Juhana Jauhiainen

OPPIMISYMPÄRISTÖ BECKHOFFIN AUTOMAATIOJÄRJESTELMILLE

Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Marraskuu 2022

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	**Aika** Marraskuu 2022	**Tekijä/tekijät** Juhana Jauhiainen
Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus		☒ AMK ☐ YAMK
Työn nimi OPPIMISYMPÄRISTÖ BECKHOFFIN AUTOMAATIOJÄRJESTELMILLE.		
Työn ohjaaja Hannu Puomio		**Sivumäärä** 30 + 1
Työelämäohjaaja Centria / SE-laboratorio, Ylivieska		

Opinnäytetyössä suunniteltiin automaation oppimisympäristö Centria-ammattikorkeakoulun sovelletun elektroniikan laboratorioon. Oppimisympäristö rakennettiin saksalaisen automaatiolaitteita valmistavan Beckhoffin tuotteista ja tavoitteena oli luoda monipuolinen ja helposti laajennettavissa oleva oppimisympäristö, jonka avulla opiskelijat pääsevät tutustumaan Beckhoffin laitteisiin ja TwinCAT-ohjlmointiympäristöön.

Osana opinnäytetyötä tuotettiin myös oppimismateriaalia Centrian sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijoiden käyttöön. Materiaalin tarkoituksena on tukea opetusta ja auttaa opiskelijoita pääsemään alkuun Beckhoffin laitteiden ohjelmoinnissa.

Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa esitellään Beckhoffin tuotteita ja teknologioita, käydään läpi oppimisympäristön laitteisto, esitellään tuotettu oppimismateriaali.

Asiasanat
Automaatio, Beckhoff, oppimisympäristö

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	**Date** November 2022	**Author** Juhana Jauhiainen
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis LEARNING ENVIRONMENT FOR BECKHOFF AUTOMATION DEVICES		
Centria supervisor Hannu Puomio		**Pages** 30 + 1
Instructor representing commissioning institution or company Centria / SE-laboratorio, Ylivieska		

The subject of this thesis was to design a programmable logic controller learning environment for the Centria University of Applied Sciences laboratory of applied electronics. The learning environment was built using the products of the automation manufacturer Beckhoff. The objective was to build a versatile and expandable learning environment the students can use to get to know Beckhoff devices and Beckhoffs TwinCAT programming environment.

In addition to the learning environment, learning material was produced for the electrical and automation engineering students. The goal of the learning material is to support teaching and help the students get started with programming Beckhoff devices.

The thesis introduces Beckhoff products and technologies, presents the devices in the learning environment, and introduces the learning material produced in the thesis work.

Key words
Automation, Beckhoff, Programmable Logic Controller

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

CPU

Central Processing Unit. Tietokoneen prosessori.

DIN-kisko

Standardoitu asennuskisko

Embedded PC

Sulautettu tietokone.

EtherCAT

Ethernet for Control Automation Technology.

HMI

Human Machine Interface. Laitteen tai sovelluksen käyttöliittymä.

IEC 61131-3 standardi

Kansainvälinen automaatiolaitteiden ohjelmointia koskeva standardi.

IEEE 802.3 standardi

Ethernet-verkkoja koskeva standardi.

I/O

Input / Output.

IPC

Industrial Personal Computer. Teollisuuskäyttöön suunniteltu tietokone.

MAC

Media Access Control.

Moduuli

Automaatiolaitteiston osa.

PC

Personal Computer. Tietokone

PLC

Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.

Profibus

Process Field Bus. Vuonna 1989 julkaistu kenttäväylästandardi.

RAM

Random Access Memory. Tietokoneen käyttömuisti.

TCP

Transmission Control Protocol.

TwinCAT

The Windows Control and Automation Technology.

UDP

User Datagram Protocol.

UPS

Uninterruptible Power Supply. Keskeytymätön virransyöttö.

Väyläcoupler

Eri automaatiolaitteistojen yhteen liittämiseen käytettävä moduuli.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 AUTOMAATIOLAITEVALMISTAJA BECKHOFF 2
2.1 Beckhoffin tuotteet 2
2.2 TwinCAT 3 kehitysympäristö 6
2.3 EtherCAT 9
2.4 Beckhoffin tulevaisuus 11

3 AUTOMAATION OPPIMISYMPÄRISTÖ JA SEN LAITTEET 13
3.1 Mikä on oppimisympäristö 13
3.2 Oppimisympäristön vaatimukset 13
3.3 Miten ympäristöä käytetään opetuksessa 15
3.4 Oppimisympäristön laitteisto 15
3.5 Oppimisympäristön asennus ja testaus 23

4 TWINCAT OPAS 25
4.1 Oppaan tarkoitus 25
4.2 Oppaan sisältö ja laajuus 26
4.3 Esimerkkiohjelma lämpötilan lukemisesta PT100-anturilta 27

5 JOHTOPÄÄTÖKSET 29

LÄHTEET 31
LIITTEET

KUVAT
KUVA 1. CP22xx Multi-touch Panel PC 3
KUVA 2. C6930 Control Cabinet Industrial PC 3
KUVA 3. CX8110 Embedded PC 4
KUVA 4. EP1xxx EtherCAT Box, digitaalinen input 5
KUVA 5. Bus Terminal moduuleja 5
KUVA 6. TwinCAT 3 7
KUVA 7. TwinCAT 3 ajoympäristö 8
KUVA 8. ADS -protkolla 8
KUVA 9. FBD -ohjelmointia 9
KUVA 10. EtherCAT verkon ja kehyksen toiminta 11
KUVA 11. SE-laboratorion laitteistoa 14
KUVA 12. SE-laboratorion laitteistoa 14
KUVA 13. SE-laboratorion laitteistoa 15
KUVA 14. Beckhoff CX5130 18
KUVA 15. EL6731 18
KUVA 16. EL1008 19
KUVA 17. EL2008 19
KUVA 18. EL3002 20
KUVA 19. EL3201 20
KUVA 20. EK1110 21

KUVA 21. EK1100 21
KUVA 22. EL1004 22
KUVA 23. EL2634 22
KUVA 24. EL4002 23
KUVA 25. Oppimisympäristön laitteisto 24
KUVA 26. Lämpötilasovelluksen käyttöliittymä 28

1 JOHDANTO

Tämä työn tavoitteena oli valita Centria-ammattikorkeakoulun laitteet Beckhoffin automaatiojärjestelmään, jota käytetään automaatio-ohjelmoinnin opetuksessa, tutustua TwinCAT-ohjelmointiympäristöön ja tuottaa opetusmateriaalia erityisesti monimuoto- ja etäopiskelun tueksi. Tavoitteena oli valita sopiva laitteiston kokoonpano, jonka avulla voidaan toteuttaa monipuolisia harjoituksia.

Laitteiden valinnassa otettiin huomioon opetuskäytön tarpeet ja järjestelmään liitettävien laitteiden tarpeet. Laitteiden lopullinen sijoituspaikka on Centria-ammattikorkeakoulun Ylivieskan toimipisteen sovelletun elektroniikan laboratorio, jossa opiskelijoiden käytössä on myös muiden valmistajien laitteita sisältäviä vastaavia ympäristöjä. Beckhoffin opetusympäristön on tarkoitus korvata osa näistä, joten olemassa olevat laitteisto tulee pystyä liittämään myös uutteen järjestelmään.

Opinnäytetyössä käsitellään oppimisympäristöön sekä valitut moduulit ja niiden ominaisuudet, että Beckhoffin laitetarjontaa yleisesti antaen näin hyvän kuvan käytössä olevista mahdollisuuksista. Työssä esitellään myös eri ohjelmointitavat sekä niiden heikkouden ja vahvuudet.

Opinnäytetyössä tuotettiin opas järjestelmän ohjelmointiin Beckhoffin TwinCAT-ohjelmointiympäristöllä. Oppaan tarkoituksena on tukea erityisesti etänä olevia opiskelijoita TwinCATin itsenäisessä opiskelussa. Tavoitteena oli luoda selkeät askelmerkit TwinCAT-ohjelmoinnin aloittamiseen ja esitellä TwinCATin ominaisuuksia ja eri automaatio-ohjelmointitapoja.

Lähteinä työssä käytettiin pääasiassa Beckhoffin omaa ilmaiseksi saatavilla olevaa materiaalia, verkossa saatavilla olevaa automaation opetusmateriaalia sekä omaa kokemusta ohjelmoinnista.

2 AUTOMAATIOLAITEVALMISTAJA BECKHOFF

Beckhoff on saksalainen automaatiolaitteiden valmistaja, jonka järjestelmät ovat PC-pohjaisia. Beckhoffin tuotetarjonta kattaa teollisuus-PC:t, kenttäväyläkomponentit, moottoriohjaimet ja automaatio-ohjelmistot. Beckhoffin tuotteita käytetään maailmanlaajuisesti erilaisissa käyttökohteissa aina CNC-koneista älykkääseen rakennusautomaatioon asti. (Beckhoff 2020.)

Beckhoffin ohjelmoitavat logiikat ovat avoimia ja PC-pohjaisia. Avoimuus tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, että Beckhoffin järjestelmät käyttävät standardien mukaisia kommunikaatioprotokollia, joten ne toimivat yhdessä eri valmistajien laitteiden kanssa. PC-pohjaisuudella viitataan siihen, että logiikat käyttävät samoja komponentteja, joita käytetään myös tietokoneissa. Beckhoffin logiikoiden käyttöjärjestelmänä on prosessorista riippuen joko Windows 10 tai Windows 10 CE.

2.1 Beckhoffin tuotteet

Beckhoff jaottelee tuotteensa neljään eri kategoriaan: Automation, IPC, I/O ja Motion. Tuotteita voidaan käyttää erillisinä komponentteina tai integroida saumattomasti yhteen järjestelmään. (Beckhoff 2020.)

Automation -kategoria sisältää Beckhoffin ohjelmistotuotteet. Beckhoffin ohjelmistotuotteiden ytimen muodostaa TwinCAT-kehitysympäristö (The Windows Control and Automation Technology). Tuoteperheeseen kuuluu monia lisäosia yhteysprotokollia sisältävistä lisäosista (TC3 OPC UA, TC3 Modbus RTU) aina toimialakohtaisiin (TC3 Wind Framework) lisäosiin asti. (Beckhoff 2020.)

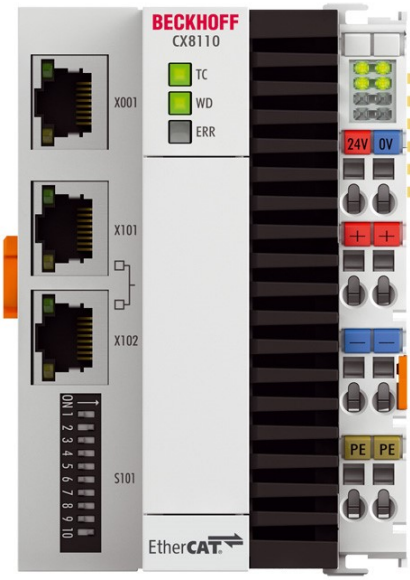
IPC-kategoria sisältää Beckhoffin teollisuus PC:t, automaatio-ohjaimet ja näytöt. IPC-kategorian tuotelinjoissa lon erilaisia tuotteita erilaisiin asennuskohteisiin kaikilla IP-luokituksilla. Control Cabinet IPC-tuotelinja sisältää ohjauskaappeihin sijoitettavia PC-koneita, Panel PC -tuotelinja sisältää kosketusnäyttöjä, joissa on sisäänrakennettu teollisuus-PC, ja Embedded PC -tuotelinja sisältää DIN-kiskoon asennettavia PC-koneita.

KUVA 1. CP22xx Multi-touch Panel PC (Beckhoff 2020)

KUVA 2. C6930 Control Cabinet Industrial PC (Beckhoff 2020)

Embedded PC -tuotelinjan (CX sarja) laitteita käytetään automaatio sovelluksissa, jolloin niihin jälkeen DIN-kiskoon lisätään automaatiomoduuleja. CX-sarja sisältää eri tehovaatimuksiin soveltuvia laitteita, joko Intelin x86-prosessoreilla tai ARM-prosessoreilla. Sopivaa laitetta valittaessa tulee prosessoritehon lisäksi ottaa huomioon prosessoriarkkitehtuuri, RAM-muistin määrä ja grafiikkakiihdytin.

CX sarjan laitteen vaihtaminen ei kuitenkaan yleensä aiheuta suuria muutoksia ohjelmiin, vaikka se tehtäisiin aivan projektin loppuvaiheessa. (Beckhoff 2020)

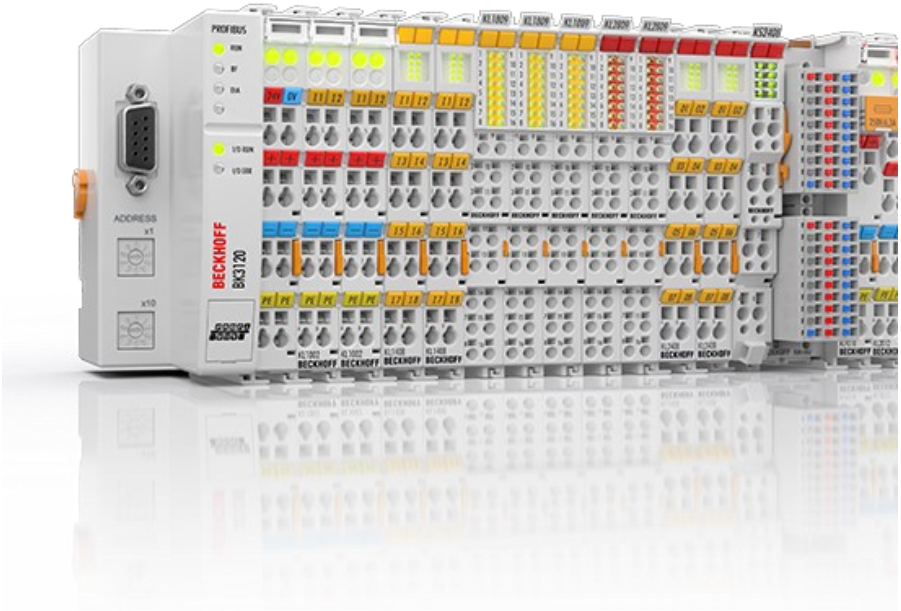


KUVA 3. CX8110 Embedded PC (Beckhoff 2020)

Näytöllisten PC-laitteiden lisäksi kosketusnäyttöjä on mahdollista saada myös erikseen, jolloin ne voidaan kytkeä mihin tahansa sopivilla liitännöillä varustettuun IPC-tuotteeseen. Beckhoff valmistaa myös erilaisia ohjainpaneeleja, joissa näytön lisäksi on teollisuusympäristöön sopivia ohjainlaitteita ja nappeja. (Beckhoff 2020.)

I/O-kategoria sisältää Beckhoffin valmistamat I/O-laitteet ja kenttäväyläliitäntälaitteet. Beckhoff tarjoaa kattavan valikoiman komponentteja kaikille yleisimmille I/O- ja väyläjärjestelmille. Bus Terminal -tuotelinjan tuotteet ovat väylätekniikasta riippumattomia ja sisältävät väyläkytkimet yleisimmille väylätekniikoille. Embedded PC -tuotteisiin voidaan liittää suoraan integroituvat EtherCAT Terminal -tuotelinjan moduulit. EtherCAT-moduulien lisäksi Beckhoffilla on myös EtherCAT Box -tuotelinja, jonka tuotteilla on korkeat IP-luokitukset ja ne voidaan sijoittaa suoraan automaatiolla ohjattavan laitteen läheisyyteen. (Beckhoff Main Catalog Volume 1 2020.)

KUVA 4. EP1xxx EtherCAT Box, digitaalinen input (Beckhoff 2020)



KUVA 5. Bus Terminal moduuleja (Beckhoff 2020)

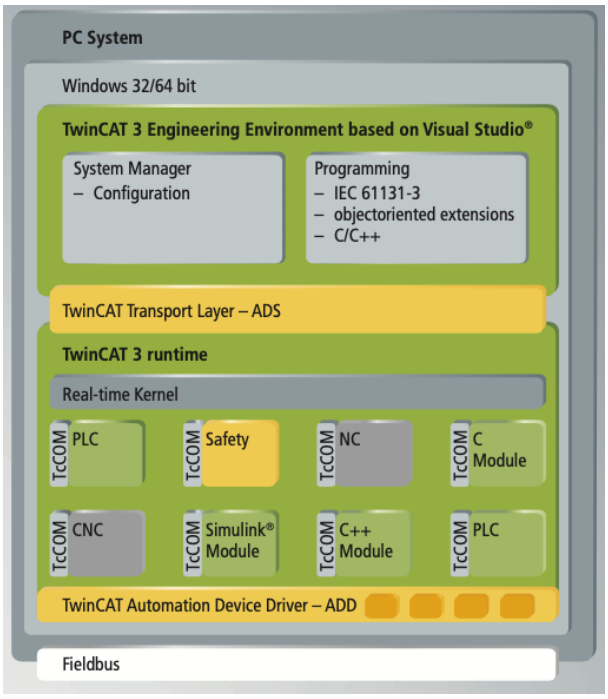
Motion-kategoria sisältää Beckhoffin valmistamat moottoriohjaimet ja servomoottorit. TwinCAT-automaatio-ohjelmiston lisäksi Beckhoff Drive Technology -tarjoaa kehittyneen järjestelmän moottoriohjaukseen. Kategoria sisältää mm. servo-ohjaimia, synkronisia servomoottoreita, askelmoottoreita ja hajautettuja servo-ohjaus järjestelmiä, joissa servo-ohjaimet on integroitu suoraan moottoreihin. (Beckhoff Main Catalog Volume 1, 2020.)

2.2 TwinCAT 3 kehitysympäristö

Beckhoffin automaatiolaitteiden ohjelmointiin käytetään TwinCAT-kehitysympäristöä. Uusin versio TwinCAT 3 pohjautuu Microsoftin Visual Studio -ympäristöön ja toimii Windows PC -tietokoneilla. TwinCAT 3 tukee kaikkia IEC 61131-3-standardin mukaisia automaatio-ohjelmointimenetelmiä. Näiden lisäksi ohjelmointia voidaan tehdä myös C/C++ -ohjelmointikielillä reaaliaikaisia sovelluksia tehtäessä. C/C++ helpottaa myös integraatiota muihin järjestelmiin. (Beckhoff TwinCAT 3 2020.)

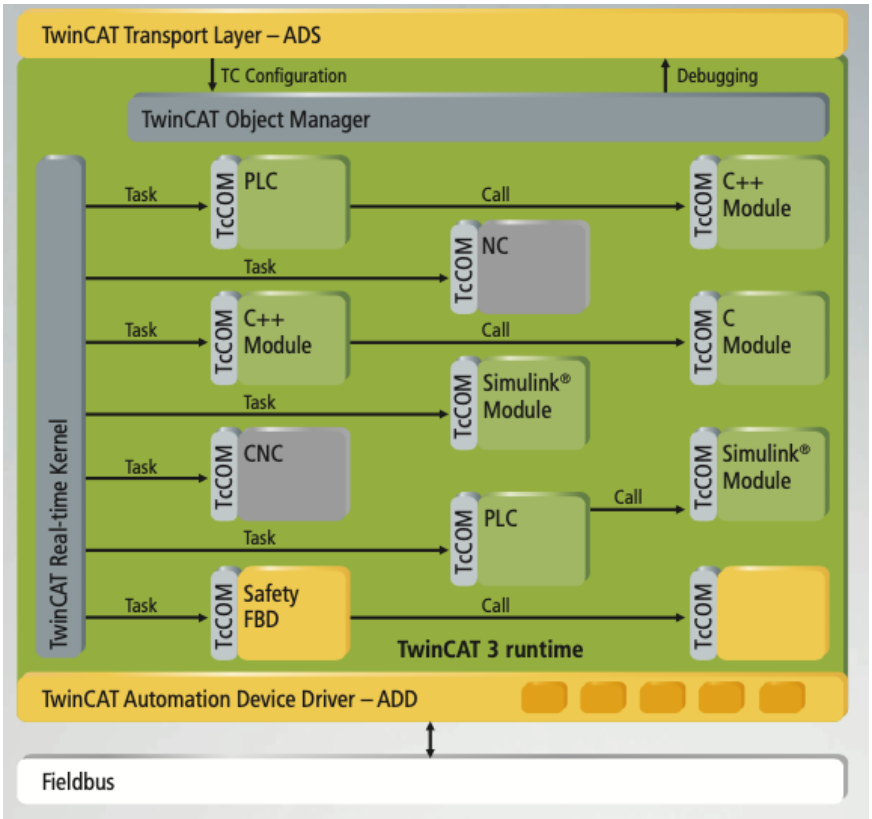
Perusominaisuutena olevan ohjelmoinnin lisäksi TwinCAT 3 -ympäristöön on saatavilla erilaisia lisäosia, joilla ominaisuuksia voidaan laajentaa. Näitä ovat mm. TE2000 HMI Engineering, jolla voidaan suunnitella käyttöliittymä automaatio-ohjelmien hallintaan ja TE1010 Realtime Monitor, jolla voidaan reaaliaikaisesti seurata automaatiojärjestelmän tilaa ja sen keräämää dataa. (Beckhoff TwinCAT 3 Engineering 2022.)

TwinCAT 3 koostuu kahdesta pääkomponentista: ohjelmointiympäristöstä ja ajoympäristöstä. Ohjelmointiympäristö sisältää työkalut automaatiolaitteiden konfigurointiin ja ohjelmien kehittämiseen. Ajoympäristö sisältää komponentit ohjelmien ajamiseen ja automaatiojärjestelmän laitteiden kanssa kommunikointiin. (Beckhoff TwinCAT 3 2020.)



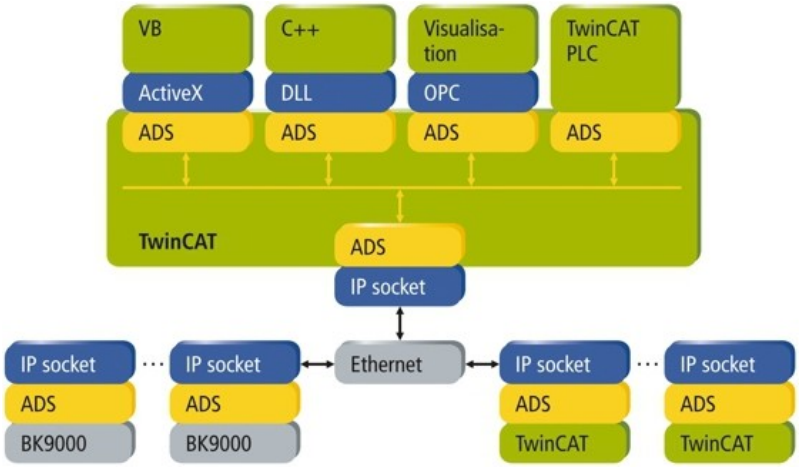
KUVA 6. TwinCAT 3 (Beckhoff TwinCAT 3 2020)

Ajoympäristö käyttää Beckhoffin kehittämää reaaliaikaydintä, joka käyttää tehokkaasti hyödykseen moniytimisiä prosessoreita. Osa Windows PC:n prosessorin ytimistä voidaan varata pelkästään TwinCAT-ajoympäristön käyttöön, jolloin niistä saadaan maksimaalinen teho. Ajoympäristön ydin hoitaa tehtävien jaon eri moduuleille ympäristössä suoritettavan ohjelman toiminnan mukaan. Prosessoriytimien varaaminen voidaan tehdä laitekohtaisesti ohjelmointiympäristön työkaluilla. (Beckhoff TwinCAT 3 2020.)



KUVA 7. TwinCAT 3 ajoympäristö (Beckhoff TwinCAT 3 2020)

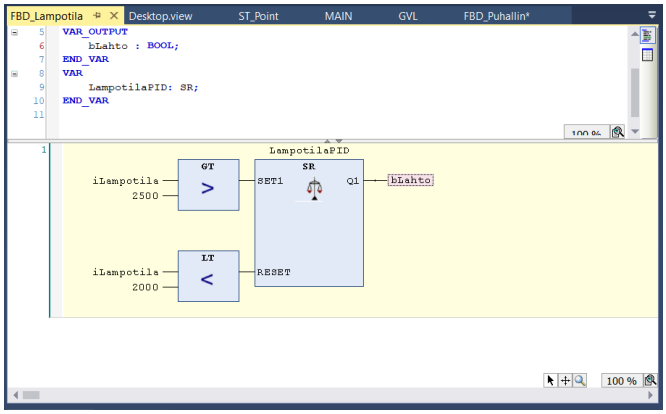
Ohjelmointiympäristö ja ajoympäristö kommunikoivat keskenään Beckhoffin Automation Device Specification (jälj. ADS) -protokollan avulla. ADS on siirtotason protokolla, jota käyttävät myös ajoympäristön komponentit keskustellessaan keskenään. Tarvittaessa ADS-protokollaa voidaan käyttää myös TCP/IP-protokolla päällä, jolloin ADS-kommunikaatio voidaan hoitaa Ethernet-verkon yli. (Beckhoff TwinCAT 3 2020.)



KUVA 8. ADS -protkolla (Beckhoff TwinCAT 3 2020)

Ohjelmointiympäristö tukee kaikkia IEC 61131-3 standardin ohjelmointimenetelmiä (Structured Text, Instruction List, Function Block Diagram, Ladder Diagram ja Sequential Function Chart). Ohjelmointi tapahtuu joko integroiduilla graafisilla työkaluilla, tai tekstiä kirjoittamalla, riippuen ohjelmointimenetelmästä. Ohjelmoija voi määrittää omia muuttujia, jotka ovat käytössä kaikissa ohjelmointimenetelmissä, ja myös omien tietorakenteiden määritys on mahdollista. (Bechoff TwinCAT 3 2020.)

TwinCAT 3 sisältää työkalut ohjelmien ajonaikaiseen virheiden havaitsemiseen. Virheenhavaitsemista tehtäessä ohjelmoija voi tutkia muuttujien, lähtöjen ja tulojen arvoja ja halutessaan muokata niitä nähdäkseen miten ohjelma käyttäytyy. Ohjelmia voidaan ajaa joko kohdelaitteistolla tai simulaatioympäristössä. Simulaatioympäristö toimii siten, että ohjelmointiin käytettävällä PC-koneella ajetaan myös TwinCAT 3-ajoympäristöä ohjelmointiympäristön lisäksi. Simulaatio siis ajetaan samanlaisessa ympäristössä kuin varsinaisella automaatiolaitteistollakin, mutta tulot ja lähdöt ovat simuloituja. (Bechoff TwinCAT 3 2020.)



KUVA 9. FBD -ohjelmointia

2.3 EtherCAT

EtherCAT on Beckhoffin vuonna 2003 julkaisema kenttäväylätekniikka. Sen spesifikaatio on avoin ja kuka tahansa voi kehittää EtherCAT-laitteita. Vuonna 2007 EtherCATistä tuli IEC-standardi. (Beckhoff EtherCAT 2021.)

EtherCAT pohjautuu Ethernet teknologiaan ja käyttää IEEE 802.3-standardin mukaisia kehyksiä ja fyysistä tasoa. Automaatioalan tarpeet kuitenkin aiheuttavat joitain erityisvaatimuksia, joihin EtherCAT pyrkii vastaamaan. Vaatimuksista tärkein on reaaliaikainen kommunikaatio deterministisillä vasteajoilla. Vaikka EtherCAT toimii Ethernetin päällä, TCP- tai UDP-protokollien käyttö ei tule kysymykseen juuri reaaliaikavaatimusten takia. (Beckhoff EtherCAT 2021.)

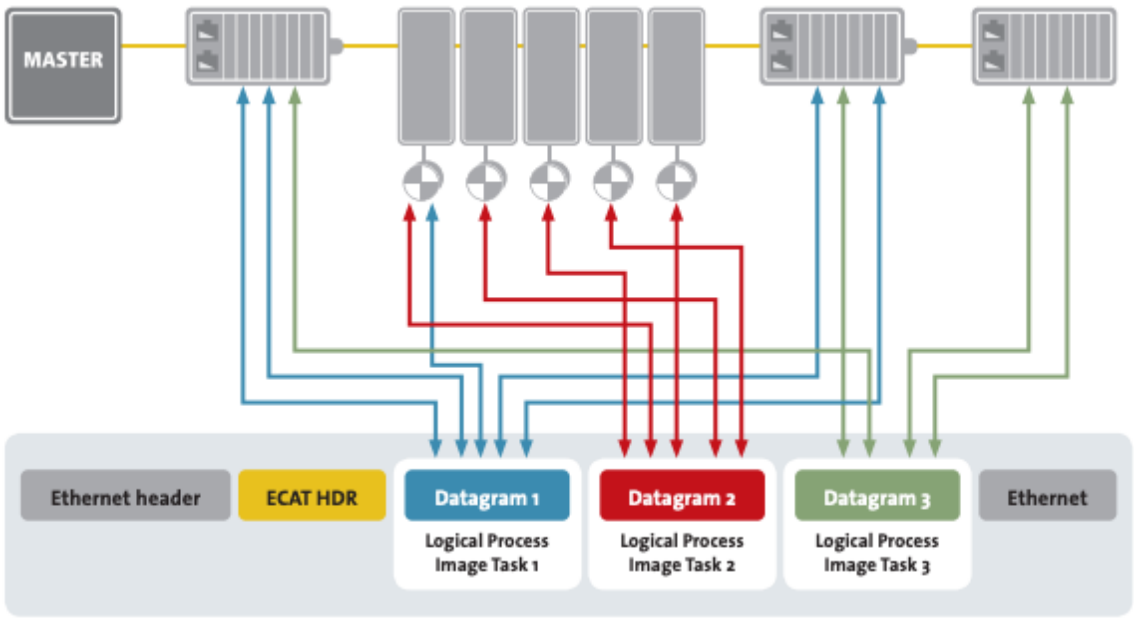
EtherCAT vastaa näihin vaatimuksiin käyttämällä tekniikkaa, jossa yhdellä Ethernet-kehyksellä lähetetään ja vastaanotetaan data kaikista verkon laitteista. Master lähettää viestin, joka menee jokaisen verkon laitteen läpi. Verkon laite lukee viestistä sille tarkoitetun datan lennosta ja syöttää oman datansa kehykseen. Verkon haaran viimeinen laite lähettää viestin takaisin masterille käyttäen hyödyksi verkon kaksisuuntaisuutta. Master on siis verkossa ainut laite, joka aktiivisesti lähettää EtherCAT-kehyksiä ja muut laitteet vain välittävät niitä eteenpäin. (Beckhoff EtherCAT 2021.)

Master-laite käyttää Ethernet Media Access Control -standardia (MAC), mikä tarkoittaa sitä, että mistä tahansa laitteesta, jossa on Ethernet liitäntä, voidaan tehdä EtherCAT-verkon master. EtherCAT-verkon muut laitteet käyttävät EtherCAT Slave Controller -ohjainta (ESC) kehyksien prosessointiin rautatasolla, jolloin verkon suorituskyky on ennustettavissa. (Beckhoff EtherCAT 2021.)

EtherCAT tukee melkein kaikkia topologioita eli verkkorakenteita. Suorat topologiat ovat mahdollisia ilman rajoitusta laitteiden määrästä. Linjoihin voidaan tehdä halutessa haaroja helposti, sillä monissa EtherCAT-laitteissa on valmiina useampi EtherCAT-portti haaroitusta varten. Ethernet-verkkojen puolelta tuttua tähtitopologiaa on myös mahdollista käyttää. Verkon rakennusta helpottaa myös se, että johdotuksiin voidaan käyttää normaaleja Ethernet-kaapeleita ja kahden verkon laitteen väli voi olla jopa 100 metriä. EtherCAT tukee 65535 laitetta yhdessä verkossa, joten verkkoa voidaan laajentaa käytännössä rajattomasti. (Beckhoff EtherCAT 2021.)

Hajautetuissa automaatiojärjestelmissä, joissa täytyy suorittaa yhtäaikaisia toimintoja, täytyy toimintojen suorittaminen saada synkronoitua ajallisesti. EtherCAT-standardissa tämä on ratkaistu hajautettujen mutta synkronoitujen kellojen avulla. Ensimmäisen EtherCAT slave -laitteen kellon aika välitetään järjestelmän muille laitteille, jolloin ne voivan synkronoida kellonsa sen mukaan. Kun referenssikellonajan saapumiseen kulunut aika (propagaatioviive) otetaan huomioon, saadaan EtherCAT-järjestelmän kellot synkronoitua 1 mikrosekunnin tarkkuudella. (Beckhoff EtherCAT 2021.)

EtherCATin suurimpia hyötyjä verrattuna muihin kenttäväylätekniikoihin ovat suorituskyky, tehokkuus, joustava topologia, tekniikan yksinkertaisuus ja hinta. Oikein käytettynä EtherCAT on tarkempi, nopeampi ja halvempi kuin suurin osa muista tekniikoista. (EtherCAT – The Ethernet Fieldbus 2021.)



KUVA 10. EtherCAT verkon ja kehyksen toiminta (EtherCAT – The Ethernet Fieldbus 2021.)

2.4 Beckhoffin tulevaisuus

Beckhoff kehittää tuotelinjojaan voimakkaasti eteenpäin ja tuo jatkuvasti uusia tuotteita ja lisäosia saataville myös ohjelmistopuolella. Oppimisympäristön laitevalmistajaa valittaessa kannattaa ottaa huomioon myös valmistajan panostuksen uusiin teknologioihin ja alan kehitykseen. Beckhoffilla on opinnäytetyön kirjoitushetkellä käynnissä useita mielenkiintoisia kehityshankkeita ja tuotteita kuten TwinCAT 3 Machine Learning Server, TwinCAT/BDS-käyttöjärjestelmä ja TwinCAT Cloud Engineering -pilvipalvelu.

TF3820 TwinCAT 3 Machine Learning Server -lisäosa tarjoaa tehokkaan koneoppimismallien ajoympäristön automaatiologiikoille. TF3820:n avulla voidaan automaatiologiikoilla käyttää standardityökaluilla, kuten PyTorch, TensorFlow ja MATLAB, kehitettyjä koneoppimis- ja syväoppimismalleja osana automaatio-ohjelmia. TF3820-lisäosan odotetaan tulevan yleisesti saataville vuoden 2022 viimeisellä neljänneksellä. (TwinCAT Machine Learning 2022.)

Moni Beckhoffin logiikka käyttää Windows CE -käyttöjärjestelmää. Koska Windows CE on tulossa elinkaarensa päähän, Beckhoff on kehittänyt uuden käyttöjärjestelmän, joka tulee saataville valituille laitteille vuonna 2022. TwinCAT/BSD on Beckhoffin uusi käyttöjärjestelmä, joka pohjautuu laajasti

testattuun ja vakaaseen avoimen lähdekoodin FreeBSD-käyttöjärjestelmään. (TwinCAT Manual TwinCAT/BSD 2022.)

TwinCAT Cloud Engineering on Beckhoffin kehittämä pilvipalvelu, jonka avulla TwinCAT 3 -kehitysympäristöä voi käyttää pilvipalvelussa ilman että sovellusta tarvitsee asentaa omalle tietokoneelle. Cloud Engineering -palvelussa käyttäjä voi käynnistää TwinCAT 3-ympäristöjä automaatio-ohjelmien kehitystä varten ja liittää ympäristön automaatiolaitteistoon samaan tapaan kuin paikallisella tietokoneellakin. Kaikki toimii täysin selainpohjaisesti, eikä käyttäjän tarvitse asentaa mitään sovelluksia. (TwinCAT Cloud Engineering 2022.)

3 AUTOMAATION OPPIMISYMPÄRISTÖ JA SEN LAITTEET

Tässä luvussa käydään läpi suunnitellun oppimisympäristön vaatimukset, laitteet ja niiden valintaperusteet. Laitteita esiteltäessä kerrotaan lyhyesti myös mihin kyseistä laitetta voidaan käyttää.

3.1 Mikä on oppimisympäristö

Oppimisympäristöllä tarkoitetaan fyysisistä, psyykkisistä ja sosiaalisista tekijöistä koostuvaa ympäristöä, jossa oppiminen tapahtuu (Pantzar & Väliharju 1996). Automaatio-opetuksen kontekstissa oppimisympäristöllä viitataan kuitenkin enemmänkin teknologiseen oppimisalustaan, jonka avulla opetusta tehdään. Automaatio-oppimisympäristön avulla opiskelijat pääsevät testaamaan harjoitustöissä tekemiään automaatio-ohjelmia oikeilla automaatiolaitteilla pelkän simulaattorin sijaan.

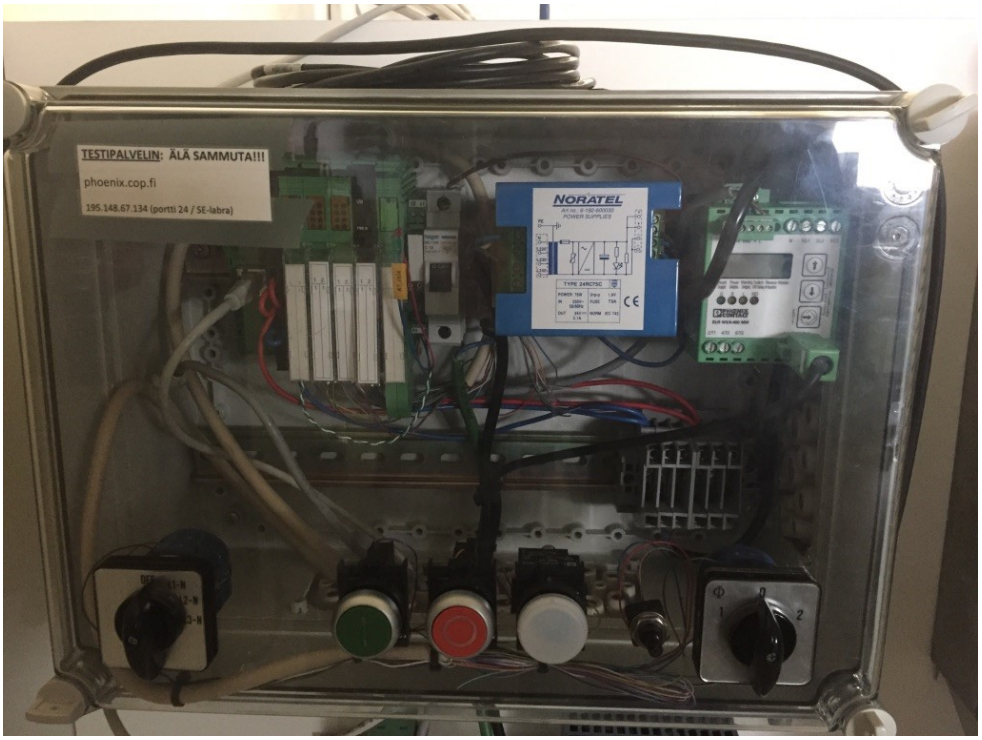
3.2 Oppimisympäristön vaatimukset

Centrian oppimisympäristön vaatimuksena oli kohtuulliset kustannukset, mahdollisuus liittää järjestelmään jo käytössä olevia Profibus-kenttäväylän laitteita ja tarvittavat tulo- ja lähtökytkennät, jotta halutut laitteet saadaan kytkettyä. Tarkoituksena oli korvata käytössä ollut Profibus-oppimisympäristö uudella ja siirtää osa siihen kytketyistä laitteista uuteen järjestelmään.

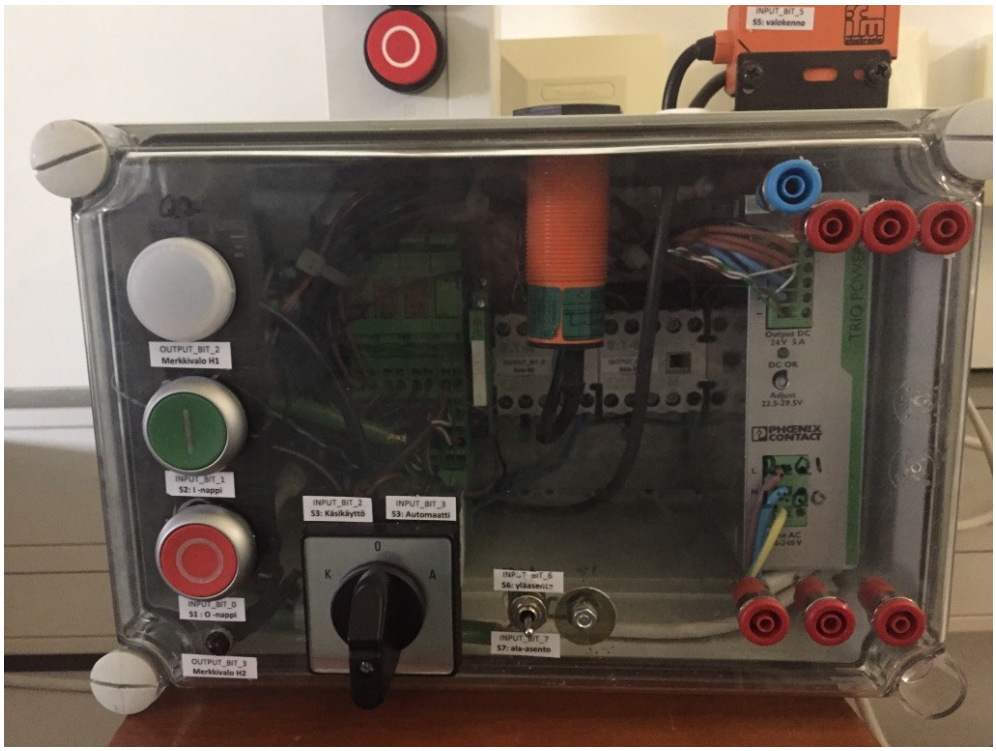
Beckhoffin järjestelmälle oli useita vaatimuksia, jotka vaikuttivat CPU-yksikön ja moduulien valintaan. Jotta edellisen oppimisympäristön Profibus-laitteet voidaan liittää myös uuteen järjestelmään, haluttiin uuteen järjestelmään Profibus-liitäntä. Beckhoffin järjestelmässä tulisi myös olla tarpeeksi I/O-liitäntöjä, jotta kaikki halutut laitteet ja kytkimet saadaan liitettyä. Järjestelmään haluttiin pystyä kiinnittämään näyttö, johon voidaan tehdä Beckhoffin työkaluilla käyttöliittymä. Lisäksi haluttiin moduuli, joka mahdollistaa PT100 -lämpötila-anturin kytkennän. Koska kustannukset haluttiin pitää maltillisina, kiinnitettiin järjestelmän kokonaishintaan huomiota moduuleja valittaessa.

Edellisessä oppimisympäristössä oli liitettynä 3 kiertokytkintä, 5 painonappia, 2 merkkivaloa, infrapuna-anturi, kapasitiivinen anturi sekä moottoriohjain. Näiden lisäksi ympäristössä oli mahdollisuus

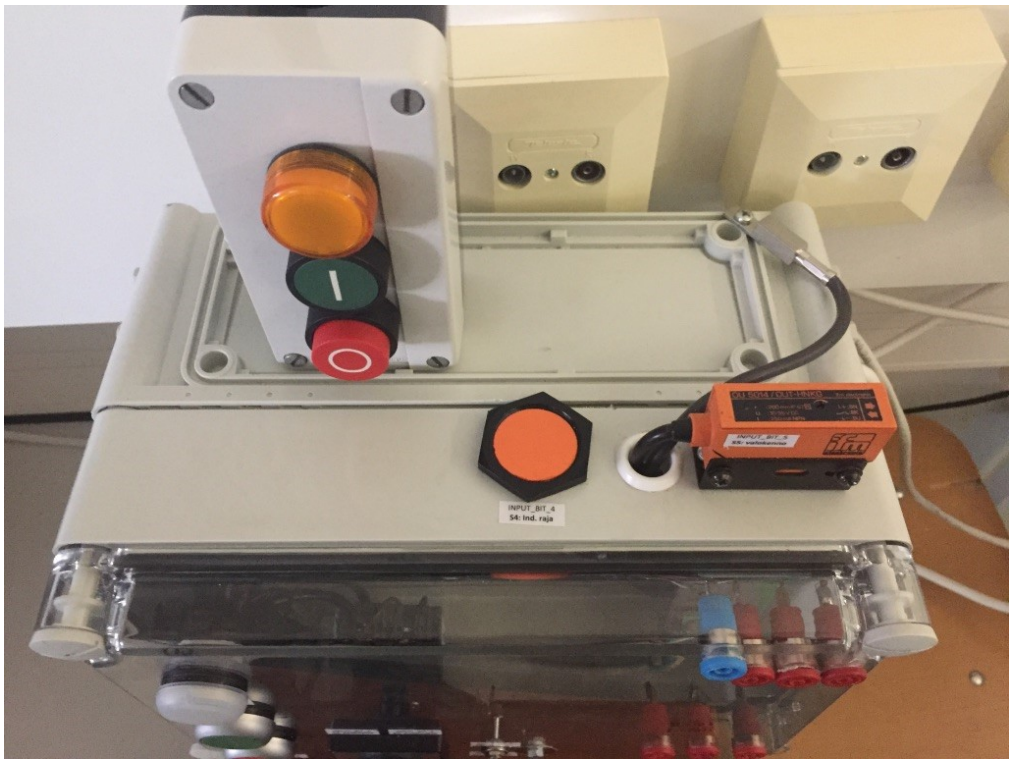
kiinnittää omia kytkimiä tai laitteita koteloon tuotujen liittimien avulla. Beckhoffin ympäristöön halutiin saada vähintään samat liitäntämahdollisuuden, joten moduulit tuli valita nämä vaatimuksen huomioiden.



KUVA 11. SE-laboratorion laitteistoa



KUVA 12. SE-laboration laitteistoa



KUVA 13. SE-laboratorion laitteistoa

3.3 Miten ympäristöä käytetään opetuksessa

Oppimisympäristön tarkoituksena on tukea opetusta ja tarjota opiskelijoille mahdollisuus ohjelmoida oikeita laitteita simulaatioympäristöjen sijasta. Lähiopetuksessa oppilaat voivat kytkeä automaatiojärjestelmään erilaisia laitteita, sensoreita tai kytkimiä, ja näin harjoitella automaatiojärjestelmien rakentamista ja suunnittelua. Koska oppimisympäristö voidaan kytkeä Ethernet-verkkoon, on luokkatilanteessa järjestelmän käyttäminen helppoa. Opiskelijat voivat testata ohjelmiaan laitteistolla vuorotellen suoraan omilta työpisteiltään.

3.4 Oppimisympäristön laitteisto

Laitteiston valinta aloitettiin CPU-yksikön valinnalla ja sen jälkeen kartoitettiin tarvittavat tulo- ja lähtömoduulit. Järjestelmään päätettiin lisätä myös tuki Profibus-kenttäväylälle, jotta myös Centrian olemassa olevaa Profibus-laitteistoa voidaan hyödyntää. Seuraavaksi esitellään CPU-yksikkö, terminaalimoduulit ja niiden kytkennät.

CPU-yksikön valinta

CPU-yksikön valintaan vaikuttivat pääasiassa yksikön liitännät, hinta ja prosessoriteho. Beckhoffin tuotevalikoimassa on tarjolla laajasti erilaisia yksiköitä eri tarpeisiin ja hintaluokkiin. Yksiköiden eroja ovat mm. tehokkuus, eli prosessori tai RAM-muistin määrä, liitännät, ja käytettävissä olevat ohjelmointiympäristöt (TwinCAT 2 vai TwinCAT 3).

Tehokkuudella on merkitystä, jos ohjelmissa tehdään paljon prosessointia tai järjestelmään aiotaan liittää paljon terminaalimoduuleja. Oppimisympäristön tapauksessa tehoihin ei kiinnitetty juurikaan huomiota vaan pääpaino valinnassa oli muilla ominaisuuksilla. Harkinnassa eivät kuitenkaan olleet kaikkein tehottomimmat yksiköt, jolla haluttiin varmistaa, että CPU-yksikön teho ei rajoita liikaa oppimisympäristön käyttöä tulevaisuudessa.

Liitännät nousivat tärkeämpään asemaan CPU-yksikön valinnassa. CPU-yksikön lisäksi oppimisympäristöön päätettiin hankkia myös kosketusnäyttö, jolle voidaan harjoituksissa tehdä käyttöliittymiä. Tämä asetti valittavalle CPU-yksikölle vaatimukseksi DVI- ja USB-liitännät, joiden avulla näyttöön saadaan kuva ja kosketustieto.

CPU-yksiköt, joissa ei ollut tukea Beckhoffin uusimmalle ohjelmointiympäristölle, TwinCAT 3:lle, karsittiin pois valinnasta. Vanhemman, TwinCAT 2 -ympäristön, opetusta ei nähty järkeväksi, vaikka kentällä sitä käyttäviä laitteita paljon onkin. TwinCAT 3:n tarjoama moderni ohjelmointiympäristö on varma valinta tulevaisuutta ajatellen.

Näiden kriteerien perusteella CPU-yksiköksi valittiin CX5000 sarjan yksikkö CX5130. Päätös tehtiin hieman edullisemman ARM-prosessoria käyttävän CX8100:n ja x86-pohjaisen Windows 10 käyttöjärjestelmän sisältävän CX5130:n välillä. Prosessin loppuvaiheessa todettiin kuitenkin, että kosketusnäytön liitäntä on ehdottoman tärkeää oppimisympäristölle, jolloin CX8100 ei tullut enää kyseeseen, sillä siitä tuo liitäntämahdollisuus puuttui.

CX5100-sarjan laitteet ovat DIN-kiskoon kiinnitettäviä sulautettuja PC-tietokoneita, joissa käytetään Intel Atom -moniydinprosessoreita. Sarjan kolme laitetta, CX5120, CX5130 ja CX5140 eroavat toisistaan prosessorityypin, RAM-muistin ja koteloinnin osalta. Oppimisympäristöön valitun CX5130-laitteen prosessorina on 2-ytiminen Intel Atom -prosessori 1.75 GHz:n kellotaajuudella. Laite sisältää va-

kiona kaksi Ethernet-porttia, neljä USB 2.0-porttia, DVI-I portin ja VGA-portin. DVI- ja VGA-porteihin voidaan kytkeä Beckhoffin Control Panel -sarjan näyttö, kosketusnäyttö tai jonkin muun valmistajan tavallinen tietokonenäyttö. (Beckhoff Main Catalog Volume 1, 2020.)

CX5100-sarjan laitteet sisältävät valinnaisen liitännän, johon voidaan valita haluttu liitäntä laitetta tilatessa. Valinnaiseen liitäntään voidaan valita, joko sarjaporttiliitäntä (RS232/RS422/RS485) tai kenttäväyläliitäntä master- tai slavekäyttöön. (Beckhoff Main Catalog Volume 1 2020.)

Laitteisiin voidaan liittää sekä EtherCAT Terminal -moduuleja että kenttäväylästä riippumattomia Bus Terminal -moduuleja. EtherCAT-moduulien avulla voidaan järjestelmää laajentaa lisäämällä kenttäväyläliitäntöjä (PROFIBUS, CANopen, DeviceNet jne.) tai sarjaporttiliitäntöjä (RS232/RS422/RS485). (Beckhoff Main Catalog Volume 1 2020.)

Käyttöjärjestelmänä CX5100-sarjan laitteissa on Windows Embedded Standard 7 P, joko 32- tai 64-bittisenä. Kiintolevynä toimii CF-kortti, jolle on tallennettu sekä käyttöjärjestelmä että käyttäjän luomat ja asentamat automaatio-ohjelmat. Ohjelmanvaihto voidaan siis tehdä kentällä myös vaihtamalla laitteen CF-kortti. Datan korruptoitumisen estämiseksi laitteissa on 1-sekunnin UPS, jolla varmistetaan, että virran katketessa RAM-muistissa oleva data saadaan kirjoitettua kiintolevylle. (Beckhoff Main Catalog Volume 1 2020.)

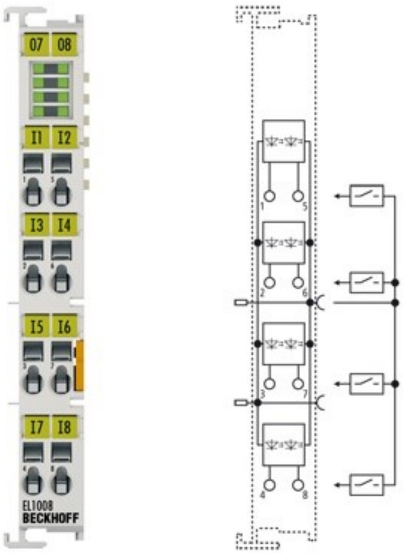
KUVA 14. Beckhoff CX5130 (Beckhoff 2020)

Profibus-moduuli EL6731

KUVA 15. EL6731 (Beckhoff 2020)

EL6731 on Profibus master -terminaalimoduuli, jolla järjestelmään voidaan liittää myös Profibus-laitteita. Sovelletun elektroniikan laboratoriossa Profibus-väylään liitettiin laboratoriossa jo ennestään ollut moottoriohjain. (Beckhoff EL6731 2020.)

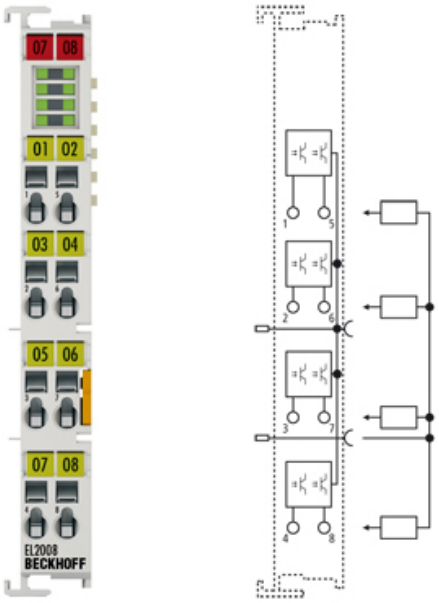
Digitaalinen tulomoduuli EL1008



KUVA 16. EL1008. (Beckhoff 2020)

EL1008-moduuli sisältää 8 digitaalista tuloa. Moduuli lukee tuloista jännitearvoja, ja lähettää arvot edelleen, joko ykkös- tai nollabittinä riippuen luetun jännitteen tasosta. Nollabitti lähetetään arvoilla -3…+5V ja ykkösbitti arvoilla 11…30V. (Beckhoff EL1008 2020). Digitaalisia tuloja voidaan käyttää esimerkiksi kytkimien tai nappien tilojen lukemiseen.

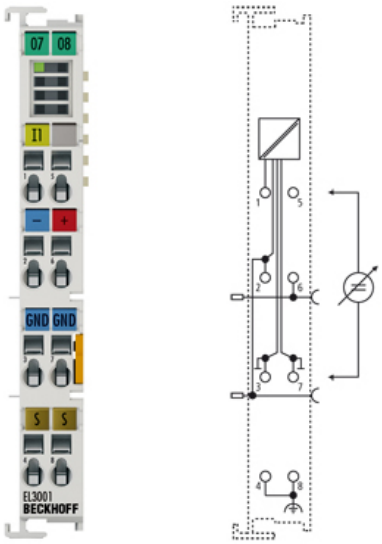
Digitaalinen lähtömoduuli EL2008



KUVA 17. EL2008. (Beckhoff 2020)

EL2008 on 8-kanavainen digitaalinen lähtö. Digitaaliseen lähdön avulla voidaan kytkeä päälle tai pois laitteita ja kojeita. Esimerkiksi merkkilamppujen sytyttäminen voidaan toteuttaa digitaalisen lähdön avulla. (Beckhoff EL2008 2020.)

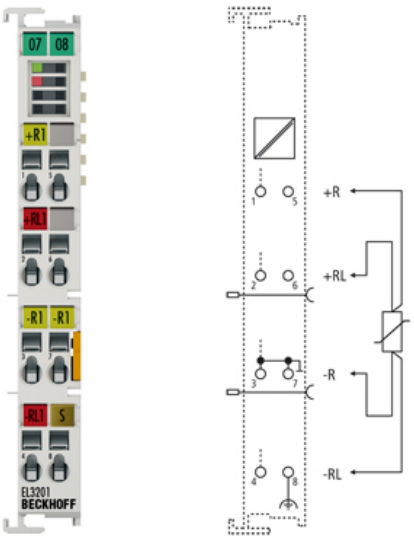
Analoginen tulomoduuli EL3002



KUVA 18. EL3002. (Beckhoff 2020)

EL3002-moduuli on sisältää kaksi analogista tuloliitäntää. EL3002 ja EL3001 moduulit lukevat jännitearvoja välillä -10…+10V ja digitoivat signaalin 12-bittiseksi arvoksi. Moduulit kykenevät havaitsemaan siis 4 mV:n jännitemuutokset. (Beckhoff EL3002 2020). Analogisten tulojen avulla voidaan lukea jännitearvoja esimerkiksi potentiometristä tai sensoreista.

Lämpötilasensorimoduuli EL3201



KUVA 19. EL3201. (Beckhoff 2020)

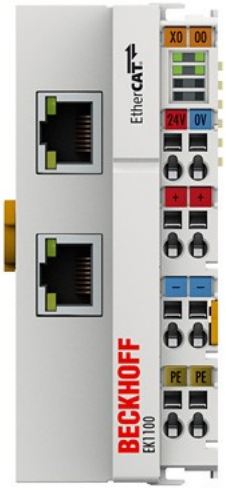
EL3201-moduuliin voidaan kytkeä vastuksella toimiva lämpötilasensori. Moduuli tukee 2-, 3- tai 4-johtimisia PT100-sensoreita ja sen tarkkuus on 0.1 celsiusastetta. Lämpötilasensorimoduulin avulla voidaan automaatiojärjestelmään helposti lisätä lämpötilan muutoksiin liittyvää logiikkaa. (Beckhoff EL3201 2020.)

EtherCAT-jatkomoduuli EK1110

KUVA 20. EK1110. (Beckhoff 2020)

EK1110 on terminaaliblokin loppuun asennettavissa oleva EtherCAT-kenttäväylän jatkomoduuli. Sen avulla voidaan järjestelmää jatkaa helposti EtherCAT-kaapelin avulla, ja automaatiolaitteet voidaan sijoittaa lähemmäksi ohjattavia laitteita. (Beckhoff EK1110 2020.)

EtherCAT-jatkomoduuli EK1100

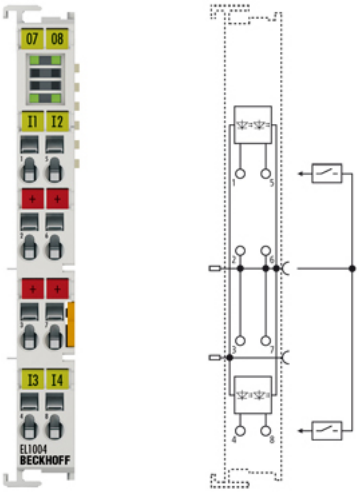


KUVA 21. EK1100. (Beckhoff 2020)

EK1100 on EtherCAT-kenttäväylän jatkomoduuli, joka sijoitetaan uuden terminaaliblokin alkuun. Jatkettavasta terminaaliblokista vedetään EtherCAT-kaapeli EK1100-moduuliin, jolloin siihen kytkettyjä

moduuleja voidaan ohjata samoin kuin jatkettavan terminaaliblokin moduuleja. (Beckhoff EK1100 2020.)

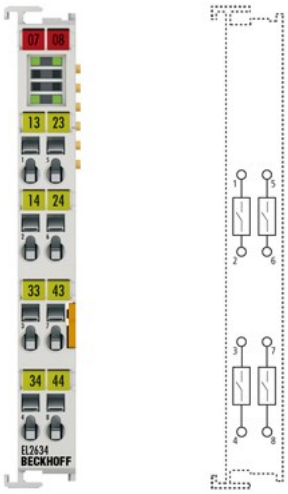
Digitaalinen tulomoduuli EL1004



KUVA 22. EL1004. (Beckhoff 2020)

EL1004 on digitaalinen tulomoduuli, joka on ominaisuuksiltaan muuten vastaava kuin EL1008, mutta sisältää ainoastaan neljä kanavaa. EL1004 otettiin mukaan oppimisympäristöön, jotta järjestelmään saataisiin tarpeeksi digitaalisia tuloja. (Beckhoff EL1004 2020.)

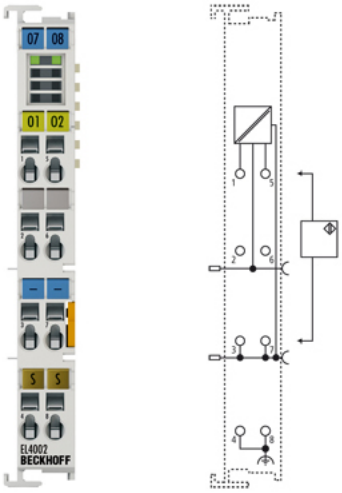
Relemoduuli EL2634



KUVA 23. EL2634. (Beckhoff 2020)

EL2634 on moduuli, jossa on sisäänrakennettuna neljä relettä. Relemoduulia voidaan käyttää suurempijännitteisten laitteiden ohjaamiseen. EL2634-moduulia voidaan käyttää aina 250 V:n jännitteeseen asti vaihtovirralla tai 30 V:n jännitteeseen asti tasavirralla. (Beckhoff EL2634 2020.)

Analoginen lähtömoduuli EL4002



KUVA 24. EL4002. (Beckhoff 2020)

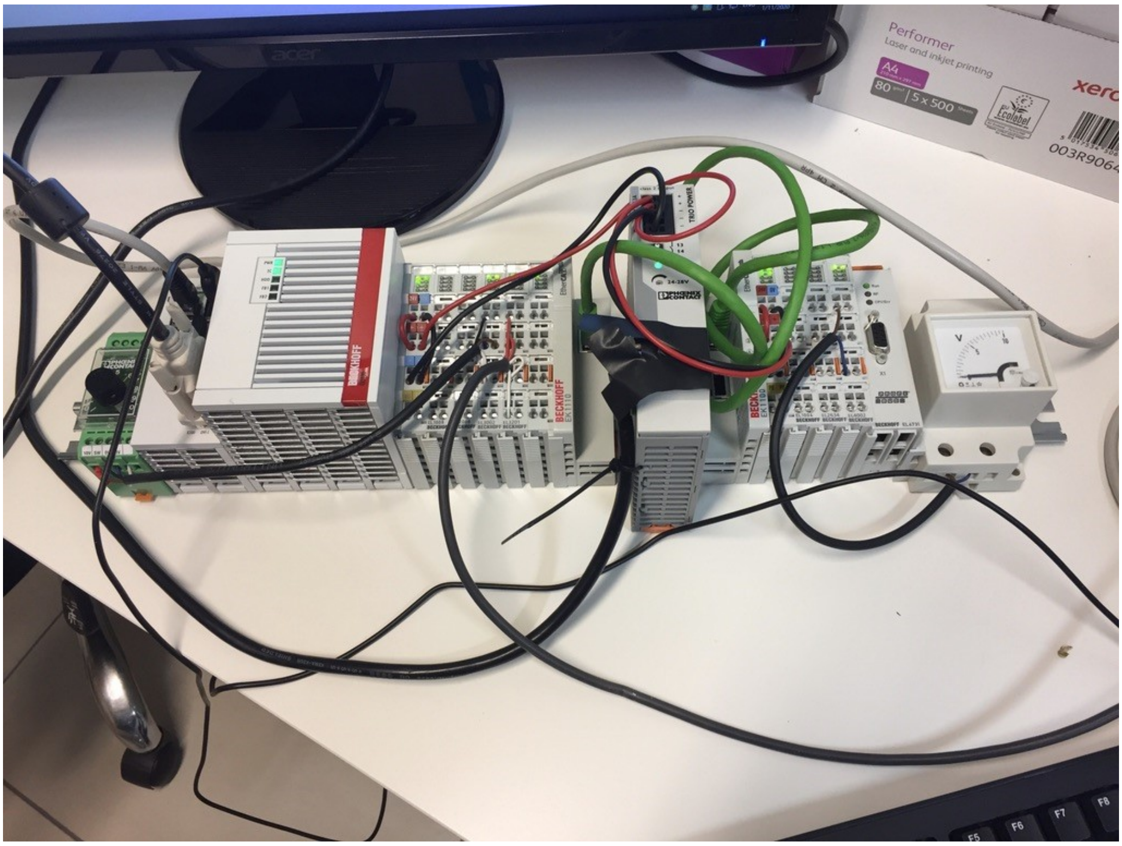
EL4002 on 2-kanavainen analoginen lähtömoduuli. Lähtöjen jänniteväli on 0…10 V ja digitaalianalogi muunnoksessa käytetään 12-bittisiä arvoja, jolloin lähdön tarkkuus on noin 2.4 mV. (Beckhoff EL4002 2020). Analogisia lähtöjä voidaan käyttää ohjaamaan esimerkiksi tasavirtamoottoreita tai muita jänniteohjattuja laitteita.

3.5 Oppimisympäristön asennus ja testaus

Oppimisympäristön laitteet saapuivat lokakuussa 2019 ja lehtori Hannu Puomio asensi moduulit testausta ja väliaikaista käyttöä varten DIN-kiskoon. Virtalähteenä käytettiin Phoenix Contactin ylimääräiseksi jäänyttä 24 V:n virtalähdettä.

Ohjelmistojen asennusta ja käyttöönottoa varten, laitteistoon liitettiin näppäimistö ja hiiri USB-liitännällä ja tavallinen tietokoneen näyttö DVI-liitännän avulla. Ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä suoritettiin Windows 10 asennustoimet. Asennus sujui ongelmitta, ja TwinCAT-ympäristöllä tehtyjä esimerkkiohjelmia päästiin testaamaan asennuksen jälkeen.

Laitteiston testaukseen käytettiin volttimittaria, potentiometriä ja PT100-lämpötila-anturia. Digitaalisia tuloja testattiin hyppylangoilla. Volttimittarilla testattiin analogisten lähtöjen toiminta, potentiometrillä testattiin analogisten tulojen toiminta ja hyppylangoilla testattiin digitaaliset lähdöt ja tulot. PT100 - lämpötila-anturin lukemista testattiin yksinkertaisella automaatio-ohjelmalla, joka luki anturin arvoja.



KUVA 25. Oppimisympäristön laitteisto

4 TWINCAT OPAS

Automaatio-oppimisympäristön lisäksi opinnäytetyön tuloksena oli opiskelijoille annettava opas, jonka avulla Beckhoffin TwinCAT 3 -ohjelmointiympäristöön pääse helposti sisälle. Opas sisältää tietoa TwinCAT 3 -ohjelmointiympäristön asennuksesta, käyttöönotosta ja lisensseistä, PLC-ohjelmien ohjelmoinnista ja käyttöliittymien tekemisestä. Opas kokonaisuudessaan on tämän opinnäytetyön liitteenä 1. (LIITE 1)

4.1 Oppaan tarkoitus

Jos opiskelijalla ei ole aiempaa kokemusta automaatio-ohjelmoinnista, voi alkuun pääseminen olla hankalaa. TwinCAT 3 -ympäristöön liittyvää materiaalia on saatavilla Beckhoffin web-sivuilla runsaasti, mutta aloittelijan voi olla vaikeaa poimia sieltä oikeat artikkelit ja sivut, joihin kannattaa perehtyä. Kun samaan aikaan täytyy opetella alan termistöä, laajan ohjelmiston käyttöä ja automaatio-ohjelmointia, nousee opiskelijalla helposti tie pystyyn.

Opinnäytetyössä tuotetun oppaan tarkoitus on toimia opetuksen ohessa jaettavana lisämateriaalina, joka auttaa opiskelijoita pääsemään alkuun TwinCAT 3 -ohjelmoinnin kanssa. Oppaassa käydään läpi yksinkertaisen ohjelman toteuttaminen eri ohjelmointimenetelmillä ja sen jälkeen käyttöliittymän luomisesta samalle ohjelmalle. Seuraamalla esimerkkejä ja tekemällä omia ohjelmia, opiskelijat oppivat nopeasti perusteet, ohjelmiston käytön ja siihen liittyvän termistön.

Tavoitteena oli luoda selkeä materiaali, jossa on askel askeleelta etenevä polku, jonka kautta opiskelija saa ensimmäisen ohjelmansa toimimaan. TwinCAT-ympäristön esittelyn ja ohjelmointiesimerkkien lisäksi oppaassa esitetään ratkaisut joihinkin yleisimpiin ongelmiin, joihin TwinCAT-ympäristön kanssa voi törmätä.

Materiaalia on suunnattu erityisesti opiskelijoille, joilla ei ole mitään aikaisempaa kokemusta Beckhoffin logiikoista tai TwinCAT 3 -ympäristöstä. Sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijoilla on hyvin erilaiset lähtökohdat ja osaamistasot. Osalla voi olla jo työkokemusta automaation parista, ja osalle ohjelmoitavat logiikat ja automaatio ovat täysin uutta.

4.2 Oppaan sisältö ja laajuus

Valmiissa TwinCAT 3 -oppaassa on noin 60 sivua materiaalia, ja sen avulla opiskelija pääsee tutustumaan Beckhoffin logiikkojen ohjelmointiin. Opas sisältää runsaasti kuvia, joten opiskelijan on helppo seurata esimerkkien mukana.

Opas on jaettu seuraavien pääotsikoiden alle

- Mikä on TwinCAT?
- Asennus ja ensimmäinen käynnistys
- Ensimmäinen PLC-projekti
- Ohjelmointi
- Simulointi
- TwinCAT 3 HMI
- Testaus PLC-laitteistolla
- Ongelmatilanteet

Sisältö alkaa lyhyellä esittelyllä Beckhoffista ja TwinCAT-ympäristöstä, jonka jälkeen käydään läpi TwinCAT 3 -ympäristön asennus ja ensimmäinen käynnistys. Tämän jälkeen esitellään TwinCAT-projektien rakenne, projekteihin liittyviä käsitteitä ja muuttujien luominen.

Sisältö etenee harjoitusmaisesti ja rakentuu aina edellisissä luvuissa tehtyjen harjoitusten pohjalle. Ohjelmointiharjoitukset ovat laajuudeltaan suppeita, sillä tarkoituksena on kuvata koko prosessi projektin aloittamisesta aina ohjelmointiin, käyttöliittymän tekemiseen, ohjelman lataamiseen PLC-laitteistolle ja ohjelmien ajonaikaiseen vianselvitykseen.

Oppaassa käydään ohjelmointia läpi Ladder-, Structured Text- ja Function Block Diagram -menetelmillä. Kaikilla ohjelmointimenetelmillä tehdään sama ohjelma, jolloin opiskelija saa kuvan ohjelmointimenetelmien eroista.

Ohjelmointiesimerkkien jälkeen oppaassa esitellään ohjelmien testaus simuloidulla PLC-järjestelmällä. Koska TwinCAT-ohjelmointiympäristö sisältää TwinCAT XAR -ympäristön, ajetaan simulointi samanlaisella ohjelmistolla kuin oikealla laitteella ajettaessakin.

Käyttöliittymän luominen tehdään lisäosana asennettavan TwinCAT HMI -lisäosan avulla. Käyttöliittymäharjoituksessa käytetään aikaisemmin tehtyä ohjelmaa hyväksi, joten opiskelija voi jatkaa ohjelmointiharjoituksista käyttöliittymän tekoon käyttäen samaa projektia.

Ohjelmoinnin ja käyttöliittymän luomisen jälkeen oppaassa näytetään, miten ohjelmia voidaan ajaa simulaatioympäristössä tai automaatiolaitteistolla. Oppaassa näytetään myös, miten ohjelmien virheenkorjausta voidaan tehdä, kun ohjelma on käynnissä automaatiolaitteistolla. TwinCAT 3 -ympäristössä ohjelmien muuttujien arvoja voidaan muokata ohjelman ollessa käynnissä, mikä tekee arvojen säätämisestä sopiviksi helppoa.

Lopuksi oppaassa kerrotaan, kuinka automaatiolaitteisto voidaan lisätä projektiin, joko skannaamalla laitteisto Ethernet-verkosta tai lisäämällä laitteet manuaalisesti TwinCAT 3 -ympäristössä. Skannaaminen on huomattavasti helpompi tapa, mutta jos opiskelijalla ei ole suoraa verkkoyhteyttä laitteistoon, on manuaalinen tapa ainoa vaihtoehto.

4.3 Esimerkkiohjelma lämpötilan lukemisesta PT100-anturilta

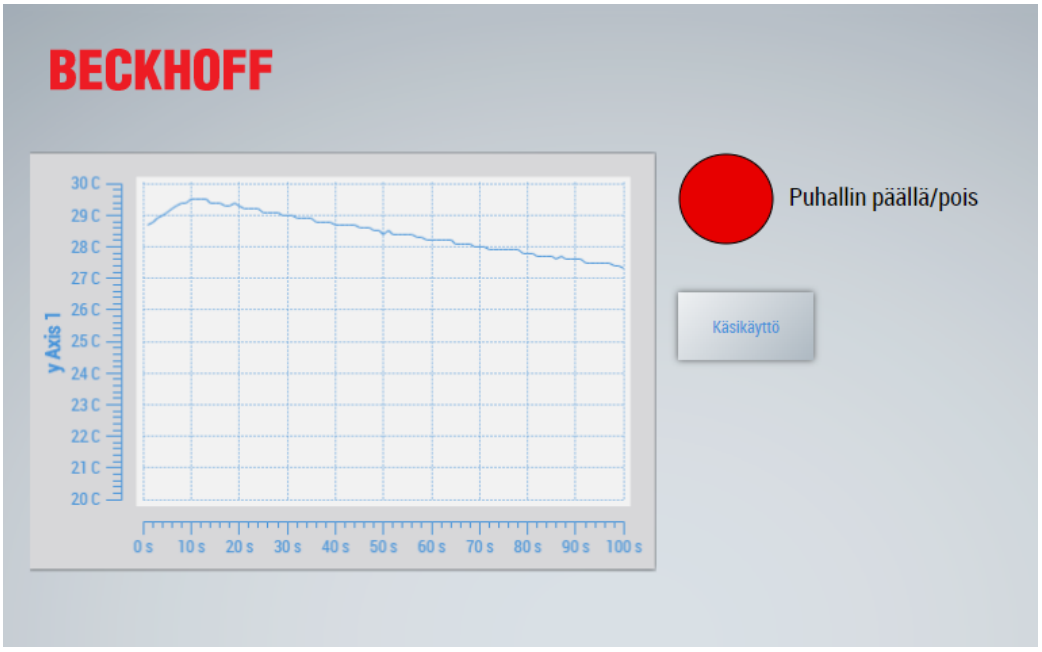
Oppaan harjoitusohjelmien lisäksi tehtiin opinnäytetyössä esimerkkiohjelma lämpötilan luennasta laitteistoon kiinnitetyn PT100-anturin avulla. Lämpötilan lukemista olisi ollut hankala testata pelkällä simulaatioympäristöllä, joten esimerkkiä testattiin oppimisympäristön laitteistolla.

Ohjelma sisältää toimivan sovelluksen, jossa lämpötilaa luetaan PT100-anturilta, ja tiedon avulla hallitaan jäähdytyspuhaltimen toimintaa. Kun lämpötila nousee tietyn raja-arvon yli, käynnistetään puhallin, ja kun se taas laskee alemman raja-arvon alle, puhallin sammutetaan. Ohjelman toteutuksessa on käytetty Structured Text- ja Function Block Diagram -ohjelmointimenetelmiä.

Lämpötila-arvojen lukeminen tehdään Structured Text- ohjelmalla (Koodi 4.1), joka lukee PT100-anturin tiedon tietyin ajastimen määräämin väliajoin ja tallentaa luetun arvon taulukkomuuttujaan. Ohjelmaa käytetään Function Block Diagram -ohjelmassa, johon on määritetty ajastin lämpötilan lukemisen ajastusta varten.

```
tLukuAjastin(IN:=bLue, PT:=T#1S);
IF NOT(bLue) THEN
        bLue := TRUE;
END_IF
IF tLukuAjastin.Q AND bLue THEN
        bLue := FALSE;
        iIndex := 0;
        FOR iIndex := 1 TO iPuskurinKoko DO
                temp.x := INT_TO_REAL(iIndex);
                temp.y := GVL.aLampotilat[1, iIndex+1].y;
                GVL.aLampotilat[1, iIndex] := temp;
        END_FOR
        pSeuraavaArvo.x := INT_TO_REAL(iPuskurinKoko);
        pSeuraavaArvo.y := UINT_TO_REAL(GVL.iPT100) /
10.0;
        GVL.aLampotilat[1, iPuskurinKoko] := pSeuraa-
vaArvo;
END_IF
```

KOODI 1 Lämpötila-arvojen lukeminen ST-koodilla



KUVA 26. Lämpötilasovelluksen käyttöliittymä

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tavoitteena oli valita Centrian sovelletun elektroniikan oppimisympäristöön sopiva Beckhoffin laitteisto. Oppimisympäristöön valitut laitteet antavat monipuoliset mahdollisuudet erilaisten harjoitusten ja esimerkkien luomiseen opiskelijoille. Runsas määrä digitaalisia ja analogisia I/O-kytkentöjä, muutama erikoismoduuli ja kosketusnäyttö tarjoavat opiskelijoille sopivasti haastetta. Tuloksena syntyi myös oppimismateriaalia ja esimerkkiohjelmia, joita opiskelijat voivat hyödyntää tutustuessaan Beckhoffin laitteiden ohjelmointiin.

Beckhoffin logiikat tarjoavat modernin ja joustavan ratkaisun oppimisympäristöksi automaatio-opetuksessa. PC-pohjaisuus mahdollistaa sen, että opiskelijat voivat testata automaatiosovelluksia omilla tietokoneillaan luotettavasti, koska ajoympäristö on sama kuin varsinaisella logiikalla. Centria-ammattikorkeakoulun opetuksen painottuessa enenevissä määrin monimuoto- ja etäopetukseen on tästä varmasti hyötyä opiskelijoille.

Opinnäytetyössä tuotettua oppimateriaalia ja esimerkkiohjelmia voidaan käyttää opetuksen tukena tulevilla automaatiota käsittelevillä opintojaksoilla, tai tarvittaessa jakaa opiskelijoille lisämateriaalina. Tavoitteena oli alun perin tehdä useampia esimerkkiohjelmia, joissa olisi esitelty TwinCAT 3 -ympäristön eri ominaisuuksia ja käyttöliittymäkomponentteja, mutta esimerkkien tekeminen osoittautui ennakoitua työläämmäksi. Tästä syystä päädyttiin tekemään vain yksi esimerkki oppaassa käytävän esimerkkiohjelman lisäksi.

Oppimisympäristön laitteisto ja tässä opinnäytetyössä tuotettu oppimismateriaali otettiin käyttöön jo 2019, mutta raportointi aiheesta viivästyi. Laitteisto on ollut opetuskäytössä siis jo useamman vuoden, ja kokemukset Beckhoffin laitteistosta ovat olleet positiivisia.

Tulevaisuudessa oppimisympäristöä voitaisiin laajentaa esimerkiksi hankkimalla lisää Beckhoffin moduuleja ja jatkamalla topologiaa uudella laitekokonaisuudella. Koska Beckhoffilla on tarjota laajasti

väylächouplereita eri väylästandardeille, laajentaminen voitaisiin halutessa myös tehdä muiden laitevalmistajien tuotteilla käyttäen eri väylätekniikoita. Mielenkiintoinen lisä voisivat olla myös erikoismoduulit, kuten moottoriohjaukseen tai anturien lukemiseen tarkoitetut moduulit Beckhoffin ELM-sarjasta.

LÄHTEET

Beckhoff, 2020. Beckhoffin nettisivut. Saatavissa: https://beckhoff.com/ Viitattu 1.4.2020.

Beckhoff EtherCAT, 2021. EtherCAT – the Ethernet Fieldbus. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat/. Viitattu 14.12.2021.

Beckhoff EK1004, 2020. EL1004 | EtherCAT Terminal, 4-channel digital input, 24 V DC, 3 ms. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-en/products/i-o/ethercat-terminals/el1xxx-digital-input/el1004.html. Viitattu 11.8.2020.

Beckhoff EL1008, 2020. EL1008 | EtherCAT Terminal, 8-channel digital input, 24 V DC, 3 ms. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat-terminals/el1xxx-digital-input/el1008.html. Viitattu 12.4.2021.

Beckhoff EK1100, 2020. EL1008 | EtherCAT Terminal, 8-channel digital input, 24 V DC, 3 ms. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat-terminals/ek1xxx-bk1xx0-ethercat-coupler/ek1100.html. Viitattu 11.8.2020.

Beckhoff EK1110, 2020. EL1008 | EtherCAT Terminal, 8-channel digital input, 24 V DC, 3 ms. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat-terminals/ek1xxx-bk1xx0-ethercat-coupler/ek1110.html. Viitattu 11.8.2020.

Beckhoff EL2008, 2020. EL2008 | EtherCAT Terminal, 8-channel digital output, 24 V DC, 0.5 A. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat-terminals/el2xxx-digital-output/el2008.html. Viitattu 10.8.2020.

Beckhoff EL2634. EL2634 | EtherCAT Terminal, 4-channel relay output, 250 V AC, 30 V DC, 4 A. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat-terminals/el2xxx-digital-output/el2634.html. Viitattu 11.8.2020.

Beckhoff EL3002, 2020. Beckhoffin nettisivut. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-en/products/i-o/ethercat-terminals/el3xxx-analog-input/el3002.html. Viitattu 10.8.2020.

Beckhoff EL3201, 2020. EL3002 | EtherCAT Terminal, 2-channel analog input, voltage, ±10 V, 12 bit, single-ended. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat-terminals/el3xxx-analog-input/el3201.html. Viitattu 10.8.2020.

Beckhoff EL6731, 2020. EL6731 | EtherCAT Terminal, 1-channel communication interface, PROFIBUS, master/slave. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/i-o/ethercat-terminals/el6xxx-communication/el6731.html. Viitattu 12.8.2020.

Beckhoff Main Catalog Volume 1. Saatavissa: https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main_Catalog/english/Beckhoff_Main_Catalog_2022_Volume1.pdf. Viitattu 5.6.2020.

Beckhoff TwinCAT 3, 2021. TwinCAT 3: the flexible software solution for PC-based control. Saatavissa: https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Beckhoff_TwinCAT3_e.pdf. Viitattu 6.7.2021.

Beckhoff TwinCAT 3 Engineering, 2022. TExxxx | TwinCAT 3 Engineering. Saatavissa: https://www.beckhoff.com/en-us/products/automation/twincat/te1xxx-twincat-3-engineering/. Viitattu 2.5.2022.

EtherCAT – The Ethernet Fieldbus, 2021. EtherCAT Technology Groupin esite. Saatavissa: https://www.ethercat.org/download/documents/ETG_Brochure_EN.pdf. Viitattu 15.12.2021.

Kohti virtuaalisia oppimistympäristöjä. Pantzar & Väliharju, 1996. Viitattu 5.5.2020