavat sekä liitetään haluttu PLC-projekti laitteeseen. PLC-projektin liittäminen jälkeen voidaan PLC:ssä käytetyt tulo- ja lähtömuuttujat linkittää fyysisiin tuloihin ja lähtöihin. System Managerissa valitaan myös kohdelaite, jonne konfiguraatio ladetaan. Oletuksena asennuksen jälkeen on oma kone. /3/, /7/



Kuva 12. System Managerin aloitussivu

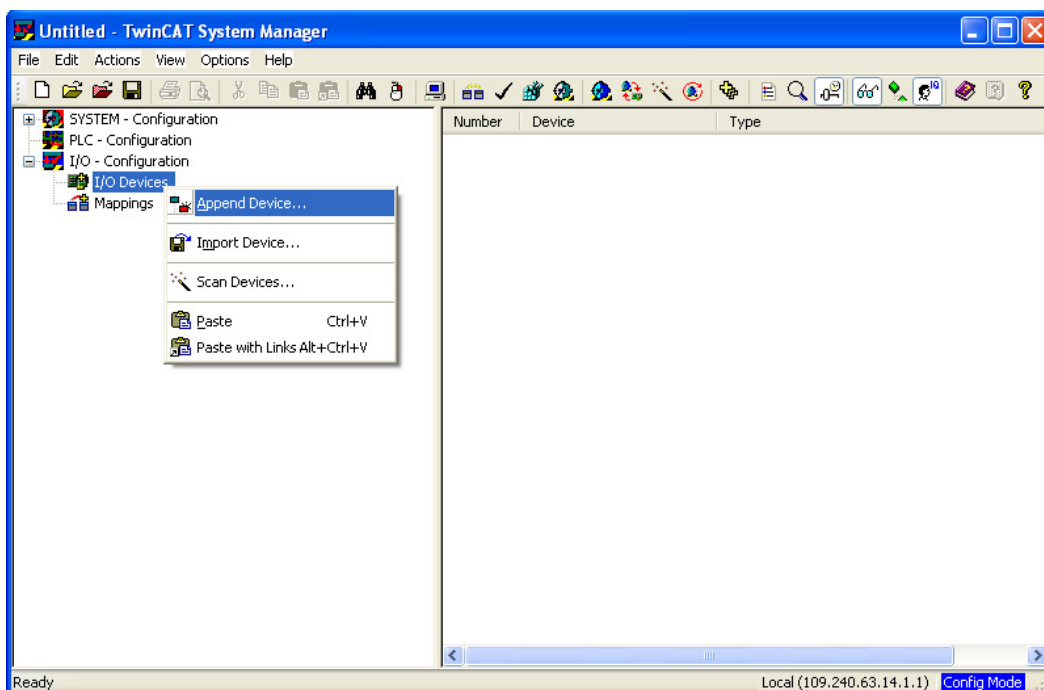
4.4.1 I/O-määrittelyt

I/O-määrittelyt voidaan määrittellä joko käsin tai skannaamalla. Jos fyysistä laitetta ei ole, määrittellään I/O:t käsin määrittelyllä ja jos fyysinen laite on olemassa, voidaan määrittely toteuttaa skannaamalla. /3/, /7/

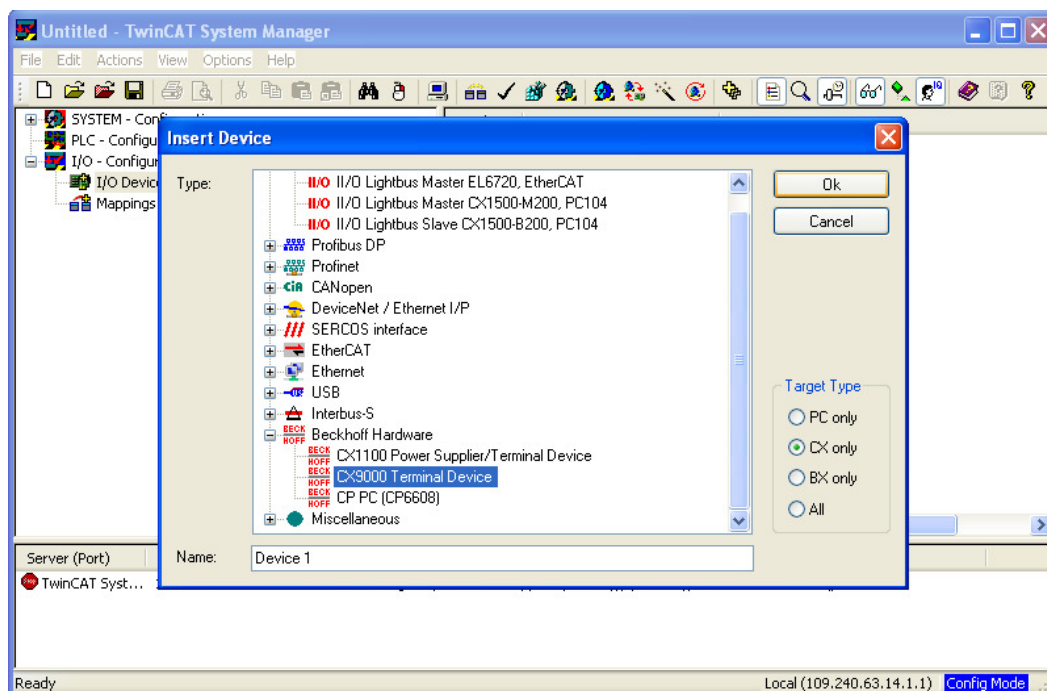
4.4.2 Käsien määrittely

Jos fyysistä laitetta ei ole käsillä, I/O-määrittelyt voidaan tehdä seuraavalla tavalla:

Määrittely aloitetaan luomalla ylemmän tason laite I/O:lle ”Append Device”-valinnalla. Ylimmän tason laitteita voivat olla, esimerkiksi embedded PC:t CX9000, CX1000, CX1020, Profibus master kortti FC31xx, CanOpen master FC51xx, Sercos master FC750x jne. eli sellaiset laitteet, jotka voivat toimia jonkin kenttäväylän kommunikointimasterina.

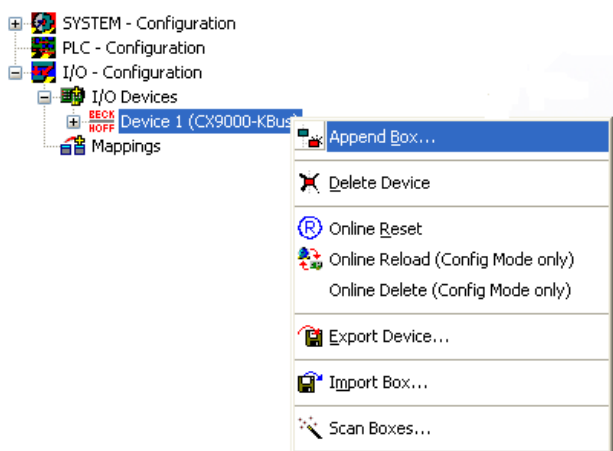


Kuva 13. I/O:n määrittely käsin

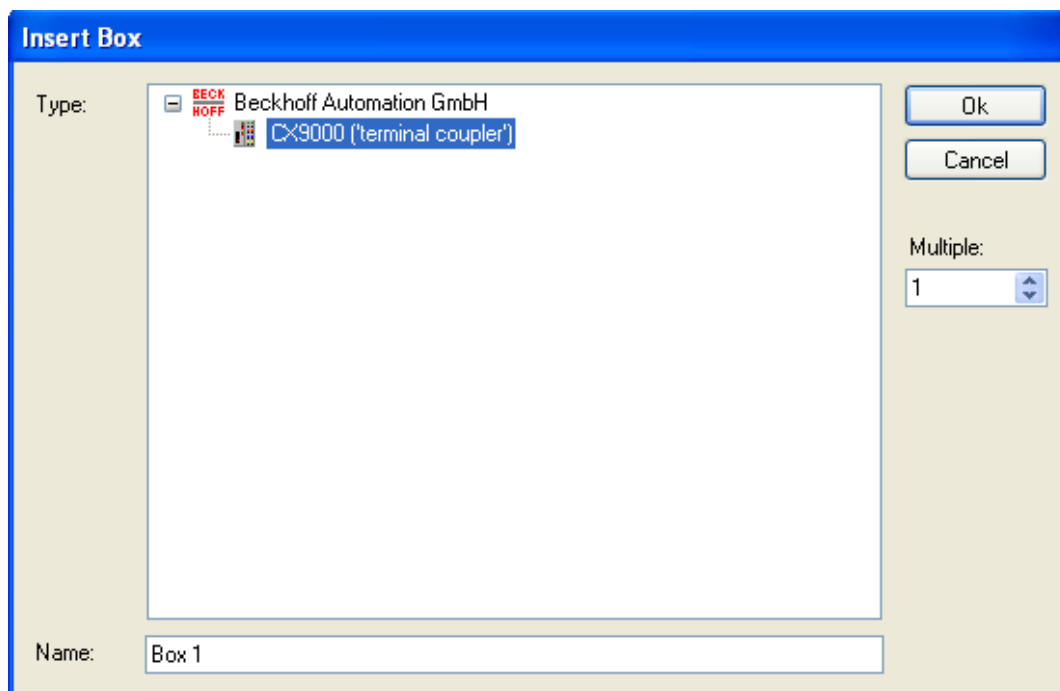


Kuva 14. Ylemmän tason laitteen valinta

Seuraavaksi luodaan väyläterminaali valitsemalla ”Append Box...”. Väyläterminaalilla tarkoitetaan laitetta, jonka perässä I/O:t sijaitsevat. System Manager suodattaa valittavissa olevia väyläterminaaleja sen mukaan minkä laitteen alle terminaalia ollaan luomassa. Esimerkiksi CX9000 alle pystyy lisäämään ainoastaan sille sopivia väyläterminaaleja tai -kontrollereita.

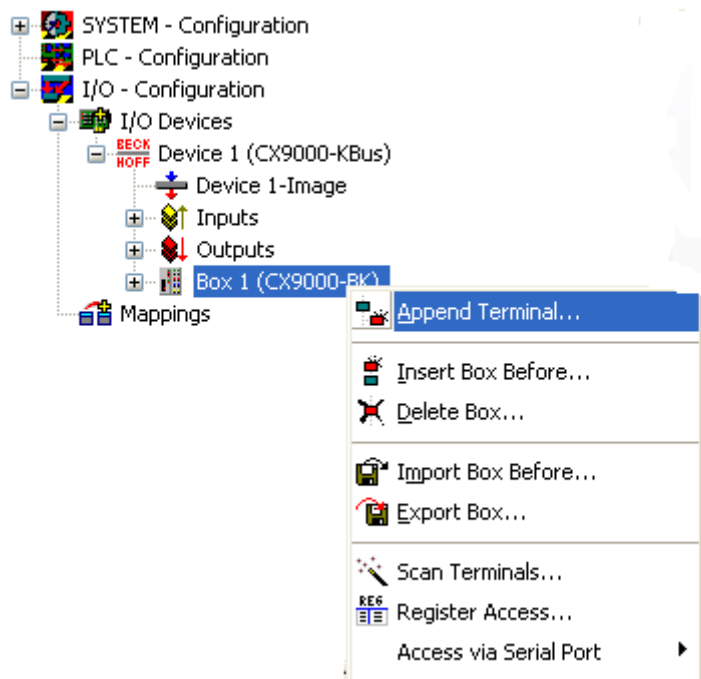


Kuva 15. Väyläterminaalin luonti

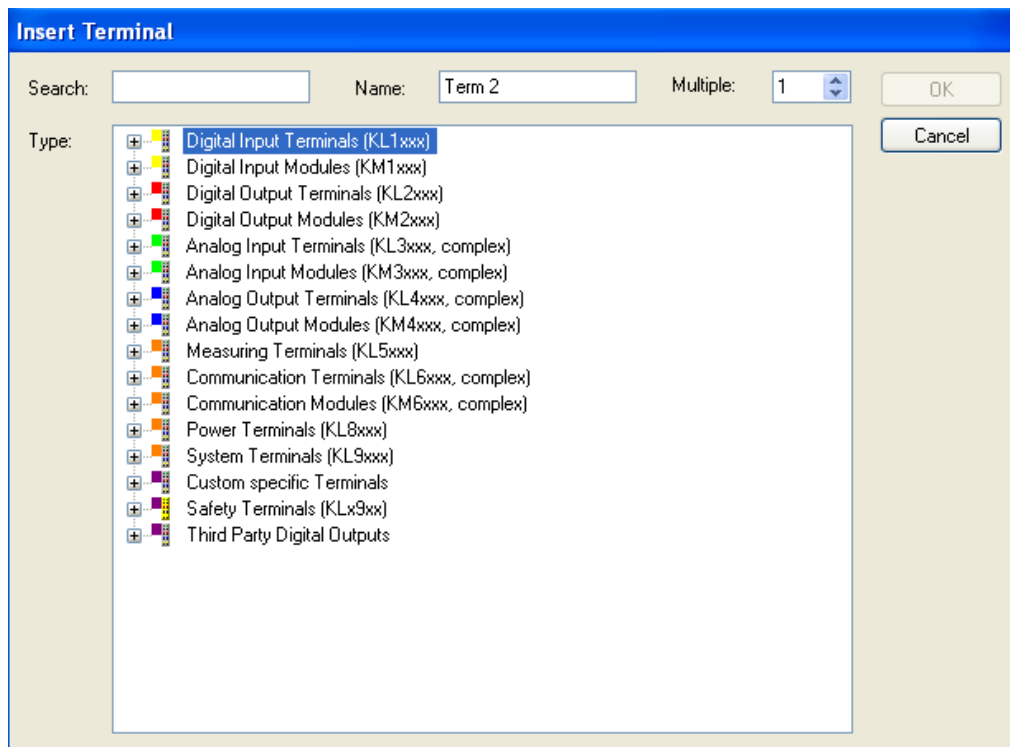


Kuva 16. Terminaalin tai masterin valinta

Kun väyläterminaali on luotu, sen perään lisätään laitteesta löytyvät I/O:t. ”Insert Terminal”-ikkunasta valitaan minkä tyyppisiä kortteja halutaan lisätä. ”Insert Terminal”-ikkunan saa avattua painamalla hiiren oikeanpuoleista painiketta valitun kontrollerin tai väyläterminaalin päällä ja valitsemalla avautuvasta valikosta ”Append Terminal”. ”Multiple”-valinnalla voidaan määrittellä kuinka monta samantyyppistä korttia halutaan lisätä. Kortin voi nimetä haluamallaan nimellä ”name”-kenttään. /3/, /7/



Kuva 17. Append Terminal

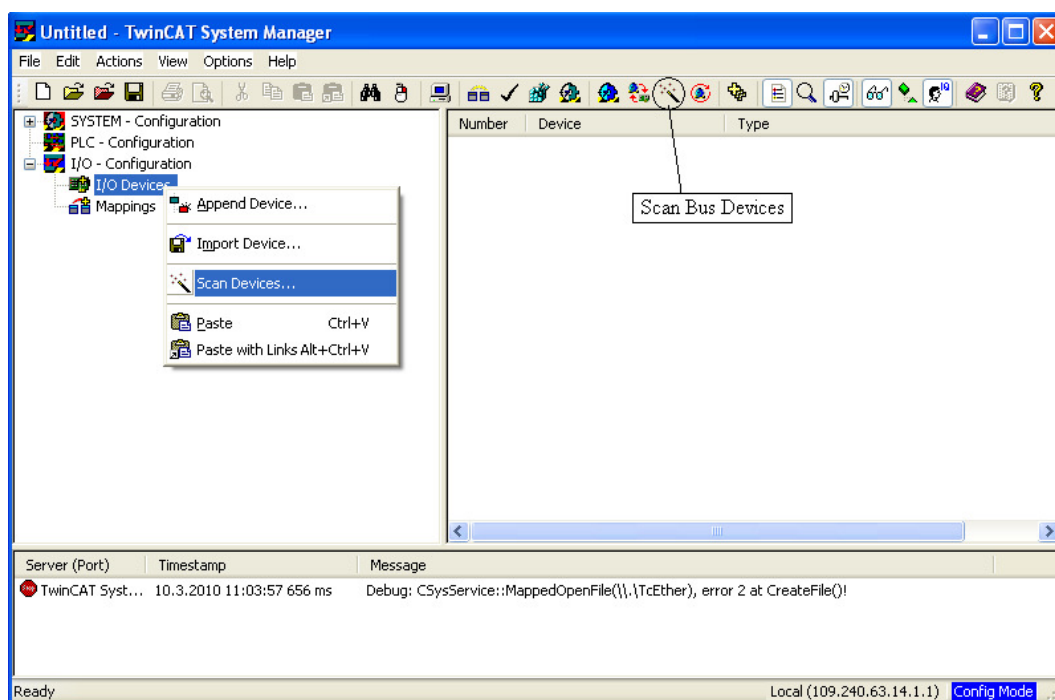


Kuva 18. Insert Terminal

4.4.3 Skannaamalla määrittely

Skannaamalla määrittelyä on suositeltavaa käyttää silloin kun fyysinen laite on olemassa. Tätä toimintoa käyttämällä säästyy inhimillisiltä virheiltä ja säästää aikaa.

Skannaus on mahdollista ainoastaan silloin kun laite on määrätty konfigurointitilaan (Config mode). Skannaus aloitetaan painamalla hiiren oikeanpuoleista painiketta ”I/O-Devices” kohdassa ja valitsemalla avautuvasta valikosta ”Scan Bus Devices”. Olemassa olevat I/O:t voidaan skannata myös aktivoimalla kohta I/O-Devices ja valitsemalla ”Scan Bus Devices”-pikanäppäin sivun yläreunasta.



Kuva 19. Laitteiden skannaus

Kun laitteet on skannattu, System Manager kysyy halutaanko skannata myös väyläterminaalit ”Scan for boxes?”. Tähän täytyy vastata ”Yes”, jos haluaa, että väyläterminaalitkin etsitään. Myös uuden laitteen asennus järjestelmään tapahtuu samalla tavalla. Uusi laite voidaan liittää DIN – kiskoon muiden laitteiden perään tai väliin, ja tämän jälkeen skannataan laitteet uudestaan. /3/, /7/

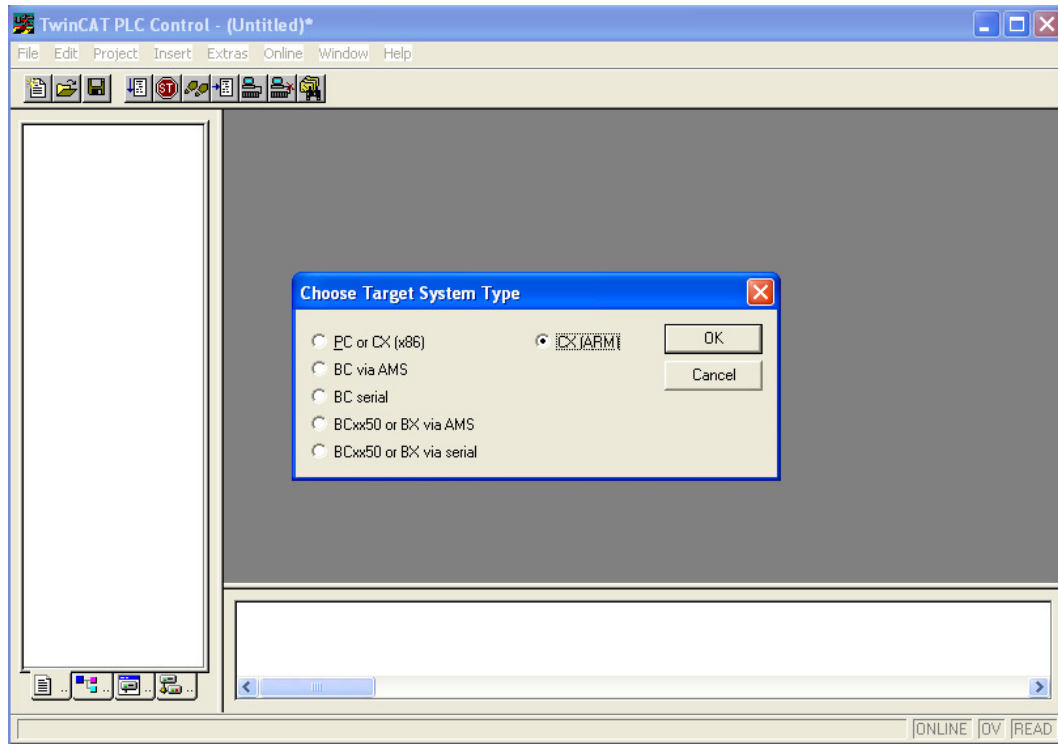
4.4.4 Määritellyn I/O:n testaus

Nyt, kun I/O-määrittelyt on tehty, voidaan olemassa olevan laitteen I/O-kortteja testata. Ennen korttien testaamista System Manager-määrittely kannattaa kuitenkin tallentaa ”Save”-painikkeella. Tämän jälkeen System Manager-konfiguraatio aktivoidaan ”Active Configuration” -painikkeella.

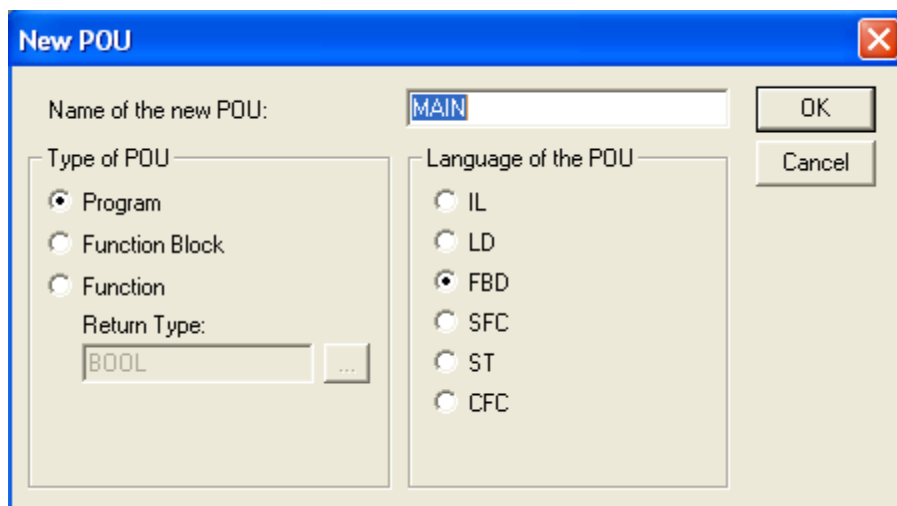
Koska I/O tarvitsee synkronointiin jonkin synkronointi masterin, eikä PLC projektia vielä ole liitetty konfiguraatioon, on normaalia saada virheilmoitus, joka pyytää synkronointimasteria. Jokaiseen I/O-määrittelyssä olevan laitteen alla olevaan I/O:hon täytyy olla vähintään yksi linkitetty PLC-muuttuja, jotta I/O:t päivittyvät. Tämän jälkeen System Manager kysyy käynnistetäänkö järjestelmä ”Run”-tilaan. Jos PLC-projektia ei vielä ole tehty eikä liitetty konfiguraatioon, ei ”Run”-tilaan käynnistämisestä ole hyödytä eli valitaan ”Cancel”. Tällöin konfiguraatio aktivoituu, mutta järjestelmä pysyy konfigurointitilassa. I/O-laitteilla ei vielä ole synkronointimasteria, I/O:n tilat eivät päivity. System Managerissa on tämän kiertämiseksi ”Free Run”-toiminto, jolloin System Manager toimii itse synkronointimasterina. ”Free Run”-toiminnon ollessa päällä System Managerin alareunassa vilkkuu vuorotellen **Config Mode** ja **Free Run**. I/O-korttien tiloja pystyy nyt tutkimaan ja lähtöjä kirjoittamaan päälle, suoraan System Managerista. /3/, /7/

4.5 PLC-projektin luominen ja liittäminen konfiguraatioon

PLC-projekti luodaan TwinCAT-PLC-Control ohjelmalla. Kun PLC-Controlin avaa, se kysyy ensimmäisenä mikä on kohdeympäristö, jossa ohjelmaa tullaan suorittamaan. Teollisuus PC:ssä ja sulautetuissa laitteissa valinta on PC or CX (x86). CX9000-sarjan laitteille valinta on CX(ARM). BC- ja BX-väyläkontrolleissa, jos niihin liitytään sarjakaapeleilla (via serial) tai väylän kautta (via AMS). Kun valinta on suoritettu, PLC-Control ehdottaa ohjelmalohkon eli PUO:n (Program Organisation Unit) luomista. Avautuvasta ikkunasta päästään määrittelemään ohjelmalohkon nimi, ohjelmointikieli ja lohkotyyppi. /3/, /7/



Kuva 20. PLC-Controllin aloitusnäky



Kuva 21. Ohjelmalohkon valinta

4.5.1 Lohkotyypit

4.5.2 Program

Program-lohkotyyppi on pääohjelmatasolla käytetty. Program on globaali ja sitä voi kutsua muista ohjelmalohkoista ilman esittelyä. Program säilyttää paikalliset muuttujat PLC:n kiertojen välillä. Program voi kutsua muita Programeja, Function Blockeja tai Functioneja. /3/, /7/

4.5.3 Function Block (FB)

Function Blockeja käytetään sellaisissa lohkoissa, joissa samalla koodilla voidaan ohjata useaa samankaltaista laitetta. FB täytyy esitellä ja siitä luodaan ilmentymä kutsuvassa ohjelmalohkossa. FB:lle tulee sisäänsyöttömuuttujina tulo-muuttujia ja paluuarvona tulee lähtö-muuttujia. FB:lle voi myös tulla tulo-lähtö-muuttujia, joita käyttäjän kannattaa käyttää nopeuden ja muistin säästämisen takia. FB:stä luodut ilmentymät säilyttävät jokainen omat paikalliset muuttujansa PLC-kiertojen välissä. FB voi kutsua toisia Function Blockeja, mutta ei ohjelmia. /3/, /7/

4.5.4 Function

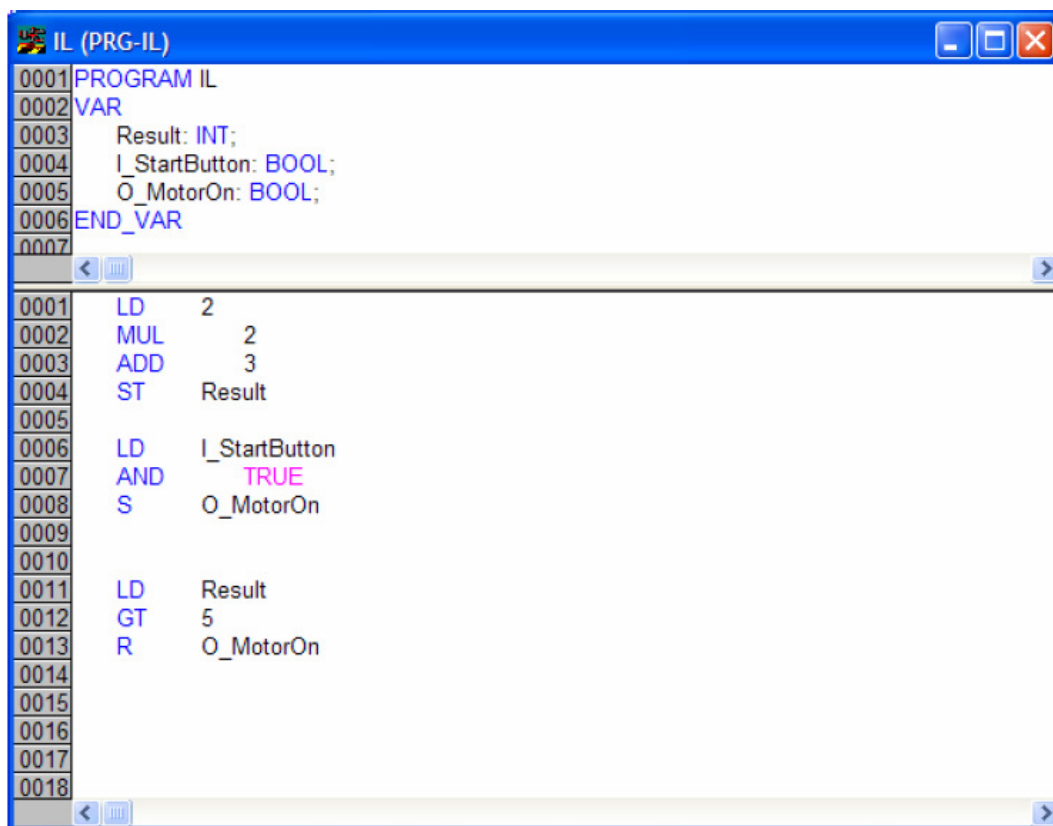
Function on globaali ja sitä voidaan kutsua Program sekä FB-lohkoista ilman esittelyä. Functiota käytetään yleensä esim. laskentafunktiona, jossa tulo-muuttujana annetaan sisäänsyöttömuuttujat ja paluuarvona saadaan laskettu arvo. Functiolla ei voi olla lähtö tai tulo-lähtö-muuttujia. Function ei säilytä paikallisten muuttujien tiloja PLC kiertojen välissä ja näin ollen esim. laskureita ja ajastimia ei voi ohjelmoida Function-lohkoihin. Functiosta voi kutsua vain toisia Functioita, mutta ei Programeja eikä Function Blockeja. /3/, /7/

4.6 Ohjelmointikieliet

TwinCATissa on käytävissä kuusi eri IEC61131-1 mukaista ohjelmointikieltä: IL (Instruction List, Käskylista), LD (Ladder Diagram, Relekaavio), FBD (Function Block Diagram, Toimilohkokaavio), SFC (Sequentia Flow Chart, Sekvenssi-kaavio), ST (Structured Text, Strukturoitu teksti) ja CFC (Continuous Function Chart). /3/, /7/

4.6.1 IL (Instruction List)

IL on lista peräkkäisistä käskyistä, joita ohjelma suorittaa järjestyksessä. IL on yksinkertainen, mutta hieman rajoittunut ohjelmointikieli. Normaalit SET/RESET -logiikkaohjaukset ja laskennat pystyy tekemään tiiviissä muodossa, mutta monimutkaisemmat asiat ovat hankalia toteuttaa. /3/, /7/

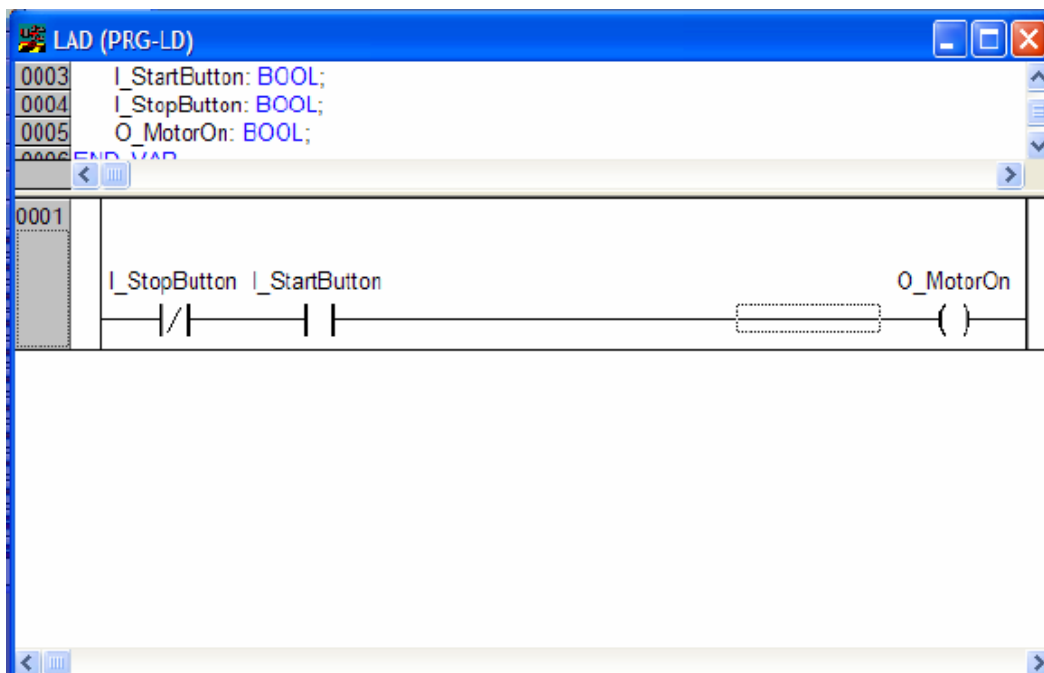


```
IL (PRG-IL)
0001 PROGRAM IL
0002 VAR
0003     Result: INT;
0004     I_StartButton: BOOL;
0005     O_MotorOn: BOOL;
0006 END_VAR
0007
0001 LD 2
0002 MUL 2
0003 ADD 3
0004 ST Result
0005
0006 LD I_StartButton
0007 AND TRUE
0008 S O_MotorOn
0009
0010
0011 LD Result
0012 GT 5
0013 R O_MotorOn
0014
0015
0016
0017
0018
```

Kuva 22. IL (Instruction List)

4.6.2 LD (Ladder Diagram)

LD eli tikapuu tai relekaavio on relelogiikkaan perustuva kieli. Se on selkeälukui-
nen ohjelmointikieli, jossa vianhaku on helppoa. Useamman ehdon sisällyttämi-
nen samaan virtapiiriin kadottaa kuitenkin selkeyden. /3/, /7/

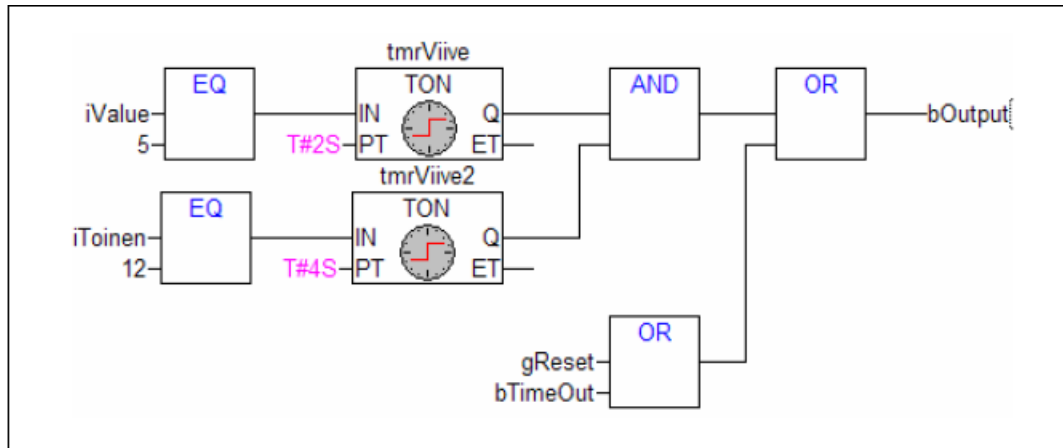


Kuva 23. LD (Ladder Diagram)

4.6.3 FBD (Function Block Diagram)

FBD eli toimilohkokaavio koostuu toimilohkoista ja jokaisen ketjun lopussa on aina vähintään yksi muuttuja jota ohjataan. Myös tässä on käytössä virtapiirijatte-
lu, mutta releiden sijasta käytetään pelkästään toimilohkoja. Tässä on käytössä
sama ajojärjestys kuin tikapuukaaviossa. Funktiolohko-ohjelmointi on ehkä eniten
käytetty ohjelmointikieli ja sen ehdottomia vahvuuksia on sen visuaalisuus. Loh-
kojen väliset riippuvuudet on nähtävissä selkeästi ja Online-tilassa näkyy sinisellä
viivalla mitä reittiä toteutuvat ehdot etenevät. Funktiolohkoilla ohjelmoiminen on
monesti hyödyllistä PLC-ohjelman ”ylätasolla”, eli siellä missä monia aliohjelmaa
kutsutaan. Lohkon etu on se, että varsin helposti yhdellä silmäyksellä näkee mitkä

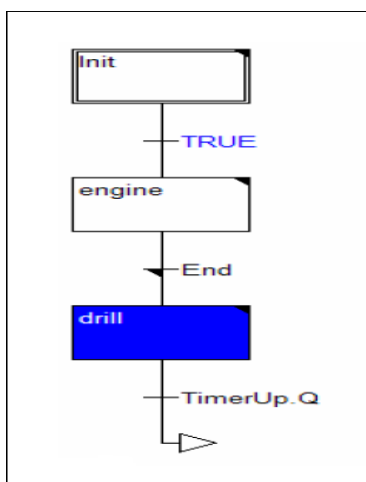
ovat funktiolohkon sisään menevät muuttujat, ulos tulevat muuttujat ja mitkä on em. muuttujien arvot. /3;7/



Kuva 24. FBD (Function Block Diagram)

4.6.4 SFC (Sequentia Flow Chart)

SFC eli sekvenssikaavio ei ole varsinainen itsenäinen kieli vaan sillä kuvataan ohjelman sekvenssejä. Tämä on havainnollinen, varsinkin askelketjumaisissa toiminnoissa. Sekvenssikaavio havainnollistaa selkeästi askeleen, missä koodissa ollaan juuri sillä hetkellä menossa ja siirtymäehtoaskeleesta toiseen on helposti nähtävissä. /3/, /7/



Kuva 25. SFC (Sequentia Flow Chart)

4.6.5 ST (Structured Text)

Structured text eli strukturoitu teksti on joustava ja monelle ohjelmoijalle tuttu ohjelmointikieli. ST:n ehdottomia etuuksia on se, että kommentteja voi kirjoittaa suoraan koodin jokaiselle riville. Tämä ei ole joustavasti mahdollista muissa ohjelmointikielissä. /3/, /7/

```
(* Erilliset IF ja ELSE lauseet *)
IF i_VaunuSisaan AND (NOT i_VaunuSisalla) THEN
  o_VaunuSisaan:=TRUE;
ELSE
  o_VaunuSisaan:=FALSE;
END_IF

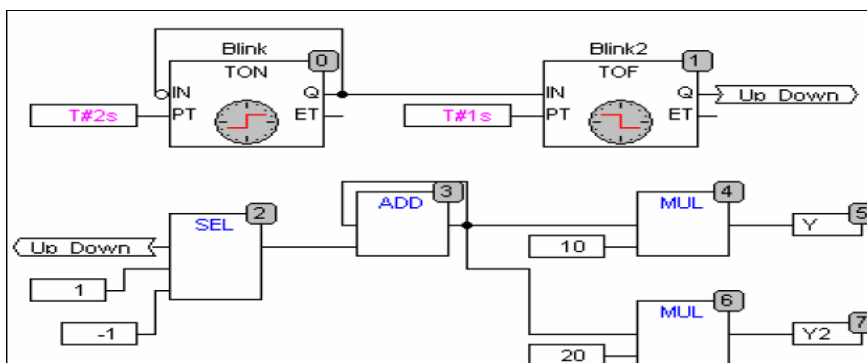
(* Saman voi tehdä myös suoraan sijoittamalla *)
o_VaunuUlos:=i_VaunuUlos AND (NOT i_VaunuUlkona);

(* Vilkkuvalon välkyttämiseen käytetään globaalia vilkkubittä jota hoidetaan FB_FlashByte funktiosta *)
(* Huomaa, että byte muuttujan yksittäisiin bitteihin voi viitata BYTE.x tyyliä *)
IF (o_VaunuSisaan OR o_VaunuUlos) AND gFlashByte.2 THEN
  o_VilkkuValo:=TRUE;
ELSE
  o_VilkkuValo:=FALSE;
END_IF
```

Kuva 26. ST (Structured Text)

4.6.6 CFC (Continuous Function Chart)

Continuous Function Chart on laajennus FBD:hen. Lohkoja ei ole sidottu gridiin vaan ne voivat "leijua" vapaasti ohjelmointi-ikkunassa ja niitä voi yhdistellä hienellä raahaamalla. /3/, /7/

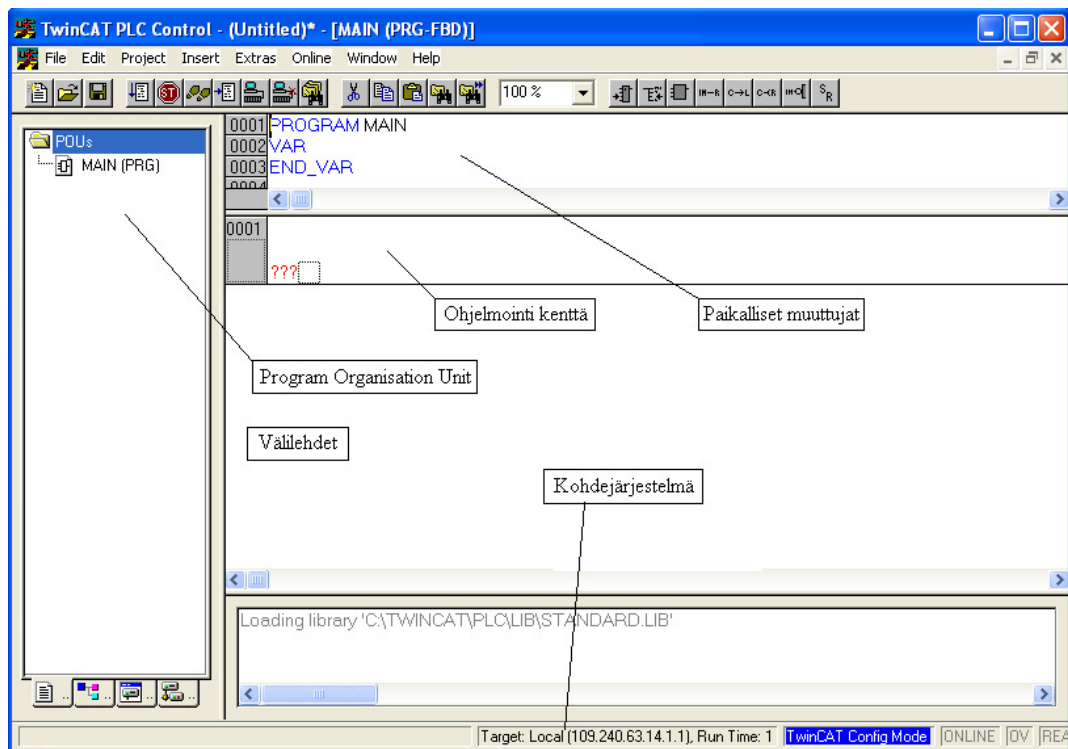


Kuva 27. CFC (Continuous Function Chart)

4.7 Ohjelmointi

Riippuen siitä minkä ohjelmointikielen alussa valitsee, ohjelmointiympäristön pikakuvakkeet muuttuvat. Käytössä on myös aputoimintoja, jotka toimivat kielestä riippumatta.

Ohjelmointitilassa näyttö on jaettu kahteen eri kenttään. Ylemmässä kentässä on ohjelmakohtaiset muuttujamäärittelyt ja alemmassa kentässä on varsinainen ohjelma. Muuttujamäärittelyt päivittyvät automaattisesti niitä lisättäessä ohjelmaan. Muuttujan voi myös lisätä käsin. /3/, /7/



Kuva 28. Ohjelmointiympäristö

4.7.1 Pikanäppäimiä ohjelmointiin

Ohjelmointia helpottamaan on muutama pikanäppäinyhdistelmä.

CTRL + välilyönti Avaa valikon käytettävistä muuttujista

Ctrl + A Luo FBD-ohjelmoinnissa muuttujasijoituksen

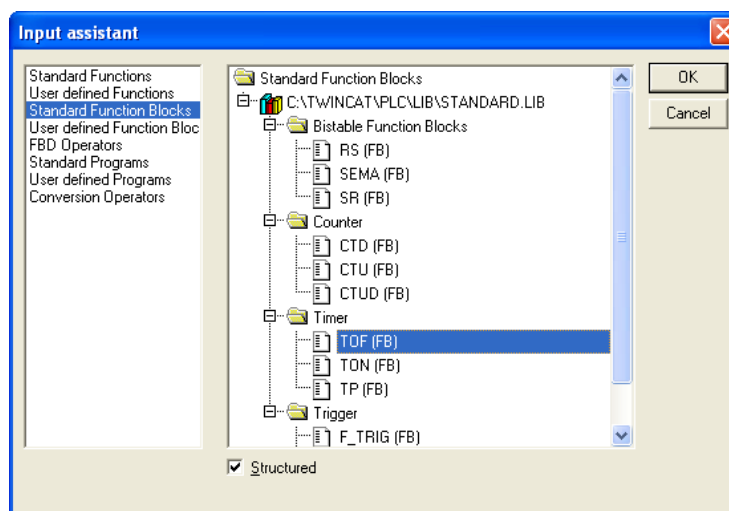
Ctrl + B Luo FBD-ohjelmoinnissa uuden ”boxin”

Ctrl + N Luo FBD-ohjelmoinnissa negaation

4.8 Avustavat toiminnot

4.8.1 Input Assistant

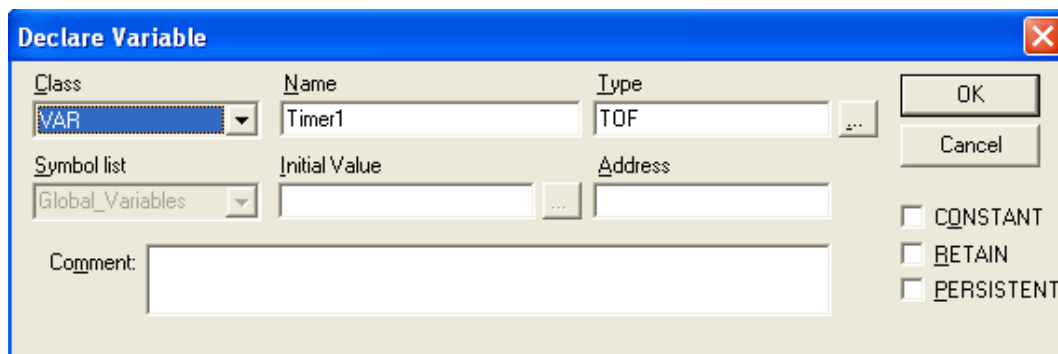
Input Assistant on toiminto, joka on apuna lisättäessä muuttujia ja ohjelmalohkoja. Toiminto näyttää kaikki käytössä olevat muuttujat, funktiot, ohjelmat, yms. Toiminto aktivoidaan *F2* – painikkeella. Input Assistant-ikkuna on jaettu kahteen osaan. Vasemmanpuoleisesta valikosta valitaan toimintoryhmä ja oikeanpuoleisesta valitaan kirjasto, josta toimintoa etsitään. /3/, /7/



Kuva 29. Input Assistant

4.8.2 Declare Variable

Ohjelma tunnistaa automaattisesti muuttujan, jota ei vielä ole esitelty. Käyttäjä voi muuttaa muuttujamääriä, jonka jälkeen muuttuja lisätään muuttujakenttään. /3/, /7/



Kuva 30. Declare Variable

4.8.3 Help –aputoiminto

Ohjelmointitilanteita varten TwinCAT:ssa on kattava help –aputoiminto. Helpin saa aktivoitua ikkunan yläreunassa olevasta Help –painikkeesta. Aputoiminnoista löytyy tietoa käskyistä, ohjelman luomisesta, konfiguroinnista, ohjelmointikielistä, datatyypeistä ym. toiminnoista. Myös kaikista funktioista löytyy tarkat kuvat. /3/, /7/

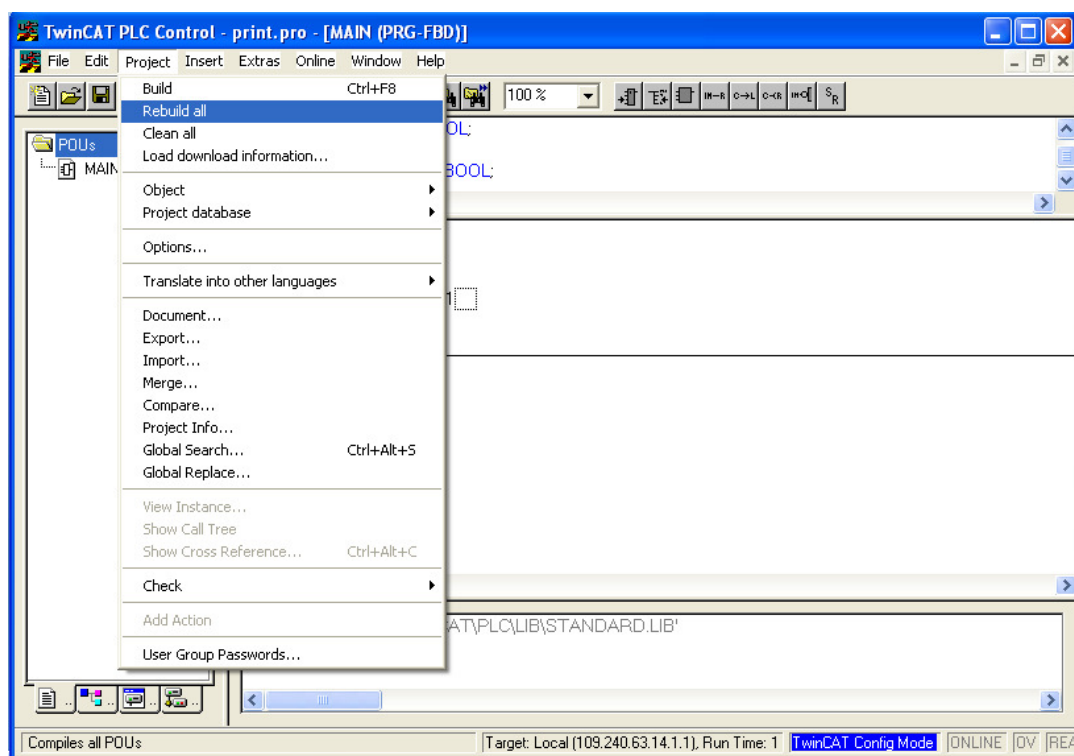
4.8.4 Operaatiot

TwinCAT PLC Control –ohjelma luodaan operaatioiden avulla. Ohjelmalla voi toteuttaa runsaasti erilaisia käskyjä ja operaatioita. Lisätietoa erilaisista käskyistä löytyy myöskin Help -valikosta. /3/, /7/

4.9 Ohjelman lataaminen järjestelmään

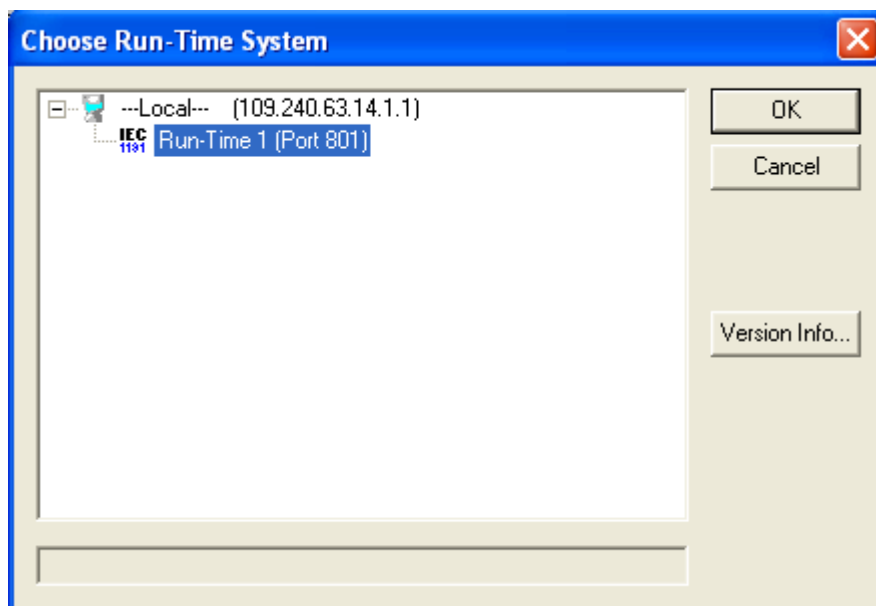
Kun PLC-ohjelmaa ladataan ensimmäistä kertaa järjestelmään, pitää PLC koodi kääntää. Ohjelma täytyy olla tallennettu ennen käynnöstä. Ohjelma käännetään

sivun ylälaudassa olevasta Project-valikon Rebuild all-toiminnolla. Jos käännös on virheetön, se luo tpy-päätteisen tiedoston samaan kansioon johon ohjelma tallennettiin jo aikaisemmin. Varoitusteksteistä huolimatta ohjelma voidaan liittää System Manageriin. Varoitukset poistuvat heti, kun ohjelma on hakenut System Managerista tarvittavat muistiosoitteet. Osoitteiden haku tapahtuu automaattisesti.



Kuva 31. Ohjelman käännös

Kun käännös on tehty, täytyy ohjelmalle valita kohdejärjestelmä, johon se halutaan ladata. Tässä vaiheessa System Manager täytyy kääntää RUN-tilaan. Kohdejärjestelmä valitaan Online-valikosta löytyvällä Choose Run-Time System – valinnalla. Avautuvasta ikkunasta valitaan sitten kohdejärjestelmä. Riittää, kun kohdejärjestelmän valinnan tekee ensimmäistä kertaa ohjelmaa ladattaessa. Kun kohdejärjestelmä on valittu, se näkyy sivun oikeassa alalaidassa olevasta palkista.

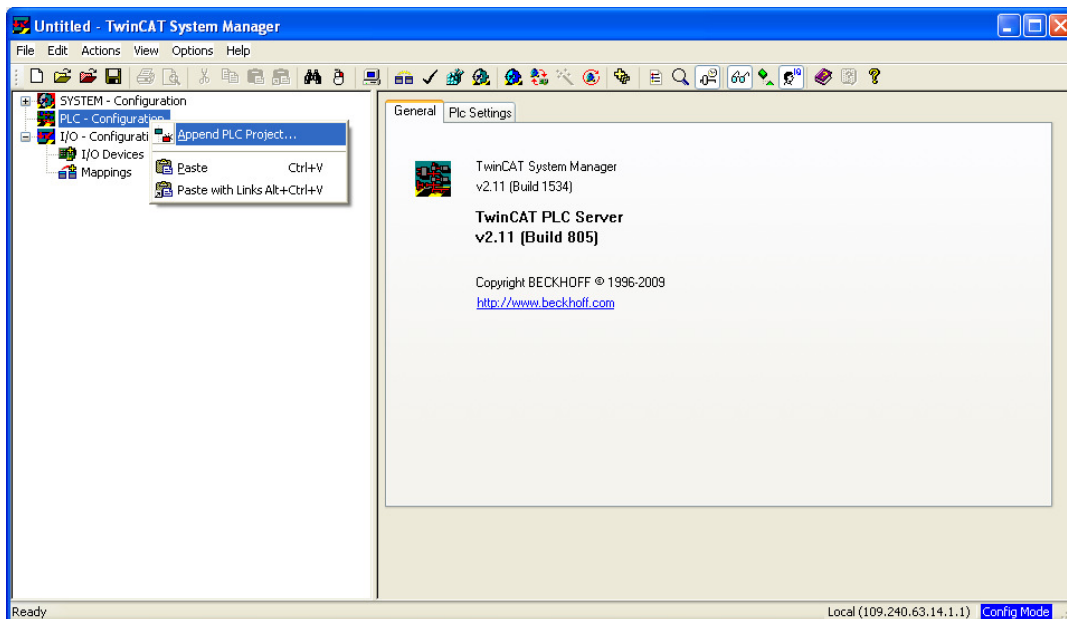


Kuva 32. Kohdejärjestelmän valinta

Nyt ohjelman voi ladata järjestelmään ja se tapahtuu Online -valikosta valitsemalla Login. Samalla PLC Control aktivoituu Online-tilaan ja nyt ohjelman kulkua pystytään helposti monitoroimaan. PLC -ohjelma ei ole vielä tässä vaiheessa RUN -tilassa vaan ohjelma pitää käynnistää Online -valikosta valitsemalla RUN. Jos ohjelmaa pitää vielä muuttaa RUN-tilassa, pitää Online-valikosta valita Logout. Tällöin ohjelma jää Run-tilaan ja tarvittavat muutokset voidaan nyt tehdä. Muutosten lataaminen tapahtuu valitsemalla jälleen Online-tila. /3/, /7/

4.10 PLC -projektin liittäminen konfiguraatioon

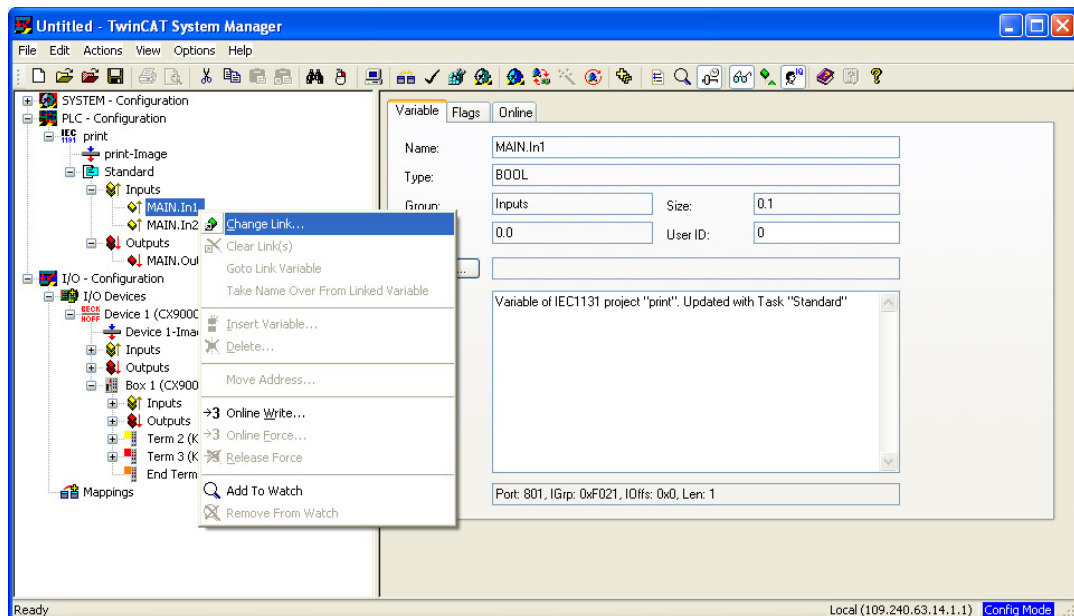
Kun PLC-projekti on luotu, tallennettu ja kertaalleen käännetty, voidaan se liittää osaksi System Manager-konfiguraatota. PLC -projektin liittäminen aloitetaan avaamalla System Manager. Painamalla hiiren oikeanpuoleista painiketta I/O-Configuration päällä ja valitsemalla täältä ”Append PLC Project”, päästään valitsemaan liitettävä projekti. PLC-projektiksi valitaan käännösvaiheessa luotu tyyppipäätteinen tiedosto. Nyt I/O-Configuration alle ilmestyy kaikki tyyppitiedostossa määritellyt muuttujat. /3/, /7/



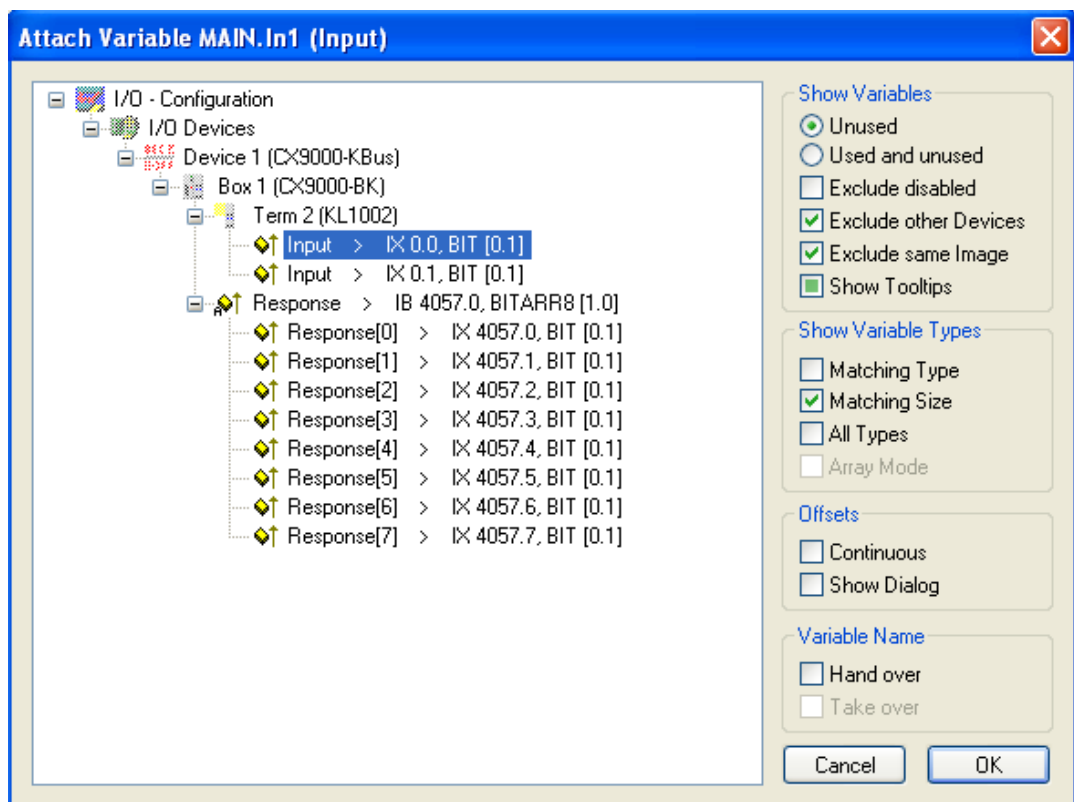
Kuva 33. PLC –projektin liittäminen konfiguraatioon

4.10.1 PLC-muuttujien linkittäminen

Jotta tulot saataisiin päivitettyä PLC-muuttujiin ja lähdöt kirjattua oikeisiin lähtöihin, pitää PLC-muuttujat linkittää fyysisiin tuloihin ja lähtöihin. Linkitys voidaan tehdä joko I/O-konfiguraatiosta PLC:hen tai PLC:stä I/O-konfiguraatioon päin. Linkityssuunnalla ei ole merkitystä. Linkitys tehdään valitsemalla hiiren oikeanpuoleisella näppäimellä linkitettävä tulo tai lähtö ja sieltä ”Change Link”. Avautuvasta ikkunasta valitaan sitten tulo tai lähtö johon halutaan linkitys. /3/, /7/



Kuva 34. Muuttujien linkitys



Kuva 35. Linkitettävä I/O

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä Beckhoffin automaatiojärjestelmään ja ottaa se käyttöön Loisto Pro Oy:lle. Työ saavutti hienosti sille asetetut tavoitteet. Tarkoitukseni oli luoda sellainen opinnäytetyö, josta uudenkin käyttäjän on helppo tutustua Beckhoffin järjestelmään ja löytää sieltä helposti asiayhteyteen kuuluvat peruskäsitteet ja asiat. Työssä on käyty selkeästi ja johdonmukaisesti läpi järjestelmään liittyvät perusasiat ja asioita on pyritty selkeyttämään entisestään kuvilla.

Opinnäytetyön laajuus osoittautui työn suurimmaksi ongelmaksi. Työssä on pyritty selvittämään jokaisen aihepiirin perusasiat, jotta lukijan olisi helppo päästä sisälle aiheeseen. Jos opinnäytetyön olisi rajannut alussa pienemmäksi, olisi joitakin aihepiirejä voinut käsitellä syvällisemminkin. Työssä rajoittavaksi tekijäksi osoittautuivat myös omat ohjelmointitaidot. Perusohjelmat TwinCATilla pystyttiin kuitenkin toteuttamaan ja kyseisen logiikkaohjelman periaatteet saatiin selvitettyä.

Työ antaa lukijalleen hyvän ja kattavan pohjan tutustuttaessa Beckhoffin automaatiojärjestelmään. Etenkin TwinCAT-logiikkaohjelman perusteet osiosta tuli mielestäni erittäin hyvä ja se etenee uuden käyttäjän kannalta loogisessa järjestyksessä.

LÄHTEET

/1/ Beckhoff Automation Oy. Beckhoff. [viitattu 9.2.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.beckhoff.fi/>>

/2/ Beckhoff Automation Oy, Lehdistötiedote. Nopeaa valaistuksen ohjausta DMX – terminaalilla. [viitattu 18.3.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.beckhoff.com/download/press/2009/finnish/pr052009_Beckhoff_fi.pdf>

/3/ Beckhoff Automation Oy. TwinCAT-peruskurssi. Kurssimoniste.

/4/ EtherCAT Technology Group. EtherCAT. [viitattu 23.3.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.ethercat.org/default.htm>>

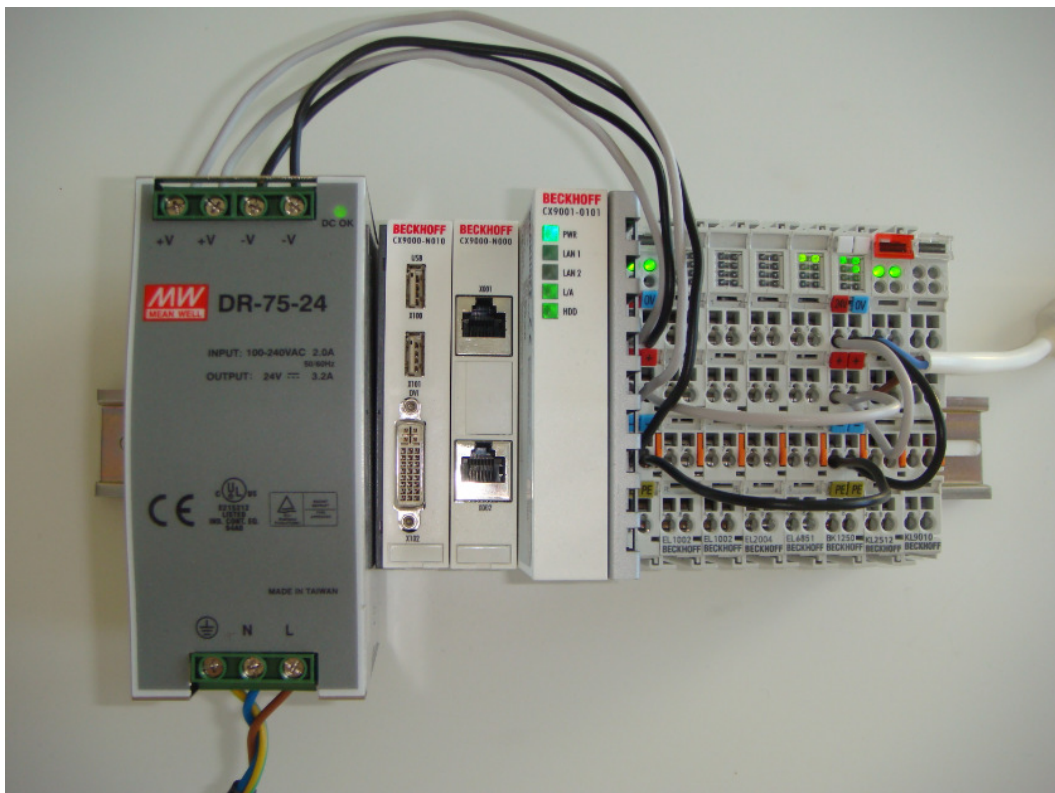
/5/ Hautala, Niilo. toimitusjohtaja. Loisto Pro Oy, Raisio. Haastattelu.

/6/ Myrberg, Joni. tekninen tuki. Beckhoff Automation Oy, Hyvinkää. Haastattelu.

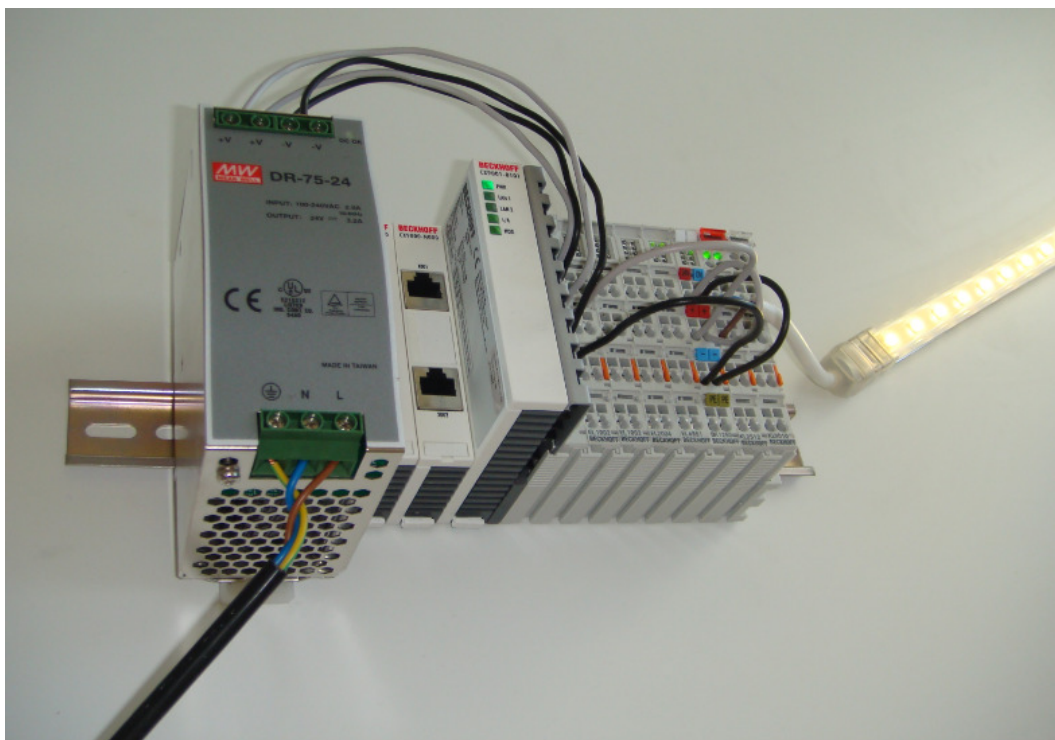
/7/ Thesus, Ammattikorkeakoulujen opinnäytteitä. CAN-Väylä TwinCAT ympäristössä. [viitattu 13.2.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8701/Kuusisto.Petteri.pdf?sequence=2>>

/8/ Thesus, Ammattikorkeakoulujen opinnäytteitä. EtherCAT – Hajautettu ohjausjärjestelmä. [viitattu 20.3.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8690/Suokas.Ville.pdf?sequence=2>>

LIITE 1



Rakennettu järjestelmä



Järjestelmä toiminnassa