



Profibus DP-väyläliitynnän toteuttaminen Anybus-IC-moduulin avulla

Jani Halonen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaation suuntautumisvaihtoehto

Halonen, Jani: Profibus DP-väyläliitynnän toteuttaminen Anybus-IC-moduulin avulla

Opinnäytetyö 34 sivua, liitteet 2 sivua
Marraskuu 2011

Tämä opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriolle. Työn tarkoituksena oli tutustua HMS Industrial Networksin valmistaamaan Anybus-IC-moduuliin, sekä suunnitella ja toteuttaa siihen perustuva Profibus DP -kenttäväylän I/O-laite. Laitteen tuli sisältää yleisimmät tulo- ja lähtökanaatyypit. Opinnäytetyössä perehdyttiin lisäksi Profibus-kenttäväylän teoriaan, ja esiteltiin väylän käyttöönotto. Opinnäytetyönä valmistettu I/O-laite tuli automaatiolaboratorion demonstraatiokäyttöön.

I/O-laitteen piirikortti suunniteltiin Anybus-IC-moduulin evaluointisarjan piirikaa-vion pohjalta. Piirikortti teetettiin ulkopuolisella valmistajalla, joka oli erikoistunut protosarjojen valmistamiseen. Piirikortin valmistumisen jälkeen sille juotettiin tarvittavat komponentit. Kun laite oli valmis, se kytkettiin Profibus DP -väylän avulla Siemens S7-300 logiikkaohjaimen ja sen toiminta testattiin. I/O-laitteessa ilmeni pienehkö suunnitteluvirhe käyttöönoton aikana, mutta se pystyttiin onneksi korjaamaan.

Koska laitteen suunnitteluvaiheessa aikaa oli niukasti, jäi siihen joitakin piirteitä joita olisi voinut vielä kehittää. Opinnäytetyöprosessin tuloksena kuitenkin syntyi toimiva ja asetetut vaatimukset täyttävä I/O-laite. Laitteen avulla pystyttiin osoittamaan kuinka Anybus-IC-moduulilla on mahdollista toteuttaa toimiva Profibus DP -liitäntä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Option of Machine Automation

Halonen, Jani: Implementing a Profibus DP bus interface with an Anybus-IC module

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 2 pages
November 2011

This thesis was carried out for the automation laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The aim of the thesis was to get to know the Anybus-IC module manufactured by HMS Industrial Networks, and to design and implement a Profibus DP fieldbus I/O device based on it. The device was to include the most common input and output channel types. In addition Profibus fieldbus was theoretically examined and implementation of the bus was introduced. The I/O device manufactured for this thesis was meant for demonstration use in the automation laboratory.

The circuit board of the I/O device was designed based on the circuit diagram of the Anybus-IC module's evaluation kit. The manufacturing of the circuit board was commissioned to an outside manufacturer, who was specialized in manufacturing protokits. After the completion of the circuit board the necessary components were soldered in it. When the device was ready, it was connected to a Siemens S7-300 logic controller via a Profibus DP and the functioning was tested. A small design error occurred during the implementation, but fortunately it was fixable.

Because time was scarce during the design stage of the device, some features that could have been developed further were left as they were. However, as a result of the thesis process, a functioning I/O device that meets the requirements was created. The device helped to demonstrate how it is possible to achieve a functioning Profibus DP interface with Anybus-IC module.

Key words: Profibus, circuit board, Anybus-IC, fieldbus

ALKUSANAT

Haluan kiittää Mika Korpelaa opinnäytetyöni ohjauksesta ja hyvistä neuvoista sen kirjoittamisessa. Lisäksi haluan kiittää Seppo Mäkelää avusta opinnäytetyön käytännön toteutuksessa. Kiitokset myös Mika Isomalle työn englanninkielisen tekstin tarkastamisesta.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 TEORIA	8
2.1 Profibus	8
2.1.1 Fyysinen kerros	9
2.1.2 Siirtoyhteyskerros	10
2.1.3 Sovelluskerros	11
2.1.4 GSD-tiedostot	12
2.2 Anybus-IC.....	12
3 LAITTEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	15
3.1 Piirikortti.....	15
3.1.1 Virransaanti.....	17
3.1.2 DI/DO-kanavat	17
3.1.3 AI/AO-kanavat	20
3.1.4 PWM-lähtö	21
3.1.5 Profibus DP -liitäntä	24
3.2 16F88 piirin ohjelmointi.....	24
4 ANYBUS-IC-MODUULIN KÄYTTÖÖNOTTO VÄYLÄSSÄ.....	26
4.1 Perusmoduulin liittäminen väylään	26
4.2 I/O-moduulien liittäminen perusmoduuliin.....	29
5 POHDINTA	32
LÄHTEET.....	33

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

FDL	Fieldbus data link
GSD	General Station Description
PISO	Parallel in Serial out
PLC	Programmable logic controller
PWM	Pulse width modulation
SCI	Serial Communication Interface
SIPO	Serial in Parallel out
SPI	Serial Peripheral Interface
SSC	Synchronous Serial Channel

1 JOHDANTO

Keväällä 2011 oli tullut aika päättää opinnäytetyön aihe. Koska halusin tehdä opinnäytetyön omavalintaisesta aiheesta, jouduin hankkimaan aiheen opinnäytetyölle itse. Asetin työni aiheelle ehdot, että sen pitäisi olla itseäni kiinnostava sekä liittyä keskeisesti valitsemani suuntautumisvaihtoehdon opintoihin. Internet-haun avulla löysin HMS Industrial Networks valmistaman Profibus DP -väyläsovittimen. Päätin valita sen opinnäytetyöni aiheeksi, sillä se oli helppo integroida osaksi isäntälaitetta. Valitsemani aihe täytti asetetut ehdot, koska kenttäväylät ovat olennainen osa teollisuusautomaatiota ja tämän lisäksi harrastan elektroniikan rakentelua vapaa-ajallani.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua Anubus-IC moduuliin, sekä suunnitella ja rakentaa siihen pohjautuva, demonstraatiokäyttöön tarkoitettu Profibusväylän I/O-laite. Laitteen tuli sisältää tavallisimmat I/O-tyypit eli ainakin yksi PWM-lähtökanava ja sopiva määrä digitaalisia ja analogisia tulo- ja lähtökanavia. Työn ulkopuolelle on kuitenkin rajattu Anybus-IC-moduulin SCI-tiedonsiirtomenetelmän tarkempi käsittely. Lopuksi opinnäytetyössä käydään läpi askel askeleelta Siemens S7-logiikan konfigurointi väylää varten.

Työ koostuu kolmesta pääluvusta, jotka ovat: 2, 3 ja 4. Luvussa 2 tutustutaan Profibus-kenttäväylän ja Anybus-IC-moduulin toimintaan sekä teoriaan. Luvussa 3 perehdytään toteuttamani Profibus-I/O-laitteen rakenteeseen ja piirikortin suunnitteluun. Luvussa 4 annetaan ohjeet Siemens S7-logiikan konfigurointiin, sekä Anybus-IC-moduulin käyttöönottoon Profibus DP -väylässä.

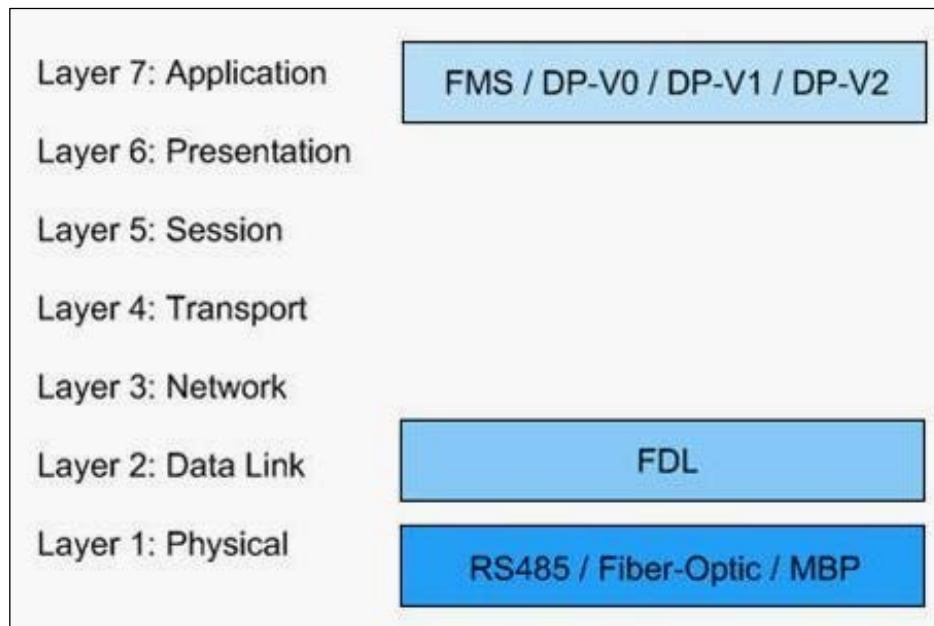
2 TEORIA

2.1 Profibus

Profibus on avoin, laitetoimittajasta riippumaton standardi. Se on maailman yleisin kenttäväylästandardi ja erityisen suosittu etenkin Euroopassa. Kaikkiaan maailmalla on asennettu jo yli 30 miljoonaa Profibus-laitetta. Sen kehityksestä ja markkinoinnista vastaa PROFIBUS & PROFINET International niminen organisaatio. (Mackay, Wright, Reynders & Park 2004; PROFIBUS Nutzerorganisation 2010.)

Profibus-väylästä on olemassa kolme eri käyttötarkoitukseen tarkoitettua tyyppiä: Profibus FMS, Profibus DP ja Profibus PA. Profibus FMS (Fieldbus Message Specification) on tarkoitettu master-laitteiden väliseen kommunikointiin. Profibus DP (Decentralized Peripherals) on yleisin näistä kolmesta ja se on käytössä nopeaa tiedonsiirtoa vaativassa kappaletavara-automaatiossa. Profibus PA (Process Automation) on tarkoitettu prosessiautomaatio sovelluksiin ja se sopii käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. (Real Time Automation Inc. 2009.)

Profibus-standardissa määritellään OSI-mallin kolme tasoa 1,2 ja 7 (kuvio 1) (PROFIBUS Nutzerorganisation 2010). Kerron näistä kerroksista hieman lisää seuraavissa luvuissa.



KUVIO 1. Profibus OSI-malli (Real Time Automation Inc. 2009, muokattu)

2.1.1 Fyysinen kerros

OSI-mallin taso 1 määrittelee fyysisen siirtotien. Profibus DP käyttää tiedonsiirtoon RS-485:tä tai valokuitua, Profibus PA taas vastaavasti MBP:tä (Manchester coded Bus Powered). (Real Time Automation Inc. 2009.) RS-485:ssä tieto välitetään differentiaalisina jännitesignaaleina, eli A ja B linjojen jännitteitä verrataan toisiinsa. Siirtotienä toimii tällöin suojattu, kierretty parikaapeli. Käytettäessä RS-485:ttä, heijastusten estämiseksi väyläsegmentin molemmissa päissä on oltava terminointi. Se toteutetaan yleensä kaapelissa olevilla päätevastuksilla. (Mackay, Wright, Reynders & Park 2004.) Taulukosta 1 selviää tiedonsiirtonopeuden ja väyläsegmentin pituuden välinen riippuvuus.

TAULUKKO 1. Profibus DP (RS-485) tiedonsiirtonopeus ja segmentin pituus (PROFIBUS Nutzerorganisation 2010, muokattu)

Tiedonsiirtonopeus (kbit/s)				Väyläsegmentin pituus (m)
9,6	19,2	45,45	93,75	1200
		187,5		1000
		500		400
		1500		200
3000	6000	12000		100

MBP:ssä käyttöjännite ja datasiinaalit välitetään samassa kaapelissa ja sen nopeus on 31,25 kbit/s. Profibus DP ja Profibus PA järjestelmät pystyvät kommunikoimaan keskenään, vaikka tiedonsiirtomedia on erilainen, koska käytetty protokolla pysyy aina samana. Erityyppisten Profibus-järjestelmien yhteenliittäminen toteutetaan muuntimen avulla. (PROFIBUS Nutzerorganisation 2010.)

Profibus-standardissa ei määritellä käytettäviä liittimiä, mutta esimerkiksi Profibus DP -kaapeloinnissa käytetään normaalisti 9-napaista D-liitintä tai M12-liitintä (PROFIBUS Nutzerorganisation 2010).

2.1.2 Siirtoyhteyserros

OSI-mallin taso 2 huolehtii siitä että väylälaitteet lähettävät tietoa oikeassa järjestyksessä. Profibus DP hyödyntää kahta metodia. Master-slave-järjestelmissä on käytössä kiertokyselymenetelmä (cyclic polling). Valtuudenvälitysmenetelmää (token passing) käytetään usean master-laitteen järjestelmissä. Myös nämä kaksi tapaa yhdistävää hybridimenetelmää voidaan käyttää. (Mackay, Wright, Reynders & Park 2004.)

Siirtoyhteyserroksella muodostetaan myös väylässä lähetettävät kehykset (Mackay, Wright, Reynders & Park 2004). Taulukossa 2 on kuvattu Profibus-väylän viestikehyksen rakenne ja selitetty siinä esiintyvät kirjainlyhenteet. Yhden tällaisen kehyksen pituus voi olla enintään 255 tavua. Viestikehyksessä on 11 tavua ohjaustietoja, joten hyötydatan määräksi jää 244 tavua. (Alapere, Hietanen & Roppola 2009.)

TAULUKKO 2. Profibus-väylän viestikehys (Alapere, Hietanen & Roppola 2009, muokattu)

SD	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU (244 tavua)	FCS	ED
----	----	-----	----	----	----	----	------	------	----------------	-----	----

SD = Start Delimiter, alkuerotin

LE = Length, datan pituus

LEr = Length repetition, datan pituus toistettuna

DA = Destination Address, kohdeosoite

SA = Source Address, lähdeosoite

FC = Function Code, funktiokoodi

DSAP = Destination Service Access Point, kohteen portti

SSAP = Source Service Access Point, lähteen portti

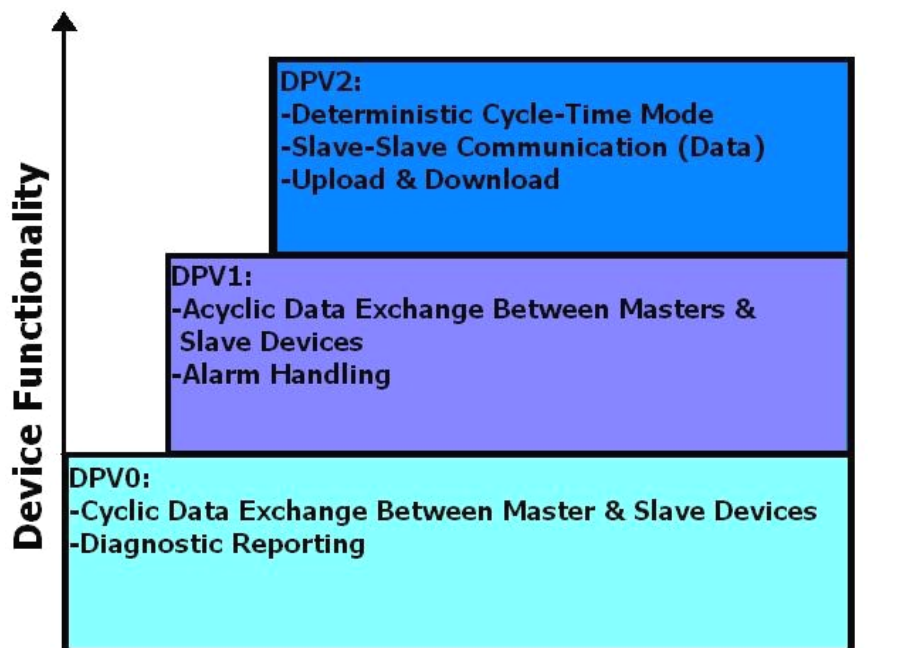
DU = Data Unit, datakenttä (hyötydata)

FCS = Frame Checking Sequence, kehyksen tarkistussekvenssi

ED = End Delimiter, loppuerotin

2.1.3 Sovelluskerros

Profibus DP -väylästä on olemassa kolme eri versiota: DP-V0, DP-V1 ja DP-V2. Nämä versiot määritellään OSI-mallissa tasolla 7 eli sovelluskerroksella. DP-V0 tarjoaa perustoiminnot kuten esimerkiksi syklisen tiedonsiirron. DP-V2 on käytössä yleensä liikkeenohjaussovelluksissa. (PROFIBUS Nutzerorganisation 2010.) Kuviosta 2 käy ilmi Profibus DP -väylän eri versioiden tarjoamat toiminnot.



KUVIO 2. Profibus DP -versiot (National Instruments Corporation 2010, muokattu)

2.1.4 GSD-tiedostot

Profibus-kenttäväylään liitettävillä slave-laitteilla on erilaisia ominaisuuksia, joten konfiguroinnin helpottamiseksi on kehitetty sähköiset laitetiedostot eli GSD-tiedostot, jotka tallennetaan laitetietokantaan isäntälaitteelle. GSD-tiedostot sisältävät mm. väyläparametrit, tiedonsiirtonopeuden, tiedot valmistajasta sekä muita tietoja. (Alapere, Hietanen & Roppola 2009.) Tästä eteenpäin käytettäessä termiä Profibus, sillä tarkoitetaan kenttäväylätyyppi Profibus DP:tä, ellei toisin mainita.

2.2 Anybus-IC

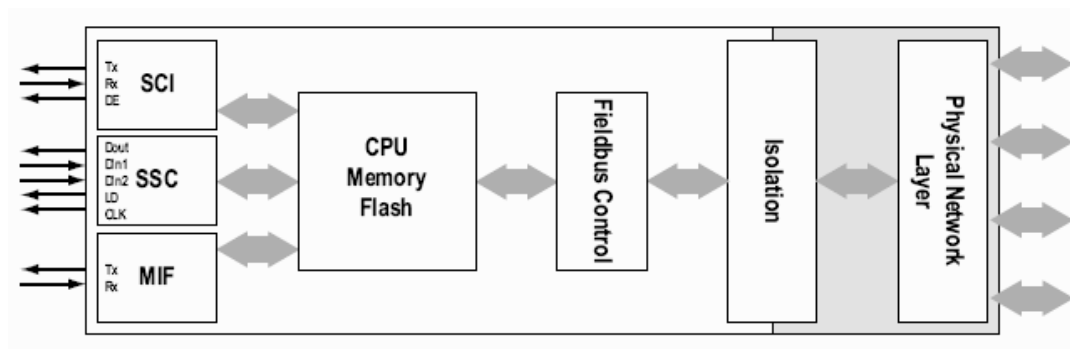
Anybus-IC on 32DIL-kannalla varustettu Profibus DP slave -ohjainmoduuli (HMS Industrial Networks 2011). Pienen kokonsa ansiosta se on helppo integroida osaksi isäntälaitetta. Anybus-IC on etupäässä tarkoitettu kenttäväylälaitteiden valmistajille, jotka eivät halua uhrata paljon aikaa ja rahaa oman väyläohjainpiirin kehittämiseen.

Anybus-IC-moduulin kommunikointi isäntälaitteen I/O:n kanssa on mahdollista kahdella eri tavalla, näistä käytetään kirjainlyhenteitä SCI ja SSC (HMS Industrial Networks 2011). Keskityn työni kirjallisessa raportoinnissa pääasiassa käsittelemään vain SSC-tiedonsiirtomenetelmää, koska käytin sitä työni käytännön toteutuksessa.

SCI menetelmä vaatii erillisen mikro-ohjaimen, jonka kanssa väyläohjainmoduuli kommunikoi. Mikro-ohjaimen käytön ansiosta on myös mahdollista toteuttaa älykäs väylälaite. Tiedonsiirto tapahtuu asynkronisesti ja protokollana käytetään Modbus RTU:ta. (HMS Industrial Networks 2011.)

Käytettäessä SSC-menetelmää Anybus-IC-moduuli kommunikoi suoraan SIPO ja PISO tyyppisten siirtorekisteripiirien kanssa. Näitä piirejä voi olla maksimissaan 17 kappaletta kumpaankin suuntaan, joista on mahdollista käyttää 16 kappaletta I/O-tiedonsiirtoon. Käynnistyksessä Anybus-IC tunnistaa automaattisesti siihen kytketyt siirtorekisteripiirit. Tällaisen piirin järjestysnumero määräytyy sen mukaan missä kohtaa siirtorekisteriketjua se sijaitsee. Tässä ketjussa ensimmäisenä olevat piirit (tavu 0), ovat dedikoitu kenttäväylän käyttöön, sen status indikaattori ja osoite kanaviksi. SSC-menetelmässä tiedonsiirto tapahtuu synkronisesti ja se muistuttaa toteutukseltaan SPI-väylää. SSC-tiedonsiirtomenetelmässä on käytössä kuusi signaalilinjaa: SSC Reset OUT, SSC DO, SSC CLK, SSC LD, SSC DI1 ja SSC DI2. (HMS Industrial Networks 2006.)

Moduulin sisäisiä asetuksia ja I/O-dataa voi lukea ja kirjoittaa myös MIF-liitännän kautta, tietokoneen avulla. MIF-liitäntä kytketään RS-232 muunninpiirin kautta tietokoneen sarjaporttiin. Tietokoneella yhteyden käyttöön tarvitaan telnet ohjelmaa. (HMS Industrial Networks 2006.) Kuviossa 3 on esitettyä Anybus-IC-moduulin lohkokaavio.



KUVIO 3. Anybus-IC lohkokkaavio (HMS Industrial Networks 2006)

Käyttämäni Profibus DP -version lisäksi Anybus-IC-tuoteperhe sisältää mallit neljää muuta väylästandardia varten, jotka ovat: CANopen, DeviceNet, Ethernet/IP ja Profinet. (HMS Industrial Networks 2011.)

3 LAITTEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

3.1 Piirikortti

Piirikortin suunnittelu oli tärkeä osa työtä, sillä sille tulevat niin Anybus-IC-moduuli kuin myös kaikki sen tarvitsemat oheiskomponentit. Piirikaavion ja piirikortin suunnitteluun käytettiin Target 3001! CAD-ohjelmistoa. Valitessani piirikortille tulevia komponentteja eräs tärkeä kriteeri oli, että komponentit olisivat läpiladottavia. Koska laite oli tarkoitus koota itse, pintaliitoskomponenttien juottaminen piirikortille olisi ollut liian vaikeaa, vaikkakaan ei mahdotonta. Vaatimus läpiladottavista komponenteista tuotti vaikeuksia joidenkin piirien hankinnassa, sillä puolijohdevalmistajat ovat lisänneet pintaliitoskomponenttien tuotantoa läpiladottavien mallien kustannuksella.

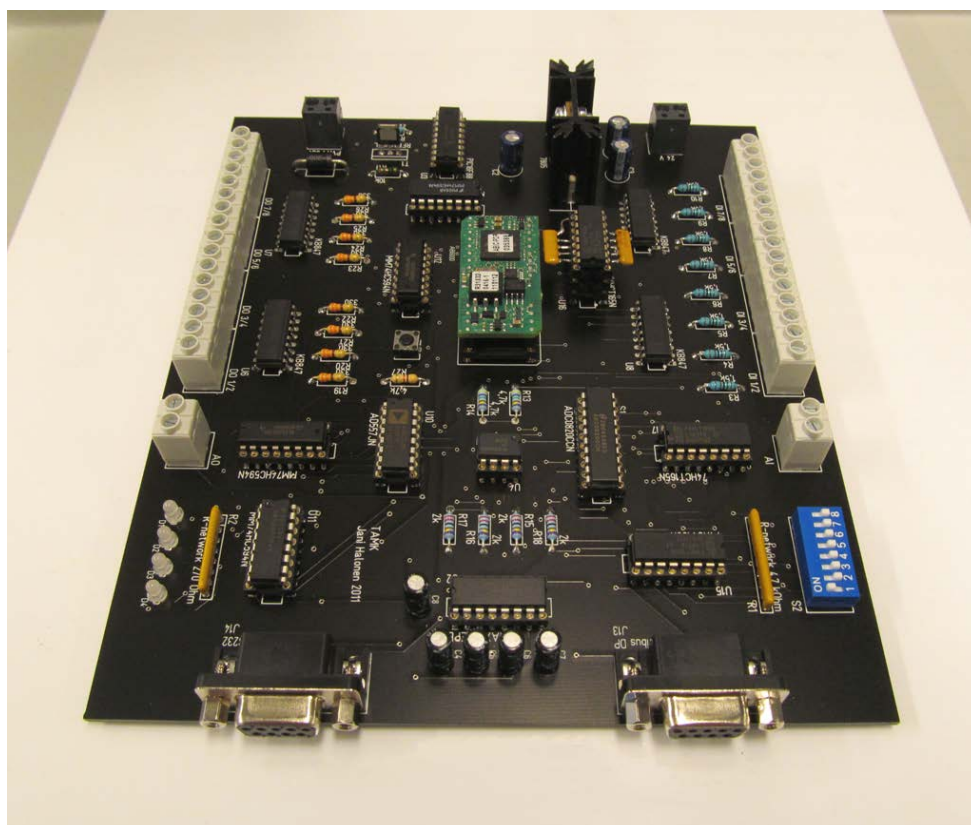
Ensimmäinen vaihe oli piirikaavion suunnittelu, jonka pohjana käytin HMS:n Anybus-IC-moduuleita varten kehittämän evaluointisarjan piirikaaviota. Kun kaikki kytkennät oli tehty ja piirikaavio valmis, seuraava vaihe oli varsinainen piirikortin suunnittelu.

Aluksi määriteltiin piirikortin ulkomitat ja sijoiteltiin komponentit kortille. Jokaisen I/O-kanavan komponentit pyrittiin ryhmittelemään aina kyseisen kanavan liittimen läheisyyteen. Komponenttien sijoittelu piirikortille jätettiin melko väljäksi, koska laitteen koolle ei ollut asetettu minkäänlaisia vaatimuksia. Komponenttien väljä sijoittelu muun muassa vähentää piirien sekä johtimien toisilleen aiheuttamia sähköisiä häiriöitä, joten uskalsin tinkiä häiriösuojauksesta piirikortin suunnittelussa.

Osasijoittelun jälkeen vuorossa oli johdinkuparointien veto. Kriittisimmät johtimet asettelin ensin manuaalisesti, jonka jälkeen käytin ohjelmassa olevaa automaattista johdotustoimintoa. Johtimien minimileveydeksi, samoin kuin pienimmäksi johtimien väliseksi etäisyydeksi asetin 0,4 mm.

Lopuksi tarvitsi vielä hieman siistiä automaattitoiminnon tekemiä johdotuksia, ajaa tarkistusrutiini ja muuntaa projekti piirikorttivalmistajan vaatimiksi tiedostoiksi. Käyttämäni valmistaja halusi tiedostot Gerber ja Exellon muodossa.

Teettämäni piirikortti on kaksipuolinen, läpikuparoitu ja sen kuparikerroksen paksuus on 35 µm. Kortin materiaali on FR-4-lasikuitulaminaatti. Kuvassa 1 on tekemäni I/O-laite ja taulukosta 3 selviää sen tulojen ja lähtöjen osoitteet. Laitteen piirikaavio on esitetty liitteessä 1.



KUVA 1. I/O-väylälaite (Kuva: Jani Halonen 2011)

TAULUKKO 3. I/O-kanavien tavuosoitteet (Jani Halonen 2011)

Tavu nro	Tulon tyyppi	Lähdön tyyppi
0	väyläosoitekytkimet	status-ledit
1	DI	DO
2	AI	PWM
3		AO

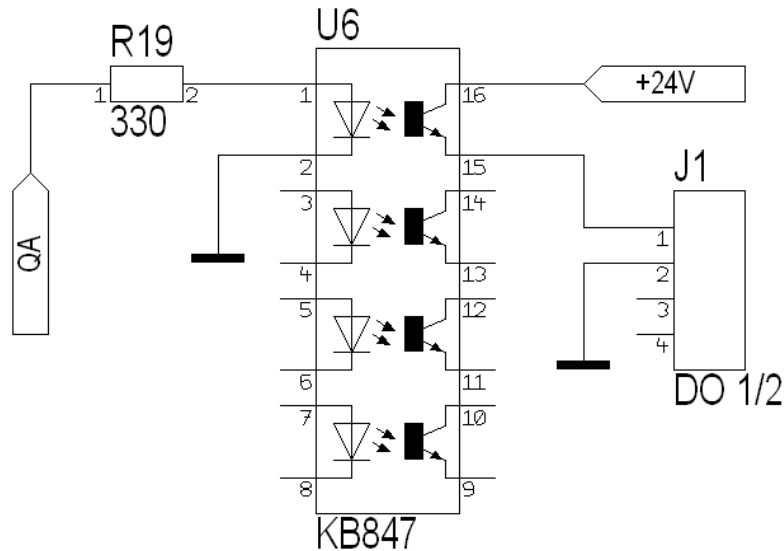
3.1.1 Virransaanti

Laitteen käyttöjännitteeksi valittiin automaatiokäyttöön sopiva 24 VDC, joka tuodaan sisään piirikortin yläosassa sijaitsevasta ruuviliittimestä. Lähtökanavat tarvitsevat 24 voltin jännitteen, joten se tuotiin suoraan reguloimattomana sitä tarvitseville komponenteille, joita ovat: analogiakanavien operaatiovahvistin, DO-kanavien optoerottimet ja PWM-lähtökanavan MOSFET. Koska suurimmalle osalle laitteen piireistä tämä on liian korkea jännite, näille piireille tuotetaan 5 voltin käyttöjännite käyttämällä vanhaa mutta luotettavaa 7805 jänniteregulaattoria. Jänniteregulaattori kuumenee paljon, koska regulaattoriin muuttuu ylitse jäävän jännitteen (19 voltia) lämmöksi, joten liitin piiriin suurehkon jäähdytyspiirin. Jätin korkeita taajuuksia suodattavan keraamisen kondensaattorin pois regulaattorin yhteydestä, koska laitetta tullaan käyttämään laboratoriossa hyvillä jännitelähteillä.

3.1.2 DI/DO-kanavat

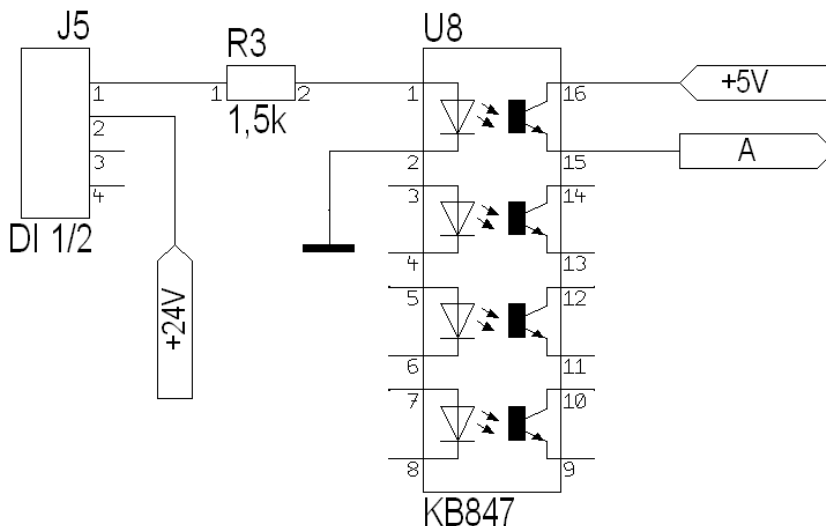
Laitteessa on digitaalisia tulo- ja lähtökanavia molempia 8 kappaletta. Sekä tulot että lähdöt on erotettu käyttöjännitteestä (24 V) käyttäen optoerotinliikkeitä KB 847. Optoerotinpiirit on juotettu suoraan piirikortille, vaikkakin olisi ollut viisaampaa liittää ne piirikantaan, jolloin ne olisivat olleet helpompi vaihtaa tarvittaessa.

Digitaalisten lähtökanavien antama maksimivirta on melko pieni, sillä kyseisissä optoerottimissa fototransistorien suurin sallittu kollektorivirta on 50 mA (Kingbright 2005). En katsonut tarpeelliseksi tehdä DO-kanavia tehokkaammiksi käyttämällä niissä releitä tai MOSFET:ejä. Kuviossa 4 on esitetty DO-kanavan kytkentä.



KUVIO 4. DO-kanavan kytkentä (Jani Halonen 2011)

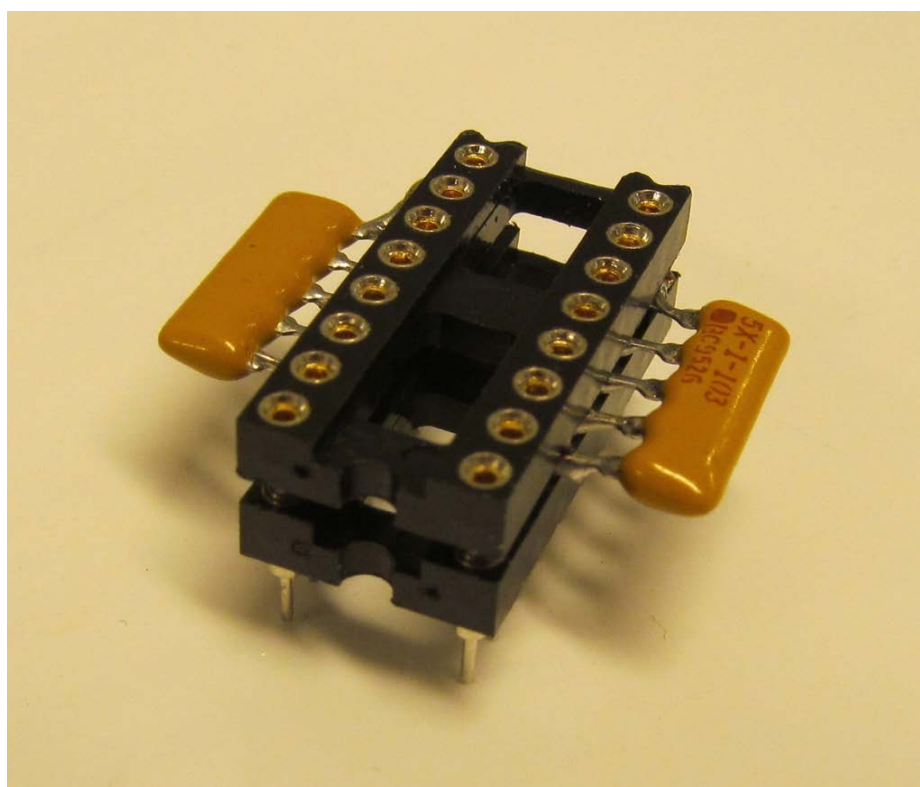
Digitaaliset tulokanavat ovat jännitteettömiä eli sink-tyyppisiä, eikä niiden napaisuutta pysty muuttamaan (kuvio 5). Tämän vuoksi DI-kanavaan voi kytkeä ainoastaan PNP-tyyppisiä antureita. En katsonut tarpeelliseksi tehdä DI-kanavia sellaisiksi, että niihin pystyy kytkemään myös NPN-tyyppisiä antureita. Se olisi ollut helppo toteuttaa käyttämällä vaihtovirtaoptoerottimia, joissa virran kulku-suunnalla ei ole merkitystä.



KUVIO 5. DI-kanavan kytkentä (Jani Halonen 2011)

Luonnollinen valinta digitaalisen tulokanavan jännitteenkestoksi oli 24 voltia. Optoerottimeen sisältämän LED:in päästöjännite on noin 1,2 V ja sopivaksi virraksi arvioin 15 mA (Kingbright 2005). Käyttämällä kaavaa $R=U/I$ sain etuvastuksen resistanssiksi noin 1,5 kOhm. Kaavalla $P=UI$ laskin etuvastukselta vaaditun tehonkeston suuruuden, joka oli noin 0,34 W. Kävi niin, että jouduin käyttämään erillisvastuksia, koska vastusverkon yksittäisen vastuksen tehonkesto on vain 0,2 W (ELFA AB 2010, 470).

Kuviosta 2 käy ilmi virhe, jonka tein suunnitteluvaiheessa, eli se että en sijoittanut alasetovastuksia optoerottimeen ja siirtorekisterin väliin. Tämän seurauksena digitaaliset tulot olivat jatkuvasti päällä. Onneksi se tuli ilmi testausvaiheessa ja asia oli helppo korjata siirtorekisteripiirin kantaan kytkettävällä välikappaleella (kuva 2). Se on valmistettu kahdesta IC-piirikannasta, joiden väliin on juotettu kaksi 10 kilo-ohmin vastusverkkoa.



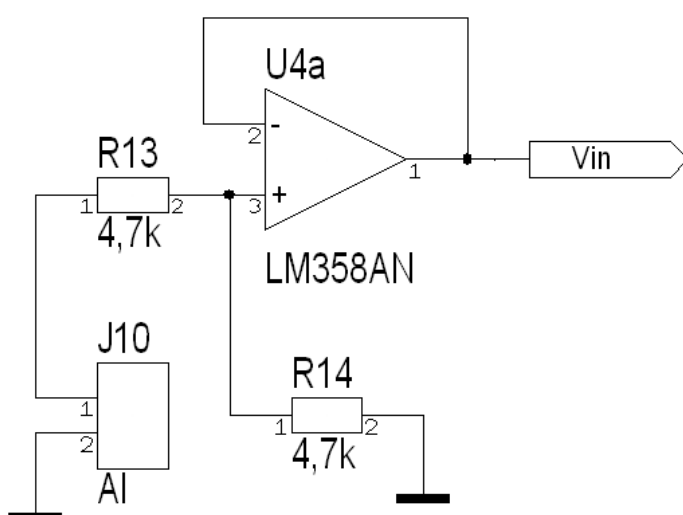
KUVA 2. Välikappale (Kuva: Jani Halonen 2011)

3.1.3 AI/AO-kanavat

Lähtökohtaisesti tarkoitukseni oli käyttää samanlaisia A/D ja D/A-muunninpiirejä kuin HMS:n evaluointisarjassa, mutta A/D-muunninpiirinä käytettyä MAX150:tä ei ollut saatavilla DIL versiona. Jouduin näin ollen etsimään vastaavilla ominaisuuksilla olevan korvaavan A/D-muunninpiirin, tällainen sattui löytymään samaisen valmistajan valikoimista, malliltaan ADC0820. Kummankin muunninpiirin resoluutio on vain 8 bittiä.

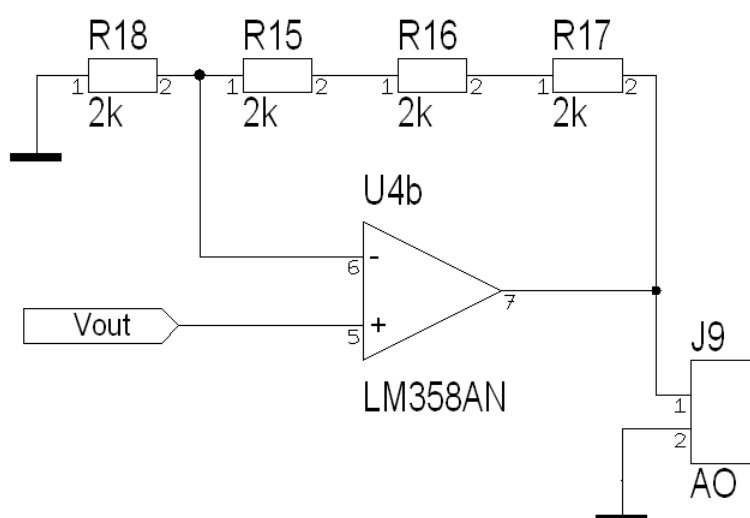
Rakentamani I/O-moduulin AI ja AO-kanavat on tarkoitettu toimimaan jännitealueella 0—10 V. Koska A/D-muuntimen suurin sisääntulojännite on 5 voltia ja D/A-muuntimen suurin lähtöjännite on vain 2,5 voltia, oli kanavien jännitetasoja muokattava lisäpiireillä. Ratkaisin ongelman seuraavalla tavalla:

AI-kanavan kanssa käytin kahdesta vastuksesta tehtyä jännitejakajakytkentää, joka puolittaa liittimestä sisään tulevan jännitearvon, eli jos tulojännite on 10 voltia, niin jännitejakajan jälkeen se on vain 5 voltia. Lisäsin vielä jännitejakajan ja A/D-muunninpiirin väliin operaatiovahvistimen, joka on kytketty jännite-seuraajaksi (kuvio 6). Operaatiovahvistin toimii puskurina, joka estää jännitejakajan liiallisen kuormituksen, jotta jakajan jakosuhde pysyy vakiona.



KUVIO 6. AI-kanavan kytkentä (Jani Halonen 2011)

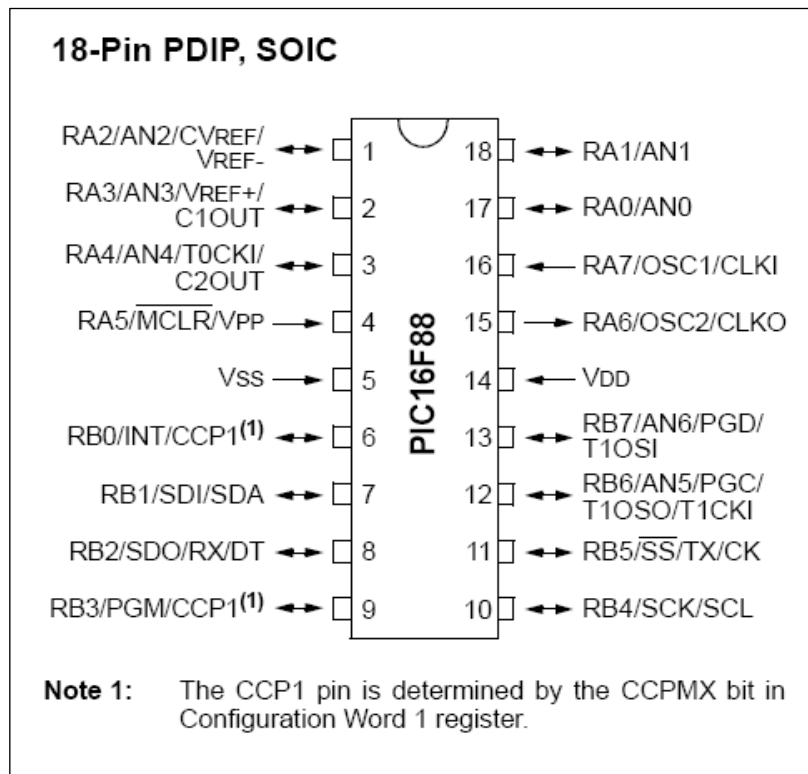
AO-kanavan D/A-muuntimen lähtöjännite nelinkertaistetaan operaatiovahvistimella, joka on kytketty ei-kääntäväksi vahvistimeksi, näin ollen ulostulojännite on suurimmillaan 10 V. Vahvistimen vahvistuskerroin määräytyy kytkennässä käytettyjen vastusten resistanssien suhteella. Operaatiovahvistimen ja siten myös AO-kanavan suurin antovirta on noin 40 mA (National Semiconductor Corporation 2005). Kuviossa 7 on esitettyä AO-kanavan operaatiovahvistimen kytkentä.



KUVIO 7. AO-kanavan kytkentä (Jani Halonen 2011)

3.1.4 PWM-lähtö

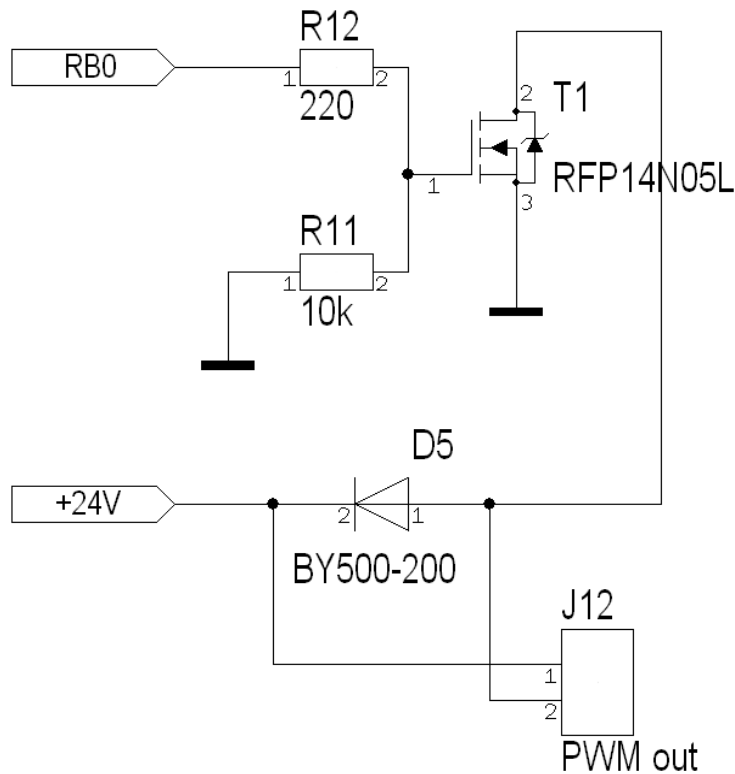
PWM-signaalin tuottamiseen valitsin käytettäväksi Microchipin PIC16F88 mikro-ohjaimen, koska se on pienikokoinen ja siinä on riittävästi I/O-pinnejä ja koska se ei vaadi ulkoista oskillaattoria ja sisältää lisäksi valmiin PWM-kanavan (kuvio 8). PWM-signaalia tuottavan kytkennän olisi pystynyt tekemään melko helposti myös erillisistä piireistä, esimerkiksi 555 ajastinpiirillä ja komparaattorilla. Mikro-ohjaimen käyttäminen oli kuitenkin järkevämpi vaihtoehto, koska sen avulla kytkentä tuli yksinkertaisemmaksi. PIC-mikro-ohjain on minulle jo ennestään tuttu, joten sen vaatima ohjelma oli helppo tehdä. Lisäksi mikro-ohjaimen avulla pulssisuhteen pystyy säätämään täydellisenä välillä 0—100 %, kun taas erillisiin piireihin pohjautuvalla kytkennällä kokonaisen säätöalueen saavuttaminen ei välttämättä ole mahdollista.



KUVIO 8. PIC16F88 (Microchip Technology Inc. 2005)

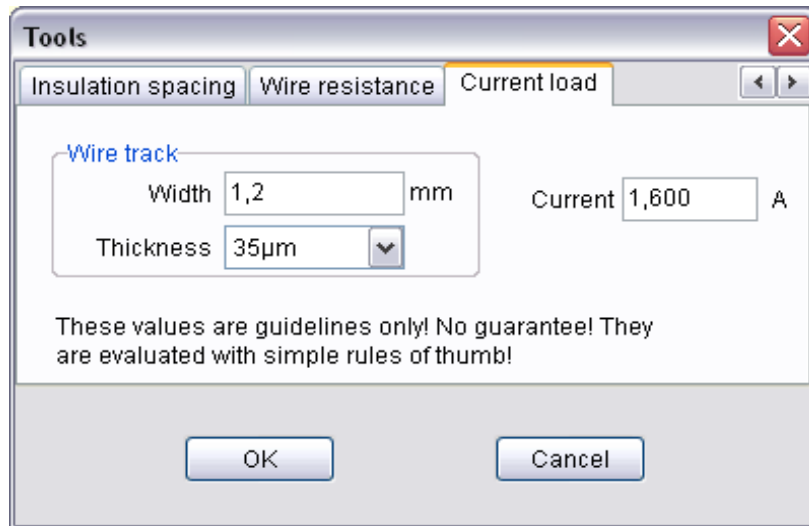
PWM-signaali saadaan ulos mikro-ohjaimen pinnistä RB0, koska CONFIG1 rekisterin CCPMX bitin arvo on 1 oletuksena (Microchip Technology Inc. 2005).

Mikro-ohjaimen tuottama PWM-signaali tuodaan vastuksen R12 kautta MOSFET:in hilaliitännälle. Tämän vastuksen tarkoitus on vähentää resonanssia ja suojata mikro-ohjainta mahdollisilta virtapiikeiltä. Pinnin RB0 jännitteen laskiessa 0 volttiin MOSFET:in hilalle jää pieni varaus joka pääsee purkautumaan vastuksen R11 kautta. Tämän ansiosta MOSFET reagoi nopeammin ohjausjännitteen muutoksiin. Diodi D5 toimii Flywheel-diodina ja suojaa näin MOSFET:iä, koska PWM-lähtöön on tarkoitettu kytkettäväksi harjallinen tasavirtamoottori, joka on induktiivinen kuorma. Kuvio 9 käy ilmi PWM-lähdössä käyttämäni kytkentä.



KUVIO 9. PWM-lähtökanavan kytkentä (Jani Halonen 2011)

Käyttämäni N-typin teho-MOSFET:in (RFP14N05L) virrankesto on 14 A (Fairchild Semiconductor Corporation 2004). BY500-200-diodin virrankesto päästösuuntaan on 5 A (Vishay Semiconductors 2009). PWM-lähdön suurin antovirta on noin 1,6 ampeeria. Rajoittavaksi tekijäksi muodostuvat piirilevyn johtimet, vaikka kytkennässä käytetyt komponentit kestävätkin suurempia virtamääriä. Laskin johtimien virrankeston käyttämäni CAD-ohjelmiston laskintoinnin avulla (kuva 3).



KUVA 3: Virrankeston laskenta (Kuva: Jani Halonen 2011)

3.1.5 Profibus DP -liitäntä

Selvitin yleismittarin jatkuvuusmittauksella evaluointisarjan Profibus-väyläliittimen ja Anybus-IC-moduulin kannan väliset kytkennät. Taulukosta 4 selviää tekemäni mittauksen tulokset. I/O-laitteeseen tehtiin vastaavat kytkennät näiden tulosten pohjalta. Väyläliittimenä käytin tavallista 9-napaista D-liitintä.

TAULUKKO 4. Profibus-liittimen kytkennät (Jani Halonen 2011)

Profibus-liitin (DB9F)		Anybus-IC (DIL32)	
signaali	pinni nro	signaali	pinni nro
GND	1	FB5	19
B	3	FB2	14
A	7	FB1	13
+5V	9	FB6	20
Shield	runko	PE	17

3.2 16F88 piirin ohjelmointi

PWM-signaalin tuottamiseen käytetty Microchipin 16F88 mikro-ohjain ohjelmoitiin Matrix Multimedian kehittämällä graafisella Flowcode ohjelmointityökalulla.

Tekemäni ohjelma on lyhyt ja yksinkertainen, se on kokonaisuudessaan Main pääohjelman sisällä, eli se ei sisällä aliohjelmia (liite 2). Flowcode ohjelmassa pystytään piirin asetuksista valitsemaan se, käytetäänkö piirin sisäistä vai ulkoista oskillaattoria. Kun valitaan käyttöön piirin sisäinen oskillaattori, ei toimintataajuutta pysty muuttamaan, ja oletusarvoisesti se on 31,25 kHz. Näin alhainen kellotaajuus olisi tuottanut liian pienitaajuisia PWM-signaalia. Nostaakseni piirin kellotaajuutta minun täytyi muuttaa OSCCON-rekisterin bittien 4-6 arvoja (kuvio 10). Ohjelmaan liittämäni C-koodi (oscccon = 0x60) asettaa rekisterin arvoksi 0x60, joka määrittää oskillaattorin kellotaajuudeksi 4 MHz. (Microchip Technology Inc. 2005.)

REGISTER 4-2: OSCCON: OSCILLATOR CONTROL REGISTER (ADDRESS 8Fh)							
U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	IRCF2	IRCF1	IRCF0	OSTS ⁽¹⁾	IOFS	SCS1	SCS0
bit 7							bit 0
bit 7	Unimplemented: Read as '0'						
bit 6-4	IRCF<2:0>: Internal RC Oscillator Frequency Select bits						
	000 = 31.25 kHz						
	001 = 125 kHz						
	010 = 250 kHz						
	011 = 500 kHz						
	100 = 1 MHz						
	101 = 2 MHz						
	110 = 4 MHz						
	111 = 8 MHz						
bit 3	OSTS: Oscillator Start-up Time-out Status bit ⁽¹⁾						
	1 = Device is running from the primary system clock						
	0 = Device is running from T1OSC or INTRC as a secondary system clock						
	Note 1: Bit resets to '0' with Two-Speed Start-up mode and LP, XT or HS selected as the oscillator mode.						
bit 2	IOFS: INTOSC Frequency Stable bit						
	1 = Frequency is stable						
	0 = Frequency is not stable						
bit 1-0	SCS<1:0>: Oscillator Mode Select bits						
	00 = Oscillator mode defined by FOSC<2:0>						
	01 = T1OSC is used for system clock						
	10 = Internal RC is used for system clock						
	11 = Reserved						
Legend:							
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'					
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown				

KUVIO 10. OSCCON-rekisteri (Microchip Technology Inc. 2005)

Tämän jälkeen seuraa komponenttimakro, jolla otetaan PWM-lähtö käyttöön. Ohjelman lopussa olevalla ohjelmaloopilla luetaan portin A arvo muuttuun Duty_cycle, jonka arvo taas määrää PWM-signaalin pulssisuhteen.

4 ANYBUS-IC-MODUULIN KÄYTTÖÖNOTTO VÄYLÄSSÄ

Tässä luvussa käsittelen askel askeleelta Siemens S7-300-logiikan konfiguroinnin Anybus-IC-moduulia varten. Logiikkaohjaimen ladattava laitetietokanta tehdään Siemens Step7-ohjelmiston avulla.

Ennen logiikkaohjaimen konfigurointia asetetaan Anybus-IC-moduulin Profibus-väyläosoite. Toteuttamassani laitteessa se tapahtuu piirilevyllä olevilla DIL-kytkimillä.

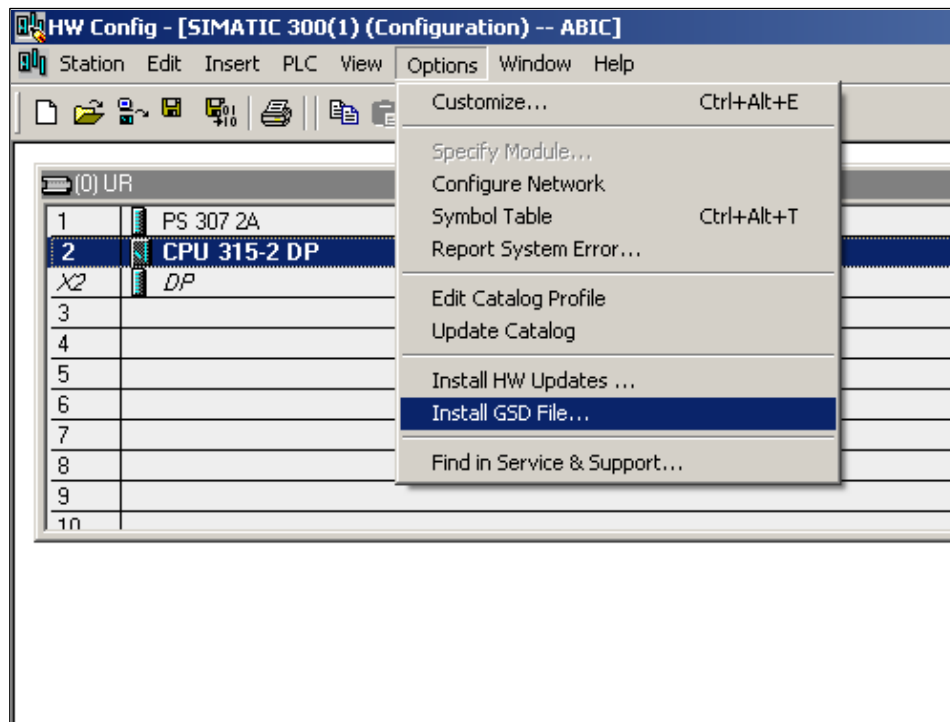
Taulukosta 5 käy ilmi käyttämäni laitteiston ja ohjelmiston versionumerot. Seuraavassa kahdessa luvussa käyttämäni tiedot ovat peräisin HMS Industrial Networks asennusoppaasta: How to configure an Anybus PROFIBUS Slave module with a Siemens Step7 PLC.

TAULUKKO 5. Käytetty laitteisto ja ohjelmisto (Jani Halonen 2011)

Kuvaus	Tyyppi	Versio
Siemens S7 PLC	CPU 315-2 DP	6ES7 315-2AF03-0AB0
S7 ohjelmointityökalu	Simatic Step7	5.4.1.0
Anybus-IC GSD-tiedosto	hms_1810.gsd	2.1

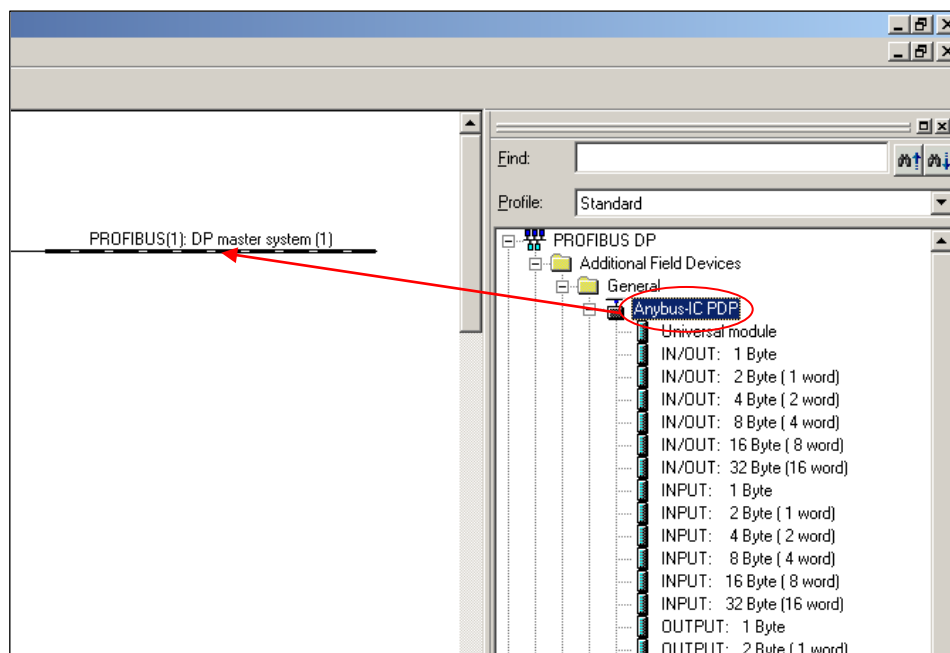
4.1 Perusmoduulin liittäminen väylään

Aluksi Simatic Step7-ohjelmistoon asennetaan Anybus-IC-moduulin GSD-tiedosto (kuva 4). Tiedoston uusimman version voi ladata valmistajan sivuilta.



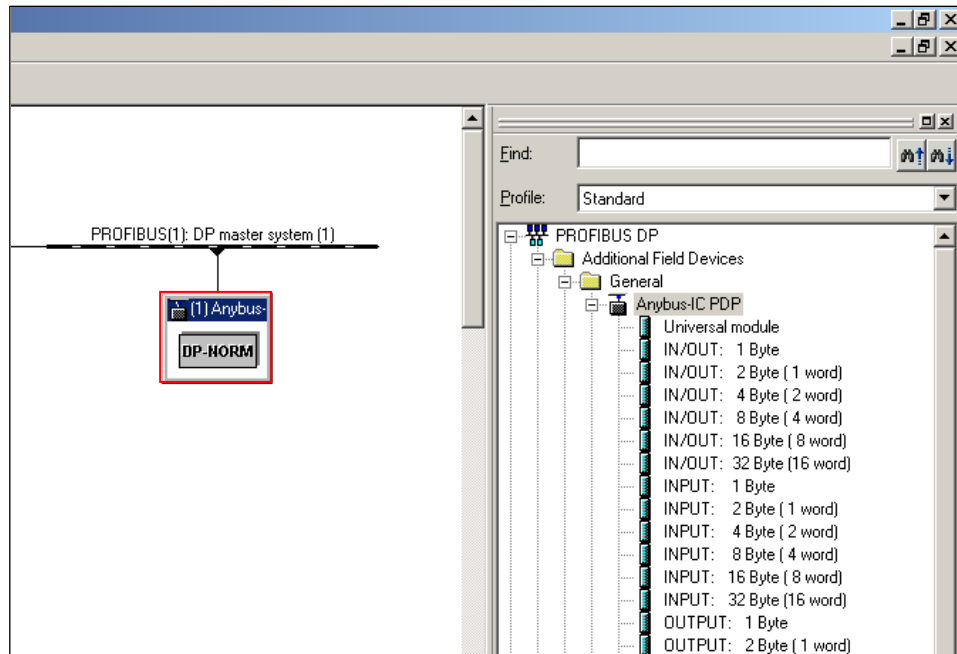
KUVA 4. GSD-tiedoston asennus (Kuva: Jani Halonen 2011)

Kun GSD-tiedosto on asennettu, se löytyy oikeassa reunassa olevasta laiteluettelosta. Seuraavaksi Anybus-IC PDP raahataan tyhjiin väylään (kuva 5).



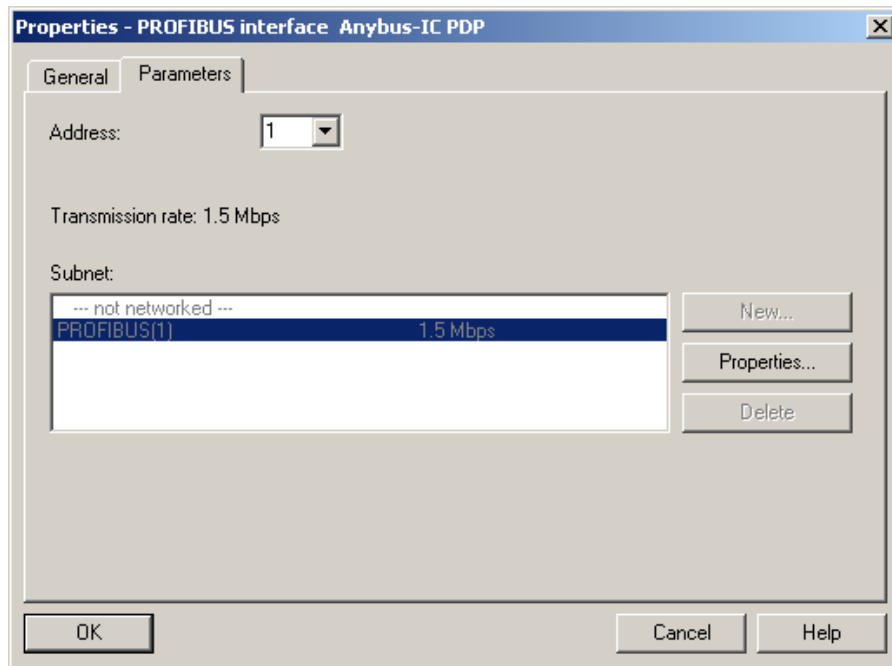
KUVA 5. Anybus-IC:n liittäminen väylään (Kuva: Jani Halonen 2011)

Tämän jälkeen määritetään Anybus-IC:n käyttämä väyläosoite. Tuplaklikkaa väylään juuri raahattua Anybus-IC PDP -kuvaketta (kuva 6). Klikkaa avautuneessa Properties ikkunassa PROFIBUS interface painiketta.



KUVA 6. Anybus-IC PDP -kuvake (Kuva: Jani Halonen 2011)

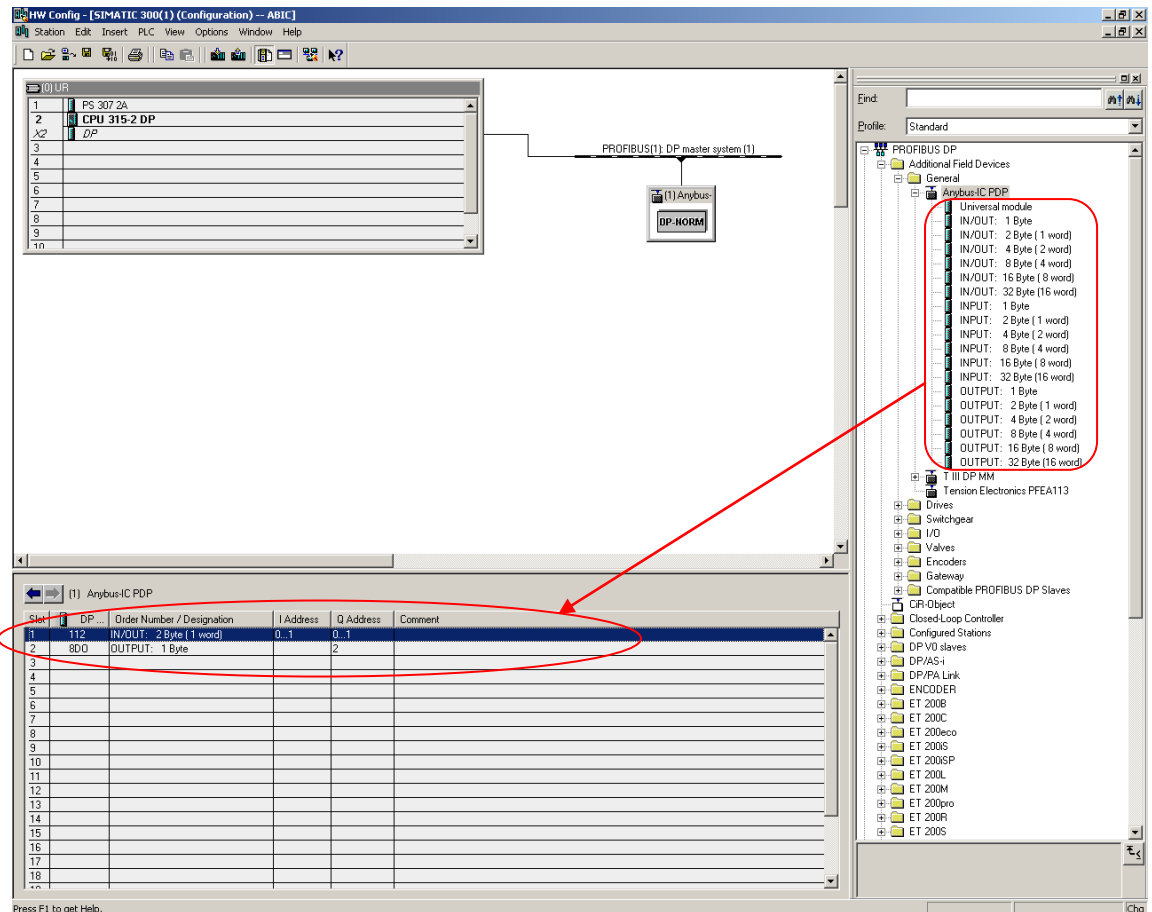
Avautuneen ikkunan Properties välilehdellä on kenttä johon syötetään haluttu osoite (kuva 7). Osoitteen on oltava sama mikä I/O-laitteen DIL-kytkimillä on asetettu.



KUVA 7. Väyläosoitteen asettaminen (Kuva: Jani Halonen 2011)

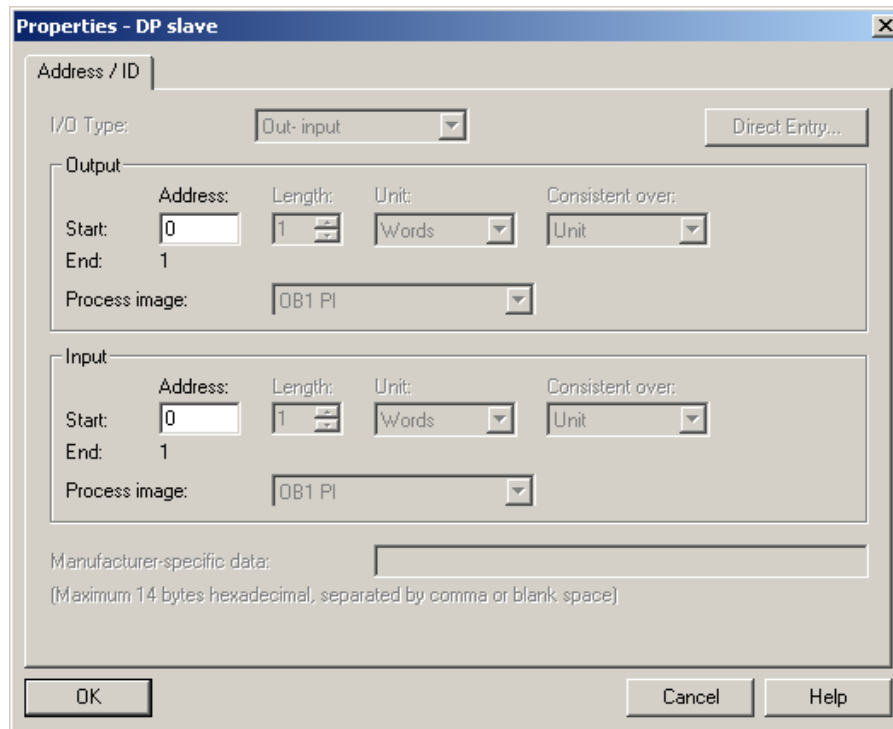
4.2 I/O-moduulien liittäminen perusmoduuliin

Kun perusmoduulin asetukset ovat valmiit, voidaan siihen liittää tarvittava määrä I/O-moduuleita. Oikean reunan laiteluettelosta raahataan käytettävät I/O-moduulit ruudun alaosassa olevaan listaan (kuva 8).



KUVA 8. I/O-moduulien liittäminen (Kuva: Jani Halonen 2011)

I/O-moduulien osoitteita täytyy muuttaa, koska ne eivät yleensä automaattisesti ole oikealla alueella. Tuplaklikkaamalla haluttua I/O-moduulia listasta, avautuu ikkuna jossa I/O-osoitteita pääsee muuttamaan (kuva 9).



KUVA 9. I/O-osoitealueen asettaminen (Kuva: Jani Halonen 2011)

5 POHDINTA

Aluksi en ollut täysin varma onnistumisestani, mutta aloitettuani opinnäytetyön tekemisen asiat selvisivät nopeasti. Toteuttamani I/O-laite laajeni työn aikana hieman alkuperäisistä suunnitelmista.

Eniten aikaa työssäni kului piirikortin suunnitteluun. Käyttämäni CAD-ohjelmisto ei ollut minulle ennestään tuttu joten aluksi piti opetella sen käyttö, lisäksi tarvitsi piirtää ohjelmiston kirjastosta puuttuneet komponentit.

Opinnäytetyön tuloksena valmistui asetetut vaatimukset täyttävä I/O-laite. Koska työ oli niin monipuolinen, opin sen aikana myös monia uusia asioita ja jo olemassa oleva tietämys elektroniikasta ja Profibus-väylästä syveni. Oppimistani taidoista on varmasti hyötyä myös tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön valmistumisen jälkeen mieleen on tullut joitakin uusia ideoita, jotka olisi ollut mielenkiintoista toteuttaa. Esimerkiksi, laitteen rakenteesta olisi voinut tehdä modulaarisen. Tässä tapauksessa I/O-kanavat olisivat olleet erillisillä korteilla, joita olisi voinut liittää tarpeen mukaan pääyksikköön.

LÄHTEET

Alapere, A., Hietanen, T. & Roppola, J. 2009. Profibus väyläanalyysi. [doc-tiedosto]. Luettu 22.11.2011.
http://www.tekniikka.oamk.fi/~tero/Labrat/C_analyysi.doc.

ELFA AB. 2010. ELFA-luettelo. Järfälla: ELFA AB.

Fairchild Semiconductor Corporation. 2004. RFD14N05L, RFD14N05LSM, RFP14N05L. [datalehti]. luettu 13.9.2011.
<http://www.fairchildsemi.com/ds/RF/RFD14N05LSM.pdf>.

HMS Industrial Networks. 2001. How to configure an Anybus PROFIBUS Slave module with a Siemens Step7 PLC. [pdf-tiedosto]. luettu 5.11.2011.
http://www.hms.se/upload/88-0667-PROFIBUS_Slave_Step7_2.1.zip.

HMS Industrial Networks. 2006. Design Guide Anybus-IC. [datalehti]. luettu 21.10.2011. http://www.hms.se/upload/Anybus-IC-3536-ABIC_DG_1_60_ROHS_SCM-1200-039.pdf.

HMS Industrial Networks. 2011. Embedded DIL32 Chip Interfaces for Fieldbus/Ethernet - Anybus-IC. [www-sivu]. luettu 18.9.2011.
<http://www.anybus.com/products/abictech.shtml>.

Kingbright. 2005. KB847-B. [datalehti]. luettu 1.9.2011.
<http://www.us.kingbright.com/images/catalog/SPEC/KB847-B.pdf>.

Mackay, S., Wright, E., Reynders, D. & Park, J. 2004. Practical Industrial Data Networks - Design, Installation and Troubleshooting. [e-kirja]. Perth: Elsevier.
<http://www.knovel.com>.

Microchip Technology Inc. 2005. PIC16F87/88 Datasheet. [datalehti]. luettu 3.11.2011. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30487c.pdf>.

National Instruments Corporation. 2010. PROFIBUS Overview - Developer Zone - National Instruments. [www-sivu]. luettu 15.10.2011.
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6958>.

National Semiconductor Corporation. 2005. LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers. [datalehti]. luettu 2.10.2011.
<http://www.national.com/ds/LM/LM158.pdf>

PROFIBUS Nutzerorganisation. 2010. PROFIBUS System Description. [pdf-tiedosto]. luettu 1.11.2011.
<http://www.profibus.com/nc/downloads/downloads/profibus-technology-and-application-system-description/display/>.

Real Time Automation Inc. 2009. PROFIBUS Protocol Overview. [www-sivu]. luettu 15.9.2011. <http://www.rtaautomation.com/profibus/>.

Vishay Semiconductors. 2009. Soft Recovery Fast Switching Plastic Rectifier. [datalehti]. luettu 14.9.2011. <http://www.vishay.com/docs/88544/by500.pdf>.

