

Niklas Rönqvist

Vaakakeskusyksikön kehitysprojekti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Elektroniikka

Insinöörityö

30.12.2013

Tekijä Otsikko	Niklas Rönqvist Vaakakeskusyksikön kehitysprojekti
Sivumäärä Aika	31 sivua 30.12.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	elektroniikka
Ohjaajat	projektipäällikkö dipl.ins. Harri Bergman ohjaava opettaja dipl.ins. Esko Tattari
<p>Tässä insinööriyössä on esitelty vaakakeskusyksikön tuotekehityksen vaiheita. Työssä rakennettiin jatkokehityksen kohteena olevan Scalex 2200 uusi kehitysversio prototyyp- piasteelle. Työssä on esitelty alalla ja yrityksessä käytössä olevien standardien OIML R106, OIML R134 ja ISO 9001:2008 sisältöä ja selvitetty niiden tuote- ja tuotekehityspro- sessin vaatimukset.</p> <p>Suunnittelussa ja toteutuksessa on esitelty työn lähtökohdat, suunnitellut elektroniikkalevyt ja niiden keskeisiä komponentteja. Elektroniikan ja mekaniikan osalta on kerrottu myös tehtyjen päätöksien ja muutosten syitä. Elektroniikkasuunnittelu sisältää suurimmaksi osaksi sarjaliikenne-, rinnakkaisliikenne- ja TCP/IP-yhteyksiä varten suunniteltuja levyjä.</p> <p>Työtä on tehty elektroniikkasuunnittelun ehdoilla, ja mekaniikka toteutettiin ottaen huomi- oon suunniteltujen levyjen tilantarve ja kaapelointi. Mekaniikan suunnittelussa valittiin kote- lo, ja se aukotettiin. Tämä todettiin riittäväksi prototyyppiasteelle suunnitellussa laitteessa ja tuotteen jatkokehityksessä tulee sille valita kotelointi, joka vastaa käytännöntesteissä esille tulleita tarpeita.</p>	
Avainsanat	tuotekehitys, sarjaliikenne, rinnakkaisliikenne, vaakakeskusyk- sikkö

Author Title	Niklas Rönngqvist Development Project of a Central Processing Unit for Scales
Number of Pages Date	31 pages 30 December 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electronics
Instructors	Harri Bergman, Project Manager Esko Tattari, Senior Lecturer
<p>This Thesis was made for Tamtron Systems Oy as a development project. The main objective of the project was to upgrade the Scalex 2200 scale CPU. The thesis will introduce standards OIML R106 and OIML R134 that are in common use in the field and affect this project. The ISO 9001:2008 quality management standard that is in use at Tamtron will also have an effect on this project and will thereby be introduced as well.</p> <p>The design and implementation part of the thesis will introduce the reasons for the project. It will also take a look at the electronics designed and give some of the reasons for components chosen. The PCBs have TCP/IP-, serial- and parallel interfaces.</p> <p>First in the project, electronics were designed and the mechanical design was done afterwards, observing the choices made in the electronic design. For the mechanical design it was decided, that for this prototype it would be enough to go with a very simple casing. The final casing shall be chosen at a later stage of the development project.</p> <p>As a result of this thesis Tamtron Systems Oy got a prototype of their weighing unit Scalex 2200. The prototype will go through testing where the future of the project will be re-evaluated. Tests will include full system test. In this test the Scalex 2200 will be connected to all possible devices used with it to ensure function in high usage. These tests will be done in February 2014.</p>	
Keywords	R&D, serial communication, parallel communication, CPU for scale

Sisällys

Tiivistelmä	
Abstract	
Lyhenteet	
Sisällys	
1 Johdanto	1
2 Tamtron Systems Oy	2
3 Vaakakeskusyksikköön vaikuttavat standardit	6
3.1 OIML-organisaatio yleisesti	6
3.2 OIML R106 -suosituksen esittely	6
3.2.1 OIML R 106 -suosituksen tekniset vaatimukset	6
3.2.2 OIML R 106 -suosituksen sähköiset vaatimukset	7
3.3 OIML R134 -ajoneuvovaa'an testausmenetelmien suositus	7
3.4 ISO 9001:2008 -laatustandardi	10
3.5 Tamtron Systems Oy:n laadunhallintajärjestelmä	11
4 Scalex 2200 -vaakakeskusyksikön suunnittelu ja toteutus	13
4.1 Vaakakeskusyksikön suunnittelun lähtökohdat	13
4.2 Scalex 2200 -vaakakeskusyksikkö vaakajärjestelmän osana	14
4.3 Mc-22Xe-piirilevy	15
4.4 SIA-4-piirilevy	15
4.5 SDI-6-piirilevy	17
4.6 SE-21- ja SE-41-piirilevy	19
4.7 PIA-4-piirilevy	21
4.8 TSI-16-piirilevy	21
4.9 Jännitteensyötön muutoksia	22
4.10 Mekaaninen suunnittelu ja toteutus	23
5 Tamtron Systems Oy:n tuotekehityksen parantaminen	26
6 Yhteenveto	28
Lähteet	30

Lyhenteet ja käsitteet

- EPROM *Erasable Programmable Read-Only Memory*; elektronisesti ohjelmoitava muisti; varustettu läpinäkyvällä osalla, josta voi UV-valolla tyhjentää muisti
- RS-232 sarjaliikennemuoto yhden lähettäjän ja yhden vastaanottajan väliseen tietoliikenteeseen; RS-232 logiikkatasot ovat -12 V ja +12 V
- RS-422 sarjaliikennemuoto yhden lähettäjän ja usean vastaanottajan väliseen differentiaaliseen tietoliikenteeseen; RS-422 logiikkatasot ovat -6 V ja +6 V
- TTL-taso *Transistor-transistor logic*; logiikan tasot nolataso 0 V ja 1-taso +5 V; TTL-logiikka on vähemmän altis häiriöille ylätasolla verratessa CMOS-logiikkaan; TTL-logiikan tehontarve ei ole taajuusriippuvainen kuten CMOS-logiikka
- Varmennus kaupallisessa käytössä olevat vaa'at tulee varmentaa ensi- ja määräaikaisvarmennuksissa; varmennuksen saa suorittaa akkreditoidun yrityksen edustaja

1 Johdanto

Tämä insinöörityö tehtiin Tamtron Systems Oy:lle tuotekehitysprojektina. Tamtron Systems Oy on johtava raskasliikenteen vaakatoimittaja. Yrityksessä tuotekehityksessä ei ole suuria resursseja, ja työ tehtiin asiakasprojektien ohella. Scalex 2200 -vaakakeskusyksikkö on Tamtronin rautatievaakojen ja autovaakajärjestelmien toiminnan kannalta tärkeimpiä laitteita.

Työssä esitellään vaakakeskusyksikön prototyyppiasteen uusi versio. Suunnittelussa on myös huomioitava alalla ja yrityksessä käytössä olevat standardit OIML R 106, OIML R 134 ja ISO 9001:2008 -laatustandardi. Suunnittelun lähtökohtana on keskusyksikkö ja sen parantaminen. Parannusehdotuksia ja ideoita on saatu asiakkailta, asentajilta ja tuotannon kokoonpanijalta.

Työssä esitellään vaakakeskusyksikön tuotekehitysprosessia ja kerrotaan, millä perusteilla päätöksiä uuden laitteen komponenteista tehtiin. Työssä tarkastellaan myös yrityksen tuotekehitysprosessin toimivuutta ja mahdollisia kehityskohteita, ja miten hyvin laatukäsikirjan toimintaohjeiden mukaisesti yrityksessä toimitaan.

2 Tamtron Systems Oy

Tamtron Systems Oy kuuluu Tamtron Groupiin, jolla on neljä tytäryhtiötä Suomessa ja kuusi tytäryhtiötä Pohjois- ja Keski-Euroopassa. Tamtron Groupin osaamisalueisiin kuuluvat digitaaliset punnitus- ja vaakajärjestelmät, tiedonsiirto-, paikannus-, navigointi- ja RFID -järjestelmät.

Tamtron Systems Oy on toiminut vuodesta 1954, alun perin nimellä Pivotex Oy. Vuonna 2012 yrityksen liikevaihto oli 5,18 Meur, ja se työllisti 12 työntekijää. Yritys on toimitanut yli 2 000 vaakajärjestelmää yli 20 maahan. Tamtron Systemsillä on Euroopan laajuiset ensivakausoikeudet. [1;2;3.]

Tamtron Systems Oy:n tuotteet

Tamtron Systems valmistaa auto- ja junavaakoja, järjestelmiin kuuluvia tuotteita ovat muun muassa Scalex 5500 -kuljettajaterminaali, Scalex 2200 -vaakakeskuskysikkö ja Scalex 1700 -vaakainstrumentti. Autovaakoja on valikoimassa kahta eri mallia Scalex 1000P ja Scalex 1001. 1000P-malli on teräsrakenteinen vaakasilta, joka kevyen ja tukevan rakenteensa ansiosta voidaan siirtää nosturilla. Kuljettajaterminaalilla ja kortinlukijalla varustettu autovaaka esitellään kuvassa 1(ks. seur. s.). Vaakasiltana järjestelmässä on siirrettävä 1000P-malli. Punnituspiste toimii autonomisesti ja lähettää valmiin punnituksen eteenpäin. Kuljettajan tarvitsee ainoastaan näyttää tunnistekorttia tai hyväksyä punnitus vaakaterminaalin näppäimistöllä.

Scalex 1001 -mallinen vaaka on valmistettu betonista, ja se vaatii betonisen perustan. Betoniperustainen vaaka kestää kymmeniä vuosia ja lämmitettynä vaa'an toimintavarmuus säilyy myös talvella. Vaakasillat ovat 12 m, 13 m ja 14 m. Yleisin toimitettava pituus on 13 metriä. 26-metrinen vaaka kahdella 13 metrin vaakasillalla pystyy punnitsemaan täysperävaunun yhdellä punnituksella sekä vetoauton että peräkarryn erikseen. Kaksiosainen vaaka mahdollistaa myös tarkan punnituksen, kun se asennetaan kahdeksalla anturilla ja kahdella vaakainstrumentilla.



Kuva1. Liikutettava teräsrakenteinen Scalex 1000P -vaakasilta [5]

Dynaaminen ajoneuvovaaka DW600 (kuva 2) on pienikokoinen vaakasilta, joka punnitsee ajoneuvon akseli kerallaan. DW600-järjestelmään kuuluu vaakasillan lisäksi vaakainstrumentti ja vaakakeskusyksikkö Scalex 2200. Jos Tamtron Systemsin toimittamat DW600-akselivaa'at varmennetaan, ne saavat usein OIML-tarkkuusluokan 2.0.



Kuva 2. DW600-akselivaa'an vaakasilta [5]

Trapper DRS ja SRS eli dynaaminen ja staattinen vaaka ovat Tamtron Systemsin rautatievaakoja. Ne mahdollistavat junavaunujen punnitsemisen joko dynaamisesti teli

kerrallaan tai staattisesti kokonainen vaunu kerrallaan. Vaakasiltujen pituuksia ja määrää muuttamalla pystytään erikokoisia vaunuja punnitsemaan sekä dynaamisesti että staattisesti. Kolmeosaisella Trapperilla, jolla on mahdollista tehdä dynaaminen punnitus (kuva 3). Trapperin vaakasillat ovat katkaistu erilleen muusta raiteesta, eli vaakasillat ovat antureiden varassa. Lisäksi rautatielle on kontrollipunnitukseen tarkoitettu Silver-Point+ -vaaka, jolla voidaan myös tunnistaa väärinlastausta ja tarkkailla akselipainoja. Virheellinen lastaus pystytään tunnistamaan sekä sivuttais- että pitkäittäissuunnassa. Laite voidaan asentaa katkeamattomaan kiskoon, eli tuote ei tarvitse Trapperin tavoin kelluvaa vaakasiltää.



Kuva 3. Kolme vaakasiltainen Trapper DRS [5]

Tamtron Systems Oyn vaakatoimituksiin kuuluu myös PC-pohjaiset punnitusohjelmat RailPRO ja ScalexPRO. Rautatievaakajärjestelmään kuuluva RailPRO-ohjelmisto yhdistää asiakkaat, tuotteet, vaunu- ja junatiedot punnitustuloksiin. Tuloksien yhdistäminen asiakkaan raportointiohjelmiin ja valmiiden raporttien luonti on mahdollista. Ohjelma tunnistaa itsestään myös kattavasti punnitus- ja järjestelmävirheet.

Kuten RailPRO, myös ScalexPRO pystyy yhdistämään autotiedot, tuotteen ja muita haluttuja tietoja punnitustulokseen. Punnitukset suoritetaan erittäin yksinkertaisesti joko vaakaoperaattorin toimesta punnitus-PC:n näppäimistöltä tai automaattisesti tunniste-korttijärjestelmän avulla. Punnitustulos ja siihen liittyvät oheistiedot tallentuvat kummassakin tapauksessa tietokoneelle, josta ne voidaan siirtää tilaajan laskutusohjelmistoon Excel-tiedostona.

Tamtron Systemsin uusin tuote on junan pyörävikojen tunnistamiseen suunniteltu laite. Scalex WILD tunnistaa pyörien lovien lisäksi myös pyörän epäsymmetrisyyttä, sivuttaiskuormausta ja tekee tarkistuspunnitusta. Laitteen punnitustarkkuus 40 km/h vauhdissa $\pm 2\%$ ja aina 250 km/h asti 5 %. Wild suorittaa 5 000 mittausta sekunnissa jokaisella 48 kanavalla. Tästä mittausdatasta analysoidaan junan jokaiselle pyörälle omat voimakäyrät. Asiakas pystyy grafiikasta tarkistamaan voimakäyriä, ja ohjelma voidaan asettaa hälyttämään asiakkaan haluamilla raja-arvoilla. [4;5.]

3 Vaakakeskuskysikköön vaikuttavat standardit

3.1 OIML-organisaatio yleisesti

Organisation internationale de metrologie legale, OIML on kansainvälinen metrologian organisaatio, jonka päätarkoitus on harmonisoida metrologista valvontaa ja säädöksiä. OIML:n julkaisujen kaksi pääkategoriaa ovat OIML R International Recommendations eli kansainvälinen suositus ja International Documents OIML D eli kansainvälinen dokumentti, jonka tarkoituksena on parantaa metrologisten palveluiden tasoa. OIML toimii yhteistyössä standardointiorganisaatioiden kanssa kuten ISO ja IEC. OIML:n julkaisut laatii tekninen komitea tai jäsenvaltioiden muodostama komitea.

3.2 OIML R106 -suosituksen esittely

OIML R106 on automaattisen junavaakasillan kansainvälinen suositus. Se sisältää laitteen metrologiset, tekniset, ja sähköiset vaatimukset. R106 sisältää myös automaattisen rautatievaa'an testausmenetelmät, standardoidut vaatimukset tarkkuuksista ja teknisistä ominaisuuksista. Tarkkuusluokkia on 4, ja vaaka voi saada eri tarkkuusluokan vaunupunnituksessa ja junapunnituksessa. Maksimivirhe määrittää tarkkuusluokat, Taulukosta 1 nähdään muun muassa, että tarkastusmittauksessa vaa'an tulee olla tarkempi kuin käytössä ollessaan.[6.]

Taulukko 1. Tarkkuusluokat dynaamiselle junavaa'alle [6]

Accuracy class	Percentage of mass of single wagon or total train, as appropriate	
	Initial verification	In-service
0.2	±0.10 %	±0.2 %
0.5	±0.25 %	±0.5 %
1	±0.50 %	±1.0 %
2	±1.00 %	±2.0 %

3.2.1 OIML R 106 -suosituksen tekniset vaatimukset

OIML R 106 vaatii, että vaakajärjestelmään kuuluu yksi tai useampi painoanturi, seisontapaikka, junatyypin tunnistuslaite esimerkiksi RFID-lukija, vaakalukeman näyttö,

tulostin ja ohjausyksikkö. Laitteen täytyy lukittua punnituksen ajaksi niin, että millään ohjausyksiköllä ei voida aiheuttaa virheitä punnitukseen. Laitteessa tulee olla kilpi, josta käy ilmi vaa'an tarkkuus, maksimikapasiteetti, minimikapasiteetti, vaa'an askelarvo, maksiminopeus junalle, miniminopeusjunalle, maksimi ja minimi määrä vaunuja. Kun vaaka on varmennettu, vaakaan tulee laittaa varmennustarroja, jolla vaaka sinetöidään. Jos vaakaan tehdään mittaustarkkuuteen vaikuttavia muutoksia, sinettien tulee rikkoutua.[6.]

3.2.2 OIML R 106 -suosituksen sähköiset vaatimukset

Elektroniikka täytyy suunnitella ja valmistaa siten, että vaa'an virhe ei ylitä raja-arvoja sille annetussa toimintaympäristössä. Vaa'an tulee toimia 85 % suhteellisessa kosteudessa laitteelle määritetyllä maksimilämpötilalla. Laitteen on oltava suunniteltu siten, että merkittäviä virheitä ei tapahdu, tai merkittävän virheen tapahtuessa se huomataan ja toimitaan sen mukaisesti. Merkittävän virheen sattuessa, tulee laitteen tai ohjelmiston näyttää se visuaalisesti tai äänimerkillä. Vaaka ei saa näyttää epäonnistuneen punnituksen tuloksia.[6.]

3.3 OIML R134 -ajoneuvovaa'an testausmenetelmien suositus

Kyseessä on kansainvälinen suositus ajoneuvojen automaattisen ja akselipainojen punnituksesta. Suositus sisältää vaatimuksia ja testitapoja automaattisen punnituksen vaakainstrumenteille. Ajoneuvovaa'at varmennetaan kuten junavaa'atkin, ja tästä saadaan vaa'alle tarkkuusluokka. Seuraavassa taulukossa 2 esitetään tarkkuusluokat ja niihin vaadittavat tarkkuudet:

Taulukko 2. Automaattisen ajoneuvovaa'an tarkkuusluokat [6]

Accuracy class for vehicle mass	Percentage of conventional value of the vehicle mass (6.7)	
	Initial verification	In-service inspection
0.2	±0.10 %	±0.20 %
0.5	±0.25 %	±0.50 %
1	±0.50 %	±1.00 %
2	±1.00 %	±2.00 %
5	±2.50 %	±5.00 %
10	±5.00 %	±10.00 %

Ajoneuvovaa'alle tehdään dynaamiset varmennuspunnitukset. Taulukosta 2 voitiin havaita virherajat prosentteina referenssijoneuvon massasta. Ensivarmennuksessa 0.2-luokka vaatii alle 0.10 %:n virheen, ja vaa'an tulee huoltovarmennuksissa pysyä alle 0.2 %:n virheen. Tuloksista lasketaan vaa'alle tarkkuusluokka, joka täyttyy sekä staattisen että dynaamisen punnituksen osalta. Esimerkiksi Tamtronin toimittama DW600-vaaka saa varmennuksessa luokan 2.

Taulukko 3. Ajoneuvovaa'an staattisen punnituksen tarkkuusvaatimukset [6]

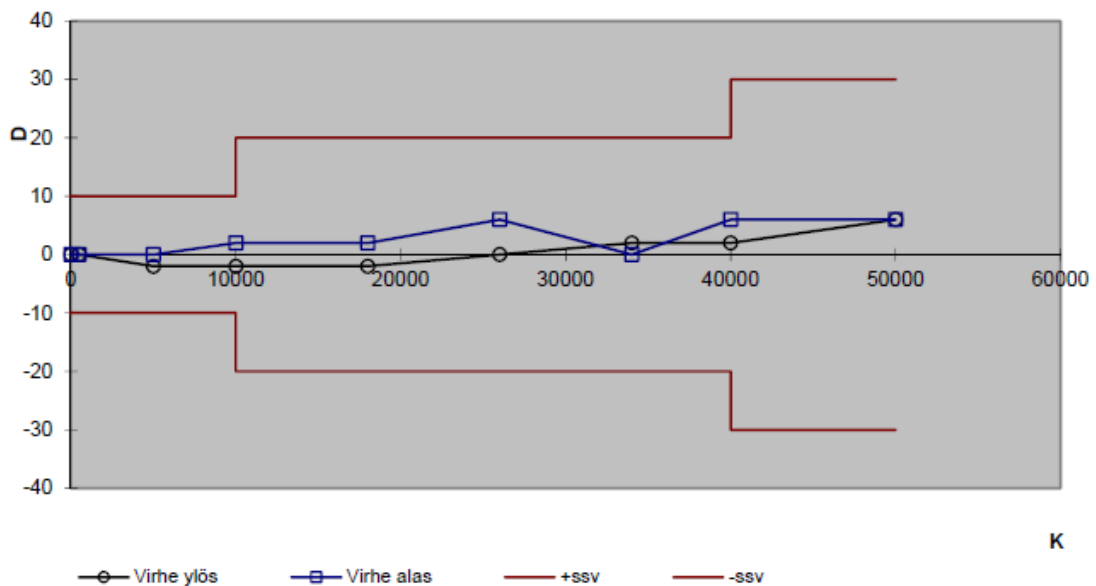
Accuracy class for vehicle mass	Load, m , expressed in scale intervals	Maximum permissible errors	
		Initial verification	In-service inspection
0.2 0.5 1	$0 \leq m \leq 500$	± 0.5 d	± 1.0 d
	$500 < m \leq 2\,000$	± 1.0 d	± 2.0 d
	$2\,000 < m \leq 5\,000$	± 1.5 d	± 3.0 d
2 5 10	$0 \leq m \leq 50$	± 0.5 d	± 1.0 d
	$50 < m \leq 200$	± 1.0 d	± 2.0 d
	$200 < m \leq 1\,000$	± 1.5 d	± 3.0 d

Jotta vaa'alle voidaan antaa luokitus 0.2 - 1, sillä täytyy olla yli 2 000 jakoväliä ja täyttää taulukossa 3 annetut raja-arvot staattisen punnituksen osalta. Tulosten tulee olla 0 - 500 jakovälissä ±0.5 kertaa d , missä d -arvo määrittyy taulukon 4 mukaisesti.

Taulukko 4. Tarkkuusluokan määräämä vaa'an jakoväli [6]

Accuracy class for vehicle mass	d (kg)	Minimum number of scale intervals	Maximum number of scale intervals
0.2	≤ 5	500	5 000
0.5	≤ 10		
1	≤ 20		
2	≤ 50	50	1 000
5	≤ 100		
10	≤ 200		

Staattisen punnituksen varmennustulokset esitetään kuvaajalla (kuva 4, ks. seur. s.), josta näkyy selvästi mahdolliset virherajojen ylitykset. Kuvaaja tulostetaan varmennuspöytäkirjaan, jossa lukee myös vaa'an tarkat tiedot.



Kuva 4. Erään autovaa'an staattisen varmennuspunnituksen tulokset [5]

Vaa'an näyttämä tulee esittää kilogrammoissa tai tonneissa. Kuvan 4 vaaka on asetettu näyttämään kilogrammoja. Kuvassa musta käyrä näyttää vaa'an virheen kun vaaka kuormitetaan ja varmennuksessa tulee vaaka kuormata tasaisesti koko painoalueen läpi. Sininen käyrä osoittaa virheen kun vaa'alta poistetaan painoja. Suosituksessa R134 mainitaan myös sivuttaisvoimien ja punnituspinnan epätasaisuuksien huomioon

ottaminen vaakaa suunniteltaessa. Dynaamisen ajoneuvovaa'an toiminnan kannalta pintojen tasaisuus on erittäin tärkeää, koska epätasainen pinta aiheuttaa punnitustuloksiin suuriakin vaihteluja. Vaihtelu riippuu akselien lukumäärästä ja akseliväleistä. Sivuttaisvoimien huomioon ottaminen onnistuu korjaus algoritmeilla ja asennustarkkuudella.[5; 7,s 17–24.]

3.4 ISO 9001:2008 -laatustandardi

ISO 9001 -standardi on kansainvälisillä markkinoilla toimimiselle välttämättömyys sen tunnettavuuden takia. ISO 9001 tehtävänä on määrittää laadunhallintajärjestelmälle toiminnot, jolla yritys voi todentaa kykynsä toimittajana. Standardin tarkoituksena on auttaa yritystä laadunhallinnan kautta lisätä asiakastytyvyyttä.

ISO 9001 -standardin vaatimuksien mukaan yritysten tulee

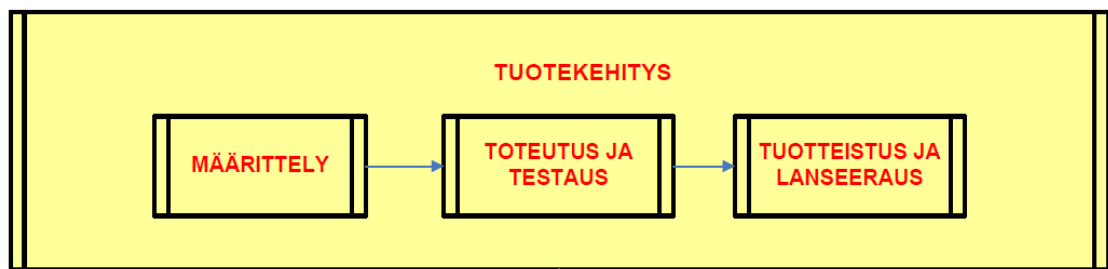
- a) tunnistaa ne prosessit, jotka tarvitaan laatujohtamisjärjestelmään ja niiden soveltaminen läpi koko organisaation
- b) määrittää näiden prosessien järjestys ja keskinäiset toiminnot
- c) määrittää kriteerit ja metodit, joilla valvotaan, että tämä operaatio (standardin käyttöönotto) ja prosessien kontrollointi ovat tehokkaita
- d) varmistaa resurssien ja informaation riittävyys tämän operaation tukemiseen ja prosessien valvomiseen
- e) seurata, arvioida ja analysoida näitä prosesseja
- f) ottaa käyttöön tarvittavat keinot saavuttaakseen suunnitellut tulokset ja näiden prosessien jatkuvan parantamisen.

Yrityksen toimintatapojen seurantaan kuuluvat katselmukset ja auditoinnit. Katselmukset tekee yrityksen johto, ja auditoinnit tekee ulkopuolinen akreditoitunut yrityksen edustaja. Yritykselle annetaan pöytäkirja, jossa listataan esille tulleet poikkeamat. Poikkeamat tulee korjata tarkastuksen suorittaneen henkilön antamassa määräajassa,

minkä jälkeen akreditoitu yritys myöntää sertifikaatin. Tamtron Systemsillä ISO 9001:2008 -sertifikaattia varten auditointi tehdään kerran vuodessa.[8;9.]

3.5 Tamtron Systems Oy:n laadunhallintajärjestelmä

ISO 9001:2008 -standardin mukaan yrityksen tulee laatia laatukäsikirja, jonka tehtävänä on esittää yleiskuva yrityksen laadunhallintajärjestelmästä. Tamtron Systems Oy:n laatukäsikirja on kirjoitettu vuonna 2007 ja sisältää toimintaohjeet talous- ja toimistopalveluille, asennukselle, huollolle, auditointisuunnitelman ja yleiset ohjeet. Tuotekehitykselle löytyy liitteenä vuokaavioina esitetyt toimintaperiaatteet dokumentoinnin ja seurantalavereiden osalta. Tuotekehitys on jaoteltu kolmeen pääkohtaan (kuva 5, ks. seur. s.).



Kuva 5. Tamtron Groupin tuotekehityksen pääprosessit [10]

Scalex 2200 -kehitysprojektin määrittely on aloitettu jo vuonna 2010, minkä jälkeen projekti jäi odottamaan tekijää. Vuoden 2013 alussa aloitettiin projektin toteutusosuus, joka on tämän insinööriyön aiheena. Laatukäsikirja määrittelee toteutuksen ja testauksen jälkeen projektin arvioitavaksi, minkä jälkeen päätetään, esitetäänkö tuotetta edelleen kehitettäväksi vai siirretäänkö tuotteistettavaksi.

Toteutusosuudessa tuotekehitystiimin tulee toimittaa suunnitteludokumentit, toteutussuunnitelma ja testaussuunnitelma ohjausryhmälle. Toteutussuunnitelman mukaisesti tarkennetaan projektin aikataulua ja vaiheita. Näiden suunnitelmien pohjalta tulee ohjausryhmä tarkistaa kustannukset, ja päättää jatketaanko projektia.

Kun toteutus jatkuu, suunnitteludokumenteista tehdään tuotantoa varten 3D-mallit, osaluettelot, kytkentäkuvat ja piirikaaviot. Myös testausohjeet tehdään toteutusvaiheessa, kun prototyyppi on tilattu ja valmistettu tulee testaukset aloittaa testaussuunnitelman mukaisesti. Testauksen jälkeen arvioidaan tarvittavat korjaukset, minkä jälkeen ne esitetään ohjausryhmälle, joka tekee jälleen päätöksen projektin jatkosta. [10.]

4 Scalex 2200 -vaakakeskusyksikön suunnittelu ja toteutus

4.1 Vaakakeskusyksikön suunnittelun lähtökohdat

Aloituspalaverissa 19.1.2013 käytiin työnohjaaja dipl. ins. Harri Bergmanin kanssa läpi Scalex 2200:ssa useiden vuosien aikana esiin tulleita ongelmia ja kehityskohtia. Vaikka laite toimii hyvin, kehityskohtia kuitenkin löytyi. Suunnittelutyökaluina käytössä oli AutoCAD mekaanista suunnittelua varten ja Menthor Graphicsin PADS elektroniikka-suunnitteluohjelmistona.

Projektissa suunniteltiin uudet sarjaliikennekortit, kotelointi ja jännitteensyöttö. Aikaisemmasta versiosta emolevy pysyy muuttumattomana ja suurimmat uudistukset tulevat huollon ja asennuksen osalta merkittäviin komponentteihin, kuten lisälaitteiden ja PC:n liittämiseen järjestelmään. Suunnittelussa pyrittiin ottamaan huomioon myös laitteen käyttö muissa tuotteissa, esimerkiksi mahdollisuus asentaa keskusyksikkö kuljettajaterminaaliin. Myös toimitettavien järjestelmien monipuolisuuden takia laitteen tulee olla mahdollisimman hyvin muokattavissa sisältönsä suhteen. Esimerkiksi levyillä tulee olla samanlainen kiinnitys, ja niiden tulee mahtua jokaiseen korttipaikkaan, jotta sarja- ja rinnakkaislinjojen määrää voidaan halutessa vaihtaa.

Vanha laite (kuva 6, ks. seur.s) vaatii poikkeuksetta mukaan erillisen kytkentäkotelon, joka kaapeloidaan Scalex 2200 takaosan liittimiin. Ylimääräisestä kotelosta on välillä koitunut ongelmia muun muassa, kun tilat ovat ahtaat. Kytkenäkotelo on ollut tarpeellinen, koska ulkoasennettavat armoroidut kaapelit eivät sovellu sellaisenaan asennettavaksi D25-liittimeen. Koska kaapelit valmistetaan tuotannossa määrämittäisiksi, asennusjälki on välillä sotkuista. Joskus kotelo ja keskusyksikkö ovat vierekkäin ja ylimääräiset kaapelit kierretään mahdollisimman hyvin piiloon. Tulevaisuudessa tällaisista kaapelikeristä halutaan päästä eroon.



Kuva 6. Scalex 2200 -vaakakeskusyksikön takalevyn liitännät [5]

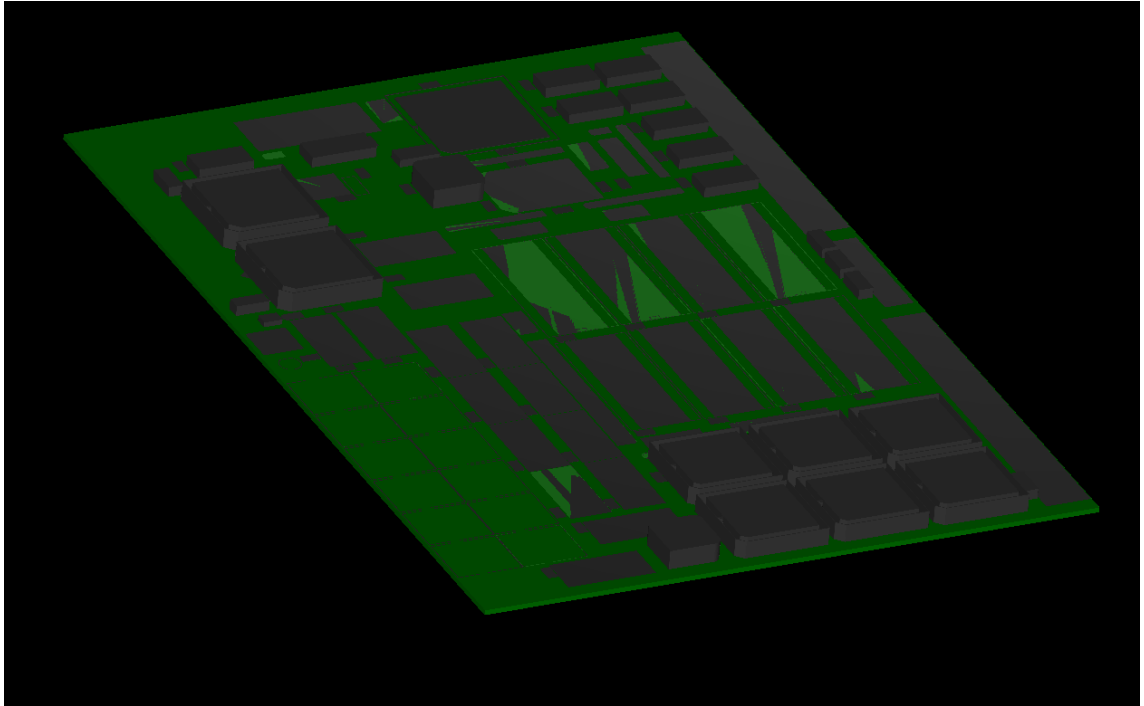
4.2 Scalex 2200 -vaakakeskusyksikkö vaakajärjestelmän osana

Scalex 2200 eli tuotekehitysprojektin kohteena oleva vaakakeskusyksikkö sisältyy kaikkiin rautatievaakajärjestelmiin ja suurimpaan osaan autovaakajärjestelmiä. Juna-vaakajärjestelmissä se hallitsee sekä liikkuvien junien akseli- ja vaunupainojen että sivuttaiskuormien punnitusta. Myös merkkivalojen ja muiden erilaisten lisälaitteiden ohjaaminen on mahdollista. Autovaakajärjestelmässä Scalex 2200 suorittaa punnituksia vaakainstrumentin antamalla painolukemilla. Punnitukseen on mahdollista erillisillä kuljettajaterminaaleilla tai RFID-kortinlukijoilla lisätä tunnisteita joko ajoneuvosta tai tuotteesta.

Scalex 2200 sisältää 12 sarjaliikenneväylää ja 32 rinnakkaislinjaa. Vanhasta laitteesta on mahdollista ottaa +5 V:n, +12 V:n ja -12 V:n käyttöjännitteet D9-liittimen kautta. Uudessa laitteessa ei ole jännitteille erillistä liitintä, mutta jännitteet voidaan tarpeen vaatiessa johdottaa laitteesta.

4.3 Mc-22Xe-piirilevy

MC-22Xe on vaakakeskusyksikön emolevy, jota ei tässä projektissa päivitetä. Muutokset, jotka koskevat emolevyä liittyvät kiinnitykseen. Kortilta kytketään sarjalinjat rj45-liittimillä SIA-4- ja SDI-6-kortteihin. Rinnakkaislinjat tuodaan PIA-4-kortille lattakaapelilla.



Kuva 7. Mc-22Xe, Scalex 2200 emolevyn 3d-mallinnus

Kuvassa 7 on esitetty 3d-malli Mc-kortista. Kortin oikeassa alareunassa on sarjalinjojen liittimet. Kortilla on lisäksi prosessoreita ja muistipiirejä, joilla ohjataan vaakajärjestelmää. Vaakaohjelma löytyy Mc-kortilta irrotettavissa olevilta EPROM-piireiltä. Piirit ohjelmoidaan, ja ohjelma räätälöidään asiakaskohtaisesti. [11.]

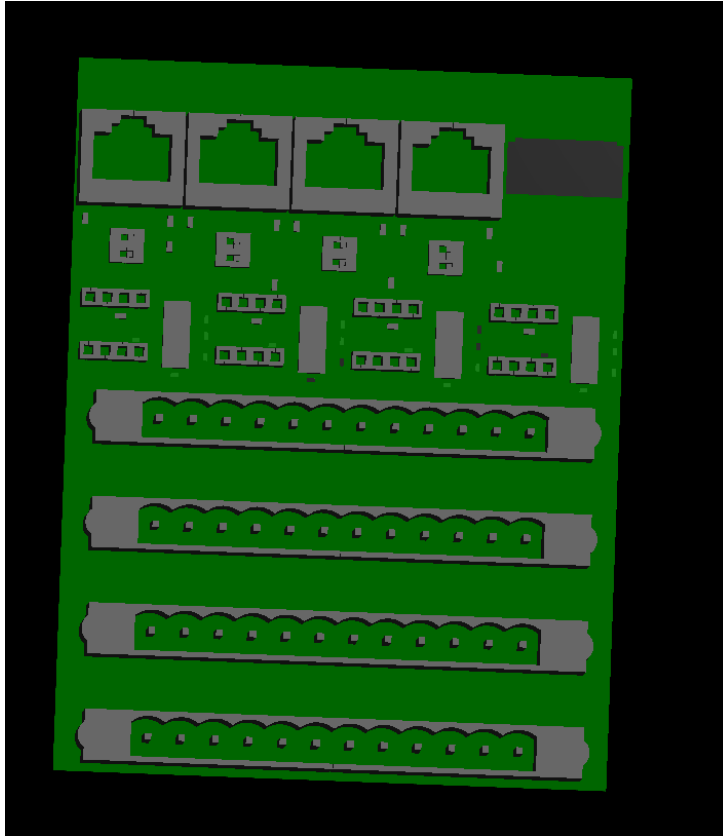
4.4 SIA-4-piirilevy

Sarjaliikennettä varten on suunniteltu kortti, jonka tarkoituksena on galvaanisesti erottaa kentälle menevä signaali Mc-kortille menevästä. Myös paksujen, ulkokäyttöön tarkoitettujen kaapeleiden asennus mahdollistetaan samalla SIA-4-kortilla. Aikaisemmin sarjalinjassa käytettiin kahta korttia RS-232-linjoja ja kolmea korttia RS-422-linjoja

varten. Vanhalla laitteella 422-linjaksi muuttuu kaksi väylää kerrallaan. Uuteen korttiin haluttiin jokainen linja määritellä erikseen. MC-kortilta tietoliikenne tulee RS-232-muotoisena, ja se muutetaan TTL-tasoon galvaanista erotusta varten. Muutos päätettiin tehdä MAX202-piirillä.

MAX202-piirin käyttö on perusteltua sen saatavuuden, hinnan ja käyttöjännitteen takia. Piiri käyttää +5 V käyttöjännitteenä ja muodostaa +12 V:n ja -12 V:n jännitteet RS-232:sta varten ns. sisäisillä jännitepumpuilla (*charge pumps*). Nostaakseen jännitteen vaadittuun se tarvitsee kuitenkin viisi 100 nF:n kondensaattoria, mutta näin säästytään erillisen +12 V käyttöjännitteen kytkemisestä kortille. MAX202-piiristä löytyy erilaisia vaihtoehtoja ja ESE-päätteinen piiri sisältää ylösvetovastukset, mikä myös tuki päätöstä valita kyseinen piiri. Sarjalinjoihin lisättiin liikennettä indikoivia ledejä helpottamaan vian diagnosointia huoltotilanteissa. Ledejä ohjataan 74LS641 piirillä, jotta ledin toiminta ei häiritse tiedonsiirtoa.

MAX202-piirin eri versiot aiheuttivat koekytkentävaiheessa ongelmia, koska ensimmäiset piirit olivat MAX202EESE-mallisia, ESE-mallin sijaan. Kytkentää testattaessa väärällä piirillä oli toiminta epävarmaa. Testeissä havaittu outo toiminta kuitenkin selvitetiin, pitkän testaamisen ja tutkimisen jälkeen syyksi paljastui EESE-mallin sisääntuloista puuttuvat sisäänrakennetut ylösvetovastukset. Vapaasti kelluvat linjat aiheuttivat jo lyhyillä viesteillä häiriöitä. Vian selvittyä tilattiin oikean mallisia piirejä ja koekytkentä toimi kuten oli odotettu.



Kuva 8. SIA-4 prototyypilevyn 3d-malli

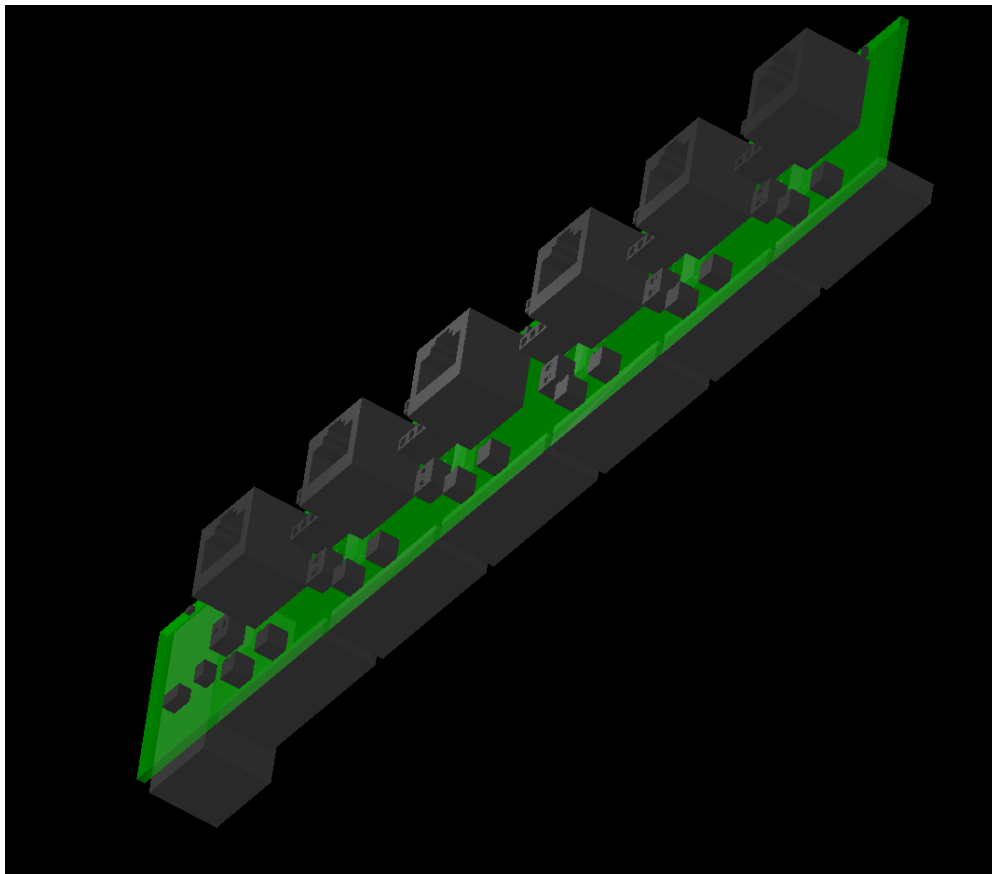
Kortin liittimiksi valittiin Phoenix Contactin liittimet, koska he toimittavat muihin Tamtron Systems Oy:n tuotteisiin osia. MC-kortin ja SIA:n välinen kaapelointi tehdään RJ45-liittimillä, joten valinta kohdistui pintaliitosmalliseen liitimeen. Kenttäkaapeloinnin kytkentää varten valittiin riittävän isot ja järeät 12-nastaiset liittimet, joihin voidaan kytkeä 2,5 mm² paksuinen johto. Kuvassa 8 on esitetty piirilevyn 3D-malli, josta näkyy liittimet kenttäkaapeleita varten. Liittimet on aseteltu levyn alaosaan, jotta kytkeminen olisi helpompaa ja johdot menisivät asennettaessa mahdollisimman vähän ristiin. [12]

4.5 SDI-6-piirilevy

SDI-6 on samantapainen kortti kuin SIA-4. Kortti mahdollistaa sarjalinjojen kytkemisen laitteen kyljestä. Myös Ethernet-liitäntä tehdään tämän kortin kautta. SDI-6-kortti sisältää samoja MAX202-piirejä RS-232 ja -422 liikennettä varten. Ethernet-muuntimen avulla pystytään Scalex 2200 kytkemään lähiverkkoon. Verkkoyhteys oli yksi uuden laitteen tärkeimpiä vaatimuksia, koska monissa asennuspaikoissa verkkoyhteydet

löytyvät valmiina ja vähentävät näin järjestelmän asennuksessa syntyviä kustannuksia. Levy kuitenkin suunniteltiin niin, että suhteellisen kallis osa voidaan jättää kalustamatta, jos PC-linjaa ei tarvitse viedä verkkoyhteyttä pitkin. Tällöin asennetaan SE21-kortti paikalleen sarjalinjaan, jolloin PC voidaan kytkeä RS-232 sarjaväylän kautta.

Suunnittelun kannalta SDI-6-kortti on hankalin, koska se asennetaan kotelon kylkeen, ja se vaatii mekaanisen suunnittelun kannalta tarkasti mietityt asettelut jokaiselle komponentille. Kuuden D9-liittimen asettelu levyn reunalle ja näiden viereen paikka Ethernet-muuntimelle, joka kiinnitetään levyyn Richcon muovisilla piirilevytuilla. Kotelon ulkopuolelle tulee näkyviin myös sarjalinjojen lähetys- ja vastaanottoledit. Levy kiinnitetään koteloon ainoastaan D9-liittimien kiristysholkeilla. Kuvasta 9 voidaan nähdä, miten ledit ovat aseteltu kortin yläreunalle ja D9-liittimet alapuolella. RJ45-liittimien välissä näkyy paikka SE-korteille.



Kuva 9. SDI-6-piirilevyn 3d-malli

Moxa MiiNePort Ethernet-muuntimia on kolme erilaista E1-, E2- ja E3-versiot. Kaikki kolme versiota ovat pienikokoisia, mutta ainoastaan valittu voidaan kiinnittää ilman juottamista. E1-versio on pienikokoisin, mutta kuten E2-versiokin se tulee juottaa piirilevyyn, ja ne käyttävät RS-232-signaalia tiedonsiirtoon. E3-versio toimii TTL-signaalilla ja toimii tämän takia samalla tavalla muiden sarjalinjojen kanssa. Ethernet-muunnin kytetään 20-napaisella liittimellä SDI-6 levyyn, jolloin yksi linja on rinnankytkettynä Moxan ja SE-kortin liittimen kanssa. Sarjalinjaa ei kuitenkaan voi kytkeä SE-kortin kautta D9-liittimeen ja samanaikaisesti Ethernet-muuntimen kanssa, jotta häiriötilanteita ei synny.

4.6 SE-21- ja SE-41-piirilevy

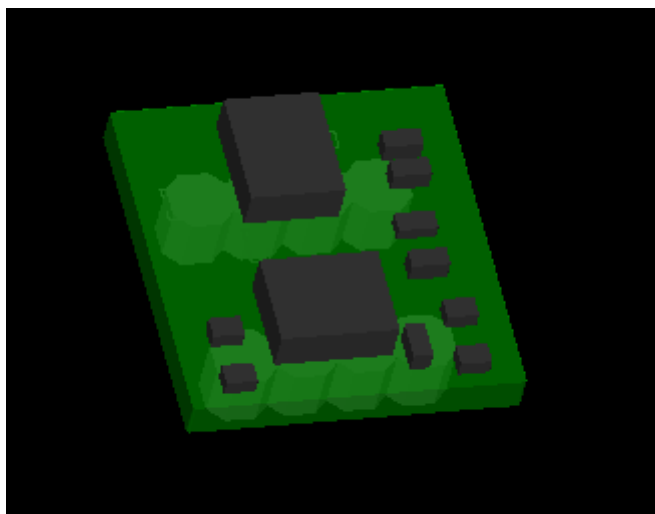
Pienikokoiset kortit, jotka suunniteltiin ajatuksena helpottaa huolto- ja asennustoimenpiteitä. Korteilla tehdään siis galvaaninen erotus, ja muutetaan SDI ja SIA korteilla TTL-tasoon muutettu signaali takaisin RS-232:ksi SE-21-kortilla. SE-41-kortti muuttaa TTL-logiikan RS-422-signaaliksi. RS-232 on yksi vanhimpia ja yleisimpiä EIA:n hyväksymiä sarjaliikenteen standardeja.

RS-232-linjalle maksimi kaapelipituus on noin 15 m 20 kbaudin lähetyksenopeudella. Tämän takia pitkiä kenttäkaapelointeja varten suunniteltiin myös RS-422-liikenteen mahdollistava kortti. RS-422 mahdollistaa 100 kbaudin tiedonsiirtonopeudella 1,2 km mittaisen kaapeloinnin.

Galvaaninen erotus tehdään uudessa Scalex 2200:ssa optisilla erottimilla. Erotus tehdään ainoastaan asennuskohteen niin vaatiessa, koska galvaanisesti erottaminen vaatii erillisessä piirissä olevan jännitelähteen, eli ne eivät saa olla kytketty yhteiseen maapotentiaaliin. Galvaanista erotusta käytetään silloin, kun täytyy jostain syystä käyttää pitkää RS-232-linjaa. Nämä kaapeloinnit ovat aikaisemmin aiheuttaneet ongelmia indusoituvien virtapiikkien takia. Myös ukkosvauriot ovat olleet mahdollisia ilman erotusta, etenkin asennuksissa, jotka ovat alueilla jossa ukkostaa usein.

Optiseksi erottajaksi valikoitui HCPL-S, koska kortti haluttiin pitää pienikokoisena ja mahdollistaa galvaanisesti erottamaton liitäntä. Kortti voidaan kytkeä myös yhdellä käyttöjännitteellä, jolloin erotusta ei synny, ja maapotentiaali on sama molemmilla puolilla piiriä.

RS-422-signaali muodostetaan optisten erottimien jälkeen MAX488-piirillä, jossa on molemmille suunnille oma muunnin yhdessä piirissä. Signaali tulee MAX488:lle TTL-muotoisena. Koska SE-21-kortin käyttöjännite on +5 V, tulee myös SE-41-kortin käyttää samaa jännitettä. Tämä puoltaa myös MAX488:n valintaa.



Kuva 10. SE-41-piirilevyn prototyypin 3d-malli

SE-41-kortti on hyvin pienikokoinen (kuva 10) ja se voidaan nykyisellään asentaa myös väärinpäin levyille, jolloin se ei toimi. Väärinasennus on pyritty estämään painattamalla korttiin selvät merkinnät osoittamaan asennussuuntaa. Seuraavaan versioon täytyy kortin väärinasentaminen estää mekaanisesti, esimerkiksi erilaisella liittimellä. Nykyinen liitin on yksinkertainen 2,54 millin rasterivälinen piikkirima, joka on mahdollista kytkeä molemmin päin levyille. Muutoksen välttämättömyys pitää tarkastaa käytännön testeissä, koska liitintyyppi täytyy tällöin vaihtaa myös kaikissa sarjaliikennekortteissa. [13; 14, s.755; 15 ; 16.]

4.7 PIA-4-piirilevy

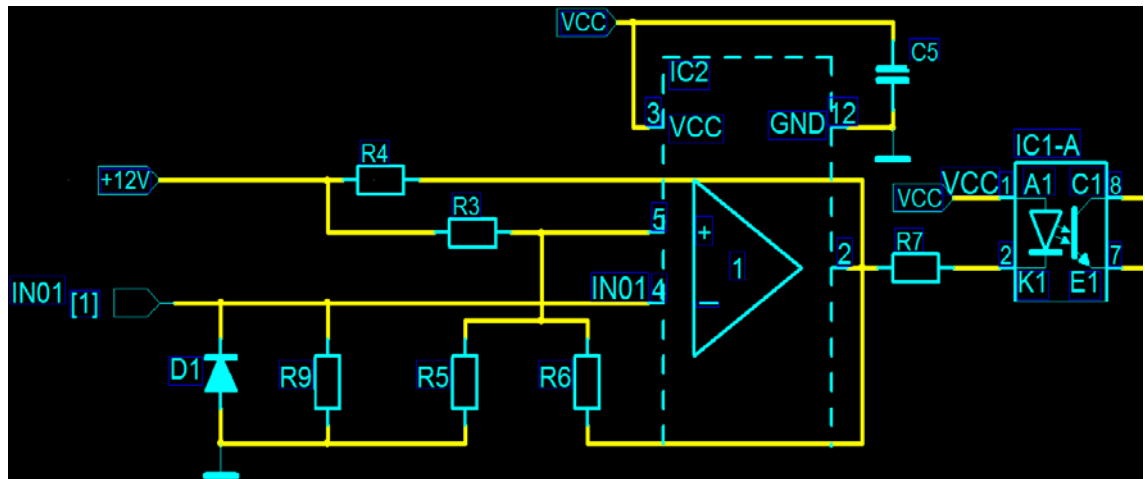
Rinnakkaislinjoille suunniteltu PIA-4 korvaa aikaisemmin rinnakkaisliikennettä käsitelleet kaksi korttia. Levyllä pystytään käyttämään joko +24 V:n relettä tai vaihtoehtoisesti potentiaalivapaata kytkintietoa. Yhdellä kortilla saadaan 4 kpl 32 linjasta käyttöön. Näistä neljästä linjasta voidaan kytkimien asentoja muuttamalla vaihtaa liikenteen suuntaa, eli toimiiko kortti ohjauksena vai vastaanottaako se ohjaussignaalin.

Jokaisella linjalla on omat ohjauskytkimensä. Kytkimiksi valittiin kaksiasentoiset keinu-kytkimet, joilla valitaan joko sisään- tai ulospäin suunta signaalille. Kortilla on kahdeksan kytkintä, joista neljä ohjaa suuntaa ja neljällä valitaan joko jännitteinen tai potentiaalivapaa kytkintieto. Osan asennon vaihtaminen on tarkoituksella jäykkä, koska kytkimillä valinnat tehdään tuotannossa, kun projektin vaatima kokoonpano on tiedossa. Kytkimien asennot eivät saa muuttua vahingossa. Valittujen kytkimien mekaaniseksi käyttöäksi valmistaja ilmoittaa 2000 asennon vaihtoa.

PIA-4:n toimintatapa muuttuu entisistä korteista suuresti. Vanhalla kortilla vaadittiin johtojen kytkeminen ulkoisiin liittimiin, joista valittiin joko potentiaalivapaa kytkintieto tai +24 V:n ohjaussignaali lyhyillä johdoilla. Valinnan tekeminen erillisillä johdoilla on ollut toimiva tapa, mutta asennuksen päivityksessä tulisi jännitetiedon muuttaminen, tai releen käyttöönoton olla helpompaa ja nopeampaa. Virheellisten asentojen välttämiseksi pitää kortin merkinnät ja ohjeet olla selkeät.

4.8 TSI-16-piirilevy

TSI-16-kortti kalustetaan Scalex 2200 -vaakakeskusyksikköön ainoastaan rautatievaaoissa. Piirilevyn tarkoitus on muuttaa RS-232-signaali I/O-tiedoksi, jotta kiskoilta saadaan akselinlaskijoilta kytkintieto oikeanlaisessa muodossa. Muunnos tehdään jännitekomparaattorilla ja optisella erottimella. Esimerkkikytkentä näkyy kuvassa 11(ks. seur. s.). Kortilla +12 V:n jännitettä verrataan MC-kortin RS-232-signaaliin, joka on nollassa myös +12 V, jolloin optinen erotin ei ole johtavassa tilassa.

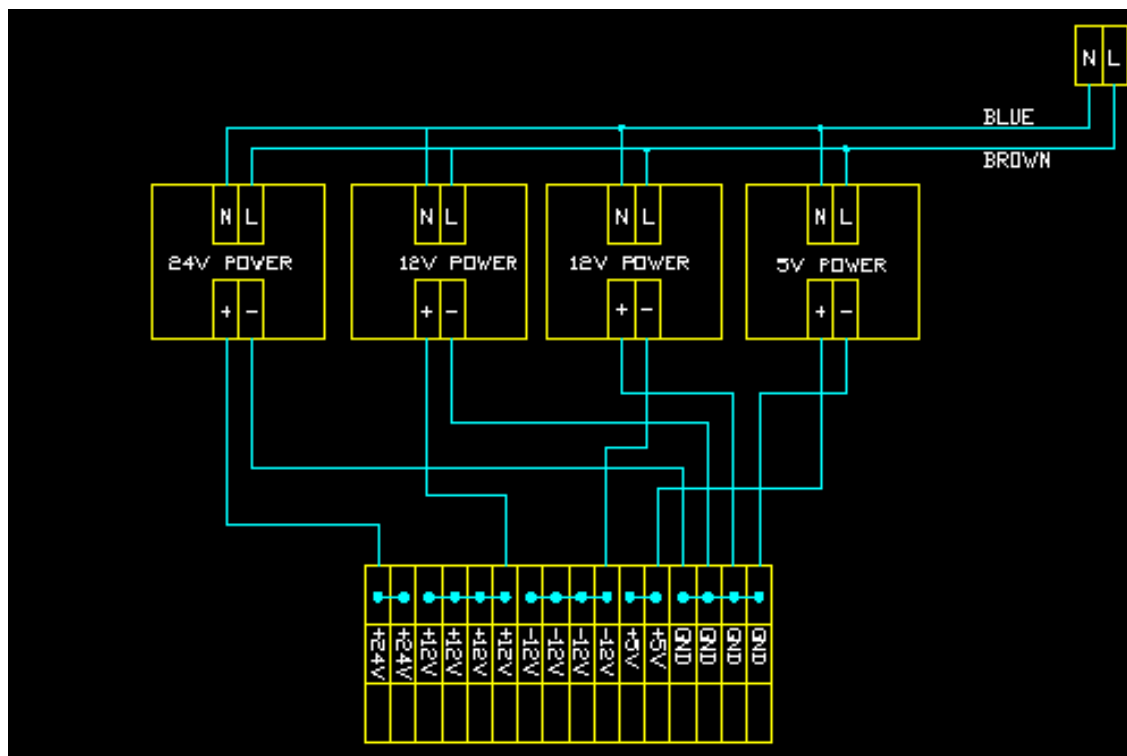


Kuva 11. TSI-16-kortin esimerkkikytkentä

TSI-16-kortilla on 16 I/O-linjaa, joista neljällä ensimmäisellä voidaan jumpperiasetuksia vaihtamalla muuttaa ulostulolinja Wild-järjestelmän kanssa sopivaksi. Tällä muutoksella pyrittiin korvaamaan Wild-järjestelmässä käytössä oleva kallis ja käyttötarkoitukseen turhan monimutkainen kortti. Akselinlaskijan 8 V:n I/O-signaali täytyy muuttaa mittaus-elektronikalle sopivaksi. Akselinlaskijan toiminta on erittäin tarkkaa, koska niiden antamasta tiedosta pystytään tunnistamaan vaunutyypin akseli- ja telivälit. Kortin erilliset testit Wild-järjestelmää varten suoritetaan Scalex 2200:n testejen ohella.

4.9 Jännitteensyötön muutoksia

Vanhassa laitteessa jännitteensyöttö tehtiin yhdellä laitteella, joka antaa jännitteet GND, -12 V, +5 V ja +12 V. Uudessa laitteessa päädyttiin erillisiin jännitelähteisiin, jolloin yhden jännitetason pudotessa ei tarvitse vaihtaa koko jännitelähdettä, ainoastaan yksi pienempi osa. Lähteeksi valikoituivat pienikokoiset jännitelähteet, jotka kytkettiin kuvan 12 (ks. seur. s.) osoittamalla tavalla:



Kuva 12. Jännitelähteiden kytkentätapa riviliittimille

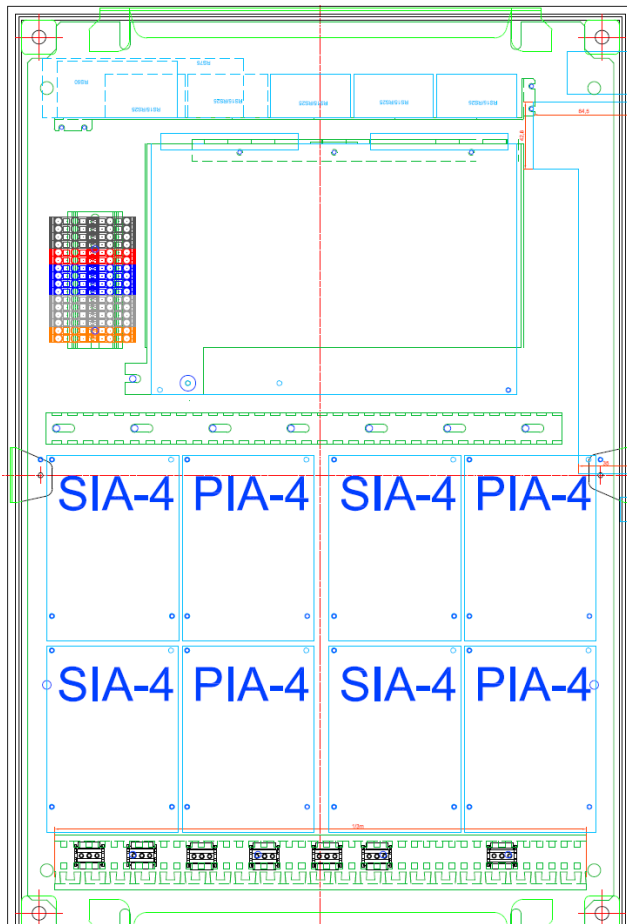
Laitteen suunnittelussa jännitteensyöttö on omassa metallilevyllä erotetussa osastossa erillään muusta mittalaitteesta. Tällä pyritään varmistumaan, ettei jännitelähteiden 240 VAC:n käyttöjännite häiritse mittaussyksikköä. Lisäksi jännitelähteet suojataan läpinäkyvällä muovilevyllä, joka estää jännitteisiin osiin koskettamisen laitteen kannen ollessa auki. Jännitteet tuodaan metallilevyn vierestä riviliittimille, josta jännite jaetaan eteenpäin.

Erillinen 24 V:n tasajännitteen lisääminen nähtiin tarpeellisen, koska monessa järjestelmässä tarvitaan erillinen 24 VDC:n jännitelähde. Esimerkiksi liikennevalot ja lisänäytöt vaativat enemmän tehoa, mikä johtaa -12 V:n ja +12 V:n linjoilla epävakauteen ilman erillistä jännitelähdettä.

4.10 Mekaaninen suunnittelu ja toteutus

Mekaaninen suunnittelu tehtiin elektroniikan tarpeiden ja vaatimusten perusteella. Laitteen koteloitiin haluttiin muuttaa nykyisestä pöytämallista seinälle asennettavaksi malliksi. Vanha laite vaati erillisen kytkentäkotelon, johon liitettiin erilliset ohjainkortit ja

riviliittimet, joihin kenttäkaapelointi kytkettiin. Uudessa laitteessa kahden kotelon tarve haluttiin poistaa. Uusi laite kasvaa verrattaessa sitä vanhaan Scalex2200-malliin.



Kuva 14. Mekaaninen sovituskuvat prototyypin kokoonpanosta

Kuvassa 14 on sovitettu osia mekaanisesti prototyypin koteloon, yläosassa näkyvät jännitelähteet, joiden alapuolella on MC-kortti ja riviliittimet. SIA-4 ja PIA-4 kortteja on sovitettu paikalleen maksimimäärä, asiakkaille toimitettavaa tuotetta ei todennäköisesti koskaan kalusteta kahdeksalla piirilevyllä. Yläosa on jännitelähteiden osio, ja niiden alla näkyy jännitteiden kytkemistä varten riviliittimet MC-kortin vieressä. MC-kortin kiinnityseline on uusi ja suunniteltiin saranoilla käännettäväksi, jotta kortin paikalleen asennus onnistuu helposti. Teline kiristetään pohjaan kiinni ruuvilla ja levy kiinnittyy Richcon piirilevykiskoilla telineen reunoihin ja pysyy pitkittäissuunnassa paikallaan ruuvien ja taitetun peltiosan ansiosta.

Emolevyn vieressä oikealla puolella on SDI-6-kortin kiinnityspaikka kotelon sivussa. Koteloon aukotettiin yhdellä isolla suorakaiteen muotoisella aukolla ja SDI-6-levyn liittimiä varten suunniteltiin erillinen peltilevy. Levyjä tilattiin myös aukottomana, jotta kotelo pysyy tiiviinä.

Kenttäkaapelointi tuodaan koteloon pohjan kautta. Asennuksissa käytetyt kaapelit ovat neljä- ja kahdeksanparisia. Koteloon on aukotettu seitsemän 25 mm:n reikää, joista käytettävät kaapeli mahtuvat. Yleisemmin käytettävä neliparinen armoroitu kaapeli mahtuisi pienemmästä aukosta, mutta vaakakeskusyksikköön kytketään myös kahdeksanparinen kaapeli, esimerkiksi pikapuhelinjärjestelmällä toimitettavaan vaakajärjestelmään. Kotelon alaosaan sarja- ja rinnakkaisliikennekorttien alapuolelle asennettiin vedonpoistoa ja kaapeleiden suojavaippaa varten kiinnityskisko. Kiskon asennuskorkeus saattaa muuttua ensitestien jälkeen. Jos ulos asennettava kaapeli on liian jäykkää taivutettavaksi kiskoon, täytyy kiskoa nostaa korotusholkeilla.

Scalex 2200 ulkoasennuksen mahdollistamiseksi joudutaan kotelon sivussa oleva SDI-6-kortti poistamaan ja sitä varten suunniteltu aukotus laittamaan umpeen. Mahdollisesti myös käyttöjännitteen liitin vaihtaa vedenpitävään malliin. Alkuperäinen ajatus ulos-asennettavasta mallista ei ole järkevä toteuttaa jokaisesta laitteesta, ainoastaan niistä jotka on pakko asentaa ulos.

5 Tamtron Systems Oy:n tuotekehityksen parantaminen

Seuraavaksi esitellään tuotekehitysprojektin aikana esille tulleita asioita, jotka vaikeuttivat ja mahdollisesti hidastivat projektia. Ongelmille pyritään myös löytämään mahdollinen ratkaisu. Tamtron Groupin laatukäsikirjan uudistus on aloitettu jo tämän projektin aikana, mutta sitä ei ole vielä marraskuussa 2013 julkaistu.

Kehitysprojektin alussa aikatauluttomuus ja siitä seurannut tärkeysasteen pienentyminen muodostui ongelmaksi koko projektin ajan. Asiakasprojektien määrä ja kesälomat aiheuttivat pitkän tauon projektiin. Kun suunnittelu jatkui, projektilla alkoi olla kiire.

Tuotekehitystiimiä ei ole pienessä yrityksessä, mikä aiheutti ongelmia. Etenkin elektronikkasuunnittelun yhteydessä osaluetteloiden tuotetietojen paikkansapitävyys jäi tarkastamatta. Muutamat valitut osat eivät löytyneet annetuilla tiedoilla esimerkiksi kirjoitusvirheen takia. Osaluetteloiden virheet ovat olleet inhimillisiä erehdyksiä ja niiden vähentäminen onnistuu paremmalla läpikäynnillä. Ennen lopullista tilaamista täytyy osaluettelo käydä tarkasti läpi, ja käyttämällä hieman ylimääräistä aikaa tarkastusvaiheeseen säästytään jälkikäteen korjaamisen tuomalta viivästykseltä.

Piirilevytoimittajan tuotantotapojen ja käytössä olleen PADS-suunnitteluohjelman yhteensopivuuden kanssa oli ongelmia. Tuotantotiedostojen muokkaaminen aiheutti lisää myöhästymistä, tällaisia asioita on vaikea ennustaa. Ongelma toi esille toimittajan valintaan vaikuttavia kohtia, jotka täytyy huomioida. Esimerkiksi toinen toimittaja, joka antoi prototyypilevyistä selvästi kalliimman tarjouksen, jäi valitsematta, vaikka yritys olisi pystynyt toimittamaan piirilevyt suoraan PADS-tiedostoista valmistettuna.

Toimittajien valintaa ja luotettavien toimittajien kirjaaminen on tärkeää sekä päämääränä pitäisi olla yhteistyösopimus luotettavaksi todetun alihankkijan kanssa. Tässä projektissa esille tullutta hankintojen aikataulullista hallittavuutta saataisiin parannettua. Alihankkijoiden tarkastelua ja paremmuuden määrittelyä varten on yrityksessä otettu käyttöön toimittajien kilpailutusta helpottamaan lomake, josta löytyy valmiita kysymyksiä toimitusketjun toimivuuden tarkastamiseksi.

Laatukäsikirja ei määrittele erillisiä läpikäynti tai muunlaisia palavereita kesken suunnittelun, mutta edes kerran kuussa etenemisen läpikäynti olisi todennäköisesti nopeuttanut prototyypin valmistumista. Palaverit olisivat pitäneet tuotekehitysprojektin tärkeysjärjestyksessä. Projektin seurannan tehostamiseksi tulisi kehitystiimillä olla vastaava, joka pitää huolen aikataulun pitävyydestä. Tarkemmin suunniteltua ajankäyttöä myynti- ja tuotekehitysprojektien välillä, jolloin työ olisi katkeamatonta eikä huolimattomuusvirheitä syntyisi niin helposti.

6 Yhteenveto

Insinööriyössä suunniteltiin Scalex 2200 -vaakakeskussyksikön kehitysversio Tamtron Systems Oy:lle. Laite rakennettiin prototyyppiasteelle vuoden 2013 aikana asiakasprojektien yhteydessä. Samalla tarkasteltiin tuotekehitysprosessien toimivuutta pienessä, kahdentoista työntekijän yrityksessä.

Tamtronissa on käytössä laatukäsikirja, joka antaa pääkohdat seurantalaverien muodossa tuotekehitysprojehtin läpiviennille. Projekti käynnistettiin 19.1.2013 aloituspalaverilla, jossa käytiin läpi haluttuja muutoksia laitteelle.

Kehityskohdat tulisivat olemaan koteloinnin muuttaminen tilavammaksi. Elektroniikka-suunnittelun kannalta levyt, joilla sisään ja ulos signaalit muokataan, olivat kehityksen kohteena. Vanhaan Scalex 2200 nähden suunniteltiin täysin uudet levyt, joissa yhdistettiin aikaisemmassa laitteessa hyvin toimineet kohdat ja uudet vuosien aikana esille tulleet muutostoiveet.

Suunnittelu lähti käyntiin SIA-4-sarjakortin peruseriaatteen suunnittelulla, ja kun kytkentä oli varmistettu koekytkentälevyllä toimivaksi, siirrettiin kokoonpano suunnitteluohjelmaan. SIA-4-kortin jälkeen suunniteltiin SE-kortit ja SDI-6-kortti eli sarjaliikennekortit, jotka kaikki ovat samantyyppisiä. Piirien valintaan vaikutti suuresti laitteen sisäisen kaapeloinnin yksinkertaisena pitäminen, eli monen eri jännitteen kytkeminen kortteille haluttiin välttää.

Sarjaliikennekorttien jälkeen suunniteltiin rinnakkaislinjoja varten PIA-4-piirilevy, joka mahdollistaa releellä toimivan kytkintiedon ohjaamisen, ja tiedonsiirron 32:n I/O-väylän kautta. Lisäksi rinnakkaislinjaan sijoitettava TSI-16 kortti suunniteltiin Trapper- ja Wild-järjestelmää varten. TSI-16-kortti mahdollistaa akselinlaskijoiden liittämisen järjestelmään, nämä mahdollistavat junan vaunujen paikallistamisen vaa'alla ja sen lähettyvillä. Ne myös ilmoittavat järjestelmälle punnituksen aloitusajankohdan ja niiden antamasta tiedosta voidaan tunnistaa vaunutyyppisiä.

Kun kortit olivat suunniteltu, aloitettiin korttien ja jännitelähteiden sovittaminen koteloon. Sovitus tehtiin AutoCAD:lla, jolla varmistettiin että tila kotelossa riittää. Kun laite oli tietokoneella tarkastettu mekaanisesti toimivaksi, tilattiin elektroniikasta prototyyppisarja ensimmäisiä testejä varten. Elektroniikan saapuminen kesti noin kaksi kuukautta toivot-

tua pidempään. Syinä olivat muun muassa ongelmat alihankkijan tuotannon ja suunnitteludokumentoinnin yhteensopivuudessa, mutta myös projektin aikatauluttomuus johti toimituksen myöhästymiseen. Dokumenttien muuttaminen sopiviksi kesti yli kuukauden työkiireiden takia.

Lopputuloksena insinööriyön tavoite rakentaa Scalex 2200 -vaakakeskusyksiköstä uusi versio prototyyppiasteelle kuitenkin täyttyi. Prototyyppiä esitetään seuraavaksi ohjausryhmälle sekä suoritetaan ensimmäisiä käyttötestejä testiympäristössä. Toimintaohjeen mukaisesti testeistä esille tulleet ongelmat kirjataan ja esitetään korjattavaksi jos projektia päätetään jatkaa. Yritys sai opinnäytetyöstä myös parannusehdotuksia koskien tuotekehitysprojektin etenemistä Tamtron Systems Oy:ssä. Yrityksessä on tehty muutoksia toimintatapoihin tässä työssä esille tulleista ongelmakohdista.

Lähteet

- 1 Konsernin esittely. 2012. Verkkodokumentti. Tamtron Oy www.tamtron.fi. Luettu 16.3.2013.
- 2 Yritysesittely. 2012. Verkkodokumentti. www.tamtronsystems.com. Luettu 16.3.2013.
- 3 Tamtron Systems Oy:n 2012 vuoden verotustiedot
- 4 Tamtron Systems yritysesittely. Powerpoint esitys. 2012
- 5 Tamtron Systems Oy sisäinen materiaali
- 6 OIML R 134-1-e06. 1997. Automatic rail-weighbridges. Organisation Internationale de Métrologie Légale.
- 7 OIML R 134-1-e06. 2006. Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads. Organisation Internationale de Métrologie Légale.
- 8 ISO 9001:2008. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 2008. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 9 ISO 9001 for Small Businesses. 2010. ISO and the International Trade Centre. Switzerland.
- 10 Tamtron Group laatukäsikirja 2007, päivitetty 2012.
- 11 Maxim Integrated Products. 2003. MAX200-MAX211/213 rev.6. USA.
- 12 EPROM-programming. 2013. Verkkodokumentti. <http://www.batronix.com/shop/electronic/eprom-programming.html>. Luettu 18.11.2013.
- 13 Galvanic isolation: Choosing the right isolation device. 2012 . Videosityys. http://www.avagotech.com/pages/galvanic_isolation/ Katsottu 19.11.2013.
- 14 Floyd. 2009. Digital Fundamentals 10th Edition. Pearson International Edition.

- 15 Avago technologies. 2010. High SMR, High Speed TTL Compatible Optocouplers Data Sheet.
- 16 Maxim Integrated Products. 2003. MAX Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers.USA.