



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KAUPUNGINTEATTERIN VALAISTUKSEN OHJAUS BECKHOFF- AUTOMAATIOLOGIIKALLA

TEKIJÄ/T: Niko Soininen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Niko Soininen	
Työn nimi Kaupunginteatterin valaistuksenohjaus Beckhoff-automaatiologiikalla	
Päiväys 19.5.2016	Sivumäärä/Liitteet 29
Ohjaaja(t) lehtori Heikki Laininen, yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lemminkäinen Oyj (ARE Oy)	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä valaistuksenohjausjärjestelmään ja ottaa käyttöön se Kuopion kaupunginteatterissa. Työ toteutettiin käyttämällä Beckhoff-automaatiojärjestelmää ja siihen kuuluvaa TwinCat-ohjelmistoa, joka koostuu PLC- ja System Manager -ohjelmistoista. Automaatiologiikka suunniteltiin ja toteutettiin sekä suurelle että pienelle näyttämölle.</p> <p>Työssä tutustuttiin yleisesti teatteriympäristöön, näyttämöiden järjestelmien rakenteeseen, valaistuksenohjauksessa käytettyihin komponentteihin, ohjelmoinnin eri vaiheisiin sekä järjestelmien testaukseen. Valaistuksenohjauksen käyttöönotto aloitettiin komponenttien tarkastuksella, josta siirryttiin ohjelmointiin. Ohjelmointi oli jaettava vaiheisiin, jotta järjestelmistä tuli toimivat. Lopuksi tehtiin kummallakin näyttämöllä jokaiselle järjestelmän osaluokelle testit, joissa tarkastettiin järjestelmien toimivuus.</p> <p>Teatterin molemmille näyttämöille saatiin suunniteltua ja toteutettua toimiva valaistuksenohjausjärjestelmä, joka on tälläkin hetkellä jokapäiväisessä käytössä niin esityksissä kuin harjoitustilanteissa. Johtopäätöksenä työstä voidaan todeta, että Beckhoff-järjestelmä sopii hyvin teatterin kaltaiseen kohteeseen, sillä järjestelmä on hyvin muokattavissa ja lyhyen opetteluun jälkeen helppo käyttää. Työ saavutti sille asetetut tavoitteet.</p>	
Avainsanat valaistuksenohjaus, ohjausjärjestelmä, Beckhoff, ohjelmisto, automaatio	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Soininen, Niko			
Title of Thesis Introducing Beckhoff Lighting Automation System to Kuopio City Theatre			
Date	May 19, 2016	Pages/Appendices	29
Supervisor(s) Mr Heikki Laininen, Senior Lecturer and Mr Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Lemminkäinen Oyj (ARE Oy)			
<p>Abstract</p> <p>The main purpose of this final year project was to study the lighting automation system and introduce it to Kuopio City theatre. The research was supposed to be carried out by using Beckhoff's automation system and the TwinCat system. The automation system was to be designed and implemented in both small and large stages in the theatre.</p> <p>In this project the premises of Kuopio city theatre, the structure of the stage systems, lightning components used, as well as different levels of programming and testing systems were inspected. The first step in introduction of lighting automation system was inspection of components and the second was programming. The programming was made in stages to make the systems work in the required way. The final step was to test the systems in both stages. Testing confirmed the functionality of the systems in each section.</p> <p>As a result of the project a functional lighting system for both stages was planned and implemented. Beckhoff lighting system is proved to be suitable for theatre because the system is easy to modify and use. This project achieved the goals that had been set to it.</p>			
<p>Keywords</p> <p>lighting system, automation system, steering system, Beckhoff automation system, software, automation</p>			

ALKUSANAT

Työskennellessäni sähköasentajana kesällä 2013 Kuopion kaupunginteatterin saneerauksessa, sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön silloiselle Lemminkäinen Oyj:lle, nykyiselle Are Oy:lle. Otin haasteen vastaan, koska projekti vaikutti mielestäni haastavalta ja mielenkiintoiselta. Haluan esittää kiitokset Kuopion kaupunginteatterin käyttöpäällikkö Juha Westmanille, Beckhoff Automation Oy:n Jussi Piispaselle, teatteritekniikan valvoja Rita Ilolalle, työnantaja ARE Oy:lle sekä työn ohjaajilleni Heikki Lainiselle ja Juhani Rouvalille.

Kuopiossa 19.5.2016

Niko Soininen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	KUOPION KAUPUNGINTEATTERI	7
2.1	Kohteeseen tutustuminen	7
3	LAITTEISTO JA OHJELMISTOT	8
3.1	Beckhoff Suomessa	8
3.2	TwinCat.....	8
3.3	System Manager	8
3.4	EtherCat.....	8
3.5	Ohjelmointikielät.....	9
4	JÄRJESTELMÄN RAKENNE JA OHJELMOINTI	10
4.1	Valonohjausreleiden ohjelmointi.....	15
4.2	DMX512-protokolla sekä työ- ja sinivalojen ohjelmointi	18
4.3	Himmenninkeskusten ohjelmointi	21
4.4	Kotiakohti.....	23
4.5	Releet painikkeen takana.....	24
5	TESTIT	27
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	28
	LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Suurin osa suomalaisista teattereista on rakennettu 1800- tai 1900-luvulla, kuten myös Kuopion kaupunginteatteri. Tämä tarkoittaa sitä, että myös teatterirakennuksia on saneerattava tietyin väliajoin, jotta esimerkiksi teattereissa käytettävä tekniikka on tätä päivää ja katselijat saavat parhaimman mahdollisen teatterikokemuksen. Kuopion kaupunginteatterin saneeraus toteutettiin vuosina 2011–2014. Tarkoituksena oli toteuttaa laaja perusparannus- ja laajennustyö, johon sisältyi muun muassa kaksi uutta katsomoa, ulkoilmanäyttämö ja nykyaikaisia työ- ja harjoitustiloja henkilökunnan käyttöön. (Kuopion kaupunginteatteri.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toteuttaa Kuopion kaupunginteatterin saneerauksen yhteydessä teatterirakennukseen valaistuksenohjaus. Valaistuksenohjausjärjestelmänä teatterirakennuksessa käytettiin Beckhoff Oy:n ohjelmistoja sekä komponentteja.

Tämä opinnäytetyö jakaantuu viiteen päälukuun. Aluksi esitellään hieman johdatusta aiheeseen, tämän opinnäytetyön toteutustavat ja työn rakenne. Seuraavaksi esitellään Kuopion kaupunginteatteria yleisesti sekä paneudutaan siihen, kuinka ryhdyttiin valmistautumaan opinnäytetyön käytännön osuuteen. Tämän jälkeen käydään läpi teatterirakennuksessa käytettävää laitteistoa ja yleistä laitevalmistajasta sekä kuvataan järjestelmien rakenteita ja ohjelmointia esimerkkitalantein, koska ohjelmointi oli pääasiassa hyvin samantyyppistä. Lisäksi työssä paneudutaan valonohjausreleiden ohjelmointiin, DMX512-protokollaan ja sen ohjelmointiin sekä järjestelmän testaukseen.

2 KUOPION KAUPUNGINTEATTERI

Kuopion kaupunginteatteri sijaitsee hieman Kuopion keskustan laidalla osoitteessa Niiralankatu 2. Nykyinen teatterirakennus valmistui vuonna 1963, ja sen ovat suunnitelleet arkkitehdit Risto-Veikko Luukkonen ja Helmer Stenros. Teatterirakennuksen peruskorjaus alkoi vuonna 2011, ja se saatiin päätökseen kesällä 2014. Avajaiset saneeratussa teatterirakennuksessa pidettiin 19. elokuuta 2014. Saneerauksessa teatteritaloon valmistui kaksi näyttämöä: 464-paikkainen Minna-näyttämö ja 212-paikkainen Maria-näyttämö. Minna-näyttämö sijaitsee vanhalla puolella ja Maria-näyttämö laajennusosassa. Rakennuksen vanhan osan pinta-ala on 5 500 m² ja uuden laajennusosan 2 300 m². (Kuopion kaupunginteatteri.)

2.1 Kohteeseen tutustuminen

Teatteriympäristö kohteena on teknisiltä ja rakenteellisilta vaatimuksiltaan haastava. Teatterissa värimaailma, tekniikka ja rakenteet ovat loppuun asti suunniteltuja ja toteutettuja. Tämä näkyy muun muassa rakennusmateriaalien värien valinnassa sekä valaistukseen liittyvissä asioissa. Näyttämöiden värimaailma on tumma, mikä tulee esille seinissä sekä seiiniin asennettujen teknisten laitteiden väriyksessä. Tumman värimaailman vuoksi katselijan silmiin ei välttämättä erotu se, että seinillä kulkee kaapelireittejä, joihin on sidottu kaapeleita, tai että seiiniin on asennettu esimerkiksi pistorasiakeskuksia.

Tässä työssä käsitellään työ- ja sinivaloja sekä niiden ohjelmointia. Työvalot ovat pääasiassa valonheittämiä sekä loisteputki- ja ledvalaisimia, joita käytetään esimerkiksi lavastustöitä tehtäessä ennen esitystä tai harjoitusta. Sinivalot taas ovat nimensä mukaisesti sinistä valoa tuottavia lamppeja tai ledvalaisimia, joita käytetään esityksen aikana. Tummat seinät niin sanotusti syövät sinisen valon, joten mikäli esityksen aikana huoltohenkilökunta joutuu työskentelemään esityksen taustatiloissa, se onnistuu näiden sinivalojen ansiosta. Normaaliin asuinkohteeseen verrattuna teattereissa on samassa tilassa kolmea erilaista valaistusjärjestelmää eri tilanteisiin.

3 LAITTEISTO JA OHJELMISTOT

3.1 Beckhoff Suomessa

Beckhoff on toiminut Suomessa vuodesta 1986, ensin edustajan välityksellä ja vuodesta 2000 Beckhoff-yhtiönä. Suomessa Beckhoffilla on konttoreita kolmessa kaupungissa; Hyvinkäällä sijaitsee Beckhoff Suomen pääkonttori ja haarakonttorit ovat Tampereella ja Seinäjoella. Beckhoff Suomen Hyvinkään-pääkonttori hoitaa myös Viron aluetta, mutta jatkossa myös Tallinaan on tulossa oma konttori. Kaikissa Suomen Beckhoff-konttoreissa ovat edustettuna myynti, tekninen tuki, koulutus, tuotekehitys, sovellukset ja huolto. Näiden lisäksi Hyvinkäällä sijaitsee Beckhoff- komponenttien varasto. (Beckhoff.)

3.2 TwinCat

TwinCat (The Windows Control and Automation Technology) on Beckhoffin luoma ohjelmointiympäristö, jolla järjestelmän ohjelmointi toteutetaan. TwinCat-ohjelmistoon kuuluu PLC- sekä System Manager -ohjelma. TwinCat-ohjelmointiympäristössä ohjelmointi tapahtuu käyttämällä IEC 61131-3 -standardin mukaisia ohjelmointikieliä.

3.3 System Manager

Tällä TwinCat-ohjelmistoon kuuluvalla ohjelmalla skannataan tai määritellään manuaalisesti komponentit eli I/O-laitteet järjestelmään. Järjestelmä koostuu I/O-laitteista, joita esimerkiksi tässä työssä olivat TJK- ja TRK-keskuksiin sijoitetut komponentit (taulukko 1 ja 2, s. 14). System Manager -ohjelmaan liitetään PLC-ohjelmalla kirjoitettu koodi. Koodin liittämisen jälkeen koodissa käytetyt muuttujat linkitetään keskuksilta haettuihin I/O-laitteiden tuloihin tai lähtöihin halutun toimintasuunnitelman mukaisesti.

3.4 EtherCat

EtherCat on Beckhoffin luoma Ethernet-pohjainen kenttäväyläprotokolla, jolla välitetään tietoa järjestelmän sisällä. Kenttäväylässä laitteet liitetään toisiinsa RJ45-kaapeleiden ja -pisteiden kautta niin, että järjestelmään valittu päälaitte lähettää tiedon niin sanotuille orjalaitteille, jotka käsittelevät saadut tiedot lähettämällä ne taas eteenpäin järjestelmän koon mukaisesti. (Kuvat 3 ja 4, s. 12)

3.5 Ohjelmointikieliet

IEC 61131-3 -standardin mukaisia ohjelmointikieliä ovat IL (Instruction List), LD (Ladder), FBD (Function Block Diagram), SFC (Sequential Flow Chart), ST (Structured Text), CFC (Continuous Function Chart). Instruction list eli IL on yksinkertainen ohjelmointikieli, joka soveltuu vaativaan ohjelmointiin hieman rajallisesti. Ladder eli LD on selkeälukuinen ohjelmointikieli, jossa vianhaku on helppoa. Function Block Diagram eli FBD on paljon käytetty ohjelmointikieli, jonka etuna on visuaalisuus. Opinnäytetyössäni käytettiin tätä ohjelmointikielenä. Sequential Flow Chart eli SFC vuokaavio-ohjelmointi on varsin selkeä askelketjumaisissa toiminnoissa. Structured text eli ST-ohjelmointi on basic/pascal-sukuinen ohjelmointikieli, joka on joustava ja ehkä tunnetuin ohjelmointikieli edellä mainituista. Tämän kielen etuna on kommenttien lisääminen koodin perään, mikä selkeyttää kunkin toiminnon tarkoitusperää.

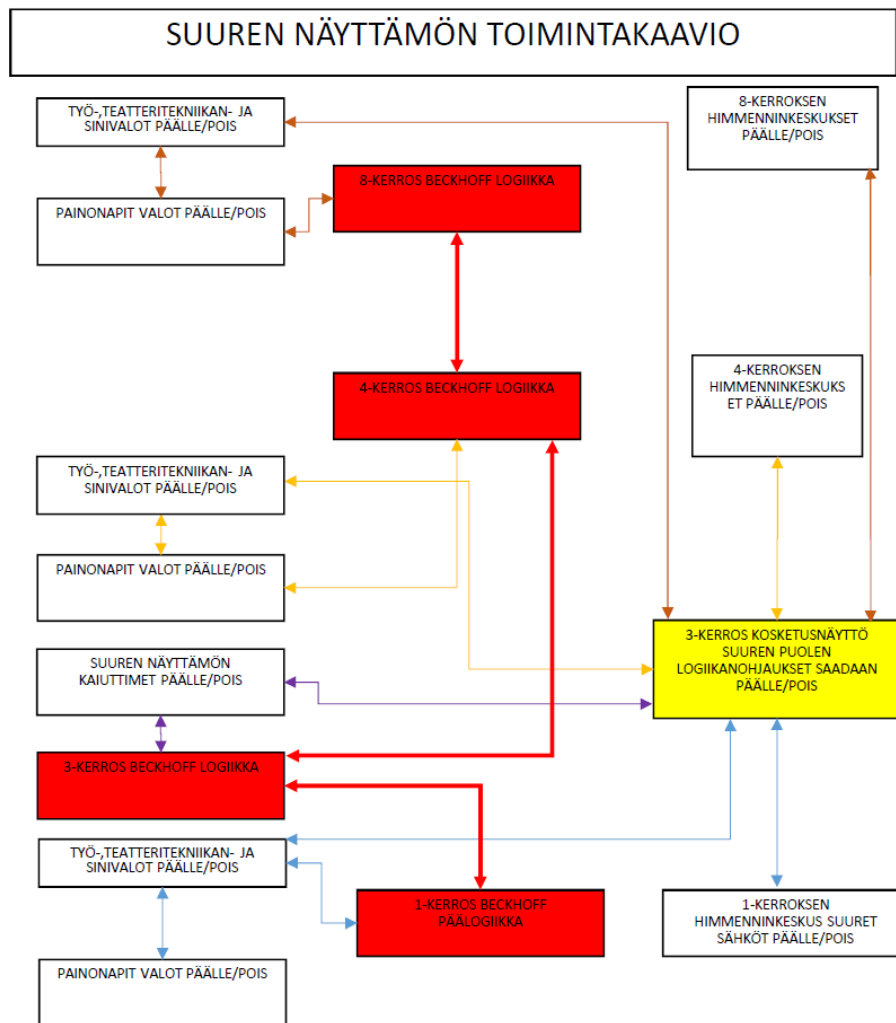
4 JÄRJESTELMÄN RAKENNE JA OHJELMOINTI

Beckhoff-järjestelmä koostuu Kuopion kaupunginteatterissa TwinCat-ohjelmistolla ohjattavista ohjelmoitavista komponenteista. Nämä komponentit on sijoitettu rakennuksen eri osissa sijaitseviin TJK- ja TRK-keskuksiin sekä suurella että pienellä näyttämöllä. Kaikki samaan järjestelmään liitetyt keskuksat ovat samassa EtherCat-verkossa keskenään, mikä tarkoittaa sitä, että yhdellä CX9020-prosessorikortilla voidaan ohjata koko järjestelmää. TwinCat PLC -ohjelman ohjelmointikielenä käytettiin FBD-ohjelmointikieltä (Function Block Diagram).

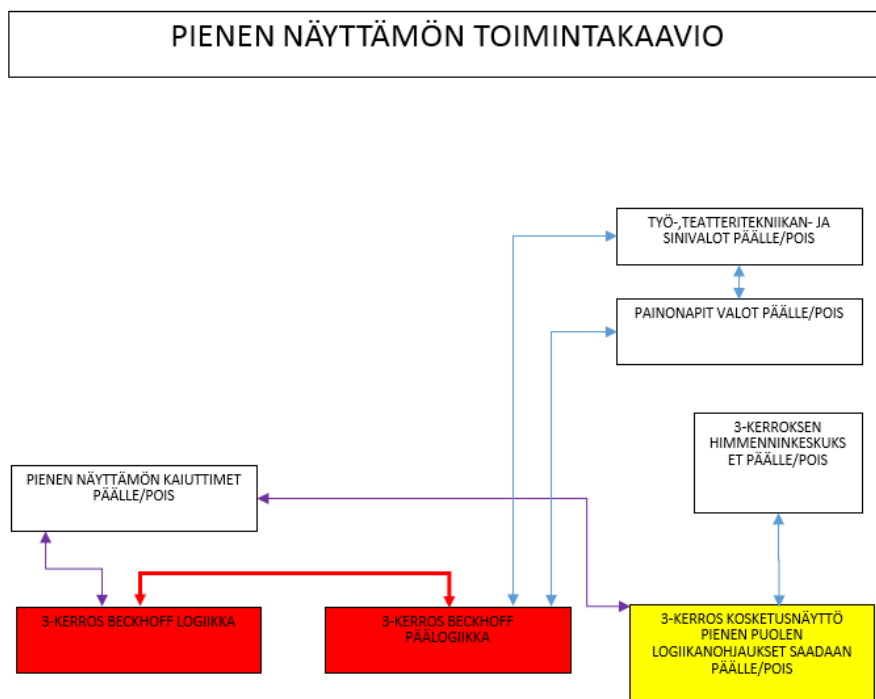
Teatterissa on kaksi eri järjestelmää, joita työssäni käsittellään nimillä suuri näyttämö sekä pieni näyttämö. Suurella näyttämöllä viitataan Minna-näyttämöön, joka on vanhan osan näyttämö. Pienellä näyttämöllä viitataan Maria-näyttämöön, joka on laajennusosan näyttämö.

Ensimmäinen työvaihe oli tarkastaa TJK- ja TRK-keskuksiin asennettujen komponenttien tyypit sekä lukumäärät. Komponenttien lukumäärän ja oikean komponenttityypin tarkastuksessa käytettiin apuna sähkösuunnittelutoimiston laatimia piirikaavioita, joiden perusteella keskustoimittaja oli Beckhoff-komponentit keskuksiin sijoittanut.

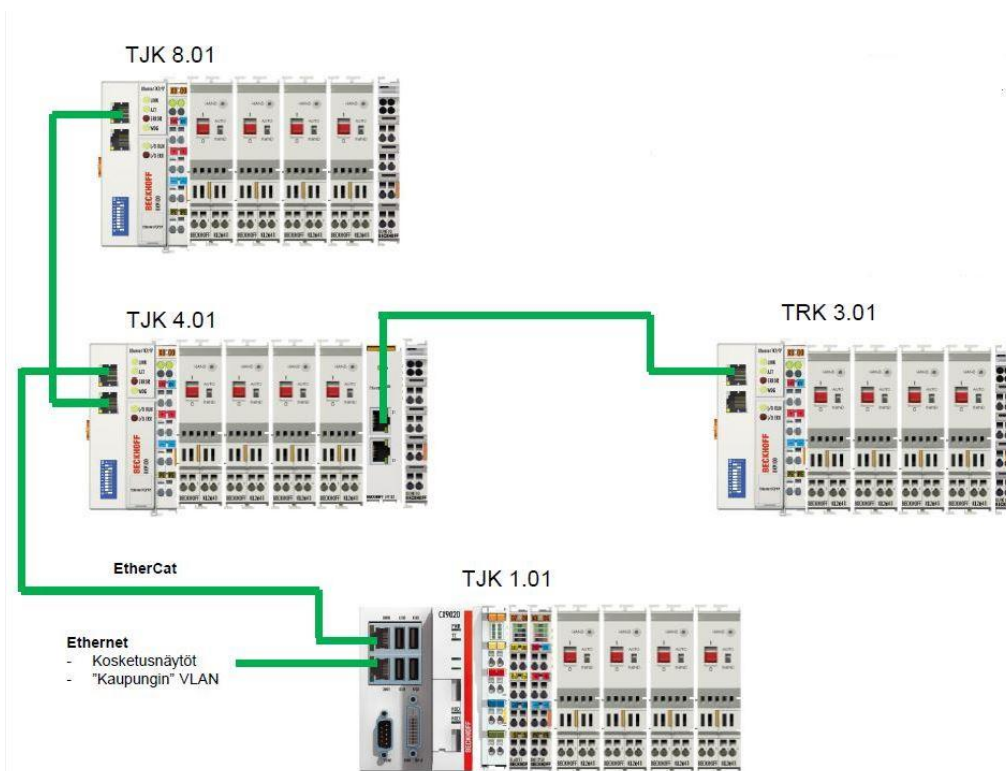
Seuraavana oli vuorossa komponenttien toiminnan tarkastaminen. Tähän vaadittiin, että jokaiseen TJK- ja TRK-keskukseen täytyi kytkeä jännitteet, jotta saatiin komponentit toimintaan. Tässä vaiheessa korttien toiminta tarkastettiin silmämääräisesti katsomalla korteista, että komponenttien etuosassa sijaitsevat liikennöintiledit vilkkuivat oikein. Kortti toimi oikein, mikäli liikennöintiledit vilkkuivat vihreänä tasaisin väliajoin. Kortti ei toiminut oikein, mikäli samat liikennöintiledit vilkkuivat punaisena kolmen sekunnin sykleissä. Tämän jälkeen kytkettiin tietokone kiinni Minna-näyttämön katsomon yläpuolella sijaitsevan äänitarkkaamon keskuksen TRK 3.01 Beckhoff EtherCat - verkkoterminaaliin. Tästä pisteestä päästiin Beckhoffin logiikkaverkkoon ohjelmoimaan suuren näyttämön koko järjestelmää. Seuraavaksi perustettiin Minna-näyttämölle projekti TwinCat System Manager -ohjelmalla. Minna-näyttämö sai projektinimekseen suuri näyttämö. Tähän projektiin haettiin System Manager -ohjelmalla Minna-näyttämöön kuuluvien keskuksien komponentit. Komponentteja oli asennettu keskuksiin TJK 1.01, TJK 4.01, TJK 8.01 ja TRK 3.01. Tämän jälkeen jokainen komponentti nimettiin sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Komponenttien oikeanlainen nimeäminen oli tärkeää, koska varsinaisen PLC-ohjelma liitettiin myöhemmin jokaiseen komponenttiin. Tämä sama työ tehtiin Maria-näyttämöllä, jonka projektinimeksi tuli pieni näyttämö (Kuvat 1 - 4, s. 11 – 12).



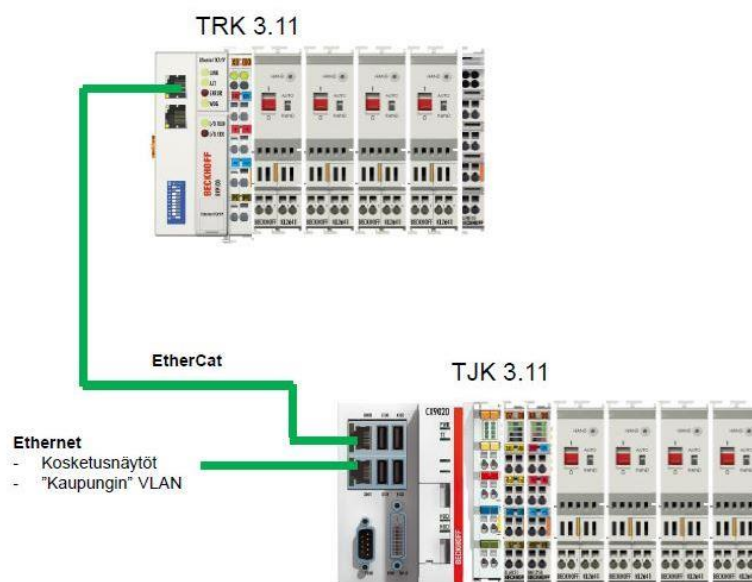
KUVA 1. Suuren näyttämön yksinkertaistettu toimintakaavio



KUVA 2. Pienen näyttämön yksinkertaistettu toimintakaavio



KUVA 3. Minna-näyttämön järjestelmä



KUVA 4. Maria-näyttämön järjestelmä

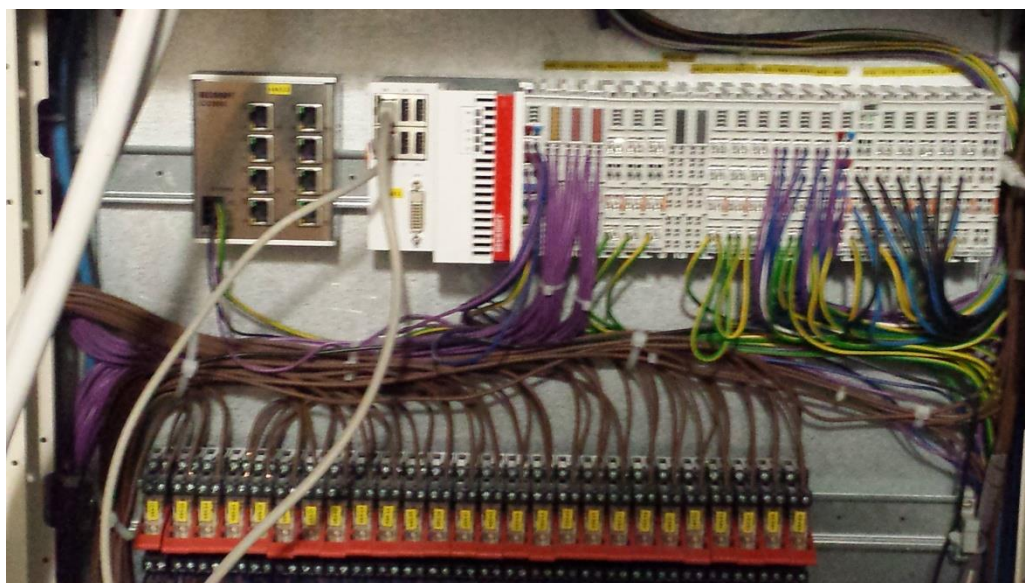
TAULUKKO 1. Minna-näyttämön järjestelmän komponentit

Suuri näyttämö			
Keskustunnus	Komponentin tyyppi	Komponentin lukumäärä/kpl	Tarkoitus
TJK 1.01	EL1809	2	Seinäpainikkeiden ohjaus
TJK 1.01	EL2809	2	Releiden ohjaus
TJK 1.01	EL4002	3	Analogia ohjaus
TJK 1.01	EL6851	8	DMX ulos
TJK 1.01	EL6851-0010	6	DMX sisään
TJK 1.01	KL2761	5	Valo-ohjaus
TJK 1.01	KL2641	26	Valo-ohjaus
TJK 1.01	CX9020	1	Järjestelmäyksikkö
TJK 4.01	EL1809	2	Painonappien ohjaus
TJK 4.01	EL2809	1	Isot releet
TJK 4.01	EL4002	2	Analogia ohjaus
TJK 4.01	EL6861	4	DMX ulos
TJK 4.01	EL2761	4	Valo-ohjaus
TJK 4.01	EL2641	38	Valo-ohjaus
TJK 4.01	BK9100	1	Väyläyksikkö
TRK 3.01	EL2809	1	Releiden ohjaus
TRK 3.01	KL2641	61	Äänireleiden ohjaus
TRK 3.01	BK9100	1	Väyläyksikkö
TJK 8.01	EL1809	1	Seinäpainikkeiden ohjaus
TJK 8.01	EL2809	2	Releiden ohjaus
TJK 8.01	EL4002	3	Analogia ohjaus
TJK 8.01	EL6851	3	DMX ulos
TJK 8.01	KL2761	6	Valo-ohjaus
TJK 8.01	KL2641	73	Valo-ohjaus
TJK 8.01	BK9100	1	Väyläyksikkö

TAULUKKO 2. Maria-näyttämön järjestelmän komponentit

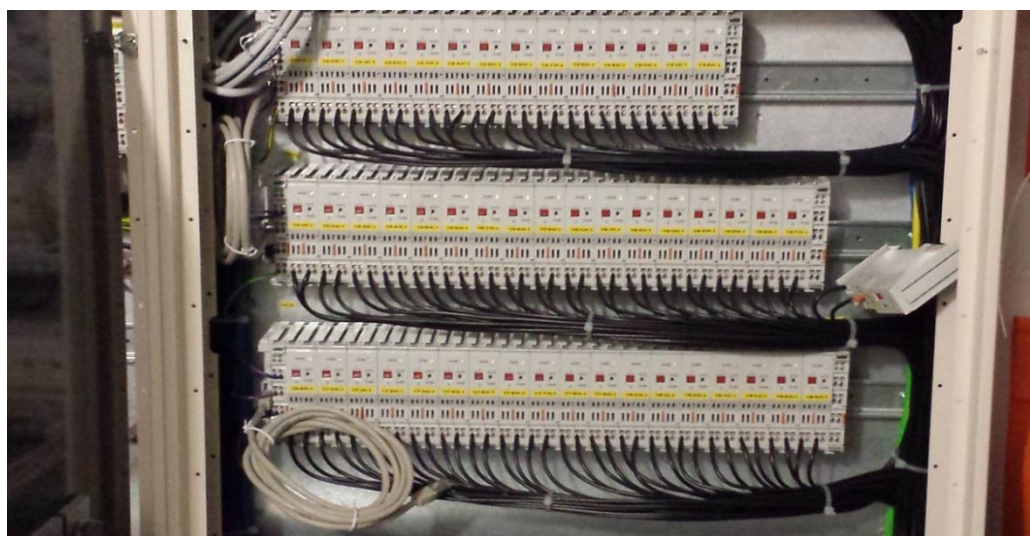
Pieni näyttämö			
Keskustunnus	Komponentin tyyppi	Komponentin lukumäärä/kpl	Tarkoitus
TJK 3.01	EL1809	2	Seinäpainikkeiden ohjaus
TJK 3.01	EL2809	2	Releiden ohjaus
TJK 3.01	EL4002	3	Analogia ohjaus
TJK 3.01	EL6851	13	DMX ulos
TJK 3.01	EL6851-0010	5	DMX sisään
TJK 3.01	KL2761	5	Valo-ohjaus
TJK 3.01	KL2641	133	Valo-ohjaus
TJK 3.01	CX9020	1	Järjestelmäyksikkö
TJK 3.01	EK1122	1	Väyläyksikkö
TJK 3.01	KL6021-S	1	MODBUS
TRK 3.13	KL2809	1	Releiden ohjaus
TRK 3.13	KL2641	30	Äänireleiden ohjaus
TRK 3.13	BK9100	4	Väyläyksikkö

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty komponentit, joita kussakin teatteritekniikan keskuksessa oli. Keskustunnus kertoo sen, missä keskuksessa kyseinen komponentti sijaitsee. Komponentin tyyppi on kyseisen laitteen tuotetunnus. Komponentin lukumäärä kertoo niiden määrän kappaleina. Komponentin tarkoitus kuvaa kyseisen komponentin tehtävää logiikassa. Kuvat 5 - 8 kuvaavat keskusta TJK 1.01. Muut keskuksat suurella näyttämöllä ovat lähes samanlaisia komponenteiltaan lukuun ottamatta järjestelmäyksikköä, joka muissa keskuksissa ottaa tietoa vastaan TJK 1.01 -keskuksen järjestelmäyksiköltä. Nämä muut pääyksiköt keskuksissa TJK 4.01, TRK 3.01 ja TJK 8.01 ovat tyypiltään BK9100.



KUVA 5. TJK 1.01 -keskus

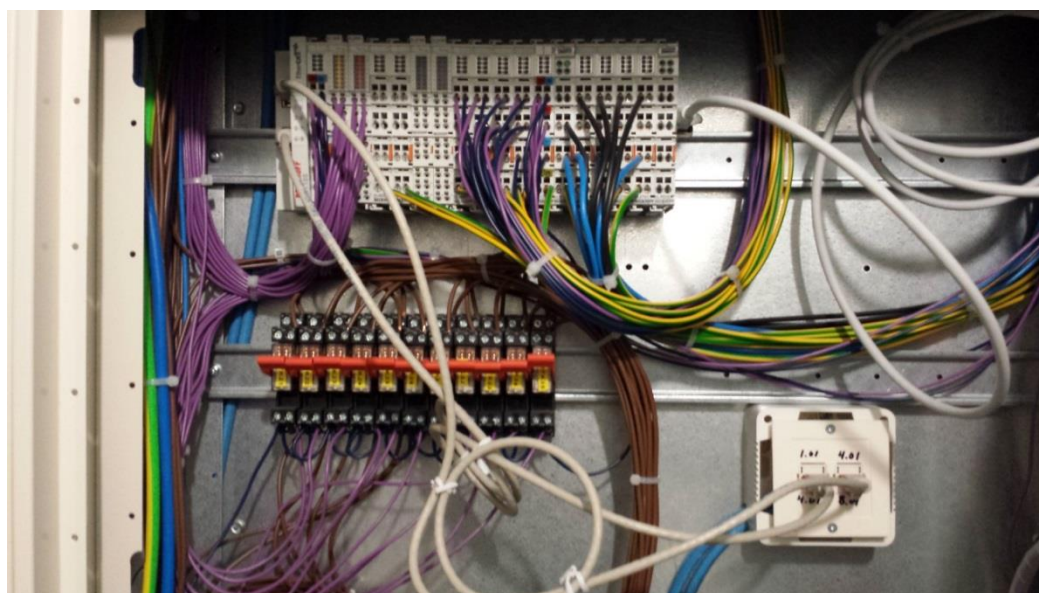
Kuvassa 5 vasemmalla valkoinen komponentti punaisella raidalla on tyypiltään CX9020, joka on suuren näyttämön pääyksikkö. Se myös siirtää tietoa muihin suuren puolen TJK- ja TRK-keskuksiin.



KUVA 6. TJK 1.01 -keskuksen komponentteja



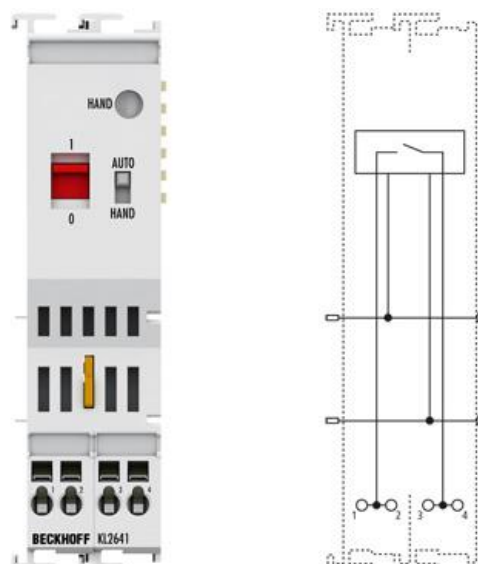
KUVA 7. TJK 1.01 Beckhoff logiikan tehonlähde



KUVA 8. TJK 4.01 vasemmalta alkaen korttimodulissa ensimmäisenä liikennöintiyksikkö BK9100

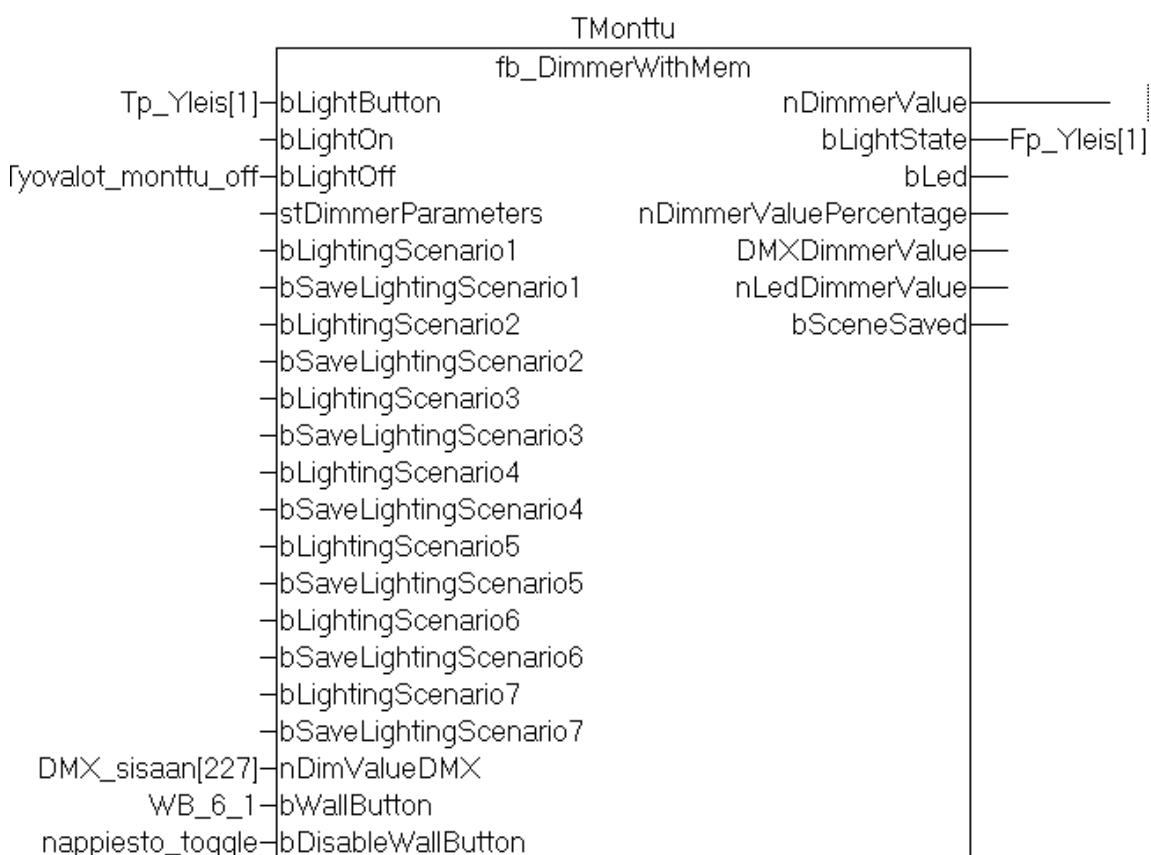
4.1 Valonohjausreleiden ohjelmointi

Varsinaisen PLC-koodin ohjelmointityön ensimmäinen vaihe oli valaistusreleiden ohjelmointi, jotka olivat tuotetyypiltä tyyppiä KL2641. KL2641-kortilla ohjattiin esityksessä käytettäviä valonheittämiä, pistorasiakeskuksesta otettuja teatteritekniikan laitteita sekä näyttämöalueilla sijaitsevia eri huoneilojen valaistuksia. Tällä kortilla ohjattiin myös esimerkiksi orkesterimontun valoja päälle ja pois. Orkesterimonttu sijaitsee Minna-näyttämön pyörön alapuolella. Pyörö on näyttämölle rakennettu pyörivä elementti, joka mahdollistaa esityksissä esitykseen liittyvien lavastusten muutokset nopeasti.

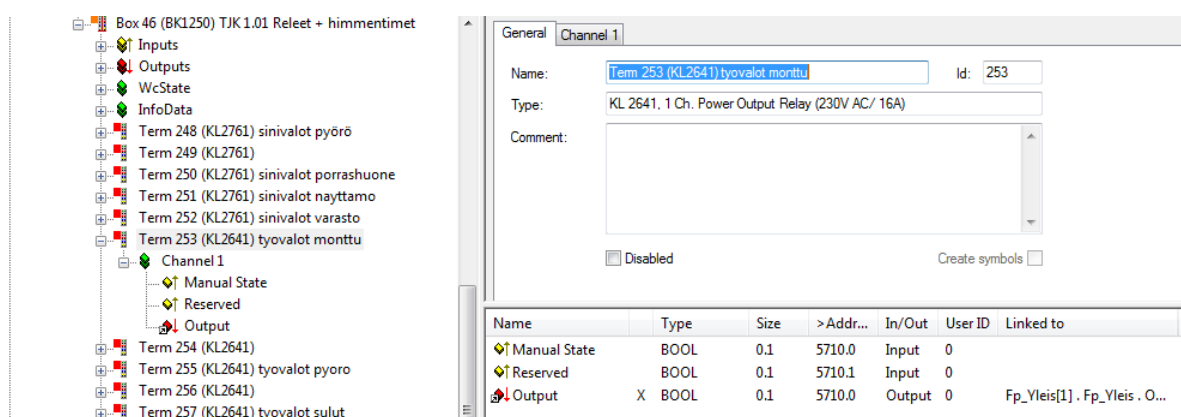


KUVA 9. EL2641-tyypin kortti (Beckhoff)

EL2641-tyypin kortteja kutsutaan releiksi (kuva 9). Kortteja voidaan käyttää joko automaattilla eli ohjelmasta ohjattuna tai käsin. Ohjaustyyppi saadaan valittua vaihtamalla dippikytkimen asentoa kortin etupaneelissa. Nämä kortit ohjelmoitiin toimimaan päälle-, pois- sekä kotiakohti-toiminnolla. Ohjelmointi tehtiin TwinCat PLC -ohjelmassa sekä System Managerissa.

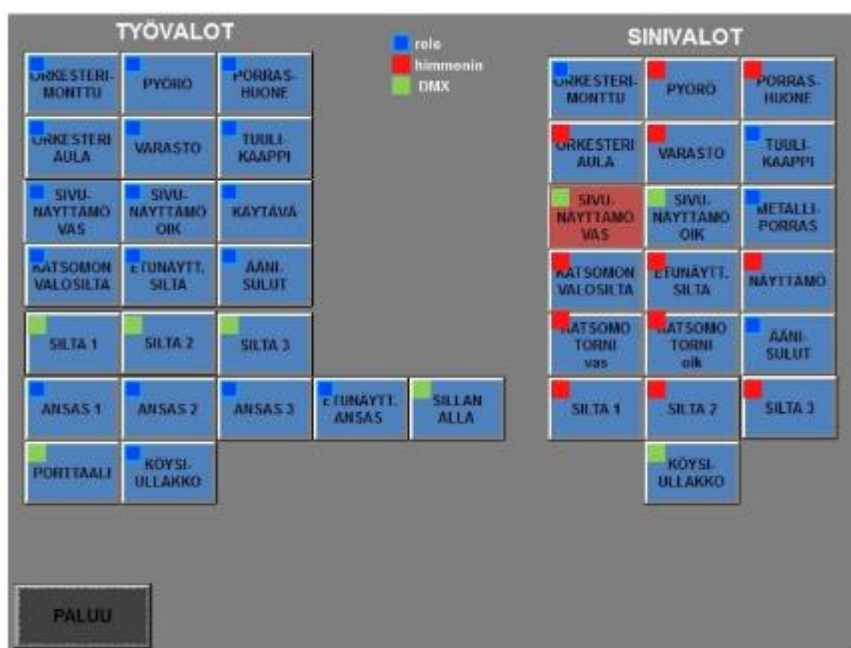


KUVA 10. TwinCat PLC -ohjelmassa tehtävä ohjelmointi

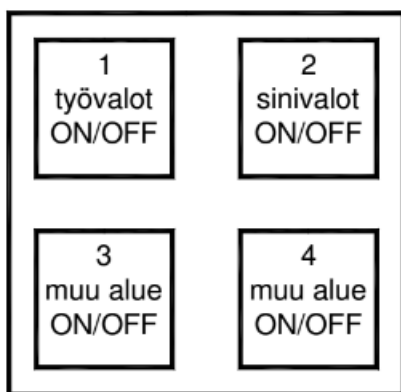


KUVA 11. TwinCat System Managerissa tehtävä ohjelmointi

PLC-Ohjelmassa määritelty niin sanottu laatikko "TMonttu" vastaa TJK 1.01 -keskuksessa fyysisesti sijaitsevaa korttia KL2641, joka on System Managerissa nimetty tunnukselle tyovalot monttu. Tätä korttia voidaan ohjata päälle ja pois kosketuspaneelistä sekä seinäpainikkeesta. Käsky WB_6_1 kertoo ohjelmassa sen, että se on teatteriin numeroksi 6 asennettu painonappipainikkeisto. Tämän painikkeiston painonapista 1 saadaan orkesterimontun työvalot sytytettyä tai sammutettua. Käsky TP_Yeis[1] taas viittaa kosketusnäyttöön. Kosketusnäytössä on määritelty osio työvaloille, jossa on painike orkesterimontulle. Nämä toiminnot ovat samanarvoisia keskenään, joten molemmilla ohjaustavoilla saadaan valot ohjattua päälle ja pois.



KUVA 12. Kosketusnäytön työ- ja sinivalot -valikko, jonka vasemmassa yläreunassa on painike orkesterimontun työvaloille

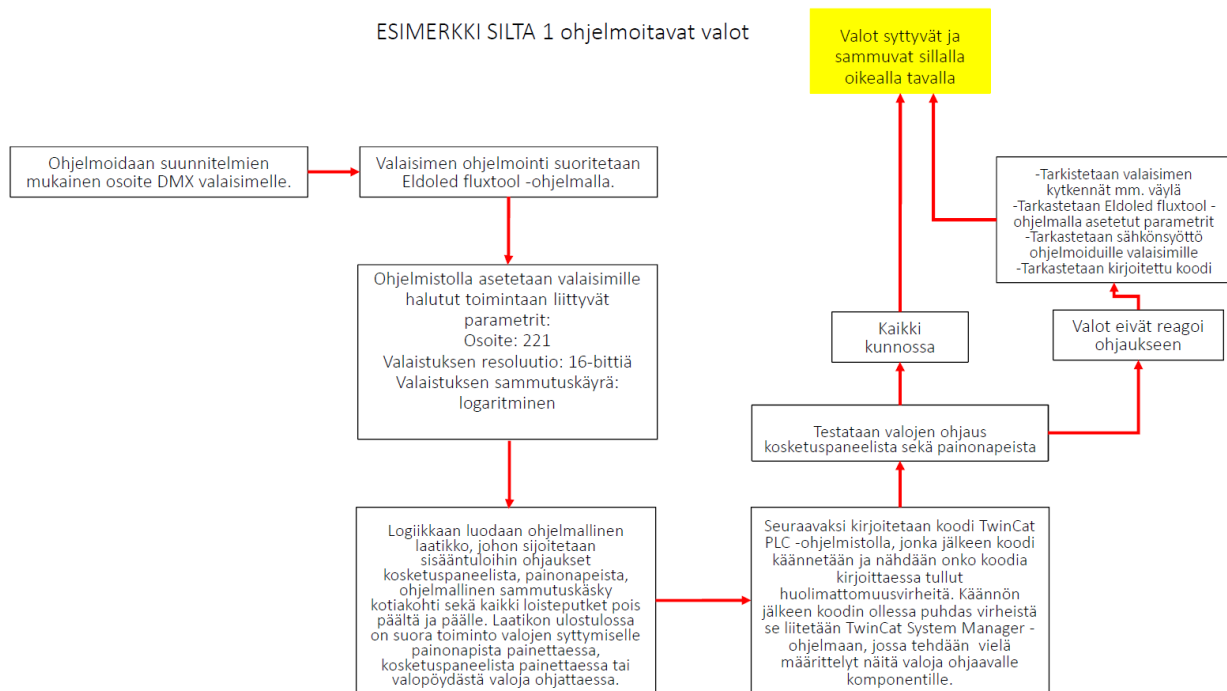


KUVA 13. Neljä painonappia sisältävä painikkeisto ON/OFF toiminnolla

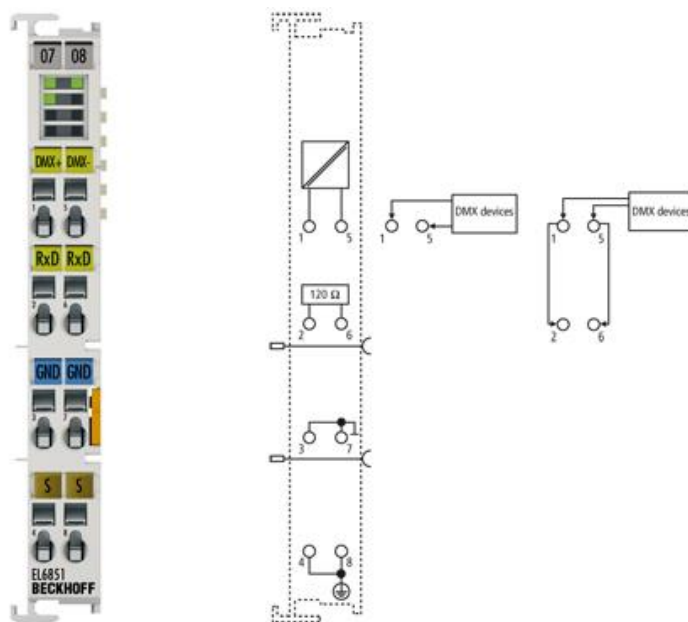
4.2 DMX512-protokolla sekä työ- ja sinivalojen ohjelmointi

Kuopion kaupunginteatterissa on paljon DMX–tekniikalla ohjattavia laitteita, koska suurimmalta osaltaan juuri tätä protokollaa käytetään teatteri- ja konserttimaailmassa. DMX512 on eräänlainen signaalimuoto, jolla voidaan ohjata 512 eri himmenninkanavan ohjausta. Luku 512 DMX-sanan perässä tarkoittaa yhtä ohjattavaa DMX-avaruutta. Yhdessä DMX-linjassa saa olla ohjattavia laitteita enintään 32 kappaletta ja linjan pituus saa olla enintään 1 000 metriä. Kuopion kaupunginteatterissa on isolla näyttämöllä yhteensä seitsemän DMX-avaruutta käytössä, kun taas pienellä näyttämöllä on kolme avaruutta. DMX-laitteelle pitää asettaa aina osoite, mikäli laite ei käytä yksinään 512-kanavaa.

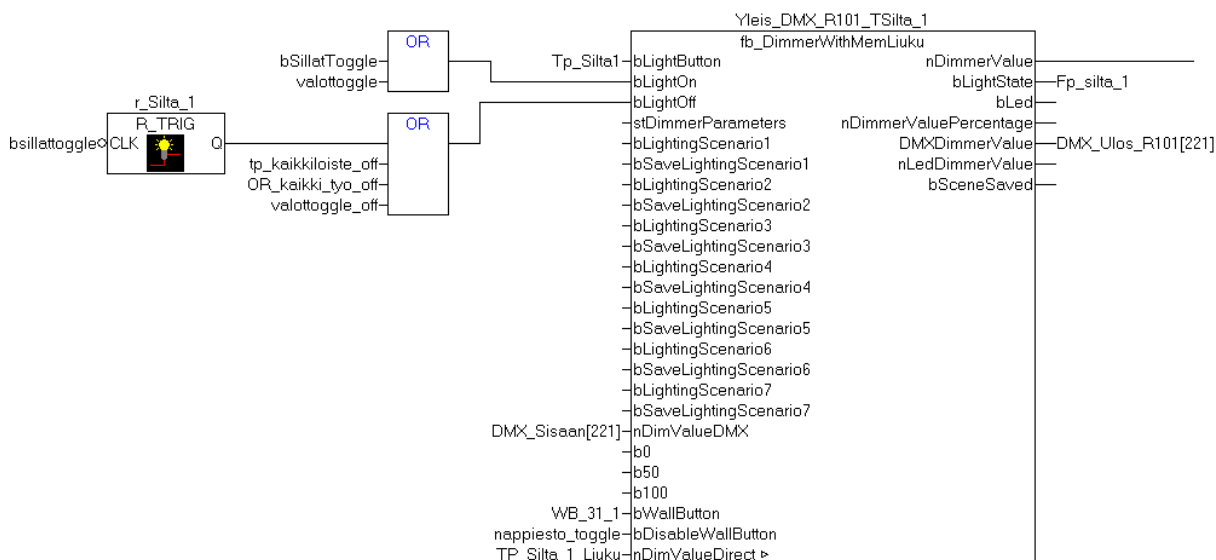
Tässä projektissa DMX-osoitteeston määrittelijänä toimi työn tilaaja, jonka mukaan osoitteet asettiin eri tilojen laitteille. Valaisimiin osoitteet ja valaisimen toimintaan liittyvät parametrit asetettiin Eldo-led fluxtool -ohjelmalla. Tällä ohjelmalla pystyttiin asettamaan osoite ainoastaan yhteen valaisimeen kerrallaan, joka tämän mittakaavan kohteessa tarkoitti kuukausien työtä pelkästään valaisimien osoitteiden ja parametrien muokkaukselle. Esimerkiksi työvalot 3. kerroksen sillalla tulivat DMX-ohjauksen taakse ja näille valaisimille asetettiin yhteiseksi osoitteeksi 221 (kuva 14).



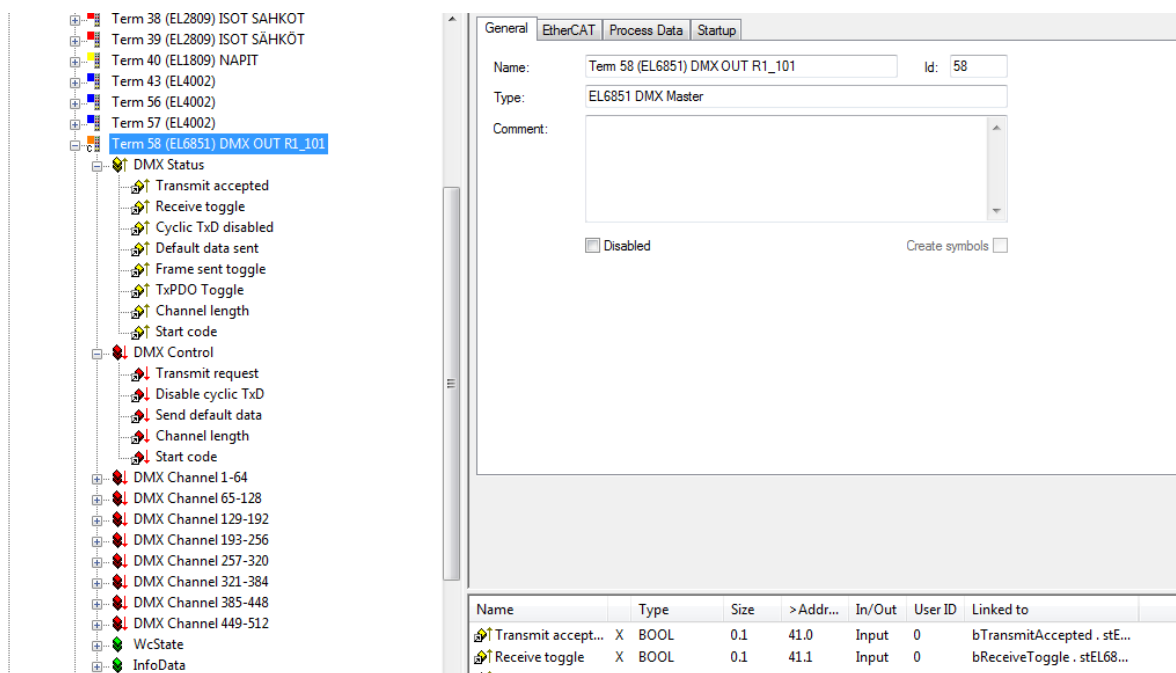
KUVA 14. Valojen ohjelmointi vaihe vaiheelta



KUVA 15. EL6851-kortilla lähetetään DMX-signaalia sillalla sijaitseville valaisimille (Beckhoff)



KUVA 16. TwinCat PLC -ohjelmassa määritellään halutut ohjelmalliset toiminnot sillan valaisimille



KUVA 17. TwinCat System Manager -ohjelmassa määritellään keskuksessa sijaitsevan kortin toiminnot ja kortin tunnus

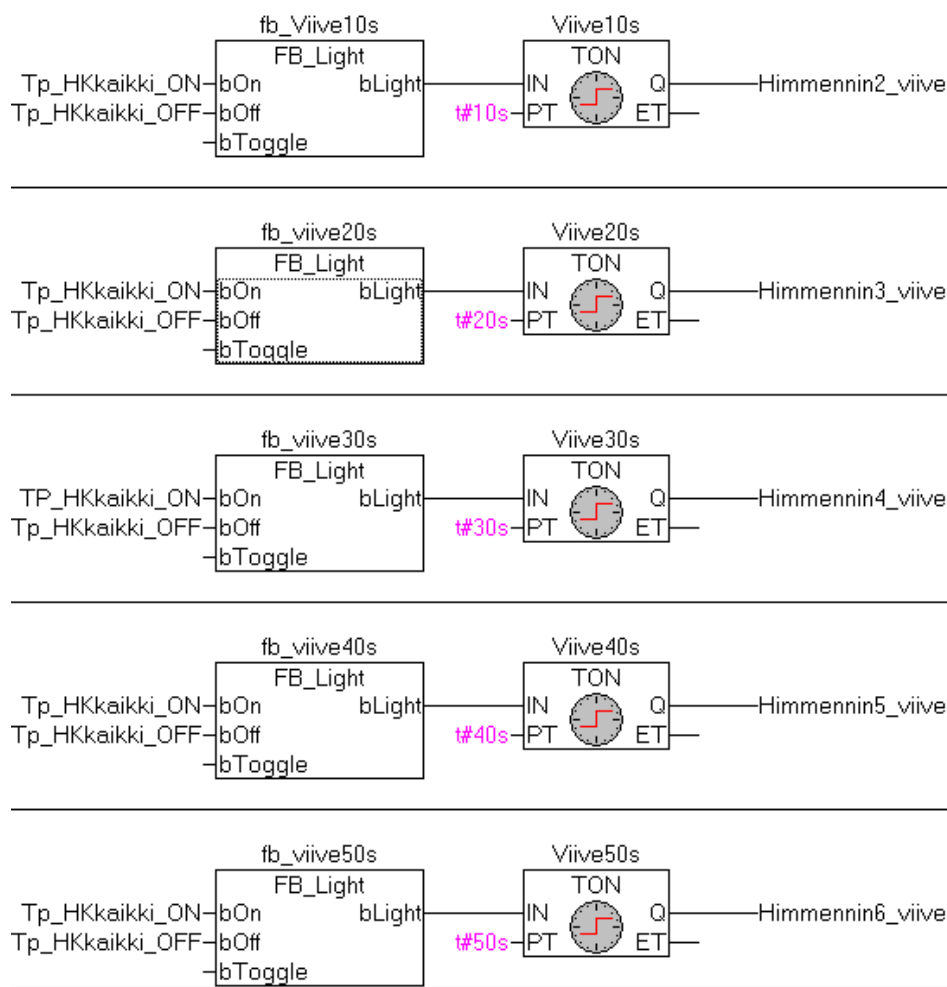
DMX-valojen ohjelmoinnissa käytettiin samoja periaatteita kuin työvalojen ohjelmoinnissa. Valot saadaan sytytettyä ja sammutettua kosketusnäytöstä (kuva 12, s. 17) sekä painikkeistosta (kuva 13, s. 18). Toimintaperiaate on seuraavanlainen: Kun painetaan kosketuspaneelin työvalo-osiolla sijaitsevaa painiketta Silta 1, TP_Silta1, toiminto PLC-ohjelman sisäänmenopuolella lähettää käskyn DMXDimmerValue ulostuloon ohjelmoidulle DMX_Ulos_R101[221], joka sytyttää sillalla olevat valot. DMX_Ulos_R101[221]-käsky on hyvin oleellinen, koska kortti EL6851, joka määritettiin System Managerissa tunnukselle R101, lähettää DMX-signaalia osoitteeseen 221. Kaikki 3. kerroksen sillan va-

laisimet oli ohjelmoitu osoitteeseen 221, joten se sai tämän toiminnon kautta käskyn ON/OFF. Tätä samantyyppistä ohjelmointia tehtiin sekä suurella että pienellä näyttämöllä paljon.

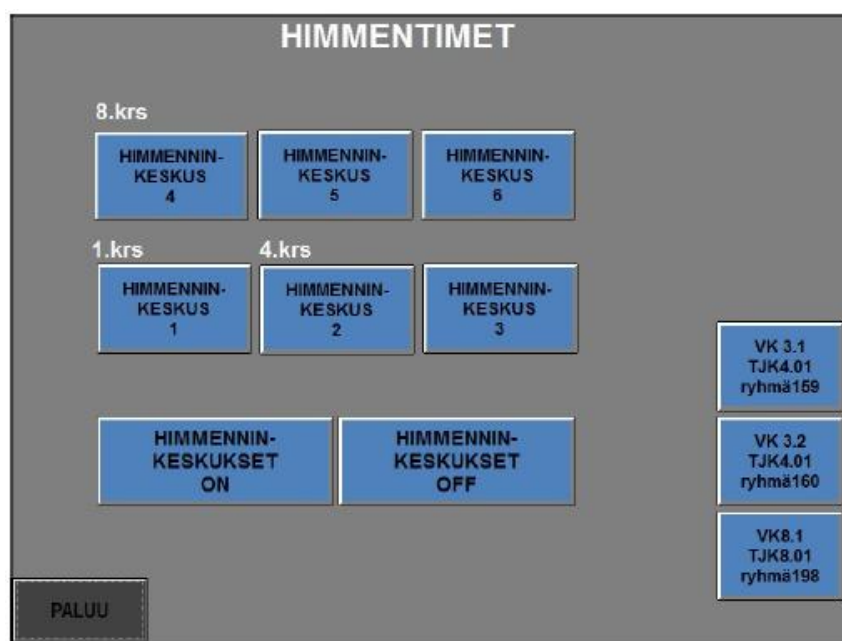
4.3 Himmenninkekusten ohjelmointi

Himmenninkekukset ovat keskuksia, joihin on liitetty kentällä olevat PLB-keskukset. Näihin PLB-keskuksiin taas on kytketty teatteritekniikkaan liittyviä valonheittäjiä ja muita esityksissä käytettyjä suuritehoisia laitteita. Himmenninkekuksia on isolla puolella kuusi kappaletta ja pienellä puolella kaksi kappaletta. Himmenninkekukset ohjelmoitiin niin, että aikaohjelman avulla saatiin kaikki kes-
kukset kosketusnäytön painikkeesta painamalla päälle tai pois. Himmenninkekukset saadaan myös yksittäin sytytettyä ja sammutettua kosketuspaneelista (kuva 19, s.22).

Ohjelman toimintaperiaate on seuraava: Kosketusnäytön ”Himmenninkekukset ON” painikkeen painamisen jälkeen kaikkien FB_light-laatikoiden TP_HKkaikki_ON-sisäänmenot aktivoituivat, jolloin jokaisen ohjelman ajastimet lähtivät käyntiin, HK1 käynnistyi heti käskyn annon jälkeen, HK2 käynnistyi 10 sekunnin kuluttua, HK3 20 sekunnin kuluttua, HK4 30 sekunnin kuluttua, HK5 40 sekunnin kuluttua ja HK6 50 sekunnin kuluttua viimeisenä. Kaikkien kuuden himmenninkekuksen käynnistämiseen meni aikaa 50 sekuntia. Himmenninkekusten käynnistämiseen piti tehdä aikaohjelma, koska jo pelkästään yhden himmenninkekuksen käynnistäminen kerrallaan aiheuttaa teatterin sähköverkkoon huomattavan virtapiikin. Himmenninkekusten sammuttaminen tapahtui painamalla ”Himmenninkekukset OFF” -painiketta kosketuspaneelista, jolloin kaikki himmenninkekukset sammuiivat yhtäaikaaisesti.



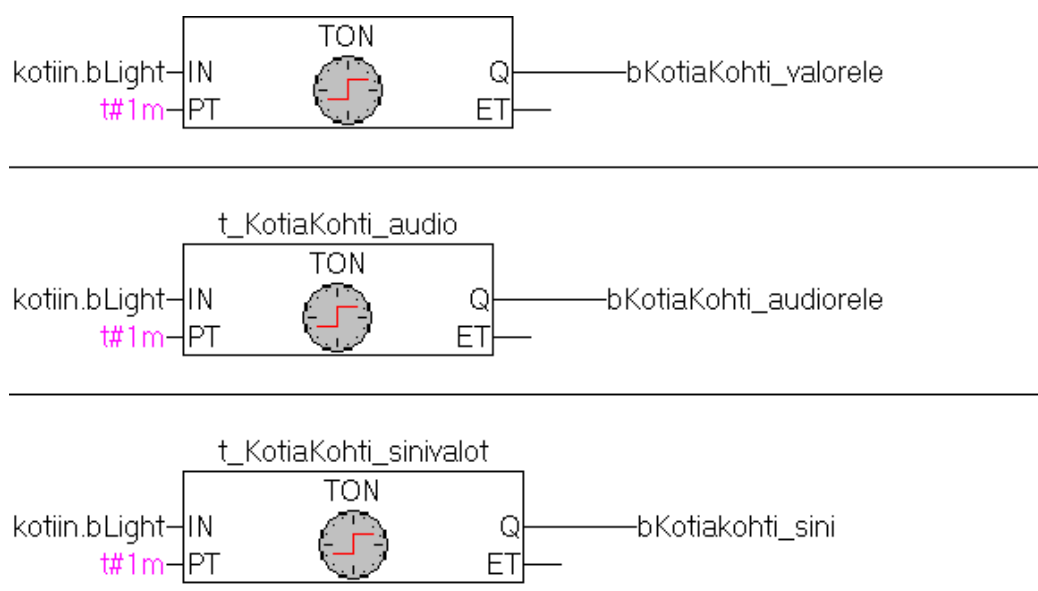
KUVA 18. Himmenninkeskuksien aikaohjelma



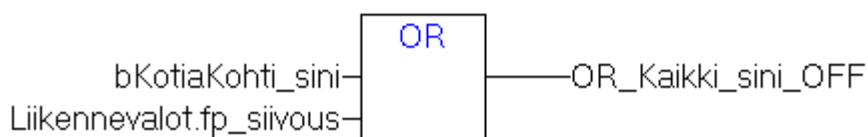
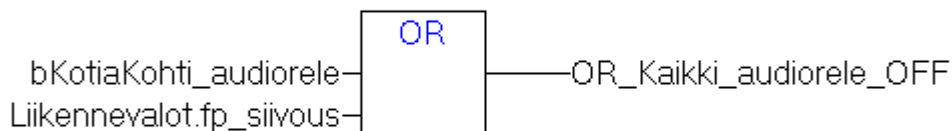
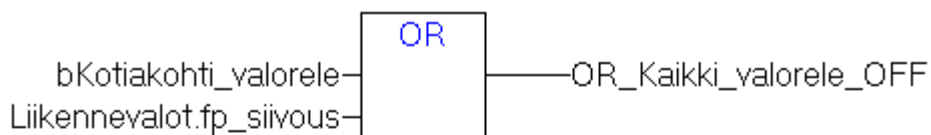
KUVA 19. Minna-näyttämön kosketuspaneelin valikko himmentimienohjaukseen

4.4 Kotiakohti

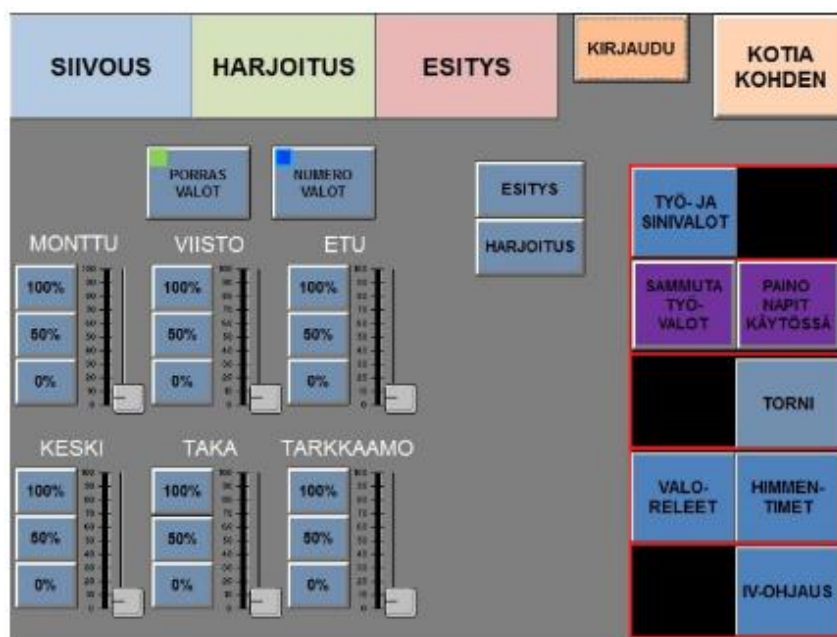
Kotiakohti-ohjelma tehtiin sen vuoksi, jotta saatiin ohjelmallisesti sammutettua kaikki Beckhoffiin liit-
tyvä tekniikka painamalla kosketuspaneelista yhtä painiketta. Tällä toiminolla kaikki ääni- ja valore-
leet, DMX-ohjatut työ- ja sinivalot sekä himmenninkeskukset saatiin sammutettua ajastetusti. Oh-
jelmaa tehdessä kaikki tähän järjestelmään liitetty tekniikka päätettiin sammuttaa minuutin kuluttua
kotiakohti-painikkeen painamisesta. Kotiakohti-ohjelmassa käytettiin samanlaista laskuria kuin him-
menninkeskusten käynnistyksessä. Ohjelman toimintaperiaate oli seuraava: Kun painetaan koti-
akohti-painiketta kosketuspaneelista, kaikkien sammutettavien laitteiden aikaohjelmat lähtevät käyn-
tiin. Jokaiselle sammutettavalle laitteelle, kuten esimerkiksi valoreleille, ohjelmoitiin yhteinen muut-
tuja OR_kaikki_valorele_off. Tämä muuttuja aktivoitui aikaohjelmaan määritetyn ajan saavuttamisen
jälkeen. Muuttujan aktivoituessa jokaisen keskuksen valoreleet sammuiivat. Laskurit ja yhteiset
muuttujat tehtiin samalla periaatteella myös muille sammutettaville laitteille.



KUVA 20. Kotiakohti aikaohjelma



KUVA 21. Jatkoa kotiaKohti-ohjelmalle

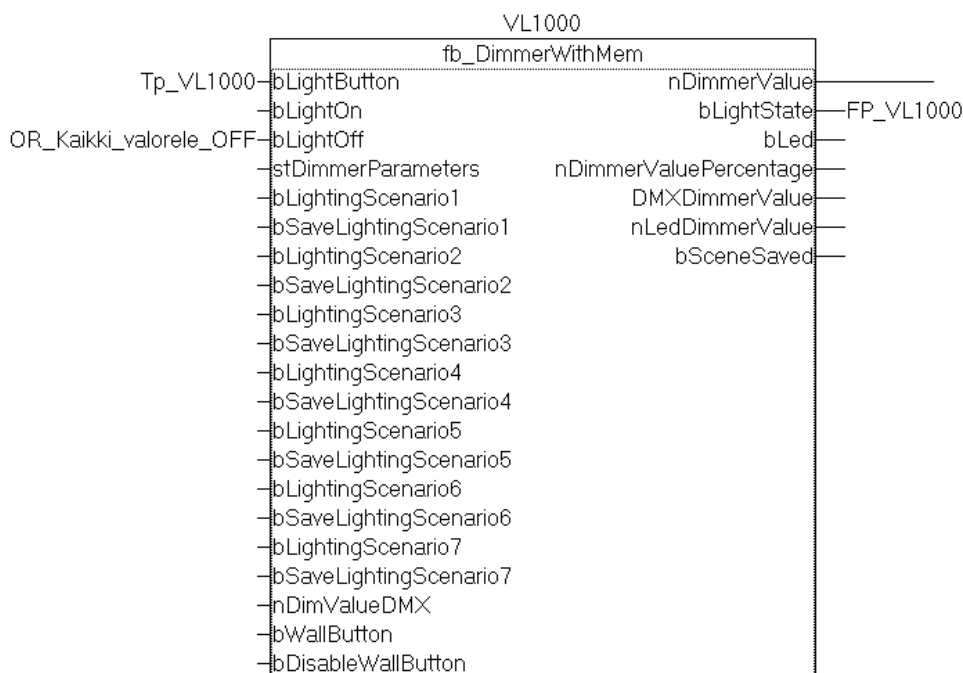


KUVA 22. Kosketuspaneelin päävalikko, jonka oikeassa yläkulmassa "KOTIA KOHDEN" -painike

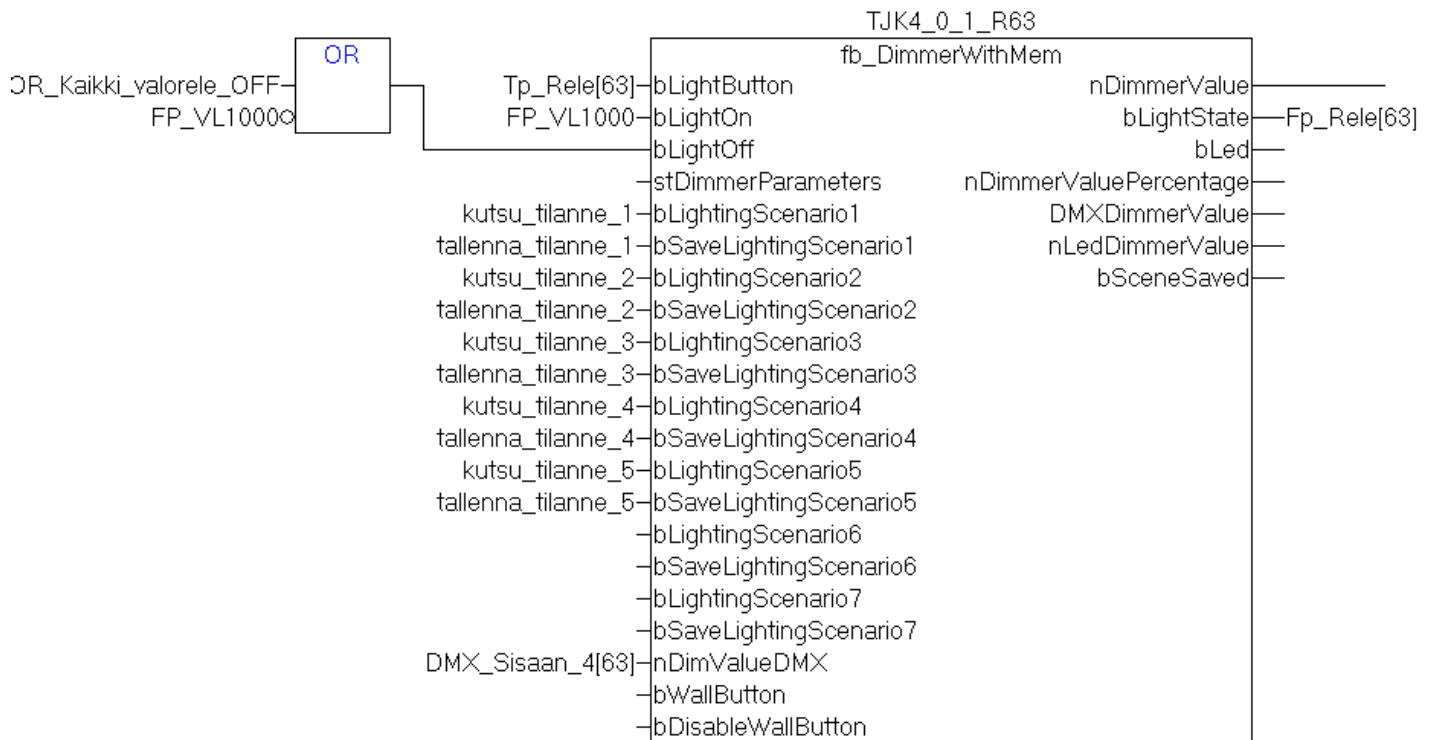
4.5 Releet painikkeen takana

Releet painikkeen takana -ohjelmalla ohjataan yhdellä painikkeella useita releitä päälle ja pois samanaikaisesti. Fyysisesti releillä ohjataan ansaiden, porttaalin, katsomosillan sekä katsomonostimen pistorasioita. Useiden releiden ohjaukseen suunniteltiin monia eri ohjelmia ja näitä ohjelmia olivat muun muassa VL1000, LED_WASH_P, värinvaihtajat, LED_WASH_S. Yksi näistä releidenohjausohjelmista oli VL1000, jolla ohjattiin useita releitä päälle ja pois yhtäaikaisesti, vaikka releet fyysisesti sijaitsivatkin eri TJK-keskuksissa. VL1000-ohjelman relekortit sijaitsivat TJK 1.04 ja TJK 1.08 -

keskuksissa. VL1000-ohjelmalla ohjattiin relekortteja 60 (TJK 4.01), 63 (TJK 4.01), 74 (TJK 4.01), 94 (TJK 8.01), 139 (TJK 8.01), 146 (TJK 8.01) ja 153 (TJK 8.01) (Kuva 16, s. 20). Nämä releet ohjattiin päälle tai pois yhtäaikaaisesti kosketuspaneelista VL1000 ON/OFF -painikkeesta. Toimintaperiaate on seuraava: Kun painetaan kosketuspaneelin VL1000 ON/OFF -painiketta, VL1000 laatikon TP_VL1000 aktivoituu, jolloin myös Fp_VL1000 aktivoituu. Fp_VL1000-käskey ohjelmoitiin myös jokaiseen edellä mainittuun releen bLightOn-käskeyyn, joka käskee releet päälle. Sammutus taas ohjelmoitiin bLightOff-muuttujaan, joka samalla periaatteella käskee releet pois päältä kosketuspaneelista VL1000 ON/OFF -painiketta uudelleen painettaessa.



KUVA 23. VL1000-ohjelma, joka saa käskeyn kosketuspaneelista painettaessa ja lähettää sen ohjattaville releille



KUVA 24. VL1000-ohjelmalla ohjattava valorele

LIIKKUVAT	R1:VL 1000	LED WASH P	R3:Väri vaihtajat	LED WASH S
ANSAS 3	RELE153 1589		RELE151 1607	RELE140 1685 RELE150 1686
ANSAS 2	RELE146 1585		RELE144 1605	RELE142 1673 RELE143 1675
ANSAS 1	RELE129 1575		RELE137 1673	RELE135 1671 RELE136 1672
SILLAT			RELE98 1634 RELE100 1636	
PORTTAALI ALATASO			RELE102 1628	
ANSAS	RELE94 1630	RELE95 1631		RELE96 1632
ETUNAYTTAMOANSAS	RELE78 1510	RELE73 1609	RELE72 1608	
KATSOMOSILTA	RELE03 1589	RELE04 1600	RELE02 1598	
KATSOMONOSTIN	RF1 FA0 1506	RF1 FA4 1595	RF1 FA8 1584	
PALUU	VL 1000 ON / OFF	LED WASH P ON / OFF	Väri vaihtajat ON / OFF	LED WASH S ON / OFF

KUVA 25. Kosketuspaneeli VL1000 ON/OFF -painike, ohjattavat releet sekä pistorasioiden sijainti teatterissa

5 TESTIT

Ohjelmien ja asennusten valmistuttua sekä suurella että pienellä näyttämöllä oli vuorossa järjestelmien eri osa-alueiden testaus. Ensimmäisenä testattiin suuren näyttämön järjestelmän toimivuus, minkä jälkeen vuorossa oli pieni näyttämö.

Testaus aloitettiin kentälle asennetuista painonapeista. Painonappi koostui neljästä painikkeesta. Jokaiselle painikkeelle oli määritelty oma huonetilansa, johon valot oli tarkoitus saada syttymään. Seuraavana tehtiin samat testit kosketuspaneelista (kuva 12, s. 17). Testissä painettiin painonapeilla valot päälle ja pois samoissa tiloissa kuin ensimmäisessä testissä.

Seuraavana oli vuorossa äänireleiden sekä valoreleiden testaus. Jokaiseen TJK- ja TRK-keskukseen asennetut KL2641-korttityypin ääni- ja valoreleet testattiin ohjelmallisesti sekä käsin ohjattuna päälle ja pois päältä. Kummankin eri ohjaustavan testin yhteydessä releen toiminta testattiin jännitteenkoettimella. Jännitteenkoettimella mitattiin jännitettä kortin liittimistä releen ollessa ohjattuna päälle; tällöin liittimissä oli jännitettä 230 V. Päälleohjauksen jälkeen releet ohjattiin pois päältä. Tällöin kortin liittimissä ei ollut jännitettä.

Himmenninkeskuksien testaus tehtiin ainoastaan kosketusnäytöstä. Jokainen himmenninkeskus ajettiin yksitellen päälle ja pois (kuva 19, s. 22) alkaen keskuksesta yksi. Tämän jälkeen ajettiin vielä kaikki keskuksat samanaikaisesti päälle ja pois, jolloin saatiin varmuus aikaohjelman toimivuudesta.

Viimeisenä vuorossa oli kotiakohhti-toiminnon testaus. Kotiakohhti-ohjelmassa minuutin kuluessa kosketusnäytön painikkeen painamisesta ääni- ja valoreleet, työ- ja sinivalot sekä himmenninkeskuksat sammuiivat. Ohjelma todettiin toimivaksi kiertämällä jokainen tila, jossa oli kotiakohhti-toimintoon liittyvää tekniikka, esimerkiksi valaistusta. Testissä kierrettiin myös jokainen TJK- ja TRK-keskus erikseen, jotta saatiin varmistus siihen, että jokainen rele oli ohjelman mukaisesti lähtenyt pois päältä.

Nämä samat toiminnot ja testit tehtiin myös pienellä näyttämöllä. Testien lopputulos oli hyvä, koska testeissä havaitut viat olivat pääasiassa huolimattomuusvirheitä asennuksissa.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyöni tavoitteena oli perehtyä Beckhoff-automaatiologiikkaan sekä suunnitella ja ottaa käyttöön valaistuksenohjaus Kuopion kaupunginteatterissa. Johtopäätöksenä työstä voidaan todeta, että Beckhoff-järjestelmä toimii hyvin teatterin kaltaisessa kohteessa. Järjestelmä on hyvin muokattavissa ja se on lyhyen opetteluun jälkeen myös helppo käyttää ja ottaa käyttöön. Työ saavutti hienosti sille asetetut tavoitteet.

Opinnäytetyöprojektin tekeminen osoittautui kokonaisuudessaan hyvin mielenkiintoiseksi, mutta samalla melko haastavaksi ja aikaa vieväksi projektiksi. Aluksi työ eteni odotettua hitaammin ongelmia ratkoessa. Projektin oli määrä valmistua syksyllä 2014, minkä vuoksi päivät venyivät loppua kohden melko pitkiksi. Opinnäytetyössäni tutustuin moniin uusiin asioihin, kuten teatterirakennuksen valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen käytännössä sekä DMX 512 -protokollaan, jota teatterin valaistuksen ohjauksessa käytettiin paljon. Tämä opinnäytetyö antaa hyvän kuvan Beckhoffin automaatiojärjestelmästä ja sen ohjelmoinnista.

LÄHTEET

Beckhoff Automation Oy. [Viitattu 12.4.2016]. Saatavissa:

www.beckhoff.fi

Kuopion kaupunginteatteri. Tietoa teatterista. [Viitattu 15.3.2016]. Saatavissa:

www.kuopionkaupungiteatteri.fi