

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma

Jussi Karttunen

VALAISUJÄRJESTELMIEN OPISKELUYMPÄRISTÖN KEHITTÄMI-
NEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2014
Tietotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Jussi Karttunen

Nimeke
Valaisujärjestelmien opiskeluympäristön kehittäminen

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää opiskeluympäristö Karelia-ammattikorkeakoululle valaisujärjestelmien opiskelua varten. Tavoitteena oli löytää nykyaikaiset ja teknisiltä ominaisuuksiltaan tarkoituksenmukaiset laitteet valaistuksenohjaukseen sekä kehittää rakennettuun opiskelu-ympäristöön harjoitustehtäviä.

Opiskeluympäristön laatimiseksi selvitettiin erilaisia valaistuksenohjausjärjestelmiä, sekä pohdit-tiin opetusympäristön kustannustehokkuutta. Työssä hyödynnettiin Karelia-ammattikorkeakoulun entistä opetusympäristöä ja teorialähteinä käytettiin väyläjärjestelmien kehittäjien dokumentteja.

Työn suorituksen tuloksena Karelia-ammattikorkeakoulu sai uusitun opiskeluympäristön nykyai-kaisilla komponenteilla toteutettuna. Ratkaisussa on otettu huomioon helppo järjestelmän muut-taminen sekä uusien ominaisuuksien lisääminen.

Kieli
suomi

Sivuja 27
Liitteet 5
Liitesivumäärä 19

Asiasanat
DALI, väylä, sähköjärjestelmä, opiskelutekniikka



THESIS
May 2014
**Degree Programme in Information
Technology**
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260-6800

Author
Jussi Karttunen

Title
Developing a Learning Environment for Lighting Control Systems

Abstract

The purpose of this thesis was to develop a learning environment for lighting control systems. The environment is used by Karelia University of Applied Sciences. The main goals for thesis were finding suitable and modern technical devices for lightning control, and the development of practice exercises and problems.

For the development of the learning environment different lightning control systems were studied with cost effectivity in mind. The work was based on the old learning environment of Karelia UAS and also documents of different manufacturers of bus systems were used.

The solution made in the process gave Karelia UAS a refurbished learning environment made with modern components. Easy modification of the environment and the possibility of adding new features were taken into account when developing the environment.

Language
Finnish

Pages 27
Appendices 5
Pages of Appendices 19

Keywords

DALI, bus, electrical system, study technique

Sisältö

Lyhenteet.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Digitaaliset valaistuksenohjausjärjestelmät.....	6
3 Rakennusautomaation ohjausjärjestelmien väylästandardeja	8
3.1 KNX	8
3.2 DALI	9
3.3 DMX 512.....	11
4 Automaation tuoma energiatehokkuus	12
5 Opiskelu ympäristön teknisen ratkaisun valinta.....	13
5.1 Valaisinsermi	13
5.2 Sopivan väyläjärjestelmän valinta.....	14
5.3 Ohjainlaitteisto	15
5.4 Sermin painonapit ja valokytkimet.....	16
5.5 RS-232 – RS-485 –väylämuunnin.....	17
6 DALI-väylälaitteet.....	18
6.1 PWM-ohjaus.....	19
6.2 Ongelmat väyläkortin laiteohjelmistossa	20
6.3 Emokortin suunnittelu	21
6.4 DALI-väyläkorttien osoitteistaminen	23
7 Teoria- ja harjoitustehtävät.....	24
8 Jatkokehitysideat	25
9 Pohdinta.....	25
Lähteet.....	27

Liitteet

Liite 1 Järjestelmän komponentit

Liite 2 Teoriatehtävät

Liite 3 Harjoitustehtävät

Liite 4 Opiskelu ympäristön dokumentit

Liite 5 DALI-väyläkortin ohjelmistomuutokset

Lyhenteet

DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i> , digitaalinen valaistuksenohjausväylä
DI / DO	<i>Digital Input / Digital Output</i> , digitaalinen tilatieto sisään / ulos. Automaatiojärjestelmässä yleensä 24 VAC tai 24 VDC.
DMX	<i>Digital MultipleX</i> , digitaalinen sarjaprotokolla
KNX	EN50090 -standardin mukainen rakennusautomaatioprotokolla
LED	<i>Light Emitting Diode</i> , loistediodi
MOSFET	<i>Metal-oxide-semiconductor field-effect transistor</i> , kanavavaikutustransistori
NXP	<i>NXP Semiconductors</i> , on yritys, joka valmistaa elektroniikkaan liittyviä komponentteja
PSU	<i>Power Supply Unit</i> , virtalähde
PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i> , pulssinleveysmodulaatio
WAGO	<i>WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG</i> on yritys, joka valmistaa sähköisiä sekä elektronisia komponentteja erityyppisiin automaatiojärjestelmiin

1 Johdanto

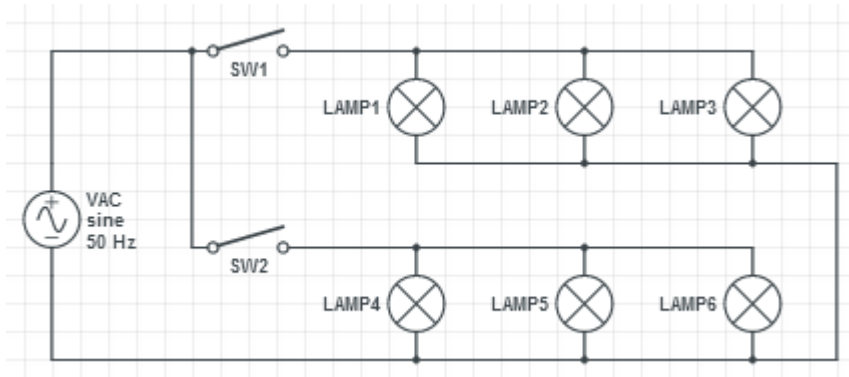
Valaistuksen älykäs ohjaaminen on etenevässä määrin lisääntymässä maailmalla. Syitä siihen löytyy älykkään ohjauksen tuomasta helppokäyttöisyydestä, ihmisten haluamasta automatiikasta, sekä lisääntyneestä energiatehokkuudesta. Isoissa ja monimutkaisissa kiinteistöissä väyläpohjainen valaistuksenohjaus voi tuoda myös isoja säästöjä sekä monipuolistaa ohjaustapoja.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää opiskeluympäristö valaistuksenohjausjärjestelmien opiskeluun. Lähtökohtana oli Karelia-ammattikorkeakoulun tarve rakennusautomaation opiskelussa käytettyihin työkaluihin ja materiaaliin. Opinnäytetyön laajuus rajautui opiskeluympäristön laitteiston suunnitteluun ja toteuttamiseen sekä harjoitustehtävien laatimiseen.

Opinnäytetyön alkuosassa on selvitetty erilaisia valaistuksenohjausjärjestelmiä. Myöhemmin valitaan opetuskäyttöön sopiva järjestelmä, sekä kerrotaan kyseisen järjestelmän toteutuksesta. Lopuksi esitellään ympäristöön laaditut harjoitustehtävät ja dokumentit.

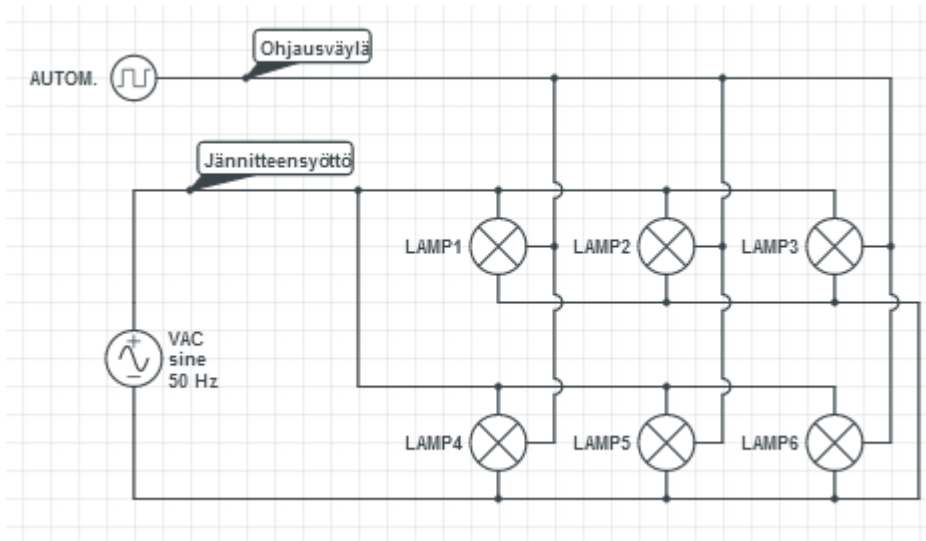
2 Digitaaliset valaistuksenohjausjärjestelmät

Ennen digitaalisia ohjausmenetelmiä valaisimia on ohjattu sähkökytkimin sekä 0-10 V:n analogisella ohjaussignaalilla. Digitaaliset järjestelmät mahdollistavat monipuolisemman käytön valaisimille ja niiden ohjaukselle. Vanhat sähköisiin kytkentöihin perustuvat ohjaukset ovat rajoittuneita (kuva 1), niiden muuttaminen vaatii yleensä kaapeloinnin uudelleenkytkentää ryhmäkeskuksella tai jopa uusien kaapelien asennuksen. Digitaalisen ohjauksen ansiosta esimerkiksi valaisinkytkimien ohjaamien valaisimien valinta voidaan tehdä jälkikäteen pelkkää ohjelmointia muuttamalla.



Kuva 1. Kahden valaisinryhmän ohjaus perinteisesti

Digitaalisissa ohjausmenetelmissä yleensä laitteen käyttö sähkö sekä ohjaussignaali kulkevat omissa kaapeleissaan (kuva 2). Syynä tähän on se, että ohjaussignaali on jänniteatasoltaan huomattavasti pienempi kuin verkkosähkö. Lisäksi ohjaussignaali on monesti tasasuunnattua DC-jännitettä. Ohjaussignaali voidaan joissakin järjestelmissä kuljettaa myös verkkosähkön mukana, esimerkkinä KNX-standardiin perustuva Powerline-tekniikka.



Kuva 2. Valaisimien ohjaaminen rakennusautomaatioväylän avulla

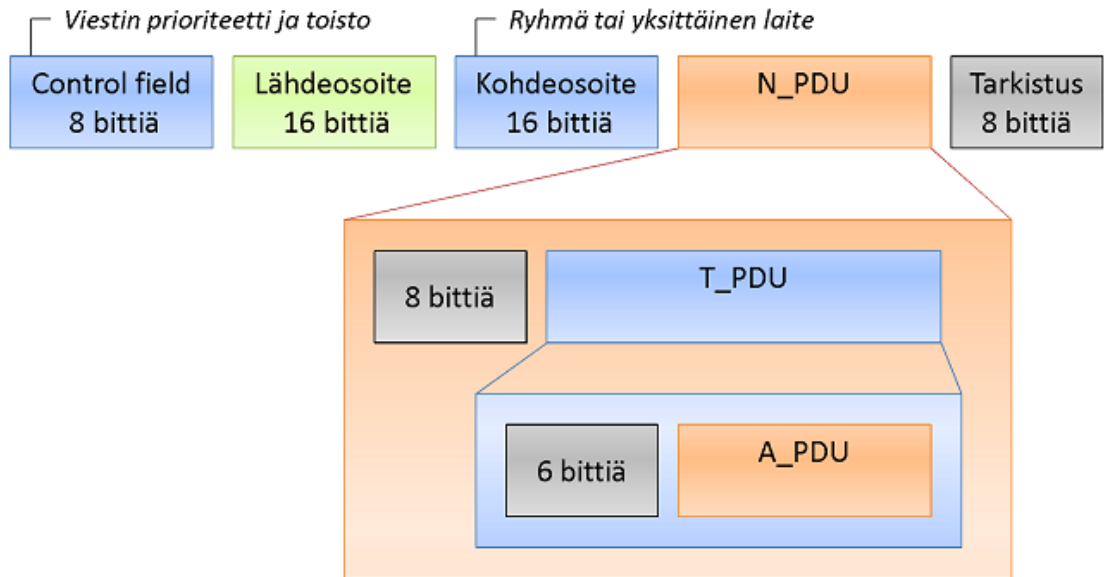
3 Rakennusautomaation ohjausjärjestelmien väylästandardeja

Maailmalla on olemassa huomattavan paljon erilaisia valaistukseen ja kiinteistöautomaatioon liittyviä väylästandardeja. Valitsin tähän opinnäytetyöhön niistä muutaman yleisen. Periaate standardeissa on kuitenkin pääpiirteittäin sama: ohjaussignaali viedään johdinta pitkin isäntälaitteelta orjalaitteelle.

3.1 KNX

KNX on kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi, joka perustuu vanhoihin EIB-, EHS- ja BatiBus-väylätekniikoihin. Väylä täyttää ISO/IEC 14543 ja EN50090-standardien vaatimukset. KNX-standardia voidaan käyttää monella eri sovellusalueella, joista yksi on valaistuksenohjaus. Väylä ei tarvitse keskusyksikköä, vaan laitteet kommunikoivat keskenään. Laitteiden määrittelyä varten tarvitaan käyttötarkoitukseen soveltuva tietokone sekä määrittelyohjelmisto. Koska väylän laitteet kommunikoivat keskenään ja sisältävät itsenäisen älyn, voi väylää kutsua hajautetuksi. (1)

KNX-väylälle liitettävien laitetyyppien kirjo on erittäin kattava: valaisimet, liiketunnistimet, anturit, IP-puhelimet, toimilaitteet, jne. Periaatteessa KNX-väylä ei määrittele etukäteen, minkä tyyppisiä laitteita siihen voi liittää: laitteen tyyppillä ei ole väliä, jos väylän tiedonsiirtomahdollisuudet vain ovat riittävät. Väylän käyttömahdollisuudet rajoittuvat suunnittelijan mielikuvitukseen sekä laitevalmistajien tarjontaan.



Kuva 3. Datapaketin rakenne KNX-väylässä

Kuvassa 3 kuvattu KNX-väylän tiedonsiirtopaketti on huomattavasti monimutkaisempi kuin esimerkiksi DALI:ssa ja DMX:ssä. Myös lähdeosoite ja kohdeosoite ovat huomattavasti pidempiä – osoitteen 16 bittiä mahdollistavat 65536 uniikkia laiteosoitetta. Lisäksi esitellyistä väylätyypeistä KNX on ainoa, jossa käytetään lähdeosoitetta.

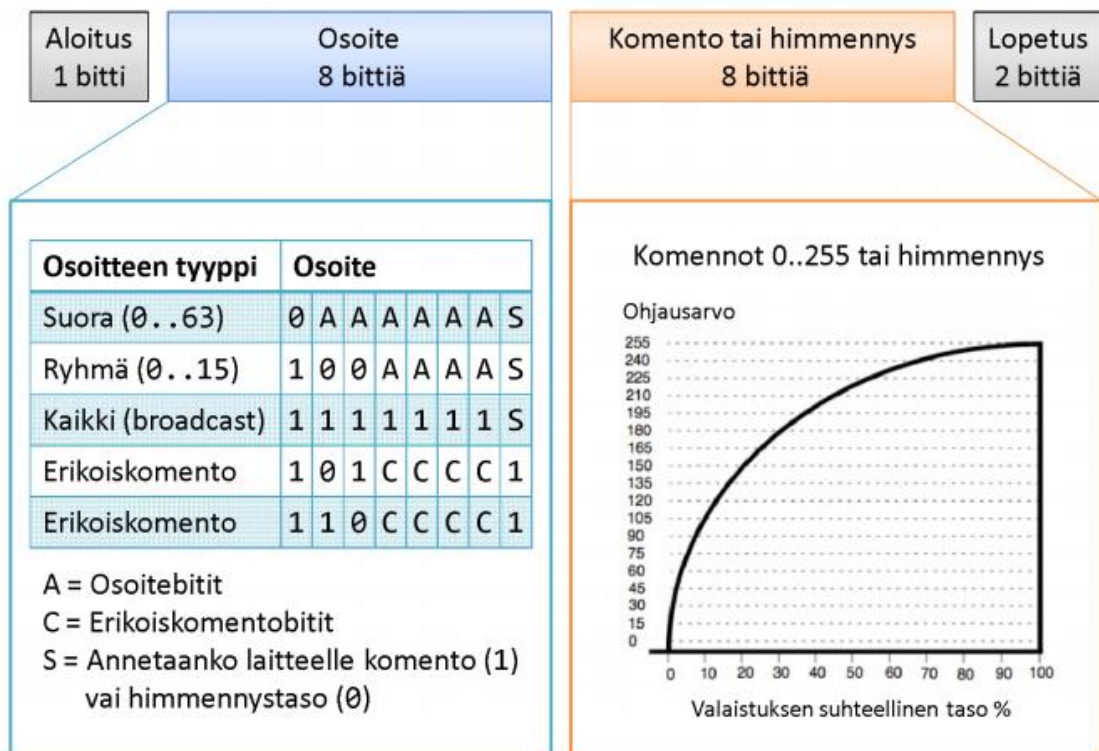
3.2 DALI

DALI-tekniikka on alun perin kehitetty korvaamaan loisteputkivalaisimien vanha analoginen 1-10V ohjaustekniikka. DALI on kansainvälinen standardi ja se on standardisoitu maailmanlaajuisesti IEC 60929-standardin mukaisesti. Kyseinen protokolla on suunniteltu nimenomaan valaistuksen ohjaukseen eikä monimutkaiseksi väyläjärjestelmäksi kuten KNX. Nykyaikainen DALI voi ohjata myös muitakin valaisimia kuin loisteputkivalaisimia. (2)

DALI-väylällä voi isännän lisäksi olla 64 kappaletta valaisimia, 16 erilaista ryhmäkonfiguraatiota sekä 16 erilaista valotilannetta. DALI ei tarvitse keskitettyä ohjainyksikköä vaan voi toimia ohjelmoinnin jälkeen itsenäisesti. Järjestelmän voi tarvittaessa liittää esimerkiksi rakennuksen automaatiojärjestelmään. Poiketen KNX väyläjärjestelmästä DALI-väylä ei ole hajautettu, vaan isäntälaitteet ohjaavat orjalaitteita. Lisäksi laitetyypit rajoittuvat lähinnä valaisimiin sekä niiden ohjauksiin.

Väylän siirtonopeus on 1200 bittiä sekunnissa ja yhden datapaketin koko on 19 bittiä. Väylä kykenee siirtämään siis noin 63 käskyä sekunnissa, eli 64 valaisimen yksittäiseen ohjaukseen kuluu noin sekunti. Tiedonsiirto tapahtuu unicast- ja multicast-periaatteilla. Vaikkakin jokainen datapaketti saavuttaa kaikki orjalaitteet, eivät orjalaitteet reagoi viesteihin, elleivät ne ole osoitettu oikeaan osoitteeseen (valaisimen osoite tai ryhmäosoite). Isäntälaitte voi lähettää myös broadcast -tyyppisen datapaketin joka saavuttaa kaikki valaisimet. Protokolla on väylällä manchester -koodattua tiedonsiirtoa, eli 1-bitti esitetään laskevana tilamuutoksena sekä 0-bitti nousevana tilamuutoksena. Sähköisesti väylä toimii normaalitilanteessa 0–16 V:n välillä siten, että 0 V tarkoittaa pienempää tilaa ja 16 V suurempaa.

Väylän datapaketti muodostuu aloitusbitistä, osoitetavusta, komentotavusta sekä kahdesta lopetusbitistä. Komentotavun tilalla voi olla myös logaritminen himmennystieto. Syy logaritmisuuteen on silmän toiminta: silmä aistii valaistuksen tason muutokset logaritmisesti.



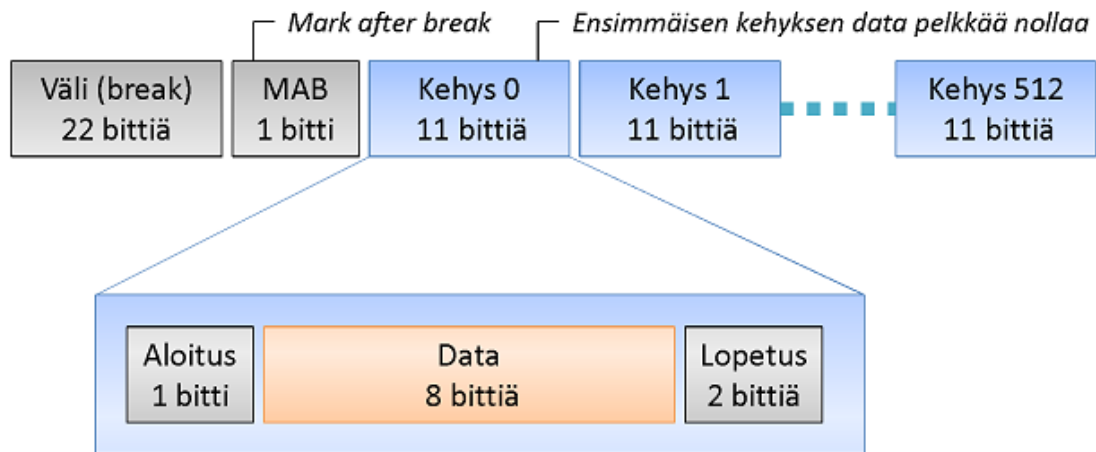
Kuva 4. Datapaketin rakenne DALI-väylässä (kuva tehty Dali AG Manualin perusteella)

Tieto voi liikkua väylillä molempiin suuntiin, mutta vain siten, että yksi laite lähettää kerrallaan. Orjalaitteilta isäntälaitteille kulkeva tieto liittyy yleensä lähinnä osoitteistamiseen ja mahdollisiin komentojen kuittauksiin. Lisäksi orjalaitteilta lähetetty viesti sisältää vain itse viestin ilman kohdeosoitetta. Kohdeosoitteen lähettämässä ei olisi-kaan mitään hyötyä, koska isäntälaitteella ei ole omaa osoitetta.

3.3 DMX 512

DMX 512 – tai lyhemmin vain DMX - on kehitetty pääasiallisesti esitystekniikassa käytettävien valaisimien ohjaukseen. Tällaiset valaisimet tarvitsevat monesti pelkän himmennystiedon lisäksi muitakin ohjaussignaaleita, kuten mahdollinen väritieto ja positio, joita käytetään esimerkiksi ns. liikkuvissa valoissa joiden valokiilan suuntaa voidaan ohjata servomootoreiden avulla. Monipuolinen älykäs valaisin voi tarvita jopa 20 – 30 ohjauskanavaa, kun taas perinteiselle himmennettävälle valaisimelle riittää yksi. DMX-väylä mahdollistaa 32 eri orjalaitteen – tai valaisimen – ohjauksen. Rajoitus johtuu väylän sähköisesti käyttämästä EIA-485-standardista. Väylän isännälle ei aseteta osoitetta, ja useampi orjalaite voi olla samalla osoitteella jota monesti hyödynnetään osoitteiden säästämiseksi.

Nimensä mukaisesti DMX 512-protokolla voi ohjata 512 eri valaisinkanavaa. Jokainen kanava voi esittää 256 erilaista arvoa (8 bittiä), mutta niiden sisällön tarkoitusta ei ole etukäteen määritetty. Jokainen valaisin käsittelee tietyn kanavan tietoa haluamallaan tavalla. Esimerkiksi liikkuvien valonheittimien suuntaaminen (eli panorointi ja tiltaaminen) voi vaatia suuremman tarkkuuden kuin mitä yksi 8-bittinen kanava voi esittää. Tällöin valaisin voi yhdistää kaksi tai useampaa kanavaa yhteen muodostaen ohjaussignaalille suuremman tarkkuuden. Valaisinohjaimelle määritellään valaisimen käyttämät kanavat, jotta ohjain osaisi lähettää oikeat ohjaustiedot oikeaan kanavaan.



Kuva 5. Datapaketin rakenne DMX-väylässä

DMX-väylä on DALI-väylän tapaan myös isäntä-orja –periaatteella toimiva. Isäntälaitteelle ei anneta väyläosoitetta, vaan se lähettää väylälle datapurskeen, jonka väylälaitteet poimivat. Datapurske muodostuu välistä (22 bittiä), MAB-bitistä, sekä 513 datakehystä (11 bittiä per kehys). Ensimmäisen kehyksen data on aina pelkkää nollaa, ja loput kehyksistä sisältävät valaisinkohtaiset ohjaustiedot. Valaisin osoitteessa 1 poimii ensimmäisen datakehysten, valaisin osoitteessa 2 toisen kehyksen, ja niin edelleen. Kehysten järjestys määrää siis osoitteen eikä erillisiä osoitetietueita tarvita.

4 Automaation tuoma energiatehokkuus

Tämän vuosituhanen aikana on alettu panostamaan huomattavasti kiinteistöjen sähkönkulutukseen. Entisiä hehkulamppuja on suositeltu vaihdettavaksi vähän energiaa kuluttaviin pienloiste- ja LED-valaisimiin. Julkisten toimistorakennuksien sähköenergian säästön potentiaali valaistusta uusimalla voi olla jopa 40 %. (3)

Valaistuksen älykkäillä ohjausmenetelmillä energiatehokkuuteen voi vaikuttaa helposti. Älykäs ratkaisu voi esimerkiksi kytkeä valot pois huoneesta sen ollessa tyhjä. Lisäksi valoja voi himmentää tarvittavalle tasolle automaattisesti esimerkiksi ulkoa saapuvan valon mukaan.

Energiansäästöön eivät vaikuta pelkästään älykkäät valaistusratkaisut, vaan myös automaation muut energiaan liittyvät ohjaukset, kuten esimerkiksi ilmastoinnin säätö. SFS-EN 15232-standardi jakaakin rakennuksen automaation erilaisiin tehokkuusluokkiin, joilla automaation vaikutusta voidaan arvioida suhteellisen yksinkertaisesti. Tehokkuusluokkia on neljä, aina tehottomasta rakennusautomaatiosta (käytännössä manuaalinen käyttö) korkean energiatehokkuuden mahdollistavaan automaatio- ja hallintajärjestelmään. Tehokkuusluokkia käytetään kahdessa eri energialuokassa: lämmitys- ja jäähdytysenergia sekä valaistus- ja laitesähköenergia. (4)

Energia-asiat on hyvä sisällyttää oppimismateriaaliin, että ajatusmalli energiansäästövoista muodostuisi oppilaiden, eli tulevien ammattilaisten suunnittelutapoihin. Jos lähtökohtaisesti suunnitteluvaiheessa ajatellaan esimerkiksi pelkkiä älykkäitä valaistuksenohjausmenetelmiä, niin voidaan jo sillä saavuttaa säästöjä käytetyn energian suhteen.

5 Opiskeluympäristön teknisen ratkaisun valinta

Opiskeluympäristön fyysinen puoli muodostuu automaatioväylästä, ohjainlaitteistosta sekä valaisimista. Kaikki ympäristön komponentit sijoitetaan valaisinsermiin jota voidaan tarpeen mukaan siirtää pyörien avulla haluttuun paikkaan. Luettelo ympäristöön valituista komponenteista on liitteessä 1.

5.1 Valaisinsermi

Työssä hyödynnettiin Karelia-ammattikorkeakoulun vanhaa valaisinsermiä (kuva 6), johon oli valmiiksi asennettu painonappeja, pienitehoisia LED-valaisimia sekä sähkökytkimiä. Valaisinsermiä on aikaisemmin käytetty vanhan Lexelin IHC-järjestelmän opiskeluun. Vanhan järjestelmän korvaaminen oli erittäin yksinkertaista, koska jokainen valaisin ja sähkökytkin ovat sermin takaosassa omilla liittimillään.



Kuva 6. Työssä hyödynnettävä valaisinsermi

5.2 Sopivan väyläjärjestelmän valinta

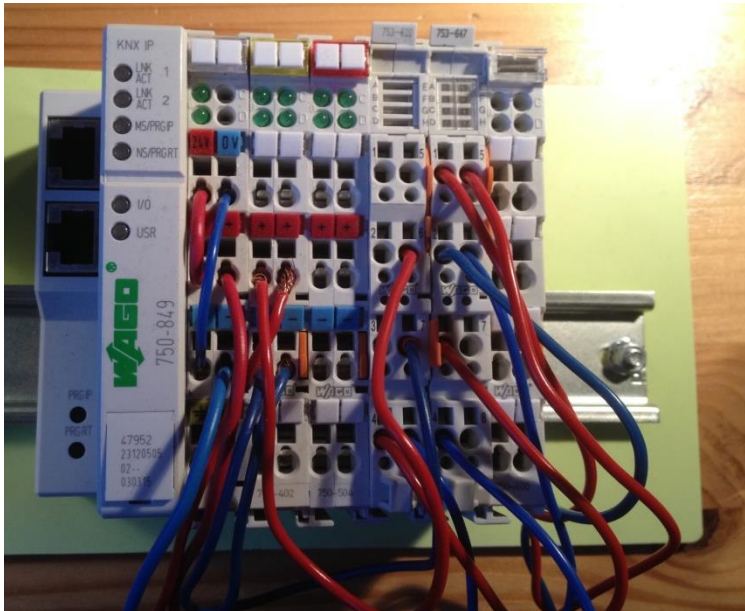
DMX-tekniikka sivutettiin jo työn alkumetreillä, koska sen käyttö rakennusautomaatiossa on harvinaista lukuun ottamatta teattereita ja muita esitystekniikkaa hyödyntäviä kiinteistöjä. KNX-tekniikkaa tutkittiin yhtenä mahdollisena ratkaisuna opiskeluympäristön toteuttamiseen. KNX on kuitenkin huomattavasti monimutkaisempi käyttää kuin esimerkiksi DALI. Lisäksi kyseiselle tekniikalle ei löytynyt sopivia väylälaitteita ympäristön toteuttamiseen edullisesti, joten myös KNX-tekniikan käyttöönotto sivutettiin. Opiskeluympäristöön on kuitenkin tarvittaessa helppo lisätä KNX-väylälaitteita jälkikäteen.

Karelia-ammattikorkeakoulu on etukäteen hankkinut DALI-pohjaista laitteistoa, joten oli järkevintä lähteä hyödyntämään niitä työssä. DALI valittiin väyläjärjestelmäksi valaisimien ohjaukseen, koska myös tarvittavat hankinnat jäivät pieniksi.

5.3 Ohjainlaitteisto

Työssä käytettäväksi järjestelmäksi valittiin Karelia-ammattikorkeakoululle jo etukäteen rakennusautomaation opetukseen hankittu Wago-järjestelmä. Järjestelmä koostuu lojikayksiköstä sekä erilaisista optiokorteista. Työhön liittyvät optiokortit ovat digitaaliset sisääntulokortit, Modbus-väyläkortti sekä DALI-ohjainkortti.

Wago mahdollistaa ohjelmistojen lisäksi graafisen käyttöliittymäsuunnittelun. Käyttöliittymää voi jopa käyttää nettiselaimessa Java-tekniikan avulla. Käyttöliittymän mahdollisuus on otettu huomioon harjoitustehtävissä.



Kuva 7. Wago-järjestelmä optiokorteineen

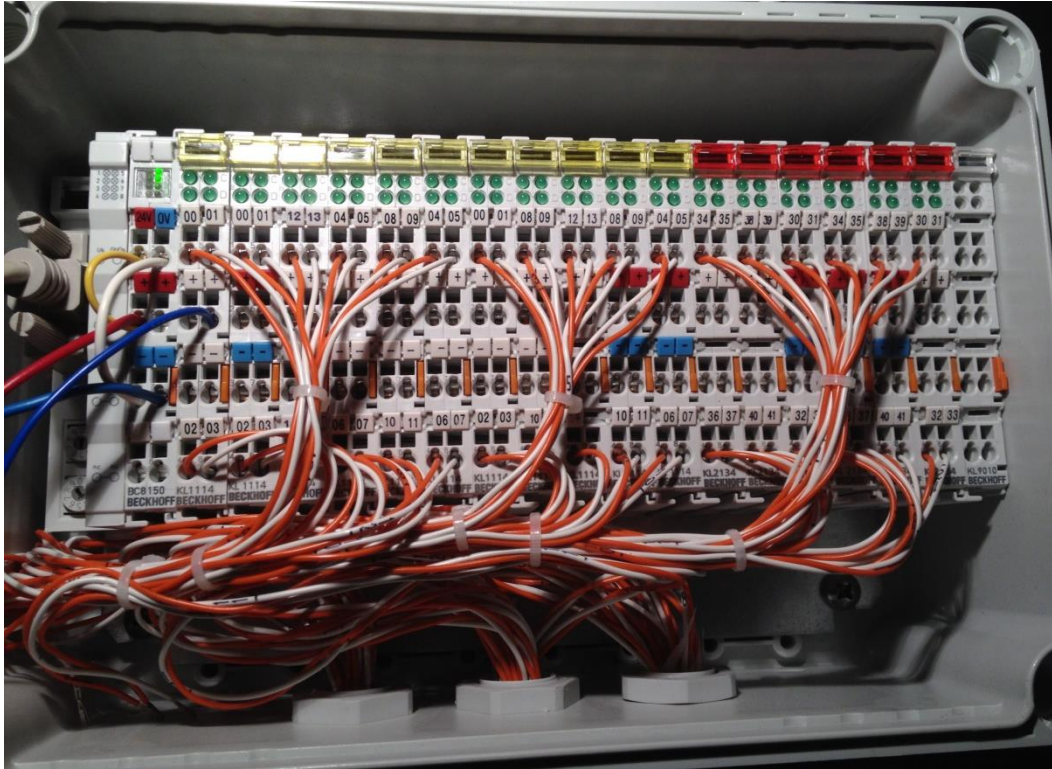
5.4 Sermin painonapit ja valokytkimet

Sermin valaisinkytkimet ovat perinteisiä kytkimiä, eivätkä ne sisällä mitään omaa älyä. Kytkimet voi tarvittaessa uusia vaikkapa DALI tai KNX-pohjaisiksi. Painonapit on tarkoitettu mallintamaan huoneistojen liiketunnistimia. Nappien avulla voidaan esimerkiksi testata ohjelmaa, joka ohjaa valoja rakennuksessa liikkuvien ihmisten mukaan. Normaalit kiinteistökäytön liiketunnistimet yleensä sisältävät sisäisen viiveen, joka antaa signaalia vielä liikkeen tunnistamisen jälkeenkin. Painonapit eivät sisällä tällaista älyä, mutta toiminto on helppo simuloida logiikkaohjelmoinnin avulla.



Kuva 8. Valokytkimiä, painonappeja sekä ledejä sermissä.

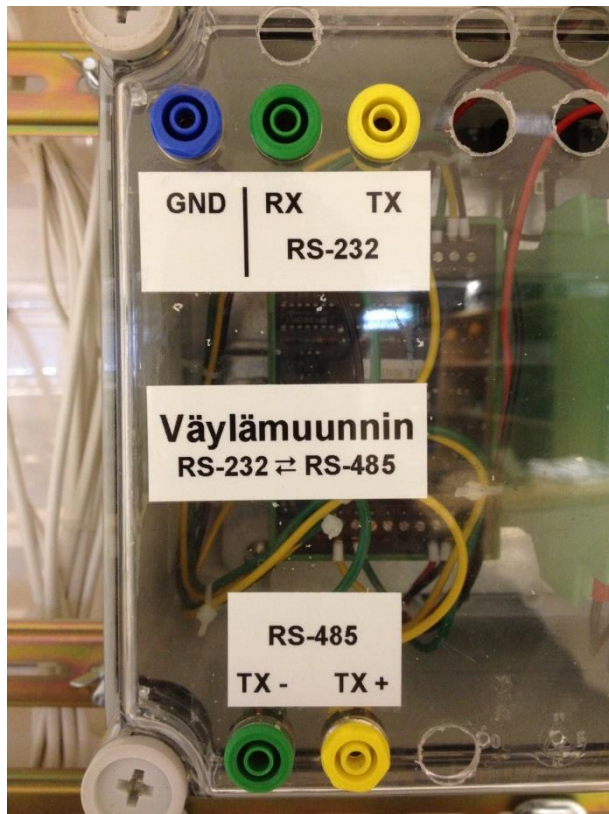
Painonappien ja kytkimien tilatietojen lukemiseen päätettiin käyttää Beckhoffin DI-kortteja, jotka on liitetty Modbus-väylälaitteeseen. Valaisinkytkimissä on myös erilaisia tilailmaisuja varten pienet merkkivalot, mutta ne jätettiin kytkemättä DO-korttien epäyhteensopivuuden takia.



Kuva 9. Beckhoffin Modbus-väyläadapteri sekä DI- ja DO-kortit

5.5 RS-232 – RS-485 –väylämuunnin

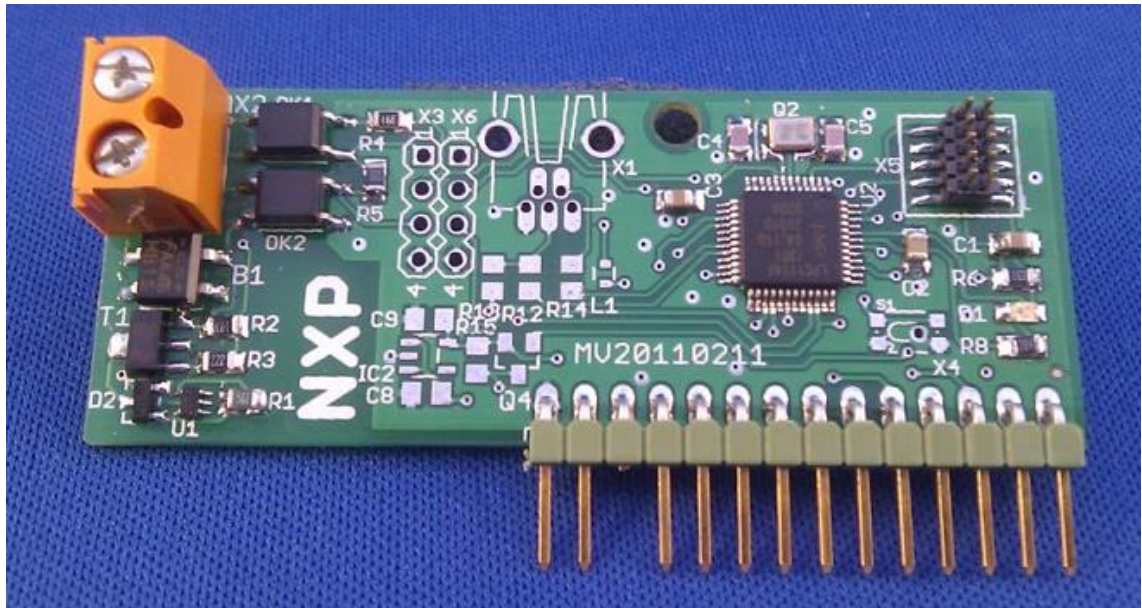
Työssä käytettävät Modbus-väylälaitteet eivät ole sähköisesti yhteensopivia ilman sopivaa sovitinta. Beckhoffin Modbus-väyläadapterin liitännä käyttää kahden laitteen väliseen kommunikaatioon tarkoitettua RS-232-sarjaliikenneväylää. Wagon Modbus-isäntäkortti käyttää useamman laitteen kommunikointiin tarkoitettua RS-485-sarjaliikenneväylää. Sähköinen sovitin voidaan tehdä sopivan väylämuuntimen avulla ja opiskeluympäristössä hyödynnettiin oppilaitoksen vanhaa 80-luvun muunninta.



Kuva 10. Väylämuunnin omassa kotelossaan

6 DALI-väylälaitteet

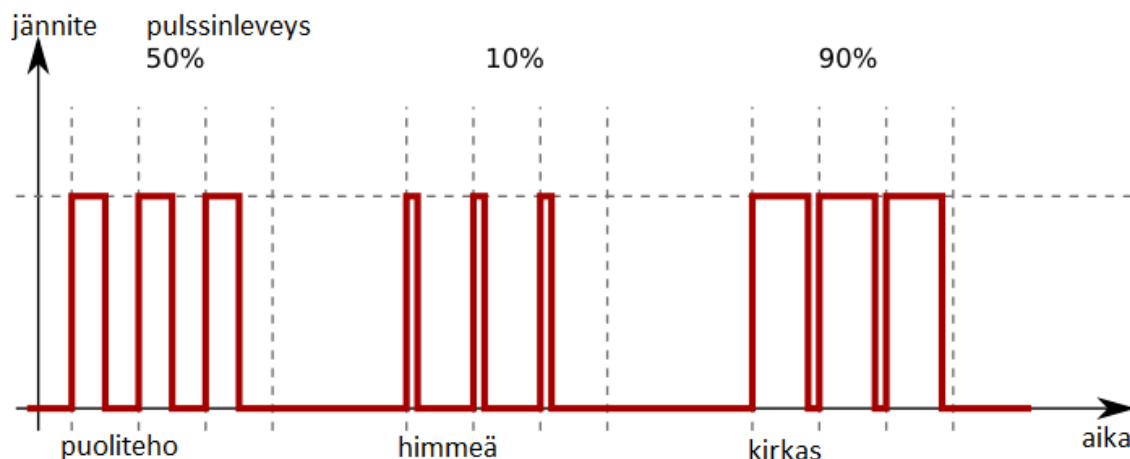
Kun DALI oli valittu käytettäväksi väyläksi, etsittiin siihen sopivia väylälaitteita. Netti-hakuja tehdessä tuli vastaan edullinen NXP:n DALI-väyläkortti OM13026 (kuva 8) (5), joka mahdollistaa neljän pienitehoisen LED-valaisimen PWM-ohjauksen. Kortti sisältää myös tarvittavat sähköiset suojaukset DALI-väylän ja väyläkortin prosessorin välille.



Kuva 11. DALI -väyläkortti OM13026. (5)

6.1 PWM-ohjaus

Yksinkertainen keino himmentää led-valaisimia on PWM-ohjaus, jossa valaisimen kirkkautta säädetään pulssinleveysmodulaatiolla. Signaalin muodostaminen digitaalisilla piireillä on helppoa: haluttu digitaalinen lähtö laitetaan värähtelemään tietyllä taajuudella. Mitä kirkkaammaksi valaisin halutaan, sitä leveämmillä pulsseilla sille ajetaan tehoa. DALI-väyläkortin pulssinleveysmodulaation taajuus on säädetty korkeaksi (723 Hz), ettei himmentäminen näkyisi ihmissilmälle valaisimien välkkymisenä.



Kuva 12. Pulssinleveysmodulaatio

PWM-signaali koostuu kahdesta osasta: jaksonaika sekä pulssinleveys. Taajuuden 723 Hz jaksonaika on $1/723$ sekuntia eli noin 1.4 ms. Pulssinleveys taas määräytyy siitä montako prosenttia signaali on ylhäällä tai alhaalla. Jaksonajalla 1.4 ms sekä pulssinleveydellä 50 % pulssin kestoksi muodostuu $0.5 * 1.4 \text{ ms} = 0.7 \text{ ms}$. 24 V:n lähtöjännitteellä ja 50 % pulssinleveydellä keskimääräinen jännite on $24\text{V} * 0.5 = 12\text{V}$. (6)

PWM-signaalin muodostaminen DALI-ohjainkorteilla on tehty laiteohjelmiston ajastimilla (timer). Ajastimien taajuuden perusteella muodostetaan haluttu signaali, jonka pulssinleveyttä ohjaamalla voidaan vaikuttaa valaisimien kirkkauteen.

6.2 Ongelmat väyläkortin laiteohjelmistossa

Laiteohjelmisto (ns. firmware) on laitteen haihtumattomaan muistiin talletettu ohjelmisto. Ohjelmiston käyttötarkoitus on yleensä matalamman tason toimintojen suorittaminen, kuten esimerkiksi varsinaisen käyttöjärjestelmän hakeminen massamuistilta laitteen käyttömuistiin. Laiteohjelmisto, kuten tässä tapauksessa, voi tarkoittaa myös sulautetun laitteen käyttöjärjestelmää. Samainen ohjelmisto suorittaa matalamman tason toiminnot, sekä korkeamman tason logiikkaa. Esimerkiksi digisovittimen tai matkapuhelimen perustoiminnot voisivat kuulua firmware-termin alle, kun taas kolmannen osapuolen kehittämät lisäohjelmat ovat sovellusohjelmia. (7)

NXP:n valmistama väyläkortti OM13026 on tarkoitettu samaisen valmistajan prosessorin kehityskäyttöön. Korttien kanssa muodostui ongelmaksi niiden osoitteistaminen:

jokainen kortti yrityksistä huolimatta valitsi itselleen osoitteen numero 1. Lisäksi PWM-lähdöt olivat käänteisiä (invert), jolloin ledi loisti kirkkaimmillaan DALI-ohjauksen ollessa pois päältä. Ongelma ratkaistiin hankkimalla väyläkortissa käytettyyn prosessoriin (ARM Cortex M0) sopiva ohjelmointilaite, sekä laiteohjelmiston kehitystyökalut. Ohjelmistomuutokset on listattu liitteessä 5.

6.3 Emokortin suunnittelu

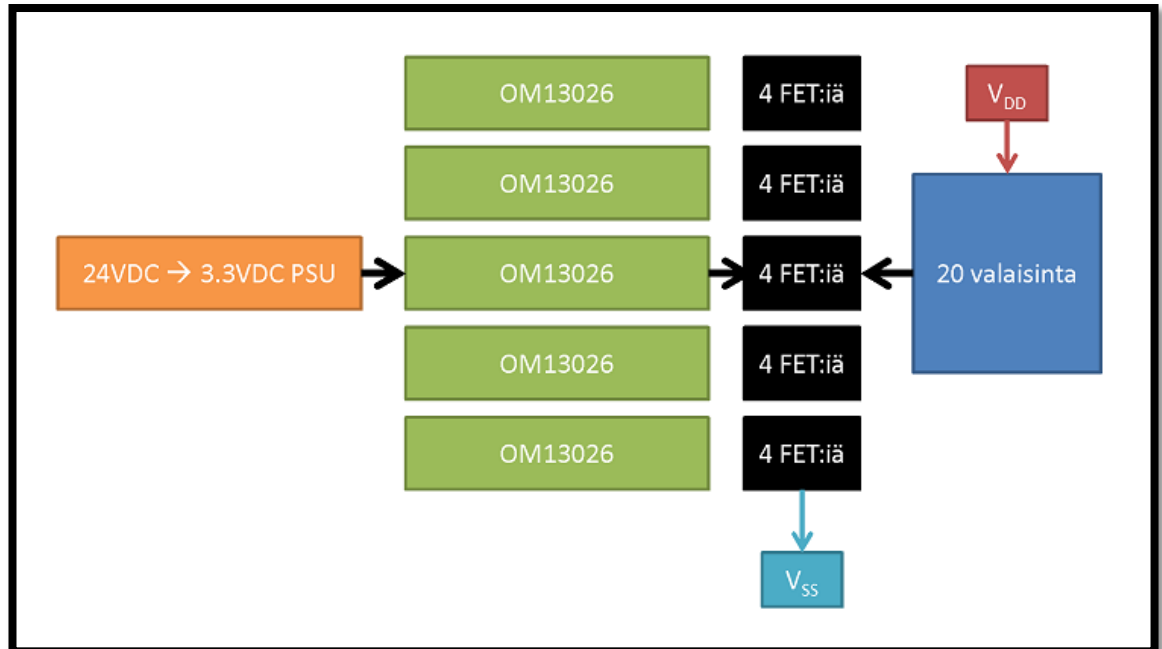
DALI-väyläkortteja varten täytyi suunnitella emokortti johon väyläkortit asetetaan. Väyläkorteissa LED-ohjauslähdöt on kytketty piirikortilla suoraan prosessorille, eikä niiden välissä ole mitään suojausta. Prosessorin lähdöt voivat olla erittäin herkkiä ulkoisille häiriöille (esimerkiksi staattinen sähkö), joten ne täytyi suojata. Lisäksi ohjainkortit toimivat 3.3 VDC-jännitteellä, joka on automaatiokäytössä suhteellisen harvinainen. Jännite ei saa nousta liikaa yli määritellystä tai prosessori voi rikkoutua. Emokortille lisättiinkin jännitteenalennin, joka laskee automaatiokäytössä yleisen 24 VDC:n käyttöjännitteen 3.3 VDC:n tasolle.



Kuva 13. Valmis emokortti, jossa kaksi ohjainkorttia

Emokortilla jokaisessa LED-väylässä on n-kanavainen MOSFET (tyyppi ROHM QS6K21TR), joka kytkee väyläkortin ohjaussignaalin mukaan ledin katodin maihin. Valittu MOSFET pystyy kytkemään 1 A:n kuormia käyttöjännitteen ollessa 24 VDC. LED-valaisimien lisäksi kortilla voidaan ohjata muitakin valaisimia, esimerkiksi perinteisiä hehkulamppuja, kunhan MOSFET:in jännite- ja virtarajoja ei ylitetä. Lisäksi korttia käytettäessä on huomattava, että prosessorien maapotentiaalilin täytyy olla sama kuin kanavatransistoreidenkin.

Ohjainkorttien virtalähteeksi oli tarkoitus suunnitella oma jännitteenalennin, mutta valmis ratkaisu koettiin järkevämmäksi. Valmis komponentti säästi aikaa sekä tilaa piirikortilta. Komponentiksi valittiin muRata OKI-78SR-3.3, joka laskee 24 VDC:n käyttöjännitteen 3.3 VDC:n tasolle sekä sallii 1.5 A:n maksimikuorman.



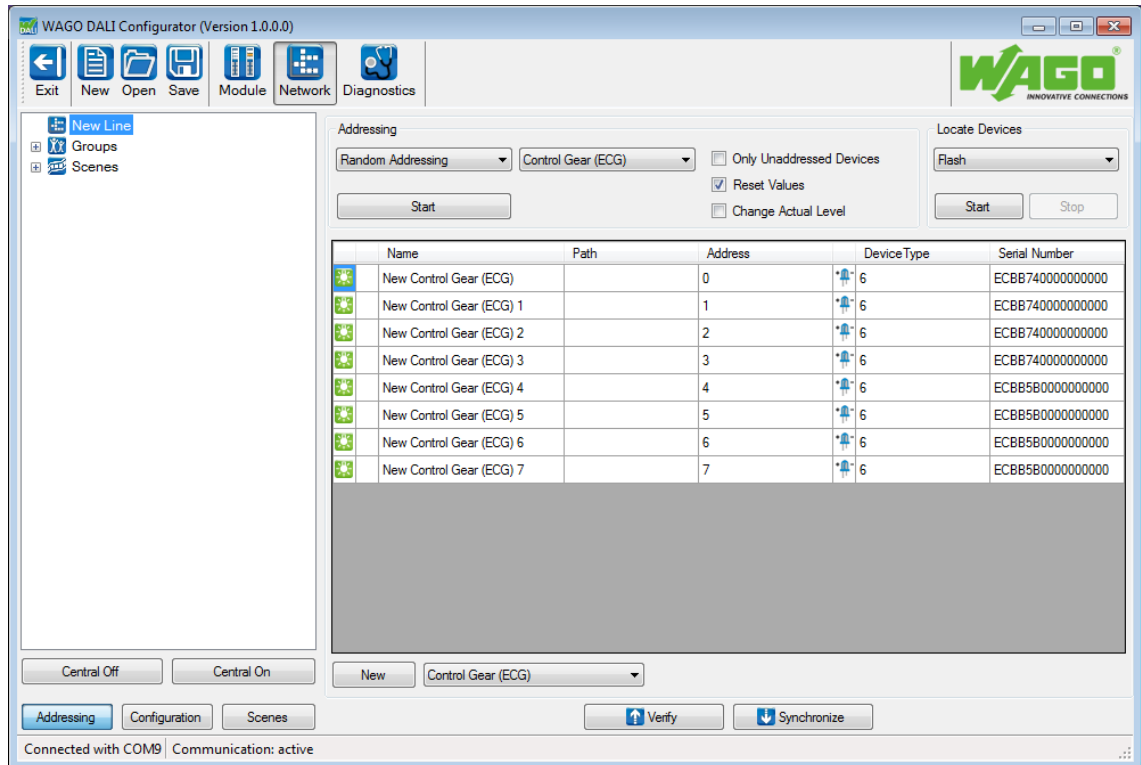
Kuva 14. Emokortin rakenne

Kortin toteuttaminen oli varsin suoraviivaista: suunnittelun jälkeen etsittiin sopivat komponentit, sekä piirrettiin piirilevy CadSoft Eagle PCB-ohjelmistolla. Itse piirilevy tilattiin piirilevytehtaalta, vaikkakin sen tekeminen olisi onnistunut myös koulun piirilevyjyrsimellä. Tehtaalta hankittu levy on kuitenkin toimintavarmempi sekä paremman näköinen. Esimerkiksi juotteenestopinnoitteet ja silkkipaino eivät olisi koululla onnistuneet.

6.4 DALI-väyläkorttien osoitteistaminen

Väyläkorttien osoitteistamiseen opiskeluympäristössä voidaan käyttää mm. Wago Dali Configurator -ohjelmistoa. Ohjelmiston käyttöä varten tarvitaan Wago Dali Master -moduuli johon Dali-väylälaitteet on kytketty. Ohjelmisto muodostaa isäntäkorttiin joko ethernet- tai sarjayhteyden. Väyläkorttien osoitteistaminen tapahtuu Random Addressing -toiminnolla, joka teoriassa osoitteistaa kortit satunnaiseen järjestykseen. Kuiten-

kin käytännön kokeiden perusteella korttien osoitteet asettuvat samaan järjestykseen kuin millä ne väylälläkin sijaitsevat. Koska jokainen kortti ohjaa neljää eri valaisinta, niin korteille osoitteistetaan myös neljä eri lyhytosoitetta.



Kuva 15. Wago Dali Configurator

7 Teoria- ja harjoitustehtävät

Työn tekeminen painottui enemmän fyysisen opiskeluympäristön rakentamiseen, kuin teorialaisten laatimiseen. Muutamia tehtäviä on kuitenkin laadittu sermiä käyttävän opettajan tueksi. Laadittujen tehtävien avulla opiskelija perehdytetään digitaalisen valaistuksen ohjauksen maailmaan. Teorialaisten sisältävät yleisesti ohjaukseen ja valittuun DALI-tekniikkaan liittyviä kysymyksiä. Harjoitustehtävät opettavat DALI-tekniikan käyttöönottoa. Tehtäviä voi jälkikäteen muotoilla uudestaan tai jättää osan pois. Valmiit tehtävät ovat liitteissä 2 ja 3.

8 Jatkokehitysideat

Jos opiskeluympäristöä lähdetään jatkokehittämään, siihen olisi hyvä liittää Karelia-ammattikorkeakoulun pienoistalo. Pienoistalo mallintaa oikean omakotitalon energiankäyttöä, ja opiskeluympäristön valaisinsermillä avulla prosessiin saisi myös valaistuksen energiamallin. Erilaisia valaistusmenetelmiä kokeilemalla voitaisiin vertailla valaistuksen vaikutuksia pienoistalon kokonaisenergiankulutukseen.

Valaisinsermissä on ympäristön valmistusvaiheessa käytössä vain yksi ohjausväylä, DALI. Sermiin on helppo lisätä muitakin väyliä, kuten esimerkiksi KNX. Kyseisen väylä oli opinnäytetyön alkuperäisissä suunnitelmissa, mutta se jätettiin pois harjoitustehtävien yksinkertaistamista varten sekä sermin kustannuksien pitämisessä pienenä. Mahdollisessa jatkokehityksessä sermin normaalit valaisinkytkimet voidaan korvata KNX tai DALI-pohjaisilla kytkimillä. Sermin rakenteen säilyttäminen modulaarisena lisää käyttömahdollisuuksia, eikä pakota käyttämään juuri jotain tiettyä tekniikkaa esimerkiksi painonappien tilatietojen lukemiseen.

9 Pohdinta

Opinnäytetyö hioutui hieman erilaiseksi, kuin mitä suunnitelmat vuoden 2013 syksyllä näyttivät. Erilaisia väylätekniikoita jätettiin pois kustannussyistä, sekä integrointi pienoistaloon jätettiin jatkokehitysasteelle. Myös itse opiskeluympäristö muodostui enemmän tekniseksi suorittamiseksi kuin opetusmetodien ja harjoitustehtävien laatimiseksi.

Haasteina olivat työn suorittaminen mahdollisimman edullisilla komponenteilla sekä Karelia-ammattikorkeakoulun tiukka byrokratia ja budjetti hankintojen suhteen. Komponenttilausten turha muutaman kuukauden odottelu viivästytti tekemistä huomattavasti, ja suurin osa komponenteista jouduttiinkin tilaamaan jälleenmyyjiltä työn tekijän piikkiin. Lisäksi ongelmat DALI-väyläkorttien laiteohjelmiston kanssa viivästyivät työn suorittamista.

Opiskeluympäristön fyysinen rajapinta onnistui tavoitteiden mukaisesti ja rajapintaa voidaan käyttää valaistusjärjestelmien opettamiseen Karelia-ammattikorkeakoululla.

Fiksu rakennusautomaatio sekä älykkäät valaistuksenohjaukset ovat lisääntymässä määrin merkittävä tekijä tulevaisuuden energiansäästöavoitteissa, joten ympäristöllä on merkitystä opetustavoitteissa.

Opinnäytetyöprosessi oli tekijälle mieluisa koko prosessin ajan. Valaistusjärjestelmät kuuluivat tekijän aikaisempaan ammattiin joten ne olivat osittain entuudestaan tuttuja. Myös tekijän elektroniikkaharrastuneisuus sekä koulussa saatu elektroniikkaopetus liitettiin työhön elektroniikkasuunnittelun avulla. Työ opetti ongelmanratkaisua sekä dokumentoinnin laatimista.

Lähteet

1. Talvinen J. KNX –JÄRJESTELMÄ KIINTEISTÖJEN SÄHKÖISTYKSESSÄ. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. 2011.
2. Digital Addressable Lightning Interface Activity Group. Dali Manual. 2001.
3. Energiatehokas valaistus [Viitattu 16.3.2014].
http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf
4. VTT. Energiatehokkuus ja rakennuksen automaation luokitus [Viitattu 22.3.2014].
http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF09_Hyvarinen.pdf
5. NXP. Making a DALI network with ARM 32-bit Cortex-M0 microcontrollers [Viitattu 22.3.2014]. <http://www.nxp.com/applications/lighting/wired-lighting-networks/dali.html>
6. Arduino. PWM Tutorial [Viitattu 16.3.2014]. <http://arduino.cc/en/Tutorial/PWM>
7. Apple. Mikä on laiteohjelmisto? [Viitattu 15.1.2014].
<http://support.apple.com/kb/HT1471>

Komponenttiluettelo

Opiskeluympäristön rajapinta	Karelia-ammattikorkeakoulun valaisinsermi
Automaatiojärjestelmä	WAGO 750-849
Automaatiojärjestelmän IO-kortit	WAGO 750-402 (4x digital input) WAGO 750-504 (4x digital output) WAGO 753-620 (DALI PSU) WAGO 753-647 (DALI Master) WAGO 750-653 (RS-485)
DALI-väyläkortit	NXP OM13026
DALI-emokortti	Oma suunnittelu
Modbus-väyläkortti	Beckhoff BC8150
Modbus IO-kortit	Beckhoff KL1114 (4x digital input) Beckhoff KL2134 (4x digital output)
RS-232 – RS-485 -muunnin	FF-elektronikka CNV-1
Valaisimet	Keltainen LED, 20 mA
Valaisinkytkimet	Valaisinkytkimet merkkivaloilla
Liiketunnistimia simuloivat painonapit	Pienoispainonappi

Teoriatehtävät

Tehtävä 1.

Selvitä lyhyesti, mihin digitaalista valaistuksenohjausta tarvitaan. Mieti, korvaavatko digitaaliset ohjaukset kokonaan perinteiset valaisinkytkimet, vai onko perinteisillä kytkimillä vielä paikkansa?

Tehtävä 2.

Millä tavoin digitaalisen valaistuksenohjauksen kytkentä eroaa perinteisistä valaisinkytkimistä? Mitä erilaisia kytkentätapoja löydät? Voiko ohjaussignaalin kuljettaa verkkovirran mukana?

Tehtävä 3.

Etsi tietoa muutamista ohjausväylistä, ja selvitä niiden rakenne sekä fyysinen kytkentä.

Tehtävä 4.

Perehdy DALI-väylälaitteiden tiedonsiirtoon. Mitä erityyppisiä ohjaustapoja isäntälaitte voi käyttää valaisimien ohjaukseen? Millainen on väylän sähköinen kytkentä? Miltä näyttää DALI-datapaketi?

Tehtävä 5.

Perehdy DALI-väylälaitteiden ohjelmointiin. Selvitä erityisesti seuraavat termit:

- short address
- long address
- random addressing
- physical selection addressing

Tehtävä 6.

Selvitä, mitä parametreja DALI-valaisimille voi määrittellä.

Tehtävä 7.

Mihin DALI soveltuu? Missä tilanteessa sen tilalle kannattaisi valita esimerkiksi KNX?

Tehtävä 8.

Millä tavoin valaistuksen älykkäällä ohjauksella voisi säästää energiaa?

Harjoitustehtävät

- Tehtävä 1. Perehtyminen
Tutustu oppimisympäristön laitteistoon ja laadi järjestelmäkaavio.
- Tehtävä 2. Laitteiston käyttöönotto ja määrittely
Suunnittele ja kokoa tarvittava WAGO laitteisto, sekä tarvittavat liitännät. Valaisimet kytketään DALI-väylään, sekä painikkeet voit ottaa käyttöön haluamallasi tavalla (kenttäväylälaitteen avulla tai suoraan DI-kortteihin).
- Tehtävä 3. DALI-laitteiden ohjelmointi
Tarkistettuasi sähköiset kytkennät, suunnittele valaisimien ohjelmointi ja toteuta se haluamallasi tavalla.
Vinkki: Karelia-ammattikorkeakoululla ohjelmointiin voi käyttää WAGO:n Dali Configurator –ohjelmaa.
- Tehtävä 4. WAGO-ohjelmisto
Suunnittele ja toteuta WAGO:lla ohjelmisto, joka ohjaa valaisimia painikkeiden avulla. Käytä hyväksesi erityyppisiä ohjaustapoja, eikä pelkästään suoraa ohjauskäskyä.
- Tehtävä 5. Graafinen käyttöliittymä
Toteuta tekemääsi ohjelmaan myös graafinen käyttöliittymä, joka näyttää valaisimien tilan sekä sallii niiden ohjauksen.
- Tehtävä 6. Automaattiset ohjaukset
Suunnittele ja toteuta ohjelmisto, joka ohjaa valoja liiketunnistimien mukaan. Voit simuloida liiketunnistimia valaisinsarjan painonapeilla. Toteuta samaan ohjelmaan myös valojen kellokäyttöjä.

Valaisinsarjien käyttöohjeet

Laatinut: Jussi Karttunen / 2014



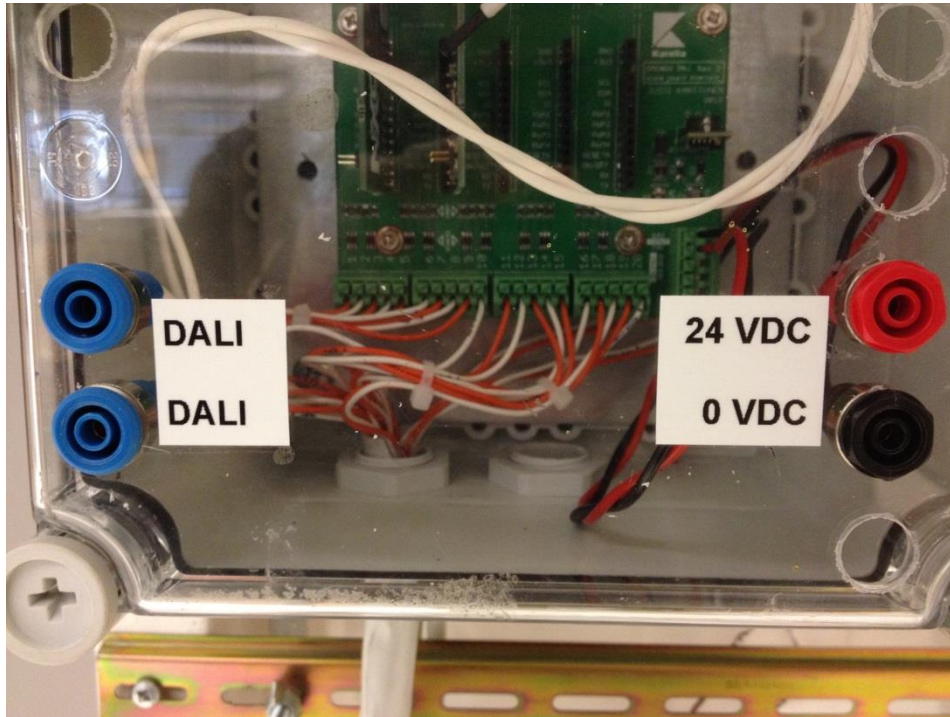
YLEISTÄ

Käytössäsi on Karelia-ammattikorkeakoulun valaisinjärjestelmiin tarkoitettu opiskeluympäristö – tai lyhemmin valaisinsermi. Sermi on kehitetty vuonna 2014 korvaamaan vanha Lexelin IHC-järjestelmään perustuva ympäristö.

Sermin etupuoli koostuu led-valaisimista sekä erityyppisistä painonapeista. Takapuolelle on sijoitettu ohjainyksiköt etupuolen laitteita varten. Sermissä on käytössä Dali- ja Modbus-väyliä. 20 valaisinta on kytketty Dali-väyläkortteihin ja painonapit Modbus-väylään.

Sermin käyttöä varten tarvitset sopivan isäntälaitteiston kuten Wagon automaatiojärjestelmän sopivilla väyläkorteilla sekä lisäksi muutamia banaanijohtoja kytkentöjä varten. Sermi sisältää sisäiset virtalähteet eikä erillisiä virtalähteitä tarvita paitsi ulkopuolisen automaatiojärjestelmän virransyöttöä varten.

VALAISIMET JA DALI-LAITTEISTO



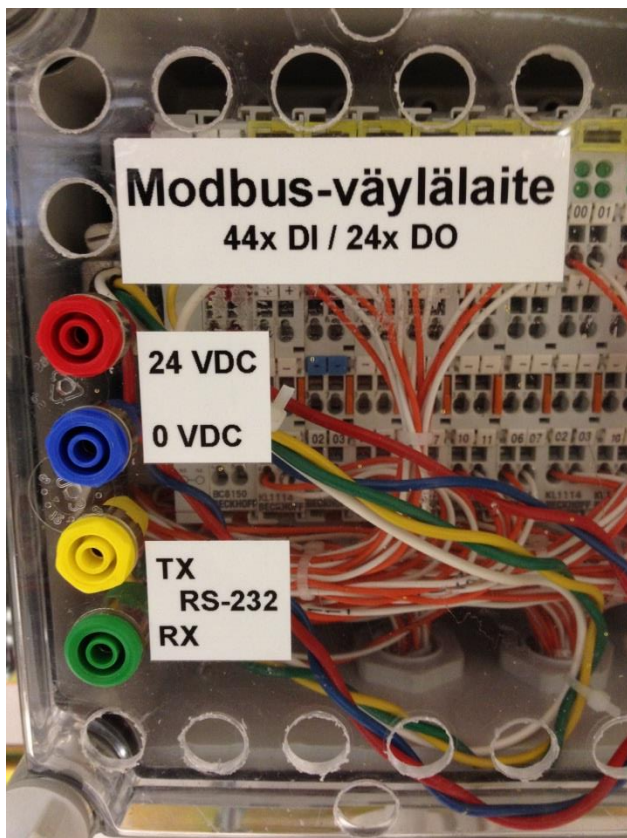
Dali-laitteisto koostuu itse kehitetystä emokortista, johon on sijoitettu viisi kappaletta Dali-väyläkortteja (NXP OM13026). Väyläkorttien prosessorit ohjaavat PWM-signaalia emokortilla sijaitsevia mosfettejä (ROHM QS6K21TR) jotka kytkevät ledien katodeja maihin. Maksimi potentiaaliero mosfetin yli on 24 VDC ja virta 1 A.

Yksikköön kytketään 24 VDC käyttöjännite (napaisuus oltava ehdottomasti oikein!) sekä sinisiin banaaniliittimiin Dali-väylä. Jännitteen kytkemisen jälkeen väyläkorteissa vilkkuu punainen valo, joka tarkoittaa että prosessori toimii oikein.



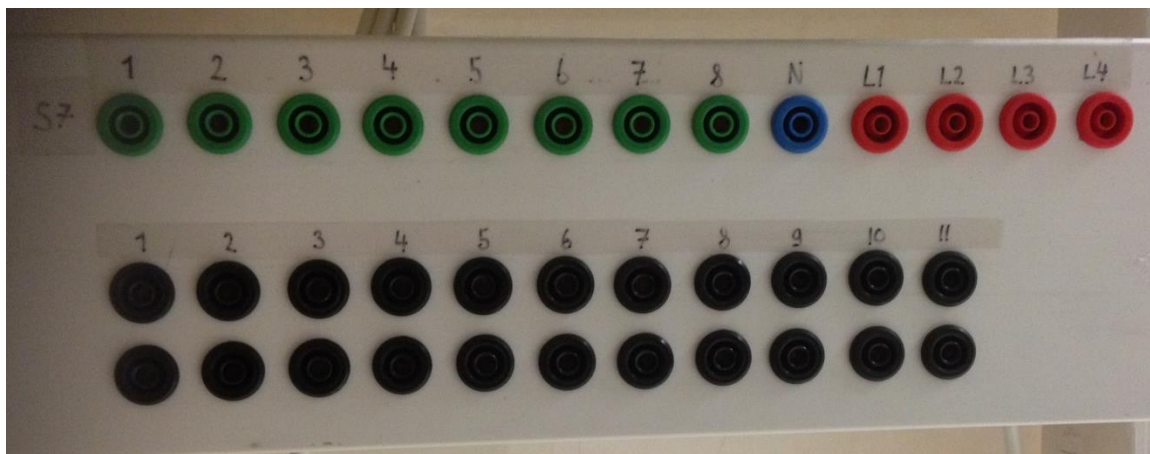
Dali-väyläkortit on kytketty sermin yläosassa sijaitsevan banaaniliitinrivistön mustiin liittimiin. Ledit ovat rinnan banaaniliittimien kanssa. Positiiviset käyttöjännitteet on kytketty sisäisesti neljän ryhmään 1-4, 5-8, 9-12, 13-16 ja 17-20. Ledit 21-25 eivät ole Dali-väyläkorttien perässä, vaan niitä pitää ohjata liittimien kautta muilla tavoin.

PAINIKKEET JA MODBUS-VÄYLÄ



Sermin painonapit on kytketty Modbus-väylälaitteen Beckhoff BC8150 perään. Väylälaitteelle kytketään Dali-väylälaitteiden tapaan 24 VDC käyttöjännite virralähteeltä, sekä RS-232 haluttuun laitteeseen. Jos käytössä on Wagon järjestelmä RS-485 Modbus-väyläkortilla, tarvitaan sermin väylämuunninta. Väylämuuntimen käytöstä lisää seuraavilla sivuilla. On myös huomattava, että TX ja RX -linjat kytketään *ristiin* halutun laitteen kanssa.

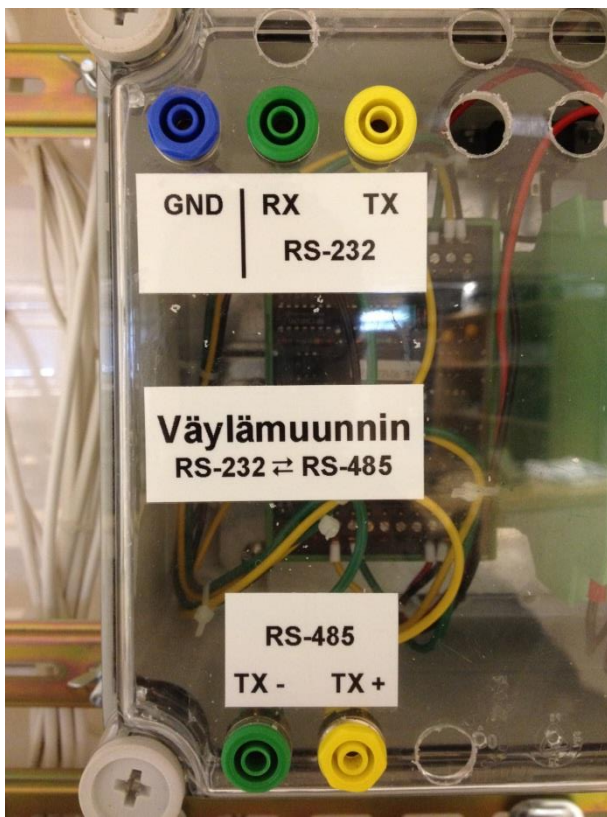
Modbus-väylälaitteen osoite on 41 ja DI-kortit alkavat osoitteesta 400001.



Esimerkkikuvassa näkyvät S7 –painikkeen liitännät, sekä kaikkien mustien pienoispainonappien liittimet. S1-S7 –painikkeiden käyttöä varten riittää 24 VDC käyttöjännitteen kytkeminen kaikkiin sinisiin N-kirjaimella merkattuihin liittimiin. Vihreät liittimet on kytketty rinnan Modbus-väylälaitteen sekä painonappien kanssa, joten tarvittaessa niihin voi kytkeä muita ulkoisia kytkimiä.

Mustien pienoispainonappien käyttöä varten alempi musta banaaniliitinrivistö täytyy lenkittää yhteen sekä kytkeä siihen 24 VDC käyttöjännite. Ylempi rivi on kytketty rinnan painonappien sekä Modbus-väylälaitteen kanssa.

Punaisiin banaaniliittimiin olisi mahdollista syöttää 24 VDC painonappien merkkivaloja varten. Tätä käyttöä varten N-liittimeen täytyisi syöttää 0 VDC, jolloin painikkeet eivät toimi järjestelmässä. Ongelma voidaan korjata korvaamalla Modbus-väylälaitteen DI-kortit sellaisiksi, että ne tunnistavat 0 VDC:n kytkemisen 24 VDC:n sijaan.

RS-232 – RS-485 –SARJAMUUNNIN

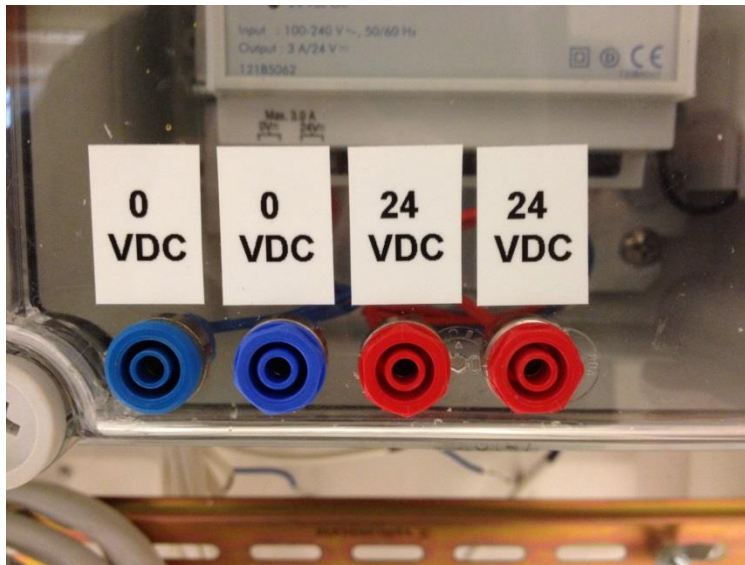
Sarjamuuntimen avulla voidaan sovittaa RS-232 väylä yhteen RS-485 –väylän kanssa. Muunninta tarvitaan esimerkiksi käytettäessä Wagon RS-485 väyläkorttia sermin Modbus-väylälaitteiston kanssa.

Muuntimelle kytketään 230 VAC käyttöjännite laatikon yläpuolella sijaitsevaan IEC-liittimeen. Itse muunnin toimii 5 VDC käyttöjännitteellä. GND –liitin täytyy kytkeä kaikkiin väyläkäytössä olevien laitteiden 0 VDC –linjaan.

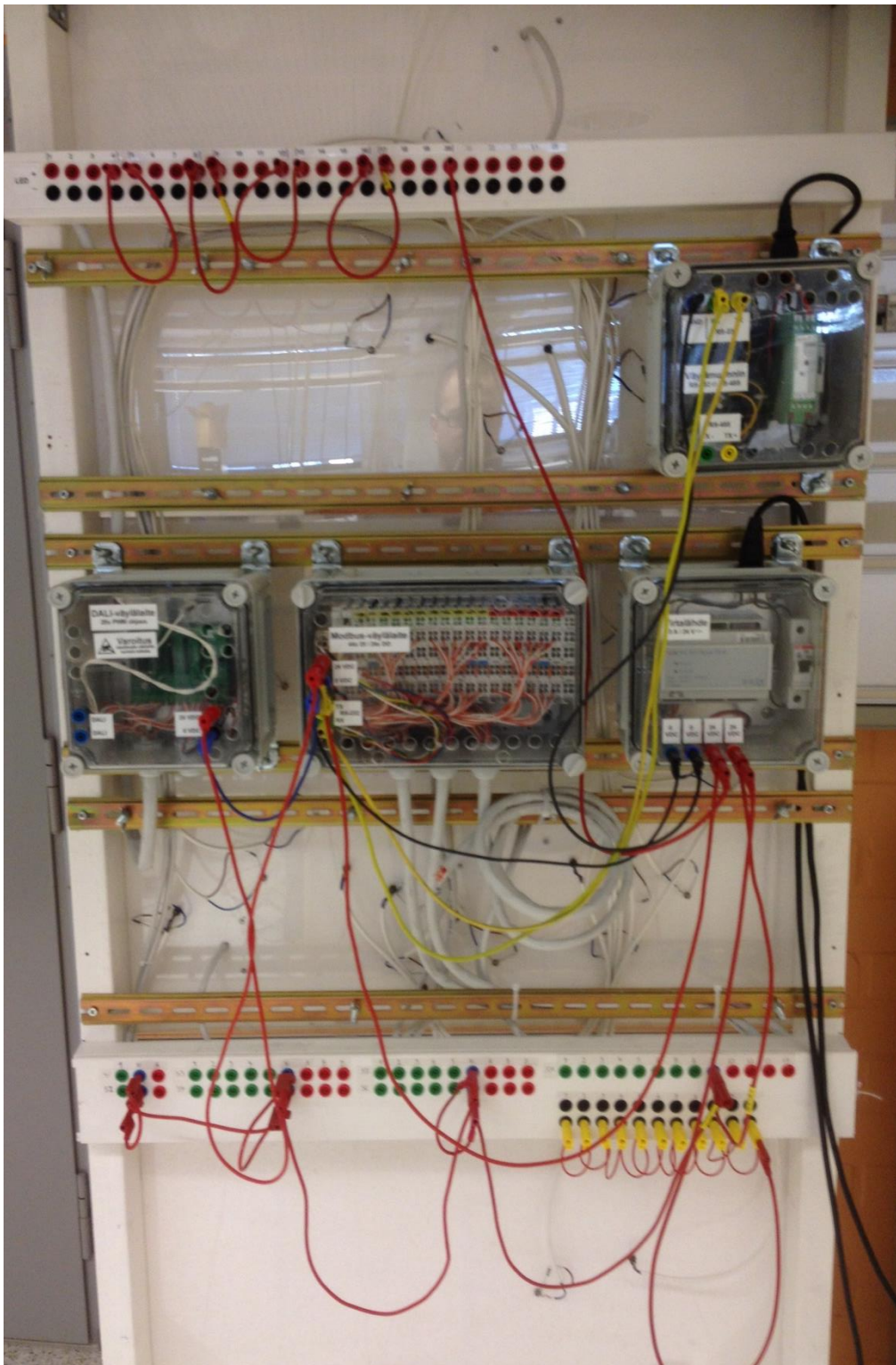
RS-232 –väylä kytketään banaani johdoilla Modbus-väylälaitteistoon. On huomattava, että TX sekä RX –liittimet kytketään ristiin!

Haluttu RS-485 laitteisto kytketään omiin liittimiinsä, ja liittimiä ei kytketä ristiin.

VIRTALÄHDE



Virtalähteen 240 VAC jännitteensyöttö kytketään laatikon yläpuolella olevaan IEC -liittimeen. Banaaniliittimistä saadaan 24 VDC käyttöjännite, joka voidaan kytkeä tarvittaviin paikkoihin. Virtalähteen syöttö on suojattu johdonsuoja-automaatilla.

ESIMERKKIKYTKENTÄ

Esimerkkikytkennässä kaikki jännitesyötöt on kytketty niille tarkoitetuille liittimille, sekä RS-232 väylä kytketty muuntimelle. Kuvasta puuttuu automaatiojärjestelmä, joka ohjaa valaisimia sekä lukee painikkeiden tilatietoja.

MODBUS –ESIMERKKIOHJELMA WAGOON

5-FBD])
 as Online Window Help

```

0001 ALOITA = TRUE
0002 K
0003   .SlaveAddress = 41
0004   .FunctionCode = 4
0005   .StartAddress = 0
0006   .Quantity = 8
0007   .Data
0008 V
0009  master
0010     .FunctionActive = TRUE
0011     .SendActive = TRUE
0012     .ReceiveBuffer
0013     .SendBuffer
0014     .Count = 8
0015     .CRC = 63460
0016     .Schnittstelle_1
0017     .ExpectedResponse = 21
0018     .Timer
0019     .TimeOutPointer = 0
0020     .CALC_CRC
0021     .i = 6
0022     .TriggerTimeOut = FALSE
0023     .Reset = FALSE
0024     .bCOM_PORT = 2
0025     .cbCOM_BAUDRATE = BAUD_9600
0026     .cpCOM_PARITY = PARITY_NO
0027     .csCOM_STOPBITS = STOPBITS_1
0028     .chsCOM_BYTESIZE = BS_8
0029     .cfCOM_FLOW_CONTROL = HALFDUPLEX
0030     .TimeOut = T#3s0ms
0031     .MB_Error = MB_NO_ERROR
0032     .StartFunction = TRUE
0033     .Query
0034     .Response
  
```

0001

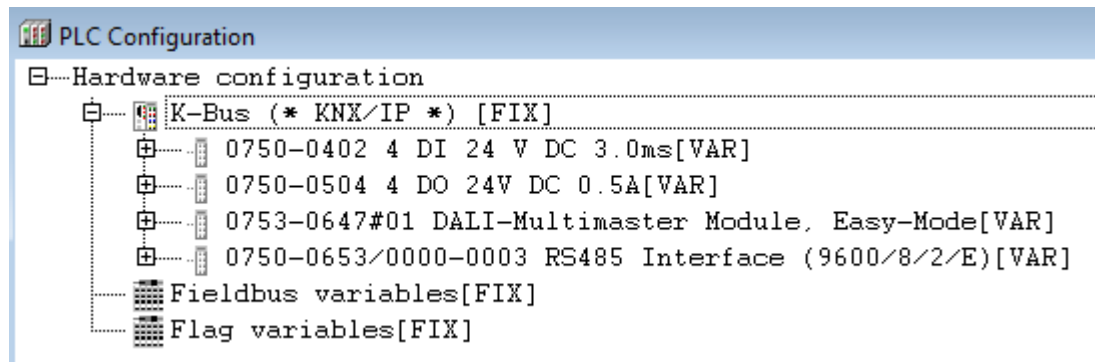
master

MODBUS_MASTER_RTU

2_	bCOM_PORT		MB_Error	□
	BAUD_9600_	cbCOM_BAUDRATE		
	PARITY_NO_	cpCOM_PARITY		
	STOPBITS_1_	csCOM_STOPBITS		
	BS_8_	chsCOM_BYTESIZE		
	4_	cfCOM_FLOW_CONTROL		
	T#3s0ms_	TimeOut		
	ALOITA_	StartFunction ▷		
	K_	Query ▷		
	V_	Response ▷		

Modbus-väylän käyttö onnistuu Wagoissa erillisen ”Modb_lo5.lib”-kirjaston avulla.

ESIMERKKI DALI-VÄYLÄN KÄYTÖSTÄ WAGOSSA



Yllä olevassa kuvassa muiden työssä käytettävien korttien lisäksi Dali-kortti on aseteltu easy-modeen. Tämä määrittelytapa on yksinkertaisin keino ottaa Dali-laitteet käyttöön. Easy-mode tarjoaa jokaisen Dali-valaisimen erikseen omina IO-pisteinään logiikkaohjelmoinnin puolelle:

```

← AT %IX1.0: BOOL; (* Address 0 On/Off state *) [CHANNEL (I)]
← AT %IX1.1: BOOL; (* Address 0 lamp failure *) [CHANNEL (I)]
→ AT %QX1.0: BOOL; (* Address 0 On/Off /Dim Up *) [CHANNEL (Q)]
→ AT %QX1.1: BOOL; (* Address 0 On/Off / Dim Down *) [CHANNEL (Q)]
← AT %IX1.2: BOOL; (* Address 1 On/Off state *) [CHANNEL (I)]
← AT %IX1.3: BOOL; (* Address 1 lamp failure *) [CHANNEL (I)]
→ AT %QX1.2: BOOL; (* Address 1 On/Off /Dim Up *) [CHANNEL (Q)]
→ AT %QX1.3: BOOL; (* Address 1 On/Off / Dim Down *) [CHANNEL (Q)]
← AT %IX1.4: BOOL; (* Address 2 On/Off state *) [CHANNEL (I)]

```

DALI-väyläkortin ohjelmistomuutokset

Ohjelmistomuutokset on tehty versioon ohjelmistoversioon

”LPC11xx_LPC13xx_DALI_release2.0”.

Muutokset esitetään diff-muodossa.

\DALI_SDK_v2.0\LPC111xSlave\src\appconfig.h

```
diff src/app_config.h src/app_config.h
71c71
< #define LAMP_TYPE_UBA3070_1CH
---
> //define LAMP_TYPE_UBA3070_1CH
74c74
<
---
> #define LAMP_TYPE_DRIVER_4CH // oma määrittely neljälle PWM -kanavalle
96a97,100
> #elif defined (LAMP_TYPE_DRIVER_4CH)
> #define NUM_DALI_DEVICES (4)
> #define NR_OF_DIM_CURVES (4)
> #define PWM_OUTPUT_FREQUENCY_HZ (733)
100c104
< #define DALI_PHYSICAL_MIN_LEVEL (1) // physical minimum power level
---
> #define DALI_PHYSICAL_MIN_LEVEL (0) // physical minimum power level -- oli 1
```

\DALI_SDK_v2.0\LPC111xSlave\src\DALI_DimCurve.c

```
diff src/DALI_DimCurve.c src/DALI_DimCurve.c
61a62,63
> #elif defined (LAMP_TYPE_DRIVER_4CH)
> #include "DALI_DimCurve_4CH.h"
```

\DALI_SDK_v2.0\LPC111xSlave\src\main.c

```
diff src/main.c src/main.c
143a144,156
>
> #elif defined (LAMP_TYPE_DRIVER_4CH)
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_1].Type = DALI_DEV_TYPE_LED_LIGHT;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_1].DimCurveIndex = 0;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_1].PwmOutputInverted = false;
>
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_2].Type = DALI_DEV_TYPE_LED_LIGHT;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_2].DimCurveIndex = 1;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_2].PwmOutputInverted = false;
>
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_3].Type = DALI_DEV_TYPE_LED_LIGHT;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_3].DimCurveIndex = 2;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_3].PwmOutputInverted = false;
144a158,160
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_4].Type = DALI_DEV_TYPE_LED_LIGHT;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_4].DimCurveIndex = 3;
> dali_setup.ballast_config[DALI_DEVICE_4].PwmOutputInverted = false;
```

\DALI_SDK_v2.0\LPC111xSlave\src\DALI_DimCurve_4CH.h (uusi tiedosto)

```
#ifndef __DALI_DIM_CURVE_4CH_H__
#define __DALI_DIM_CURVE_4CH_H__

#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

#define DIM_CURVE_0 \
{\
    0,\
    53,\
    56,\
    62,\
    69,\
    78,\
```

89, \
102, \
117, \
135, \
154, \
175, \
199, \
224, \
251, \
281, \
312, \
346, \
381, \
419, \
458, \
500, \
544, \
589, \
637, \
687, \
739, \
792, \
848, \
906, \
966, \
1028, \
1092, \
1158, \
1226, \
1296, \
1368, \
1442, \
1518, \
1596, \
1676, \
1759, \
1843, \
1929, \
2017, \
2108, \
2200, \
2295, \
2391, \
2489, \
2590, \
2692, \
2797, \
2904, \
3012, \
3123, \
3235, \
3350, \
3467, \
3586, \
3706, \
3829, \
3954, \
4081, \
4210, \
4341, \
4474, \
4609, \
4746, \
4885, \
5026, \
5169, \
5314, \
5461, \
5610, \
5762, \
5915, \
6070, \
6228, \
6387, \
6548, \

6712,\
6877,\
7045,\
7214,\
7386,\
7559,\
7735,\
7912,\
8092,\
8274,\
8457,\
8643,\
8831,\
9021,\
9213,\
9407,\
9602,\
9800,\
10000,\
10202,\
10406,\
10612,\
10820,\
11030,\
11243,\
11457,\
11673,\
11891,\
12111,\
12334,\
12558,\
12784,\
13013,\
13243,\
13476,\
13710,\
13947,\
14185,\
14426,\
14668,\
14913,\
15159,\
15408,\
15659,\
15912,\
16166,\
16423,\
16682,\
16943,\
17206,\
17471,\
17737,\
18006,\
18277,\
18550,\
18826,\
19103,\
19382,\
19663,\
19946,\
20231,\
20519,\
20808,\
21099,\
21392,\
21688,\
21985,\
22285,\
22586,\
22890,\
23195,\
23503,\
23812,\
24124,\
24437,\

24753,\
25071,\
25390,\
25712,\
26036,\
26362,\
26690,\
27019,\
27351,\
27685,\
28021,\
28359,\
28699,\
29041,\
29385,\
29732,\
30080,\
30430,\
30782,\
31136,\
31493,\
31851,\
32211,\
32573,\
32938,\
33304,\
33673,\
34043,\
34416,\
34790,\
35167,\
35545,\
35926,\
36309,\
36693,\
37080,\
37469,\
37859,\
38252,\
38647,\
39044,\
39443,\
39844,\
40247,\
40652,\
41059,\
41468,\
41879,\
42292,\
42707,\
43124,\
43543,\
43965,\
44388,\
44813,\
45240,\
45670,\
46101,\
46535,\
46970,\
47407,\
47847,\
48288,\
48732,\
49178,\
49625,\
50075,\
50526,\
50980,\
51436,\
51894,\
52353,\
52815,\
53279,\
53745,\

```
54213,\
54683,\
55155,\
55629,\
56105,\
56583,\
57063,\
57545,\
58029,\
58515,\
59004,\
59494,\
59986,\
60480,\
60977,\
61475,\
61975,\
62478,\
62982,\
63489,\
63997,\
64508,\
65020,\
65534\
}

#define DIM_CURVE_1  DIM_CURVE_0

#define DIM_CURVE_2  DIM_CURVE_0

#define DIM_CURVE_3  DIM_CURVE_0

#ifdef __cplusplus
}
#endif

#endif /* __DALI_DIM_CURVE_4CH_H__ */
```