

Matti Poikonen

Miunske CAN-moduulin soveltaminen matkailuautokäyttöön

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Tietotekniikan KO
Kevät 2013



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Matti Poikonen	
Työn nimi Miunske CAN-moduulin soveltaminen matkailuautokäyttöön	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Sulautetut Järjestelmät	Ohjaaja(t) Tuomo Rantala Toimeksiantaja Pasiolektro Oy
Aika Kevät 2013	Sivumäärä ja liitteet 49
<p>Erilaiset väylämuotoiset ratkaisut ovat suuri osa nykypäivän ajoneuvoteollisuutta. Ne ovat tuoneet helppoja ratkaisumalleja ajoneuvojen tiedonsiirtoon. Tämän insinööri työn tarkoituksena oli tuoda helpotusta erikoisajoneuvon valmistukseen. Tässä työssä tutustuttiin Miunske CAN -moduulijärjestelmän käyttöönottoon ja mahdolliseen soveltamiseen matkailu- ja erikoisajoneuvo käytössä.</p> <p>Työssä on ensin esitelty CAN-väylän periaatteellinen toiminta, jonka jälkeen on esitelty Miunske CAN -moduulijärjestelmän käyttöönotto ajureiden asennuksesta ohjelmalliseen käyttöön. Järjestelmän käyttöönotto-osio on suoritettu pitkälti käännöstyönä Miunske-yhtiön ohjekirjaa hyväksi käyttäen.</p> <p>Työstä tehtiin testikytkentä, jolla testattiin järjestelmän toimintaa käytännössä. Tämä kytkentä antoi selvemman kuvan järjestelmän hyödyistä ja lisäksi se antoi paremman kuvan järjestelmän todellisesta toiminnasta. Testauksen perusteella todettiin, että järjestelmällä saadaan tehtyä paljon asioita matkailu- ja erikoisajoneuvoissa. Esimerkiksi erilaisten matkailuautossa esiintyvien komponenttien ohjaus voidaan toteuttaa käyttäen vähemmän johdotusta, kuin mitä niiden ohjauksessa käytettyihin johtosarjoihin on tähän asti mennyt.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	CAN, Miunske, CAN-moduuli
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School School of engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Matti Poikonen	
Title Embedding Miunske CAN Module System into Recreational Vehicles	
Optional Professional Studies Embedded Systems	Instructor(s) Tuomo Rantala
	Commissioned by Pasidelektro Oy
Date Spring 2013	Total Number of Pages and Appendices 49
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to research the Miunske CAN module system and to apply it into a recreational vehicle. This research was made to help Pasidelektro Oy to facilitate their manufacturing of recreational and transport vehicles. So far all the modifications of lighting elements and controlling of fans, fridges and heating have been made by additional unique harnesses for each produced vehicle. This system would change that and bring uniformity to the production of these vehicles.</p> <p>This thesis describes the way the CAN bus works and how the Miunske CAN module system can be set up. There is quite detailed information about setting the system up, including installing drivers and using the software that comes with the system. This has been done by translating the Miunske CAN module user manual.</p> <p>In addition, a test system was set up to get to know the Miunske CAN module system better and to see how it actually works in practice. This testing proved that the system can be used to help Pasidelektro in their development of vehicle production.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	CAN, Miunske, CAN module
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Haluan kiittää tämän insinööriyön mahdollistamisesta Pasielektro Oy:tä. Kiitokset myös työtä ohjanneelle Tuomo Rantalalle, joka jaksoi tämän prosessin loppuun. Tämä insinööriyö, toiselta nimeltään ”ikuisuusprojekti” on valmis.

Osoitan myös pahoittelut lähimmäisilleni, olen ollut kärtyisä sen epätietoisuuden valossa ettei tämä ”ikuisuusprojekti” koskaan valmistuisi. Paljon jäi vielä tekemättä ja tutkimatta.

”Jos oot ymmärtännä kaeken, oot varmasti käsittännä väärin.”

- Savolaenen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 AJONEUVOVÄYLÄT	2
2.1 CAN-väylä	3
2.2 CAN-väylän fyysinen rakenne	3
2.3 Viestikehys	5
2.4 Viestin valinta CAN-väylässä	7
2.5 Virheentunnistus ja virhetilat CAN-väylässä	9
3 MIUNSKEN CAN-JÄRJESTELMÄ	12
3.1 Ennen CAN-moduulin käyttöönottoa	12
3.2 Miunsken näppäinmoduulin ohjelmointityökalu	15
3.3 Miunsken I/O -moduulin ohjelmointi	36
4 TESTIKYTKENTÄ JA TESTAUS	42
5 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	49

LYHENNELUETTELO

ACD	(Acknowledge Delimeter), CAN-viestin kenttä, jonka tulee aina olla resessiivinen
ACK	(Acknowledge), CAN-viestin kuittauskenttä
CAN	(Controller Area Network), tiedonsiirto väylä, yleisimmin ajoneuvokäytössä.
CRC	(Cyclic Redundancy Check), tarkistussumma CAN-viestissä
CRD	(Cyclic Redundancy Delimeter), tarkistussumman erotusbitti CAN-viestissä
EOF	(End of Frame), CAN-viestin lopetuskenttä, jossa 7 resessiivistä bittiä
GPS	(Global Positioning System), satelliittipaikannusjärjestelmä
ID	(Identifier), CAN-väylän viestit erotellaan niiden omalla tunnistenumeroilla.
IDE	(Identifier Extension), CAN-viestin standardin tai jatkettun kehyksen ilmaiseva kenttä
IFS	(Interframe Space), 3-bittinen kenttä, joka erottaa kehykset toisistaan
kbps	(kilobit per second), yksikkö tiedonsiirron nopeudelle (kilobittia per sekunti)
LIN	(Local Interconnection Network), tiedonsiirtoväylä, yleisimmin ajoneuvokäytössä.
Mbps	(Megabit per second), yksikkö tiedonsiirron nopeudelle (Megabittia per sekunti).

MOST	(Media Oriented Systems Transport), ajoneuvoissa käytettävä multimedia väylä.
REC	(Receive Error Counter), laskuri joka laskee vastaanotettujen virheiden määrää CAN-järjestelmässä
RES	(Reserved), kenttä CAN-viestissä jonka tulee aina olla dominantti
RTR	(Remote Request), CAN-viestin kenttä, joka ilmaisee onko kyseessä kysely vai tietokehys
SOF	(Start of Frame), aloituskenttä CAN-viestissä
SRR	(Substitute Remote Request), RTR-bitin korvaava kenttä käytettäessä jatkettua kehystä.
TEC	(Transmit Error Counter), laskuri joka laskee CAN-väylässä tapahtuvien lähetysvirheiden määrää
USB	(Universal Serial Bus), tietokoneen liitäntä ohjelaitteille

1 JOHDANTO

Nykypäivän autoteollisuus on merkittävässä kasvussa. Uusia innovatiivisia sovelluksia ja järjestelmiä kehitetään ajoneuvokäyttöön koko ajan. Tämä kehitys on saanut alkunsa aina auto- ja moottoriteollisuuden alkua ajoista lähtien, vuodesta 1860, kun Jean Joseph Étienne kehitti ensimmäisen suurempia määriä valmistetun polttomoottorin [1]. Siitä eteenpäin moottorintekniikan kehitys on ollut nopeaa aina nykypäivään asti ja jatkunee vielä tulevaisuudessakin.

Myös erilaiset väylämuotoiset ratkaisut ja sovellukset ovat osa nykypäivän autoteollisuutta. Tällaisia ovat muun muassa LIN (Local Interconnection Network) ja CAN (Controller Area Network), jotka ovat yleisimmät käytössä olevat väylät ajoneuvoteollisuudessa. Nämä väylämuotoiset tietoliikennetarkaisut ovat tuoneet yhteen yhä useampia ohjainlaitteita. Ajoneuvojen erilaiset turva-, navigaatio-, sekä multimedialaitteet käyttävät hyväkseen väyliä. Nämä kaikki ohjausta helpottavat, sekä turvallisuutta ja mukavuutta tuovat laitteet ja toiminnot lisäävät johdotuksen tarvetta ja tuovat lisäkustannuksia. Väylien käyttö helpottaa ajoneuvon valmistusta johdotuksen määrän vähentyessä suuresti, sillä nämä edellä mainitut väylät käyttävät korkeintaan kahta johdinta tiedonsiirtoon. [2, s. 3.]

Tässä insinöörityössä tullaan keskittymään ajoneuvojen sisäiseen väylämuotoiseen tiedonsiirtoon. Tähän työhän valittu tiedonsiirtoväylä on CAN-väylä. Tämä siksi, että työssä keskitytään myös Miunske CAN I/O modules -sovellukseen. Sovelluksen käyttöönoton tarkoituksena on tuoda insinöörityön tilanneelle Pasielektro Oy:lle keinot sarjatuotantomaiseen matkailu- ja henkilökuljetusajoneuvojen sähköisten johtosarjojen valmistukseen. Työn tarkoituksena on myös tutkia ja selvittää järjestelmän soveltuvuutta matkailu- ja henkilökuljetukseen tarkoitetuissa ajoneuvoissa. Pasielektro Oy on Pielavedellä jo 20 vuotta toiminut sähkö- ja ajoneuvoalan yritys, jonka päätoimenkuvana on valmistaa alihankintatoimena ajoneuvojen johtosarjoja.

2 AJONEUVOVÄYLÄT

Ajoneuvoväylät ovat tämän päivän tiedonsiirtotekniikkaa autoissa. Väylillä on ratkaistu ajoneuvojen valmistuksessa olleita ongelmia ja ajoneuvojen valmistuskustannuksia on myös saatu pienennettyä huomattavasti. Vanhoja väyliä on aikojen myötä kehitetty yhä tehokkaammiksi. Vanhojen väylien tilalle on kehitetty uusia korvaamaan puutteita tai lisäämään ajoneuvon turvallisuutta ja käytettävyyttä. Väylät jakaantuvat useaan luokkaan (taulukko 1) ominaisuuksiensa ja toimintansa mukaan.

Taulukko 1. Ajoneuvoväylien luokkajako [2, s. 4]

Luokka A	Multipleksattu johdinjärjestelmä, jossa signaalit kulkevat yhtä johdinta pitkin. Poistaa turhat johdotukset ja suoriutuu samoista tehtävistä. Hidas (<20kbps) ja halpa ratkaisu; kytkintietoa peleistä, ikkunoista, turvavöistä, oven lukoista ja kojelaudan napeista.
Luokka B	Multipleksattu johdinjärjestelmä nopeuteen <125kbps saakka, diagnostiikka ja mittaustietojen välitykseen
Luokka C	Reaaliaikaiseen tiedonsiirtonopeuteen yltävät väylät; lukkiutumattomat jarrut, vaihteistojärjestelmät ja moottorinohjaus. Väylän nopeus välillä 125kbps ja 1Mbps
Turvallisuus järjestelmät	Aktiiviset, turvallisuuteen liittyvät järjestelmät, kuljettajan apujärjestelmät, brake-by-wire, steer-by-wire. Väylän nopeus 10Mbps saakka
Multimedia	Viihde- ja kuljettaja-informaatiojärjestelmät; radio, internet-selaimet, CD/DVD-soittimet, auton telematiikka ja infotainment järjestelmät. Nopeus >10Mbps

Olemassa olevia, tärkeimpiä ajoneuvoväyliä ovat muun muassa CAN (Controller Area Network), LIN (Local Interconnect Network), FlexRay ja MOST (Media Oriented Systems Transport). Tässä työssä keskitytään CAN-väylään ja sen toimintaan. Työssä käytettävä Miunske I/O -moduuli on rakennettu käyttämään CAN-väylää, jättäen CAN-väylän ainoaksi mahdolliseksi väylä valinnaksi työtä ajatellen.

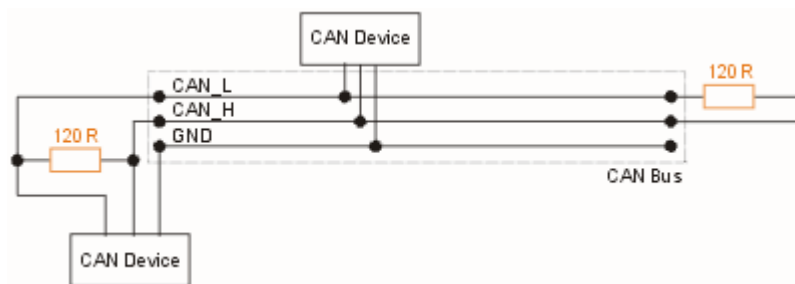
2.1 CAN-väylä

CAN-väylän (Controller Area Network) kehittämisen aloitti vuonna 1983 Robert Bosch GmbH ja väylän ensimmäinen protokolla julkistettiin vuonna 1986. Väylä kehitettiin reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon, jota tarvitaan muun muassa moottorinohjainyksiköissä ja ABS-jarruissa (Anti-block Breaking System). Reaaliaikainen toiminta näiden toimintojen osalta tarkoittaa sitä, että tiedonkulun vasteaika on hyvin pieni, tyypillisesti mikrosekuntien luokkaa. CAN:n maksimi vasteaika voidaan taata kuitenkin vain suurimman prioriteetin sanomille väylässä, eikä väylä näin ollen toteuta kovia reaaliaikavaatimuksia. CAN-väylä on käytössä erilaisissa ajoneuvosovelluksissa, kuten henkilö-, kuorma- ja linja-autoissa sekä traktoreissa ja erilaisissa työkoneissa. Näiden lisäksi se on käytössä tehdas- ja rakennusautomaatiassa. Väylä kuuluu sovelluksiltaan ja laitteiltaan luokkiin B ja C (taulukko 1).

CAN-väylästä on monia erilaisia versioita tai standardeja, vaikka näiden keskinäiset erot eivät olekaan suuria. Yleisimmin käytössä olevat standardit henkilöajoneuvopuolella ovat International Organization Engineering ISO 11898 ja yhdysvaltalainen Society of Automotive Engineers SAE J 2284. [3, s. 1.] [4, s. 9.]

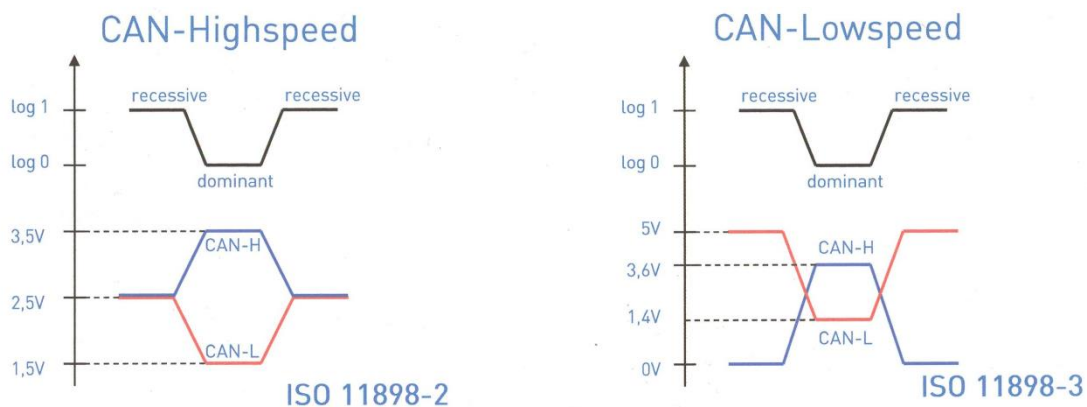
2.2 CAN-väylän fyysinen rakenne

CAN-väylä on käytännössä kahden johtimen väylä. Johtimet ovat kierrettyä parikaapelia, joko suojattuna tai suojaamattomana. Väylän pituus riippuu siinä käytettävästä tiedonsiirtonopeudesta, joka maksimissaan voi olla 1 Mbps, jolloin väylän pituus voi olla maksimissaan 40 metriä. Jos siirtonopeutta lasketaan 50 kbps:iin, saadaan siirtoetäisyydeksi jopa 1000 metriä. [5, s. 1.] Henkilöautoissa käytetään yleensä useaa CAN-väylää tarpeen mukaan, näitä ovat esimerkiksi CAN Low speed 125 kbps, jonka nopeus riittää penkkien ja ikkunoiden ohjaukseen. Nopeampi CAN High speed 1 Mbps puolestaan hoitaa esimerkiksi moottorin ja jarrujen hallinnan. CAN-väylä vaatii toimiakseen 120 ohmin päätevastukset (kuva 1). Vastukset voidaan myös integroida elektroniikkayksiköihin erillisten vastusten sijaan. [5, s. 1–2.] [4, s. 13.]



Kuva 1. CAN-väylän periaatteellinen kytkentä [6]

Tiedonsiirto väylässä perustuu johtimien CAN-L ja CAN-H väliseen jännite-eroon. CAN-väylän looginen ”0” on merkitsevä, niin sanottu dominantti tila ja looginen ”1” resessiivi tila (kuva 2).



Kuva 2. CAN High speed ja CAN Low speed jännitetasot [7]

Tällöin jännite-ero johtimien välillä High speed CAN on:

- dominantti tila 2 V
- resessiivi tila 0 V

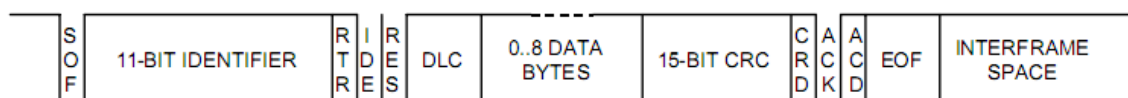
Sekä johtimien jännite-ero Low speed CAN:

- dominantti tila 2 V
- resessiivi tila 5 V

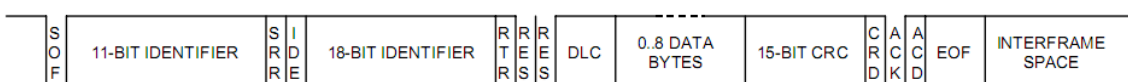
2.3 Viestikehys

CAN-väylä on tyypiltään usean isännän väylä (multi-master bus), joka takaa sen että jokainen väylän solmuista voi oma-aloitteisesti lähettää väylälle sanoman. Väylään liitettäviä laitteita kutsutaan yleisesti solmuiksi. Solmujen määrälle ei juurikaan ole ylärajaa, vaan rajoittavaksi tekijäksi nousee lähetin-vastaanotin, joka toteutettaessa valmiilla elektronisella piirillä voi parhaimmillaan olla yli 100 solmua. Erillisillä komponenteilla toteutettu lähetin-vastaanotin voi sallia jopa yli 200 solmua yhteen väylään. [4, s. 11.]

CAN-väylän solmut lähettävät pakettinsa kehyksessä, jossa jokaisella solmulla on erillinen tunnistenumero, jolla viestit erotellaan toisistaan. Kehyksiä on käytössä kahta tyyppiä: standardikehys (kuva 3) (standard frame, CAN 2.0A) ja jatkettu kehys (kuva 4) (extended frame, CAN 2.0B).



Kuva 3. CAN-väylän standardikehys [3, s. 10]



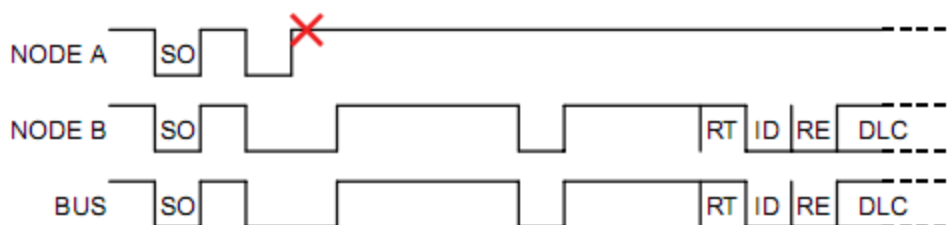
Kuva 4. CAN-väylän jatkettu kehys [3, s. 10]

Kuvissa 3 ja 4 olevat lyhenteet voidaan kuvata seuraavasti:

SOF (Start of Frame): Jokaisen datakehyyksen alussa oleva aloituskenttä, jonka muodostaa yksi dominantti bitti. Väylän ollessa odotustilassa, väylä on resessiivisessä tilassa, joten vaihto resessiivisestä tilasta dominanttiin tulkitaan aloitukseksi.

ID (Identifier): 11-bittinen tunnistekenttä, joka yksilöi jokaisen datakehyyksen. Törmäystilanteessa pienimmällä ID:llä varustettu viesti lähetään ensin. Biteistä eniten

merkitsevä bitti lähetetään ensin. Kuvan 4 esimerkissä on samankaltainen tilanne, joka on kuvattuna edellä. Solmulla B on pienempi ID, joten sen viesti lähetetään väylään.



Kuva 5. Viestien törmäystilanne [3, s. 10]

RTR (Remote Request): Kenttä, joka ilmaisee, onko kehys kyselykehys (resessiivinen) vai tietokehys (dominantti). Jatketussa kehyksessä RTR-bitti on korvattu SRR-bitillä.

IDE (Identifier Extension): Kenttä, joka ilmaisee, onko käytössä standardi- vai jatkettu kehys. Bitin ollessa dominantti käytetään standardikehystä, ja bitin ollessa resessiivinen käytetään jatkettua kehystä. Tämän ollessa resessiivinen, seuraavaksi tulee 18-bittinen ID-kenttä.

RES (Reserved): Bitin kentän täytyy olla aina dominantti. Jatkettua kehystä käytettäessä, RTR-bittien jälkeen tulee olla kaksi dominanttia bittiä.

DLC (Data Length Code): Kenttä, joka ilmaisee, datatavujen määrän datakehyksessä. Datatavuja voi olla 0...8.

Data: Kenttä, joka sisältää DLC:n ilmaiseman määrän datatavuja.

CRC (Cyclic Redundancy Check): Tarkistussumma, josta otetaan 15 vähiten merkitsevää bittiä CAN-väylän 15 bittiseen CRC-kenttään. Tarkistussumma lasketaan datakehysten alusta, aloituskentän jälkeisistä kentistä.

CRD (Cyclic Redundancy Delimiter): Tarkistussumman erotusbitti, jonka tulee aina olla resessiivinen.

ACK (Acknowledge): Kuittauskenttä, joka vastaanottavien solmujen tulee määrätä dominantiksi viestikehyksen vastaanotettua.

ACD (Acknowledge Delimiter): Kenttä, jonka bitin tulee olla aina resessiivinen. Jos se on dominantti, niin solmun tai solmujen synkronoinnissa on vikaa.

EOF (End of Frame): Lopetuskenttä, joka koostuu seitsemästä resessiivisestä bitistä. Jos kentän viimeinen bitti on dominantti, niin se tarkoittaa että uusi viestikehys on tulossa.

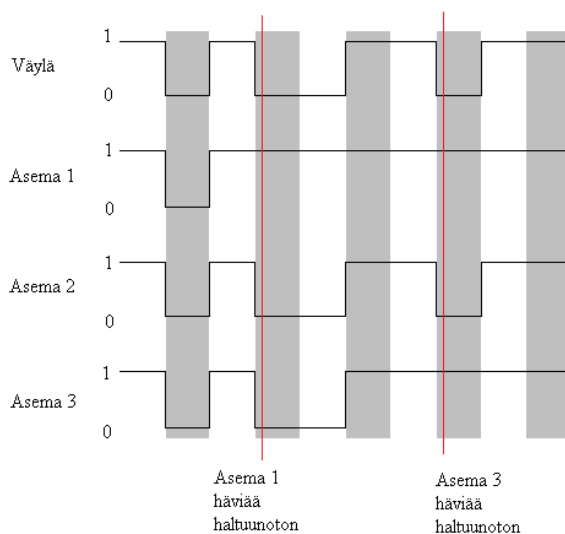
SRR (Substitute Remote Request): Kenttä, joka on RTR-bitin paikalla jatkatussa kehyksessä. Se on resessiivinen, ja RTR-bitti tulee 29-bittisen ID:n jälkeen.

IFS (Interframe Space): 3-bittinen kenttä, jolla kehykset erotellaan toisistaan. Se on niin sanottu idle eli odotusaika ennen seuraavan viestin lähetystä.

[3, s. 10–11.]

2.4 Viestin valinta CAN-väylässä

Kilpavaraus- ja törmäystilanteiden selvitys ovat CAN:ssa toteutettu sujuvasti. Kilpavarausmenettelyllä tarkoitetaan CAN-väylässä eniten merkitsevän, prioriteetiltaan suurimman, viestin valitsemista lähetettäväksi. Jokaiselle väylään lähetettävälle viestille annetaan oma ID, tunnistenumero, jolla väylä ratkaisee kiistatilanteet. Pienimmän tunnistenumeron omaavalle viestille annetaan suurin prioriteetti. Törmäyksiä tapahtuu usean solmun yrittäessä lähetystä yhtä aikaa. Kilpavarausmenettely ja viestien ID:t ovat osa ”rautaa”, eivätkä tarvitse ohjelmallista toteuttamista.



Kuva 6. Lähettävän CAN ID:n valinta [4, s. 12]

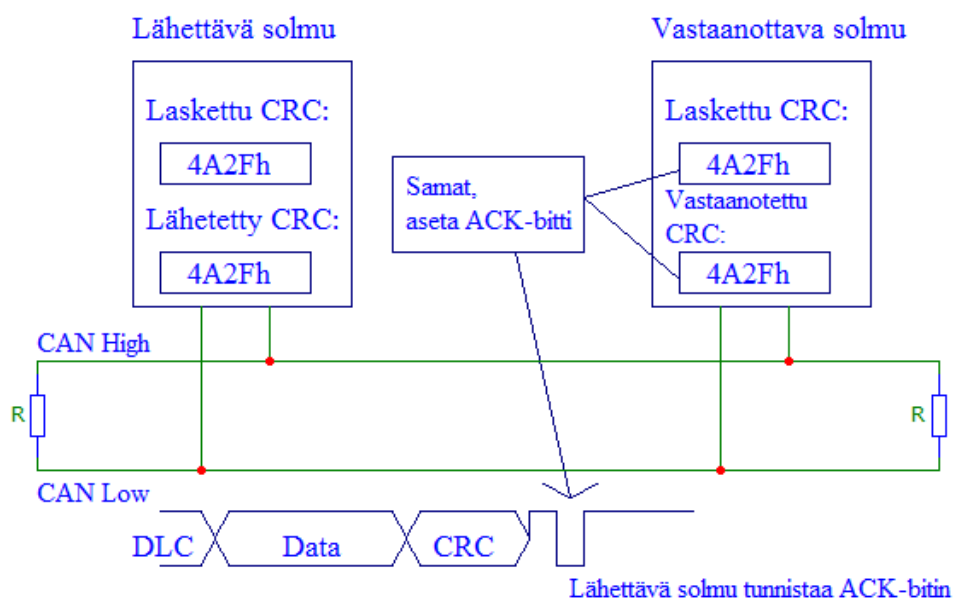
Kuvassa 6 on esitetty väylän haltuunoton periaate bitti bitiltä esitettynä. Asema 1 häviää kilpavarauksen lähettäessään 1 bittiä muiden asemien lähettäessä dominanttia 0:aa. Sama tapahtuu asemalle 3 myöhemmin. Näin väylä erottelee pienimmän 11-bittisen ID:n omaavan viestin lähettäen sen eteenpäin. Kilpavarauksen hävinneet asemat siirtyvät odottavaan (resessiiviseen) tilaan. Kunhan väylä vapautuu ja entinen kehys loppuu voivat asemat yrittää lähettämistä uudestaan.

Algoritmi, jonka jokainen lähetystä odottava solmu käy läpi:

1. Odottaa kunnes väylä on vapaa (nykyisen viestin lähetys on valmis).
2. Lähettää dominantin (0) start-bitin.
3. Lähettää seuraavan bitin 11-bittisestä ID:stä.
4. Lukee väylästä takaisin tulevan bitin.
5. Jos 4-kohdasta tuleva bitti on eri kuin 3-kohdan bitti, niin vastaanotetaan tuleva viesti ja mennään takaisin kohtaan 1.
6. Jos kaikkia 11-bittiä ei ole käyty läpi, palaa takaisin kohtaan 3.
7. ”Sovittelu” (Kilpavaraus) voitettu - lähetetään datakehys. [8, s. 15.]

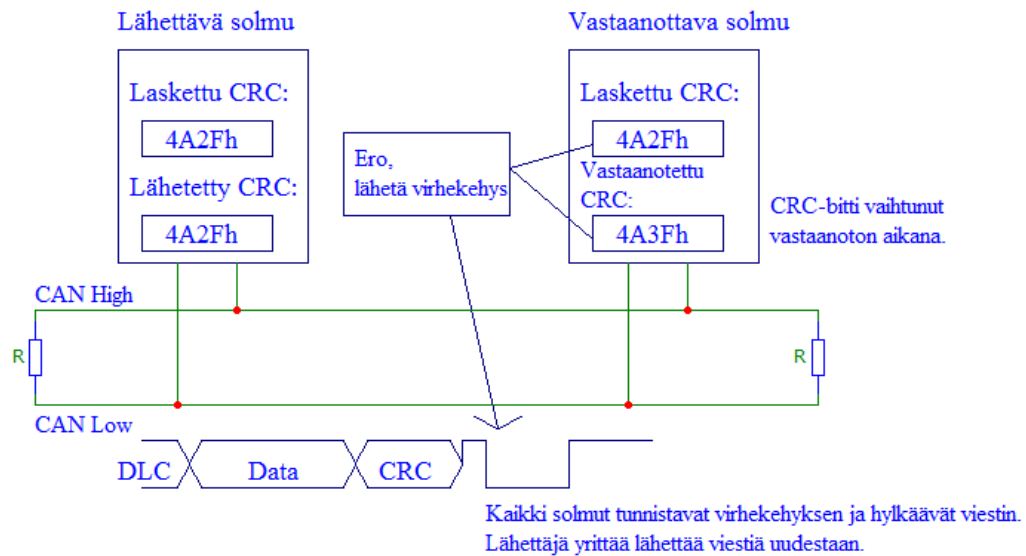
2.5 Virheentunnistus ja virhetilat CAN-väylässä

CAN-väylällä on oma virheentunnistusjärjestelmä, joka on sisällytetty protokollaan. Virheentunnistus tapahtuu edellä esitellyn CRC-kentän avulla. Jokainen verkon solmu ottaa vastaan ja tarkistaa lähetetyn viestin CRC-tarkistussumman. Kuvassa 7 on esillä periaatekuva onnistuneesta CRC-tarkistuksesta.



Kuva 7. CRC-tarkistus [8, s. 16]

Verkon solmut, jotka ottavat vastaan lähetetyn datakehyksen, laskevat tarkistussumman. Kuvassa 7 solmu 2 on vastaanottava solmu, joka laskee tarkistussumman ja vertaa sitä verkosta saatuun tarkistussummaan. Mikäli tarkistussummat täsmäyvät, niin ACK-bitti asetetaan 0:ksi vahvistukseksi viestin vastaanottamisen onnistumisesta. Jos tarkistussumman laskemisen suorittanut solmu huomaa virheen, niin virheellinen viesti hylätään jokaiselta solmulta. [8, s. 15-16.]

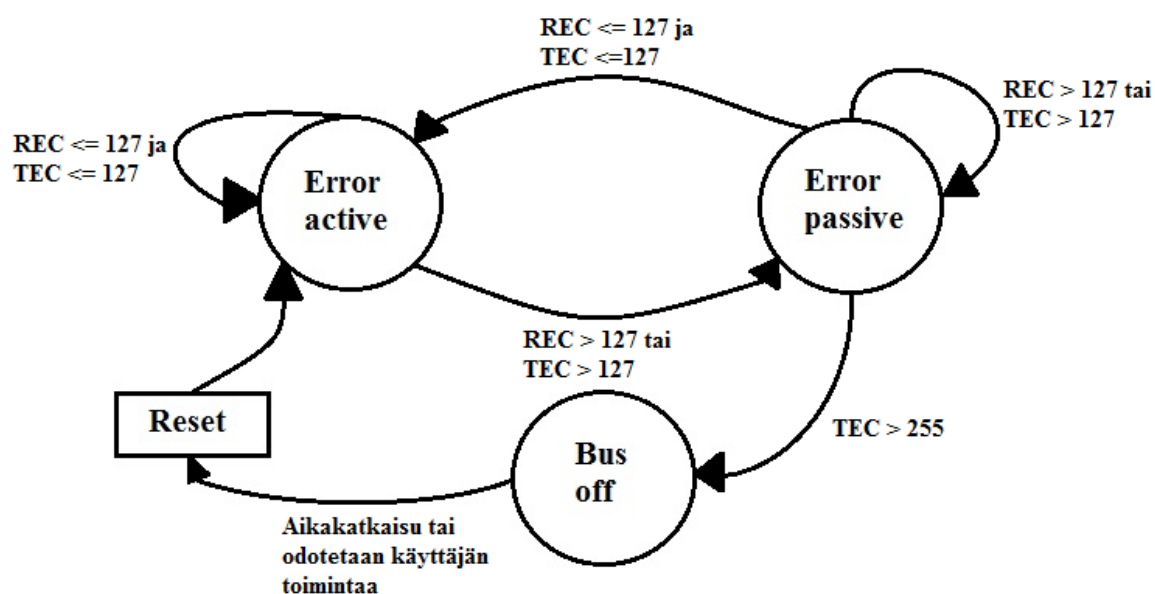


Kuva 8. CRC-tarkistuksessa havaitaan virhe [8, s. 17]

Kuvassa 8 on kuvattu kuinka tarkistussumma on muuttunut vastaanoton aikana. Vastaanottava solmu ottaa vastaan muuttuneen tarkistussumman, huomaa eron ja luo virhekehksen, jolloin solmut hylkäävät viestin. Solmu yrittää viestin lähettämistä uudelleen IFS-kentän jälkeen. Mikäli väylä on passiivisessa virhetilassa tai ”bus off” -tilassa, ei väylä hylkää virheellisiä viestejä. Väylällä onkin erilaisia virhetiloja, joita säätelee solmujen kaksi erilaista virhelaskuria.

REC (receive error counter) ja TEC (transmit error counter) laskevat väylän viestinkulussa tapahtuvien virheiden määrää, sekä määräävät väylän virheaktiivisesta ja -passiivisesta tilasta. Lisäksi väylällä on täysin väylän toiminnan lukitseva tila: ”bus off”. ”Bus off” -tilassa väylä menee käytännössä täysin lukkoon, vakavan verkkovirheen johdosta. Tästä tilasta ei pääse pois muuten kuin alustamalla CAN-kontrollerin uudestaan. [8, s. 18.]

CAN-väylän erilaiset tilat on esitetty kuvassa 9. REC- ja TEC-laskureiden laskemien virhelukujen määrän ollessa alle 127 on väylä aktiivisessa virhetilassa (Error active). Tämä on väylän niin sanottu normaalitila. Havaitessaan virheitä, laskurit lisäävät arvoja virheiden vakavuuden perusteella, siten että vakavammasta virheestä tulee korkeampi arvo. Onnistuneet viestien lähetykset ja niiden vastaanotot puolestaan vähentävät laskureista näitä virhearvoja.



Kuva 9. CAN-väylän eri tilat [8, s. 18]

Mikäli toinen laskureista pääsee lukuun 127, menee väylä passiiviseen virhetilaan (Error passive). Tässä tilassa solmu voi lähettää ja vastaanottaa viestejä, mutta virheellisiä viestikehyksiä ei hylätä. TEC-laskurin saavuttaessa arvon 256 menee väylä jo edellä mainittuun "bus off" -tilaan. [8, s. 18.]

3 MIUNSKE CAN-JÄRJESTELMÄ

Miunske on saksalainen yhtiö, joka valmistaa ajoneuvoihin elektronisia osia ja järjestelmiä. Yhtiön tuotevalikoimaan kuuluu muun muassa releet, sulakkeet, kytkimet ja elektroniset moduulit. Esimerkkinä yhtiön valmistamista elektronisista moduuleista on CAN I/O -moduuli, johon tässä työssä tullaan keskittymään.

Insinööriyön tilannut Pasielktro Oy sai tiedon kyseisen järjestelmän olemassa olosta Miunsken Suomen jälleenmyyjän Suomen Elektrolind Oy:n edustajalta. Pasielktrolla on tarve siirtyä matkailu- ja erikoisajoneuvotuotannossaan eräänlaisesta prototyypisistä tuotannosta enemmän sarjatuotantoa mukailevaksi tuotannoksi. Tähän asti kaikki matkailu- ja henkilökuljetukseen tuotetut autot on tehty jokainen omanlaisillaan johtosarjoilla. Miunske CAN -moduulijärjestelmä tuo helpotusta tällaiseen auton valmistukseen ja se tekisi ajoneuvojen valmistuksesta erikoiskäyttöön sarjatuotantomaisempaa.

3.1 Ennen CAN-moduulin käyttöönottoa

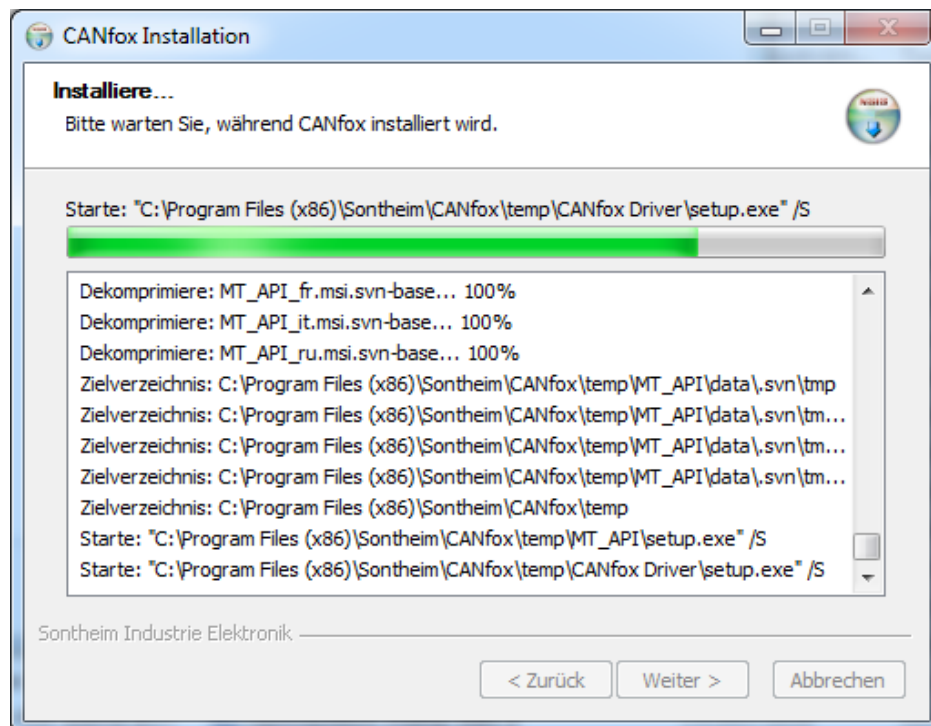
Ennen moduulin käyttöönottoa täytyy asentaa moduulin ja Miunske-näppäimistöjen tarvitsemat ajurit ja ohjelmistot tietokoneeseen. Tähän tarkoitukseen sopii hyvin esimerkiksi kannettava tietokone sen siirrettävyyden johdosta. Tällöin moduulijärjestelmän asennus ajoneuvoon, sekä järjestelmän testaus ovat helppoja suorittaa.

Miunske CANfox interfacen ajurit ja ohjelmistot vaativat toimiakseen seuraavanlaiset ominaisuudet kohdetietokoneelta:

- Windows XP, Windows Vista, Windows 7
- Microsoft .NET-Framework 2.0, 3.0, 3.5, 4.0
- 6,4 MB vapaata kovalevytilaa
- 400 MHz CPU [9, s. 3.]

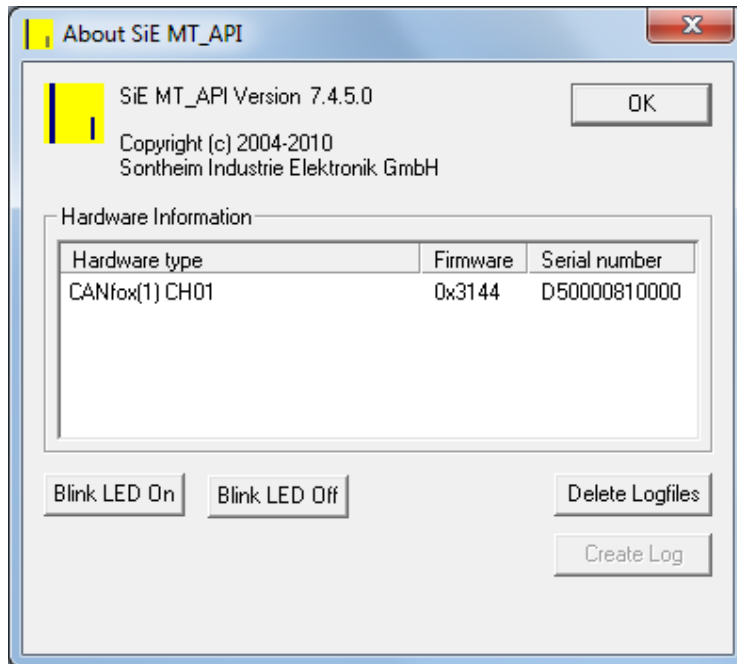
Ajurit ovat Miunskén CD-levyllä ja asennus on hyvin yksinkertainen, vaikka asennus tapahtuukin saksaksi. Asennettaessa tarvitsee vain painaa ”enter”, hyväksyä käyttösolepimusehdot ja painaa ”enter” uudestaan. Ajurit asentuvat automaattisesti tiedostopolkuun: ”C:\Program Files\Sontheim\MT_Api”.

Tämän jälkeen aukeaa CANfox-ajureiden asennusikkuna, joka näkyy kuvassa 10.



Kuva 10. CANfox-ajureiden asennus

Ajureiden asennuksen jälkeen tietokoneelta löytyy kuvan 11 mukainen ohjelma. Tämän jälkeen tulee kytkeä tietokoneen USB-porttiin kiinni CANfox interface -kaapeli. Seuraavaksi tietokone asentaa laitteen ajurit. Tässä ei tarvitse kuin hyväksyä asennus varmistaen ettei Windowsin suojaus estä asennusta. Tämä ohjelma kertoo liitetyn kaapelin firmware-version, sekä kaapelin sarjanumeron. Mikäli ohjelma ei käynnisty tai ajureiden asennuksessa tapahtuu jokin virhe, täytyy ajurit poistaa ja asentaa uudestaan. [9, s. 4.]



Kuva 11. Can info-ohjelma

CAN interface -alustan alkuvalmistelut

CANfox-ajureiden lisäksi tietokoneeseen tulee asentaa CAN interface -alustan ajurit. Tämä alusta on yhteys tietokoneesta moduuliin. Alustan avulla muutetaan itse moduulin asetukset. CAN interface -alustan ajurit ladattiin Miunskan kotisivujen latausosoitteesta: http://www.miunsk.com/download/Softwarepaket_IO-Module.zip. Tämä tiedosto sisältää kaikki moduulin ohjelmoinnissa tarvittavat ajurit sekä ohjelmat. Lisäksi tiedosto sisältää Miunskan moduulien datalehdet sekä ohjelmointityökalun käyttöohjeet.

CAN interface -alustan ajureiden asennus alkaa sillä, että alusta kytketään USB-kaapelilla kiinni tietokoneeseen. Ainakaan tässä tapauksessa ajurit eivät asentuneet automaattisesti, vaan ne jouduttiin asentamaan käsin käyttäen edellä mainitussa tiedostossa olevia CAN interface -ajureita. Ajurit löytyvät kansioista: ”Softwarepaket_IO-Module\CAN-Interface_Treiber_Win7_32_64_Bit”. Ajurit on asennettu kuvassa 12 näkyvillä olevan laitehallinnan kautta.

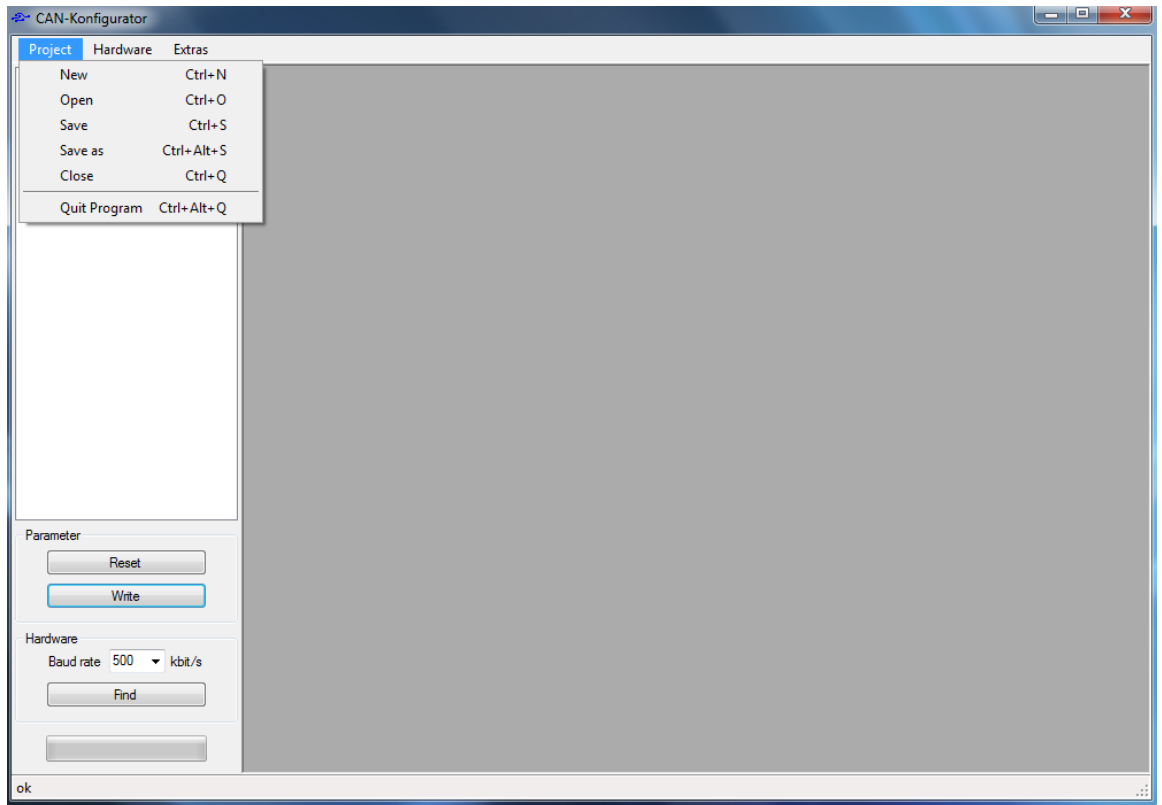


Kuva 12. CAN interface -alustan ajurit

3.2 Miunske näppäinmoduulin ohjelmointityökalu

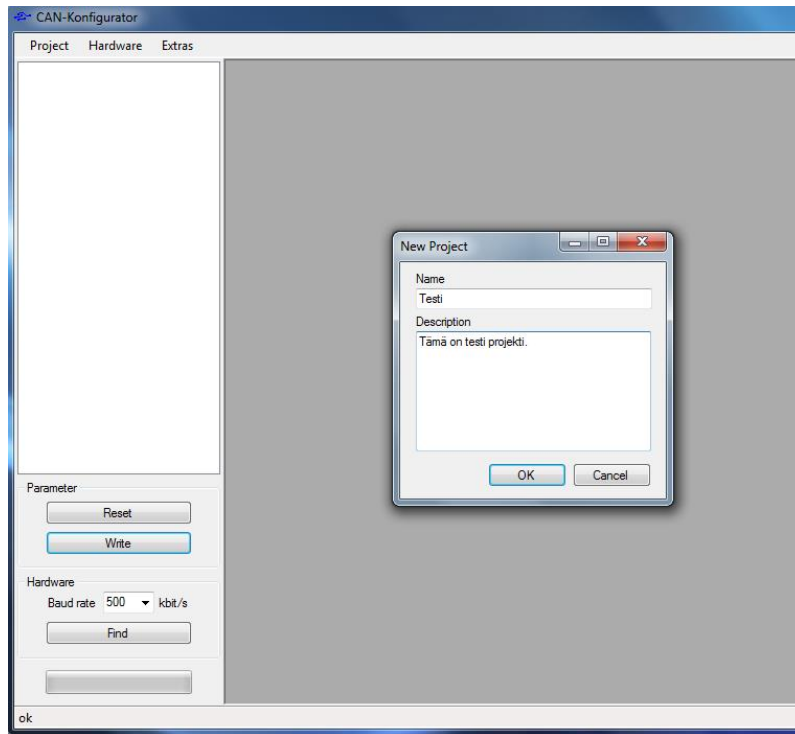
Itse Miunske-näppäimistön ohjelmointi tapahtuu CAN Konfigurator -ohjelmalla, joka tämän työn puitteissa asennettiin käyttövalmiuteen poiketen Miunsken käyttöohjeista. Ohjeiden mukaan ohjelmat tulevat kaikki heidän lähettämällään CD-levyllä, näin ei kuitenkaan tapahtunut vaan ohjelman toimitti Miunsken Suomen jälleenmyyjän (Suomen elektrolind Oy) toimihenkilö. Lisäksi hän lähetti sähköpostiin myös ohjelman lisenssin, jonka ohjelma vaatii täysin toimiakseen. Tämän ohjelman asennus oli myös helppoa ja lisenssikin tarvitsi vain kopioida ohjelman kansioon.

Itse ohjelmointityökalu on helppokäyttöinen, eikä tarvitse syvällistä CAN- tai ohjelmointiosaamista. Käyttöohjeet ovat selvät, joten niiden avulla pärjää hyvin. Ohjelmointityökalu on näkyvillä kuvassa 13.



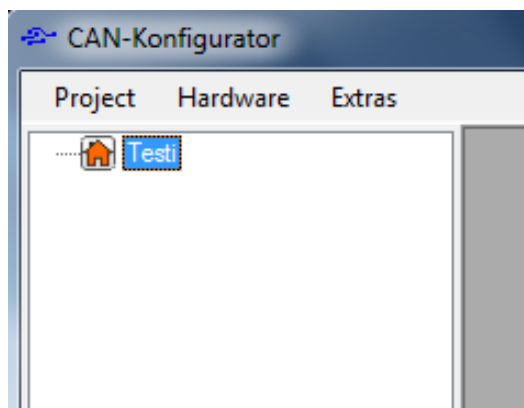
Kuva 13. Ohjelmointityökalu CAN-moduulille

Kuvassa 13 on auki myös ohjelman Project -välilehti, josta käsin tapahtuu projektin luonti valitsemalla ”New”, tai pikanäppäinkomennolla Ctrl+N. Tätä painamalla aukeaa kuvan 14 mukainen ikkuna, johon voidaan syöttää projektin nimi, kuvaus projektin sisällöstä, ja muita lisätietoja. [9, s. 6.]



Kuva 14. Projektin luonti ohjelmointityökalulla

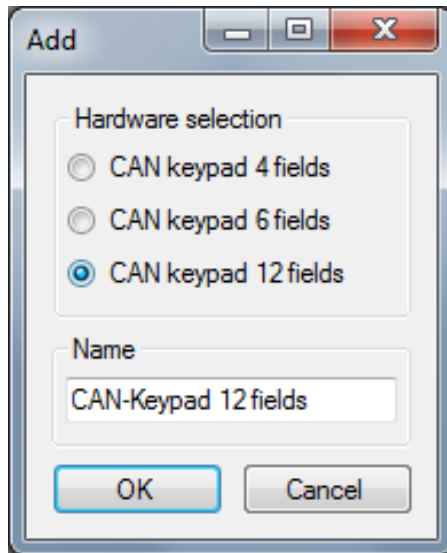
Projektin hyväksymisen jälkeen (painettaessa ”ok”) projektipuu ilmestyy ohjelman vasempaan ylälaitaan. Tässä projekti on vielä tyhjä, ja seuraavaksi projektiin täytyykin liittää uusi laite. Projektin nimeä ja kuvausta voi muuttaa milloin tahansa kaksoisnapauttamalla projektia. Luotu projekti näkyy kuvassa 15.



Kuva 15. Luotu projekti

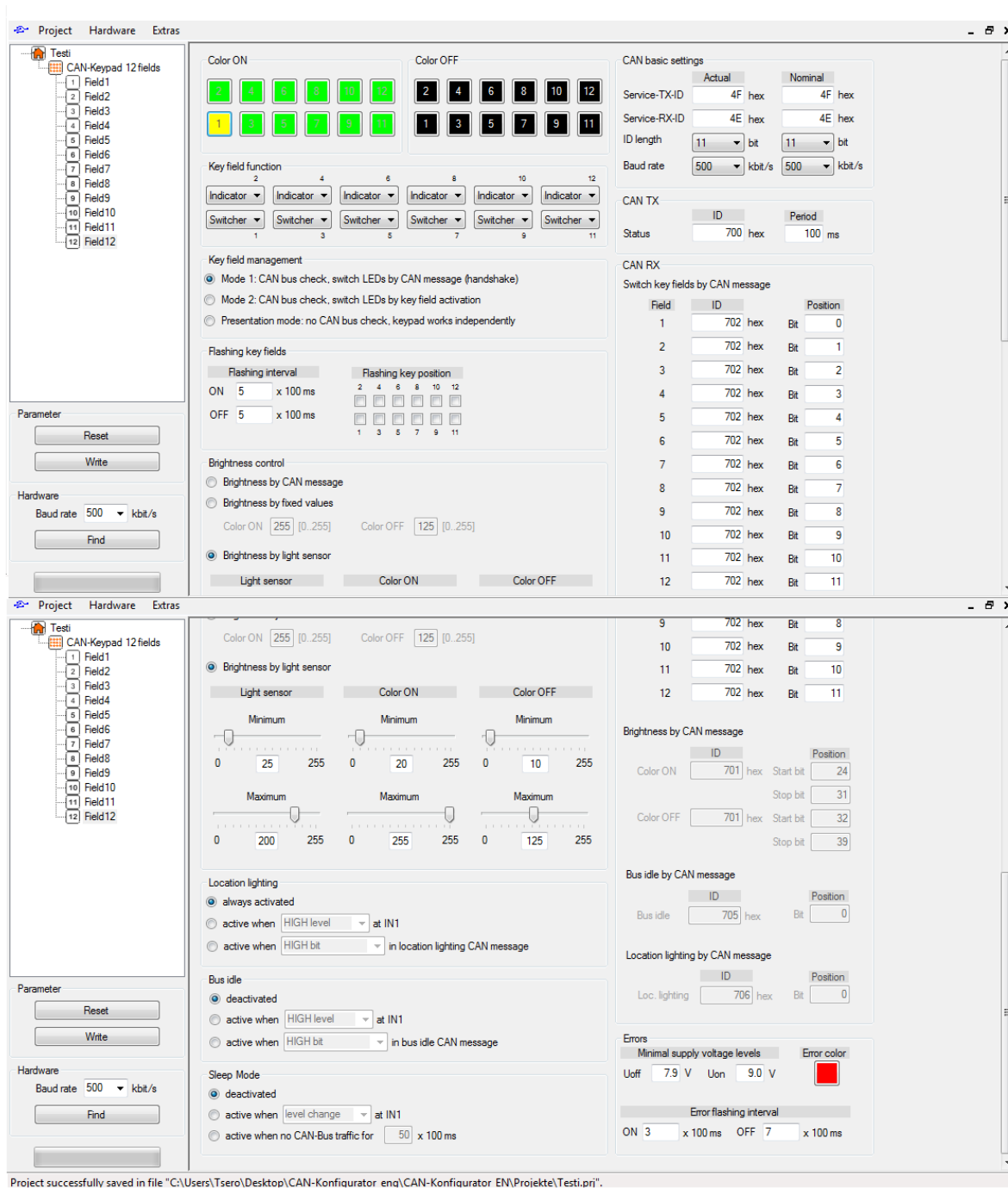
Kuvassa 16 ovat esillä mahdolliset projektiin liitettävät laitteet. Projektiin voidaan liittää Miunskan valmistamia näppäimistöjä, joita on kolmenlaisia: valittavana on neljän, kuuden tai

kahdentoista painikkeen näppäimistöjä. Ohjelma nimeää näppäimistön automaattisesti. Esimerkiksi kuvan esittämällä tavalla: ”CAN-Keypad 12 fields”, mutta sen voi halutessaan nimetä myös itse.



Kuva 16. Laitteen lisääminen projektiin

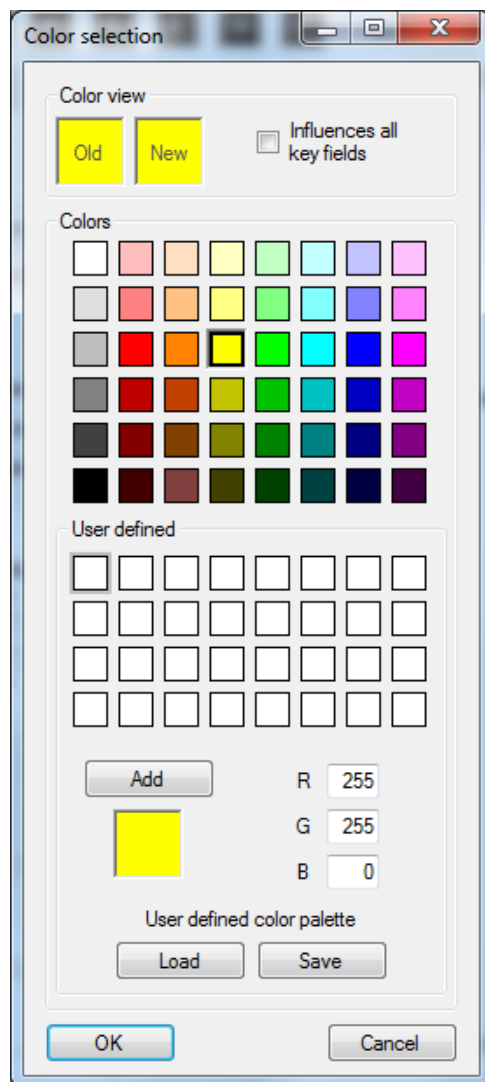
Näppäimistön lisäämisen jälkeen voidaan projektiin lisätyn näppäimistön asetuksia muuttaa. Näppäimet toimivat on- ja off-kytkiminä sekä nappeina, sen mukaan miten niiden halutaan toimivan. Kaikkien näppäinten toiminta on ohjelmoitavissa. Näppäimistön lisääminen projektiin avaa kuvan 17 mukaisen tilan, joka on ohjelman perusnäkyvä, kun projektiin on lisätty laite. [9, s. 7.]



Kuva 17. Yhdistelmäkuva CAN-Konfigurator-ohjelman työtilasta

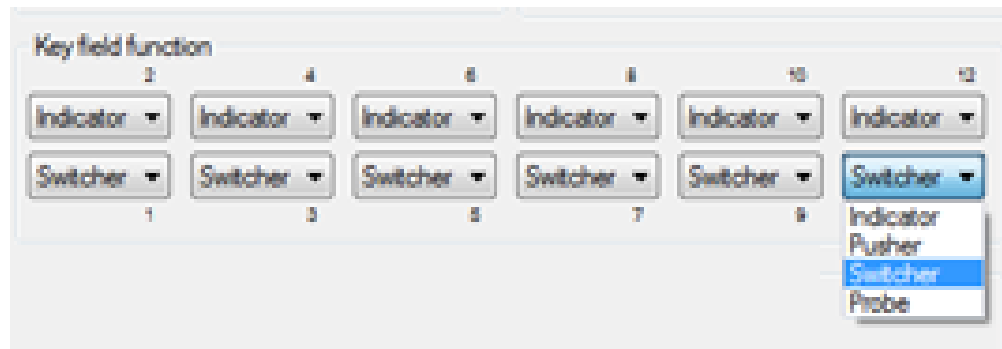
Kuvassa 17 näkyy ohjelmointityökalun perustila, josta käsin voidaan tehdä kaikki muutokset laitteeseen. Tällä ohjelmalla ohjelmoidaan näppäimistö. Seuraavaksi käydäänkin läpi ohjelman eri asetukset, jotka näppäimistölle voidaan asettaa.

Jokaisen näppäimen väriä voi säätää RGB-väreillä, arvoilla 0–255. Myös sekä on- että off-tilojen värit voi vaihtaa haluamukseen. Ohjelmalla on valmiiksi asetettuja väri vaihtoehtoja, mutta omiakin väriyhdistelmiä on mahdollista käyttää ja tallentaa. Väri valintaikkuna on esillä kuvassa 18. [9, s. 11–12.]



Kuva 18. Väri valintaikkuna

Miunske-näppäimistöjen nappien toiminta valitaan kuvan 19 esittämällä tavalla. Ohjelmaan on numeroitu eri näppäimet, ja kaikkien näiden näppäinten toiminta voidaan vaihtaa halutuksi. Toimintatiloja on 4, ja nämä on selitetty taulukossa 2.

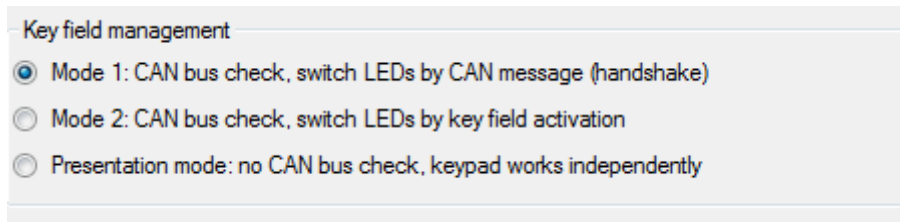


Kuva 19. Näppäimien toiminnan valinta

Taulukko 2. Miunske-näppäinten eri tilat [9, s. 13]

Tila	Selite
Indicator	Merkkivalo, joka palaa CAN-viestin opastamana. Toimii kuten mikä tahansa mittaritaulun valo.
Pusher	Painonappi, joka on päällä niin kauan kuin nappia pidetään pohjassa.
Switcher	Kytkin, jossa sekä ON- että OFF-asennot
Probe	Ajastettu kytkin, joka on säädetyn ajan ON-tilassa ja sulkeutuu automaattisesti.

Näppäimistöillä on kolme erilaista toimintamallia. Onkin tärkeää tietää, että mekaaninen näppäimistöön käyttäminen, (kontrollielementti), näppäimistöön visuaalinen sanoma ja CANtulo- ja lähtöviestit ovat erillisiä toimintoja. Esimerkiksi kytkimen painaminen ei tarkoita, että sitä vastaava CAN-solmu olisi vastaanottanut sitä vastaavan CAN-viestin näppäimistöltä (väylävirhe). Näppäimistö on myös mahdollista asettaa sellaiseen tilaan, jossa näppäin vaihtaa tilaansa vasta CAN-solmun lähetettyä vastausviestin (kättely). Näppäimistöön toimintamallit on valittavissa kuvan 20 kaltaisesta valikosta, joka löytyy ohjelman perustilasta. [9, s. 13.]



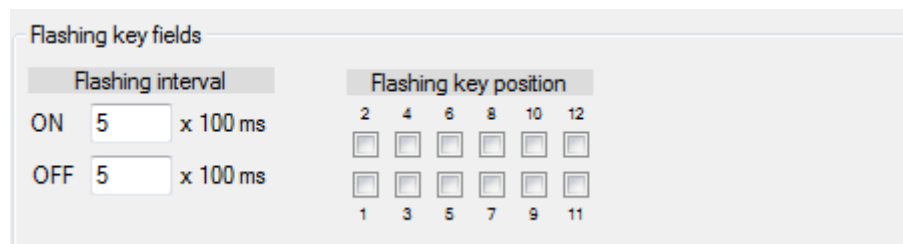
Kuva 20. Näppäimistön toimintamallin valinta

Taulukossa 3 on esitetty kuvan 20 erilaiset näppäimistön toimintamallit.

Taulukko 3. Näppäimistön toimintamallien kuvaus[9, s. 13-14]

Tila	Selite
Mode 1	Näppäimistön merkkivalot vaihtuvat CAN-viestin mukaan ja väylän toiminta tarkastetaan. Tässä tilassa käyttäjän tulee tarkastaa väylän toiminta, ja että vastaavat väylän solmut ovat vastaanottaneet näppäimen viestin. Tällöin nappia painettaessa oikean värinen valo palaa vain jos väylä on siirtänyt viestin toiselle solmulle ja tämän vastaus on palannut (kättely). Virheen sattuessa valo palaa väärän värisenä.
Mode 2	Näytön elementit vaihtuvat kontrollielementtien mukaan ja väylän tila tarkastetaan. Käyttäjän tulee varmistaa näppäimistön viestin pääsy väylälle. Virheettömässä tapauksessa näppäimistön valo alkaa palaa heti viestin lähdettyä näppäimeltä. Näppäimistön valo vilkkuu siinä tapauksessa, jos viesti ei lähtenyt oikein.
Presentation mode	Näppäimistö toimii itsenäisesti, ilman väylän testausta tai CAN-kättelyä. Näppäimistö yrittää lähettää tilansa, mutta lähetyksen epäonnistuessa virhettä ei huomioida.

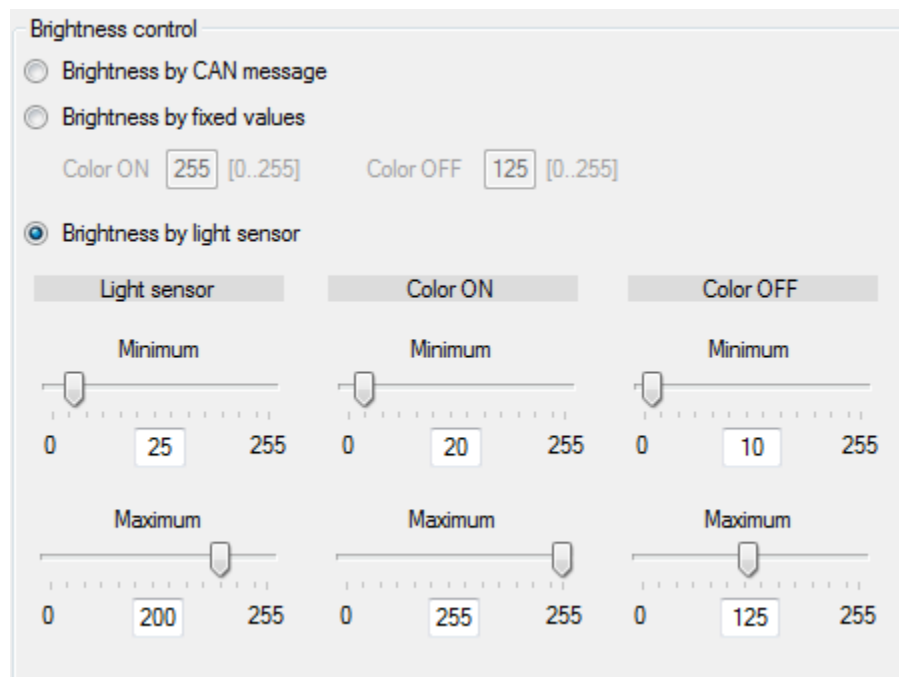
Yksittäiset näppäimistön valot voidaan myös ohjelmoida vilkkumaan sekä on- että off-tilassa. Tätä toimintoa varten ohjelmassa on kuvan 21 osoittaman näköinen tila. Vilkkumisnopeudeksi voidaan asettaa mikä tahansa 100 ms:n kerrannainen väliltä 200–9900 ms. [9, s. 14.]



Kuva 21. Vilkkutoiminto näppäimistölle

Sen lisäksi että näppäimistö painikkeiden värit voidaan säätää monella tapaa, myös niiden kirkkauteen voidaan vaikuttaa seuraavan toiminnon avulla. Kirkkauden säätö on hyvä ominaisuus varsinkin matkailuautoon asennettavaksi tulevassa järjestelmässä. Monet karavaanaritahan taittavat matkaa myös yöllä, jolloin kirkkauden säätö tulee tarpeeseen, jotta valot eivät häiritse ajoneuvon kuljettajaa. Kirkkauden säädössä on sama periaate kuin GPS-navigaattoreissa. Suurin osa niistäkin himmenee päivänvalon kirkkauden mukaan. Näppäimistössä kirkkauden säätöön on useita erilaisia vaihtoehtoja, jotka tullaan seuraavaksi käymään läpi.

Näppäimistön valojen kirkkauden säätö tapahtuu kuvan 22 mukaisella säätöikkunalla. Ikkunan säätömallit on kuvattu puolestaan taulukossa 4.

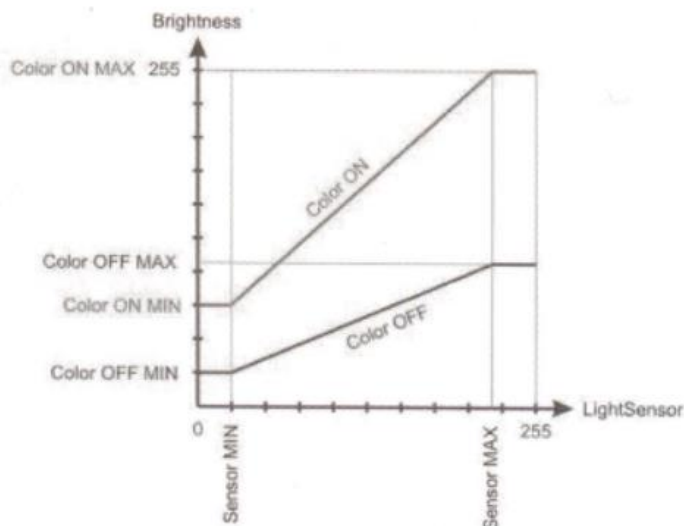


Kuva 22. Näppäimistön painikkeiden valojen kirkkauden säätö

Taulukko 4. Näppäimistön valojen kirkkauden säätömallit [9, s. 15]

Tila	Selite
CAN message	Kaksi kahdeksan bittistä kirkkausarvoa voidaan lähettää ja vastaanottaa CAN-viestissä. Tämä viesti voidaan määritellä CAN RX -valikon alla, kohdassa "Brightness by CAN message" (kuva 22).
Fixed Value	Kirkkausarvot säädetään käyttäjän valitsemaan arvoon väliltä 0–255.
Light Sensor	Jokaisessa näppäimistössä on sisään rakennettu valotunnistin, joka mittaa ympäröivän valon määrää. Tämä tunnistin voi ohjata näppäinten kirkkautta automaattisesti ympäröivän valon kirkkauden mukaan. Tämä tila vaatii kuuden arvon määrittämisen. <ul style="list-style-type: none"> - Light sensor minimum: Ympäröivän valon määrä. Tässä näppäimistön valojen kirkkaudella tulisi olla niiden pienin arvo. - Light sensor maximum: Ympäröivän valon määrä. Tässä näppäimistön valojen kirkkaudella tulisi olla niiden suurin arvo. - Color on minimum: Näppäimistön valojen kirkkauden vähimmäismäärä ON-tilassa. - Color on maximum: Näppäimistön valojen kirkkauden enimmäismäärä ON-tilassa. - Color off minimum: Näppäimistön valojen kirkkauden vähimmäismäärä OFF-tilassa. - Color off maximum: Näppäimistön valojen kirkkauden enimmäismäärä OFF-tilassa.

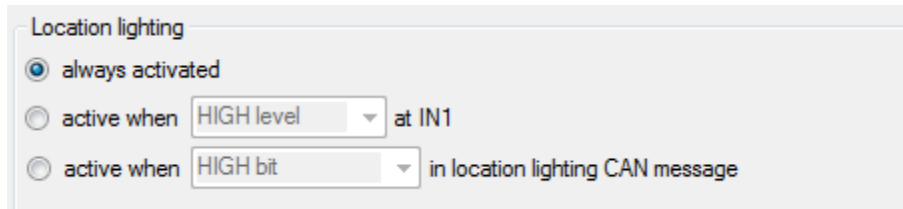
Kirkkauden säädön minimi ja maksimi arvojen välillä on lineaarinen yhteys. Näppäimistön kirkkauden arvot ovat suoraan verrannollisia valotunnistimen antamien arvojen määrään. [9, s. 15] Näiden kirkkausarvojen käyttäytyminen on näkyvillä kuvassa 23.



Kuva 23. Kirkkaus-valotunnistin-kuvaaja [9, s. 16]

Paikallisvalaistus (Location lighting)

Color off -valikossa säädetyt värit vastaavat paikallisvalaistuksen värejä. Paikallisvalaistus kytketään päälle ja pois erikoisehtojen toteutuessa. Nämä ehdot voidaan määrittää paikallisvalaistus valikossa. [9, s. 16.] Tämä valikko on kuvassa 24.



Kuva 24. Paikallisvalaistuksen valikko

Paikallisvalaistuksen asetuksien merkitykset löytyvät puolestaan taulukosta 5.

Taulukko 5. Paikallisvalaistuksen valikon toimintamallit [9, s. 16–17]

Tila	Selite
Always activated	Valaistus on aina päällä.
Active when HIGH level at IN 1	Paikallisvalaistus kytkeytyy päälle, kun tulopinnan (N1) jännite on yli 3,25 V.
Active when LOW level at IN 1	Paikallisvalaistus kytkeytyy päälle, kun tulopinnan (N1) jännite on ali 1,75 V.
Active when level change at IN 1	Paikallisvalaistus sammuu uudelleen käynnistyksen yhteydessä, mittaa tulopinnan jännitteen ja tallentaa sen muistiin. Jännitetason vaihtuessa paikallisvalaistus kytketään päälle. Tulevat jännitetason vaihdokset (LOW -> HIGH) (HIGH -> LOW) ohjaavat tämän jälkeen valaistuksen toimintaa. Yli 3,25 V jännite luetaan HIGH-tilaksi ja alle 1,75 V jännitteet LOW-tilaksi.
Active when HIGH bit in Location Lighting CAN message	Näppäimistö lukee CAN-viestistä paikallisvalaistusta ohjaavan bitin. Jos tämä bitti on "1", paikallisvalaistus kytketään päälle. Jos "0", valaistus sammuu.
Active when LOW bit in location Lighting CAN message	Näppäimistö lukee CAN-viestistä paikallisvalaistusta ohjaavan bitin. Jos tämä bitti on "0", paikallisvalaistus kytketään päälle. Jos "1", valaistus sammuu.
Active when bit level change in Location Lighting CAN message	Paikallisvalaistus sammuu uudelleen käynnistyksen yhteydessä, ottaa vastaan CAN-viestin, ja mittaa sen jännitetason sekä tallentaa tämän muistiin. Bitin jännitetason muuttuessa ("0" -> "1" tai "1" -> "0") paikallisvalaistus kytketään päälle. Seuraava jännitetason vaihdos kytkee sen puolestaan pois ja niin edelleen.

Näppäimistön lepotila

Näppäimistöllä on myös lepotila (Bus Idle Mode). Tässä tilassa CAN TX status -viestejä ei lähetetä, eikä näppäimistö tuota väyläliikennettä mutta kuitenkin lukee CAN-viestejä. Näppäimistö onkin näennäisesti katsoen sammuksissa tässä tilassa. Lepotilassa kaikkien näppäinten toiminta kytketään pois päältä laskien niiden virrankulutuksen minimiin, joka on noin 20 mA. Erona virransäästötilaan (Sleep Mode) näppäimistö tarvitsee hieman enemmän virtaa lepotilassa. Näppäimistö herää kuitenkin lepotilastaan tähän tarkoitettun CAN-viestin seurauksena. Esimerkiksi näppäimistöön voidaan syöttää tasaista jännitettä, mutta se voidaan sammuttaa ja käynnistää erillisellä CAN-viestillä. [9, s. 18.]

Näppäimistön virransäästötila

Näppäimistöllä on niin sanottu virransäästötila (Sleep Mode), jossa näppäimistön virrankulutus on hyvin pieni, noin 12 mA. Tässä tilassa CAN TX status -viestejä ei lähetetä, eikä näppäimistö tuota ensinkään väyläliikennettä. Myös kaikkien näppäinten toiminta on katkaistu. Tästä tilasta näppäinmoduuli ei kuitenkaan herää muuten kuin taulukon 6 osoittamilla tavoilla. [9, s. 18.]

Taulukko 6. Näppäinmoduulin virransäästötilan toimintamallit [9, s. 18]

Tila	Selite
Deactivated	Lepotilaa ei käytetä.
Active when HIGH level at IN 1	Näppäinmoduuli menee lepotilaan, kun tulopinnan (N1) jännite on yli 3,25 V.
Active when LOW level at IN 1	Näppäinmoduuli menee lepotilaan, kun tulopinnan (N1) jännite on alle 1,75 V.
Active when level change at IN 1	Näppäinmoduuli menee normaalitilaan uudelleenkäynnistyksen yhteydessä, mittaa tulopinnan (N1) jännitteen ja tallentaa sen muistiin. Jännitetason vaihtuessa näppäimistö menee lepotilaan. Tulevat jännitetason muutokset ohjaavat tiloja.
Active when HIGH bit in Bus Idle CAN message	Näppäimistö lukee CAN-viestistä lepotilaa ohjaavan bitin. Jos tämä bitti on "1", lepotila kytketään päälle. Jos "0", lepotila kytketään pois päältä.
Active when LOW bit in Bus Idle CAN message	Näppäimistö lukee CAN -viestistä lepotilaa ohjaavan bitin. Jos tämä bitti on "0", lepotila kytketään päälle. Jos "1", lepotila kytketään pois päältä.
Active when bit level change in Bus Idle CAN message	Näppäinmoduuli käynnistyy normaalitilassa uudelleenkäynnistyksen yhteydessä, ottaa vastaan CAN-viestin, ja mittaa tilan määrävän bitin jännitetason sekä tallentaa tämän muistiin. Bitin jännitetason muuttuessa ("0" -> "1" tai "1" -> "0") lepotila kytketään päälle. Seuraava jännitetason vaihdos kytkee sen puolestaan pois ja niin edelleen.

CAN-asetukset

CAN ID:t, viestikehyksen pituus, sekä baudinopeus voidaan asettaa CAN basic settings -valikosta, joka on kuvan 25 kaltainen.

	Actual	Nominal
Service-TX-ID	4F hex	4F hex
Service-RX-ID	4E hex	4E hex
ID length	11 bit	11 bit
Baud rate	500 kbit/s	500 kbit/s

Kuva 25. CAN perusasetukset

Kuvan osoittamat Service-TX-ID ja Service-RX-ID ovat näppäimistölle asetettavat ID:t, joista näppäimistö tunnistetaan. Viestikentän pituudeksi voidaan valita 11 tai 29 bittiä. Myös baudinopeus voidaan asettaa tästä valikosta. Valittavana on 20, 50, 100, 125, 250, 500, 800 ja 1000 kbps.

Uudet asetukset tallennetaan järjestelmään (näppäimistöön) seuraavasti: esimerkiksi jos halutaan muuttaa väylän baudinopeutta 500 kbps -> 250 kbps, viedään uudet arvot tällä 500 kbps baudinopeudella sisään ja näppäimistö suorittaa automaattisen uudelleenkäynnistyksen saadessaan uudet arvot. Vasta käynnistyksen jälkeen ovat uudet arvot voimassa.

Nämä perusasetukset tulisi dokumentoida hyvin, sillä vain näiden neljän arvon avulla voidaan näppäimistön toimintaan vaikuttaa CAN-viestein. Kuitenkin ohjelmassa on palautus toiminto (Find Hardware), joka tarkistaa tehdyt asetukset ja palauttaa ne käyttäjälle.

CAN-TX

Käytön aikana Miunske CAN -näppäimistö lähettävät CAN-viestejä, jotka voidaan määrittää kuvan 26 mukaisesta valikosta.



Kuva 26. CAN-TX -valikko

Viestin status ID ja jaksonaika voidaan muuttaa. Tämän viestin sisältö on määritelty seuraavasti, taulukoiden 7 ja 8 osoittamalla tavalla.

Taulukko 7. CAN status -viestin rakenne [9, s. 19]

ID	Länge	Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
11/29bit	8								
		Bit0.....Bit63							

Taulukko 8. CAN status -viestin bittien ja tavujen kuvaus [9, s. 20]

Byte	Bit	Beschreibung
0..1	0..11	Status of mechanical key fields indicates whether an SWITCHER/PUSHER/PROBE is pressed or not Range of values: 0 = state OFF, 1 = state ON, Bit0 = field1, Bit1 = field2, ... ,Bit11 = field12
1..2	12..23	Status of the INDICATER key fields indicates whether an INDICATOR is in ON or OFF status Range of values: 0 = state OFF, 1 = state ON, Bit12 = field1, Bit13 = field2, ... ,Bit23 = field12
3	24..31	Digital value for brightness ON Range of values: 0 = MIN, 255 = MAX
4	32..39	Digital value for brightness OFF Range of values: 0 = MIN, 255 = MAX
5	40..47	Digital value of the light sensor Range of values: 0 = MIN, 255 = MAX
6	48..55	Digital value of the measured voltage level „Umess[bit]“ measures the applied battery voltage Ubat via a voltage divider Calculation: $U_{bat}[V] = 7 * U_{mess}[bit] * 5V / 255bit + 0,7V$, Range of values: 0 = MIN, 255 = MAX
7	56..63	Error status Bit56 = digital status of input pin IN1 Bit57..60 = unused Bit61 = Voltage monitoring error, when minimal supply voltage level is exceeded Bit62 = Light sensor error, faulty light sensor hardware Bit63 = LED-driver error, faulty hardware driver

Taulukon 8 selitteet:

Tavu 0–1, bitit 0–11: Mekaanisten painikkeiden tila, kertoo milloin kytkintä/painiketta/nappia painetaan tai ei. 0 = off-tila, 1 = on-tila. Bitti 1 = painike 1, bitti 2 = painike 2, ..., , bitti 11 = painike 12.

Tavu 1–2, bitit 12–23: Merkkivalojen tila, kertoo milloin merkkivalo on päällä/pois. 0 = off-tila, 1 = on-tila. Bitti 12 = painikekenttä 1, bitti 13 = painikekenttä 2, ... , bitti 23 = painikekenttä 12.

Tavu 3, bitit 24–31: Valojen on-tilan kirkkauden arvot. Arvo 0 = MIN, 255 = MAX.

Tavu 4, bitit 32–39: Valojen off-tilan kirkkauden arvot. Arvo 0 = MIN, 255 = MAX.

Tavu 5, bitit 40–47: Valotunnistimen arvot. Arvo 0 = MIN, 255 = MAX.

Tavu 6, bitit 48–55: Mitatun jännitetason arvo. Mittaa syöttöjännitteen arvon jännitteen jakajan kautta. Laskenta: $U_{bat}[V] = 7 * U_{mess}[bit] * 5 V / 255 bit * 0,7 V$. Arvot: 0 = MIN, 255 = MAX.

Tavu 7, bitit 56–63: Error status. Bitti 56 = sisääntulo pinnan (N1) tila. Bitit 57–60 ei käytössä. Bitti 61 = Jännitteen seurannan virhe. Käyttöjännite liian alhainen. Bitti 62 = Valotunnistimen virhe, tunnistimessa jotain vikaa. Bitti 63 = LED-ajureiden virhe, virhe laitteiston ajureissa.

CAN-RX -valikko

CAN-viestin vastaanotolle on ohjelmassa oma valikkonsa. Tästä valikosta voidaan säätää näppäinten toiminta, lepotilavalaistus ja paikallisvalaistus. CAN-RX-valikko 12-painikkeiselle Miunskä näppäimistömoduulille löytyy kuvasta 27.

CAN RX

Switch key fields by CAN message

Field	ID	hex	Bit	Position
1	702	hex	Bit	0
2	702	hex	Bit	1
3	702	hex	Bit	2
4	702	hex	Bit	3
5	702	hex	Bit	4
6	702	hex	Bit	5
7	702	hex	Bit	6
8	702	hex	Bit	7
9	702	hex	Bit	8
10	702	hex	Bit	9
11	702	hex	Bit	10
12	702	hex	Bit	11

Brightness by CAN message

	ID	hex	Start bit	Position
Color ON	701	hex	24	24
			Stop bit	31
Color OFF	701	hex	Start bit	32
			Stop bit	39

Bus idle by CAN message

	ID	hex	Bit	Position
Bus idle	705	hex	Bit	0

Location lighting by CAN message

	ID	hex	Bit	Position
Loc. lighting	706	hex	Bit	0

Kuva 27. CAN-RX valikko CAN-Konfigurator-ohjelmassa

Näppäimistön painikkeet voidaan kytkeä bitti arvolla CAN-viestissä. CAN-viestiin, joka määrää näppäimen toiminnasta voidaan vaikuttaa kuvan 27 osoittamasta valikosta: Switch key fields by CAN message. Jos oikealla ID:llä tuleva CAN-viesti sisältää ohjauksen bitin ”1” oikeassa paikassa menee näppäintä vastaava merkkivalo päälle, jos ”0” se menee pois päältä. Jokainen näppäinkenttä ei automaattisesti vastaa CAN-viestiin, vaan tämä riippuu Key Field Function- ja Key Field Management -valikoiden asetuksista, nämä valikot on kuvattu edellä kuvissa 19 ja 20.

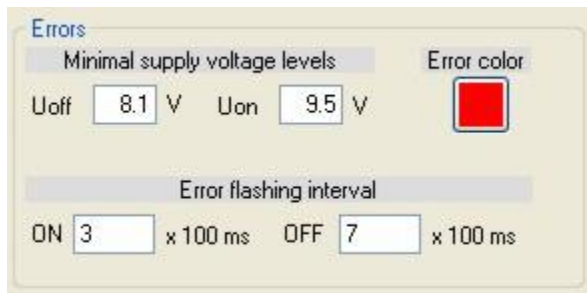
Näppäimistön valojen kirkkauden säätöön CAN-viestillä on ohjelmassa kuvassa 27 näkyvä Brightness By Can Message -valikko. Tätä käytetään, mikäli kuvassa 22 esillä olevasta Brightness Control -valikosta on Brightness By Can Message -tila valittu toimintaan. Tämän avulla voidaan järjestelmään toteuttaa yksi määräävä CAN-solmu, esimerkiksi toinen näppäimistö, joka ohjaa kaikkien järjestelmän näppäimistöjen kirkkautta. Näin voidaan tehdä, koska kuten edellä, taulukossa 8 on luettavissa, niin näppäimistöjen status-viestissä kulkee myös tieto näppäimistön valojen kirkkaudesta. Tässä taulukossa on myös nähtävillä kirkkauden säädön start- ja stop-bittien paikat 24–39.

Näppäinmoduulin lepotilan asetukset voidaan määrittellä CAN-RX valikossa, kohdassa Bus Idle By Can Message. Miunskan käyttöohjeen mukaan viestin Bus Idle -bitin paikan voi määrätä väliltä 0–63. Tämän tilan käyttöönotto on esitetty luvussa *Näppäimistön lepotila*.

Paikallisvalaistuksen CAN-viestiin voidaan vaikuttaa Location Lighting by Can Message -valikosta, joka näkyy kuvasta 27. Mikäli tämä tila on aktivoitu Location Lighting -valikosta (kuva 24), voidaan tilan aktivointibitin paikka määrätä biteistä 0–63, ja CAN ID voidaan myös vaihtaa.

Vikatila

Tässä kappaleessa kuvataan tapa, jolla näppäimistö ilmoittaa tapahtuneesta virheestä. Minimijännitetaso sekä muut näppäimistön virhetilan säädöt voidaan määrittää kuvan 28 osoittamassa valikossa. Tämä säästää ajoneuvon tai järjestelmän jännitelähteen virrankulutusta.



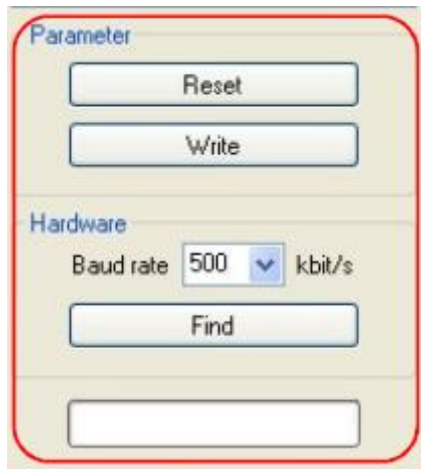
Kuva 28. Virheen hallinta

Järjestelmässä voi tapahtua CAN-virhe ja järjestelmän on valittu toimivan kuvassa 20, taulukossa 3 esitellyissä tiloissa (Mode 1 tai Mode 2). Tällöin virheellisen viestin lähettävä näppäin alkaa vilkkua sille valitulla värillä (Error color). Virheen tekevän näppäimen vilkkumisnopeus voidaan valita Error flashing interval -valikossa (kuva 28).

Asetusten tallennus laitteeseen

Ohjelmaikkunan vasemmassa alalaidassa on kuvan 29 mukaiset painikkeet. Näillä alustetaan ja tallennetaan näppäinmoduulin asetukset. Find-nappi on sitä varten, että se selvittää, mitä laitteita (näppäimistöjä) järjestelmään on kytketty sekä järjestelmän käyttämän baudinopeuden.

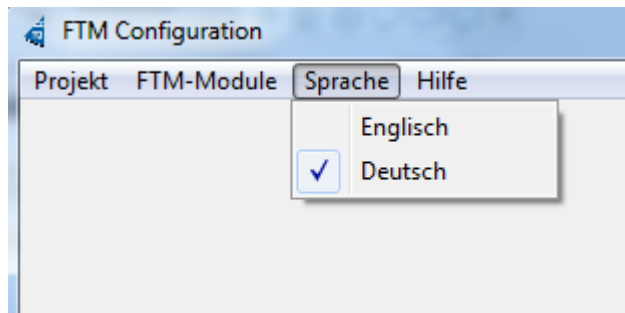
Näppäimistön asetusten tallennusta varten täytyy koko Miunske moduuli -järjestelmän olla kytketty toimintaan. Tätä varten täytyy järjestelmään CAN-väylään olla pistoke, johon CANfox-kaapeli kytketään. Tämän kaapelin avulla ohjelmoidaan Miunske-näppäinmoduuli. Tämä tapahtuu kuvassa 29 näkyvällä Write-painikkeella.



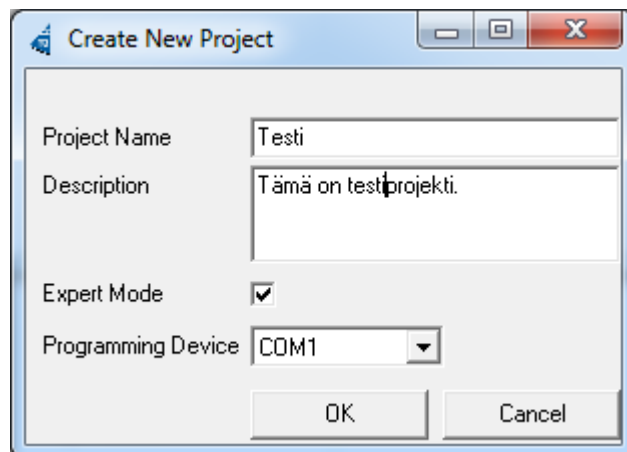
Kuva 29. Asetusten tallentaminen laitteeseen

3.3 Miunske I/O -moduulin ohjelmointi

Miunske I/O -moduuli ohjelmoidaan FTM Configuration -työkalulla. Työkalu on käynnistettäessä saksankielinen, mutta kielen voi vaihtaa kuvan 30 osoittamasta valikosta. Projekti luodaan valitsemalla ohjelmasta Project ja New.. (pikanäppäin Ctrl+N). Tästä avautuu kuvan 31 mukainen ikkuna, jossa projektin voi nimetä, sekä lisätä projektin kuvauksen.



Kuva 30. FTM Configuration -ohjelman kielen valinta

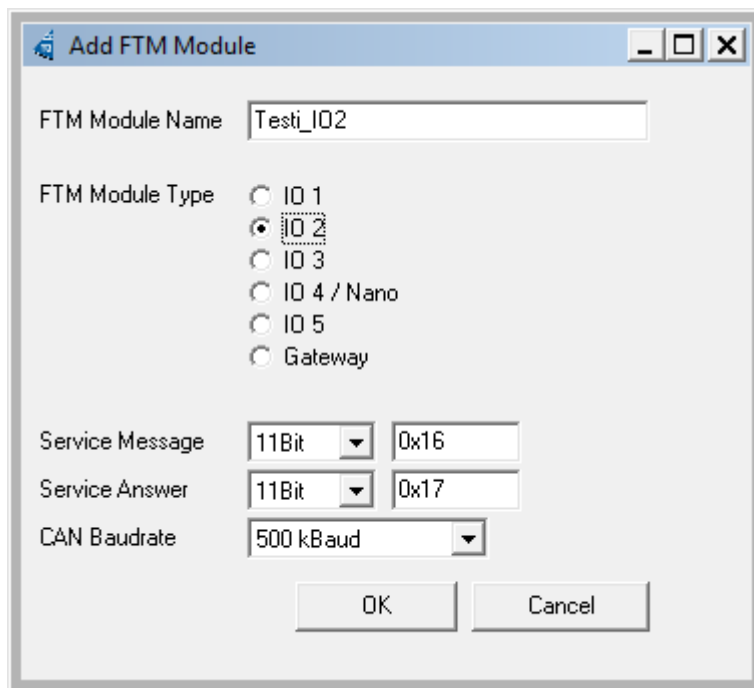


Kuva 31. Uuden projektin luonti FTM Configuration -ohjelmalla

Kun projekti on luotu, tulee projektiin lisätä FTM-Module-valikosta moduuli valitsemalla Add. Tästä avautuu kuvan 32 kaltainen ikkuna, josta käytetyn (yhden tai useamman) moduulin malli valitaan. Esimerkkinä kuvassa 33 näkyy tässäkin työssä käytetty moduuli

IO2, jonka asetuksiin ja ohjelmointiin tullaan seuraavaksi perehtymään. Moduuli on käytännössä ohjelmoitava rele.

Expert mode on tila, jossa moduulin asetuksiin voidaan vaikuttaa huomattavasti enemmän kuin normaalitilassa. Tosin expert modea tarvitaan vain, jos Miunske CAN -moduuliin ei ole tarkoitus kiinnittää moduulinäppäimistöä, vaan ohjaus tapahtuu omin kytkimin. Tässä työssä on kuitenkin kyse juuri näiden näppäinmoduulien käytöstä, joten Expert mode valitaan.



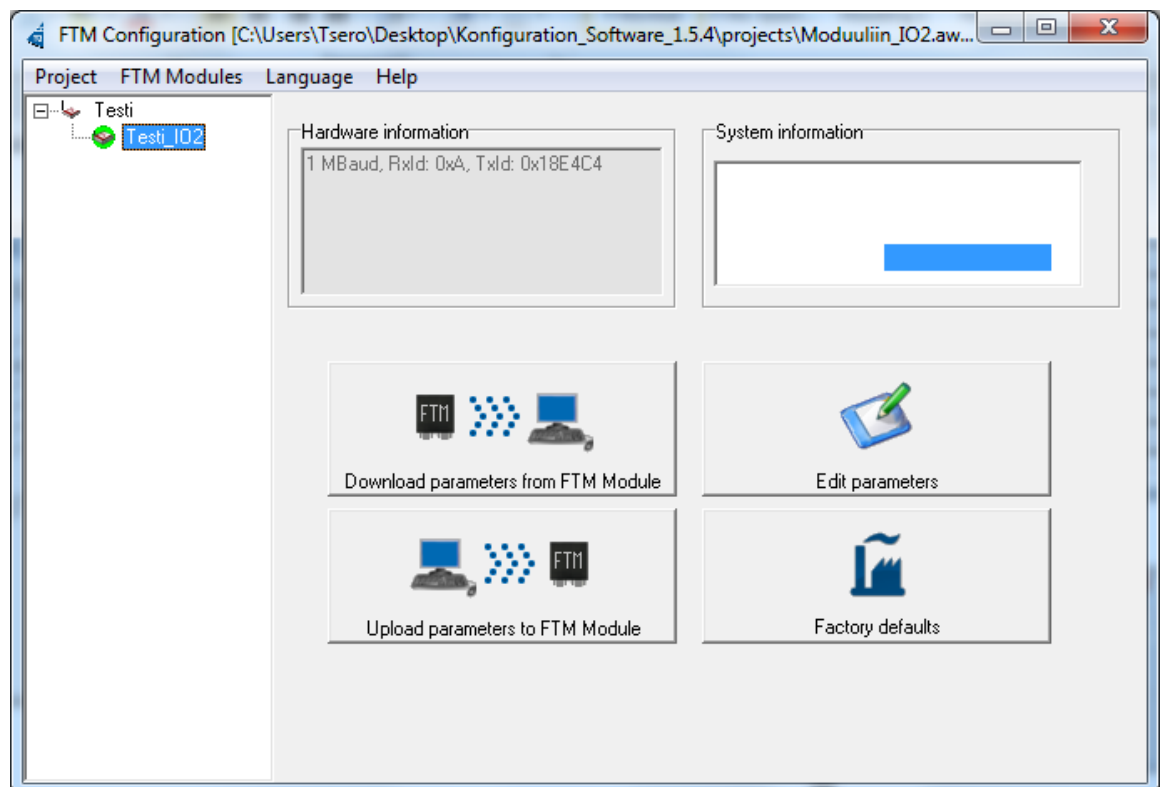
Kuva 32. Moduulin valinta projektiin

Testitarkoitukseen on käytetty moduulia IO2, josta on tarkoitus rakentaa testikytkentä opinnäytetyön tilanneelle yritykselle. Mikäli testikytkentä tulee toimimaan halutusti, voidaan yritykselle alkaa rakentamaan täyttää matkailuautoon tulevaa Miunske moduuli –järjestelmää heti, kun tällaiselle projektille on tarvetta.

Ohjelma valitsee FTM moduulille automaattisesti numeron 2; tähän asetukseen ei ohjelmoinnissa koskettu. Itse moduulit ovat kuvan 33 mukaisia, relekantaan sopivia palikoita. Kun moduuli on lisätty projektiin, voidaan itse moduulin asetukset säätää kuvassa 34 näkyvällä Edit parameters -painikkeella.



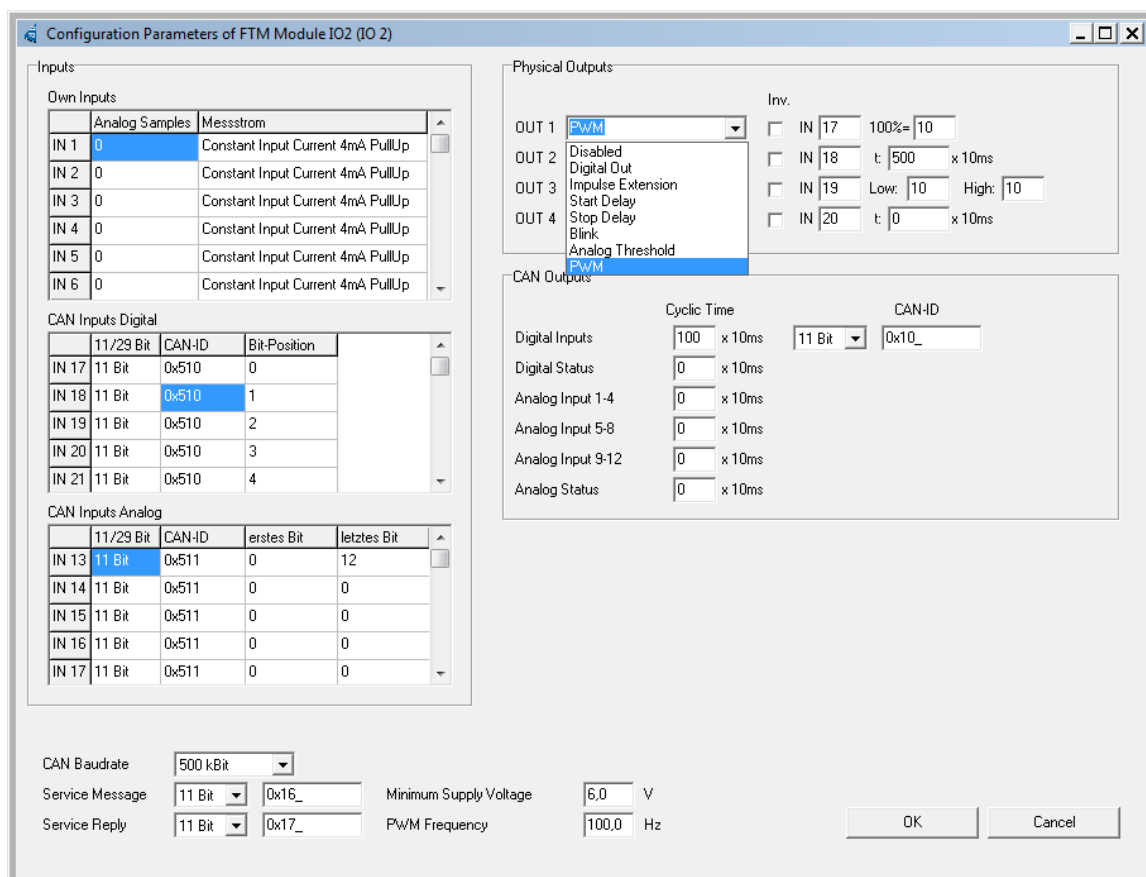
Kuva 33. IO2-moduuli



Kuva 34. Projektiin lisätty moduuli

Painettaessa Edit parameters -painiketta avautuu seuraavan, kuvan 35 mukainen ikkuna. Tässä voidaan moduulin toimintaan vaikuttaa ohjelmallisesti. Moduuli toimii siten, että johonkin säädettyyn tuloon lähetetään käsky ohjata haluttua lähtöä. Moduulin lähtöjä voidaan ohjata sekä ulkoisilla (Own Inputs) tuloilla että sisäisillä moduulinäppäimistöltä CAN-viestillä tulevilla ohjauskäskyillä.

Nämä moduulin lähdöt (OUT 1-4) ovat ohjelmoitavissa erilaisiin toimintatiloihin. Nämä tilat ovat kuvassa 35 auki (Physical Outputs -valikko), sekä näiden toiminta on selitetty taulukossa 9.



Kuva 35. Miunske moduulin (IO2) ohjelmointityökalu (Expert mode)

Taulukko 9. CAN-moduulin lähtöjen toiminnot

Toiminto		Parametri	Selite
Disabled	Pois käytöstä	Invert (Inv.)	Lähtö toimii invertoituna, jatkuvasti päällä.
Digital out	Digitaalinen lähtö	Input (IN)	CAN-tulo, joka on liitetty moduulin fyysiseen lähtöön.
		Invert (IN)	Lähtö on invertoitu tuloon nähden.
Impulse extension	Impulssin jatke	Invert(Inv.)	CAN-tulo, joka on liitetty moduulin fyysiseen lähtöön.
		Input (IN)	Lähtö on invertoitu tuloon nähden.
		Time (t)	Pulssin aika (t x 10 ms).
Start delay	Käynnistys viiveellä	Input (IN)	CAN-tulo, joka on liitetty moduulin fyysiseen lähtöön.
		Invert (Inv.)	Lähtö on invertoitu tuloon nähden.
		Time (t)	Pulssin aika, jonka jälkeen lähtö kytketään (t x 10 ms).
Stop delay	Sammutus viiveellä	Input (IN)	CAN-tulo, joka on liitetty moduulin fyysiseen lähtöön.
		Invert (Inv.)	Lähtö on invertoitu tuloon nähden.
		Time (t)	Pulssin aika, jonka jälkeen lähtö sammuu (t x 10 ms).
Blink	Vilkku	Input (IN)	CAN-tulo, joka on liitetty moduulin fyysiseen lähtöön.
		Invert (Inv.)	Lähtö on invertoitu tuloon nähden.
		H-Time (H)	Korkean tason kesto (t x 10 ms).
		L-Time (L)	Matalan tason kesto (t x 10 ms).
		Number (n)	Määrä, jonka lähtö vilkkuu. (255 = loputon).
Analog threshold	Analoginen rajakytkin	Input (IN)	CAN-tulo, joka on liitetty moduulin fyysiseen lähtöön.
		Invert (Inv.)	Lähtö on invertoitu tuloon nähden.
		Low	Sammutus raja-arvo (V).
		High	Käynnistys raja-arvo (V).
PWM	Pulssin leveyden mitta	Input (IN)	CAN-tulo, joka on liitetty moduulin fyysiseen lähtöön.
		Invert (Inv.)	Lähtö on invertoitu tuloon nähden.
		Top (100%=)	Maksimi arvo, joka vastaa 100 %.

Kuvassa 35 näkyvät moduulin tulot (Inputs) ohjaavat sen lähtöjä fyysisiä lähtöjä (Physical Outputs). Miunske moduuleilla on fyysisiätuloja riippuen mallista. Tällä nimenomaisella IO2-

moduulilla näitä on kahdeksan. Tulot voidaan ohjelmoida käyttämään joko ylös- tai alasetovastuksia. Ylössetovastuksille on käytössä 4 tai 32 mA vakiovirta. Alasetovastuksille on puolestaan valittavana 2 tai 16 mA.

Lisäksi kaikki tulot ovat ohjelmoitavissa korkeaimpedanssiseen tilaan, jota voidaan käyttää pääasiassa analogisignaalien taltioimiseen. Signaalit digitoidaan 12 bitin resoluutiolla. A/D-tulo aktivoidaan asettamalla analogisten arvojen määrä (kuva 35, Analog samples). Lisäksi tämä voi toimia suodattimena analogisille signaaleille.

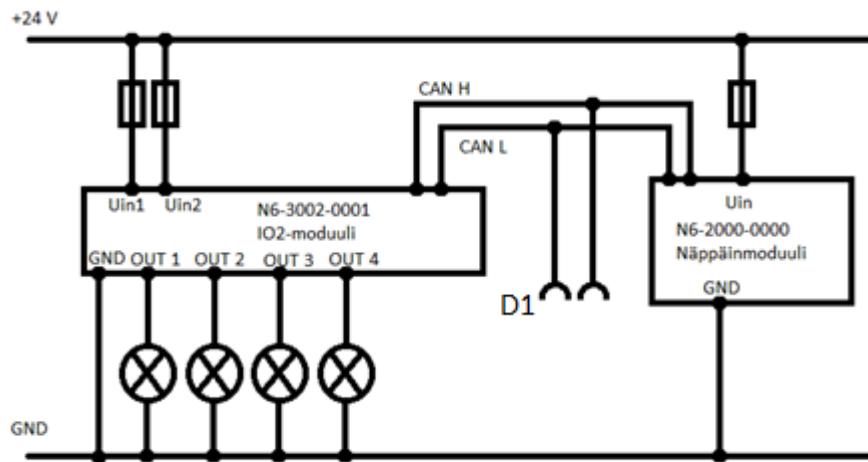
Moduulia ohjelmoitaessa täytyy moduuli liittää kuvan 36 mukaiseen ohjelmointialustaan. Tämä alusta (Miunske CAN Interface) on yhteydessä USB-kaapelilla tietokoneeseen. Kun halutut asetukset on säädetty, ladataan asetukset moduuliin edellä, kuvassa 34 kuvatulla Upload to FTM module -napilla.



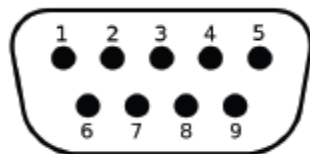
Kuva 36. Miunske moduuli ja moduulialusta [10, s. 2]

4 TESTIKYTKENTÄ JA TESTAUS

Miunske järjestelmän testaus tapahtui kuvan 37 mukaisella testikytkennällä. Työn tarkoituksena oli selvittää ja soveltaa Miunske CAN-moduuli -järjestelmän soveltuvuus mahdolliseen matkailuautokäyttöön. Kytkennässä on liitetty Miunske IO2 -moduulin lähtöihin neljä valoa, joita ohjataan moduulinäppäimistöllä. D1 on pistoke näppäinmoduulin ohjelmointia varten. Se on niin sanottu D-liitin (kuva 38).



Kuva 37. Testikytkentä



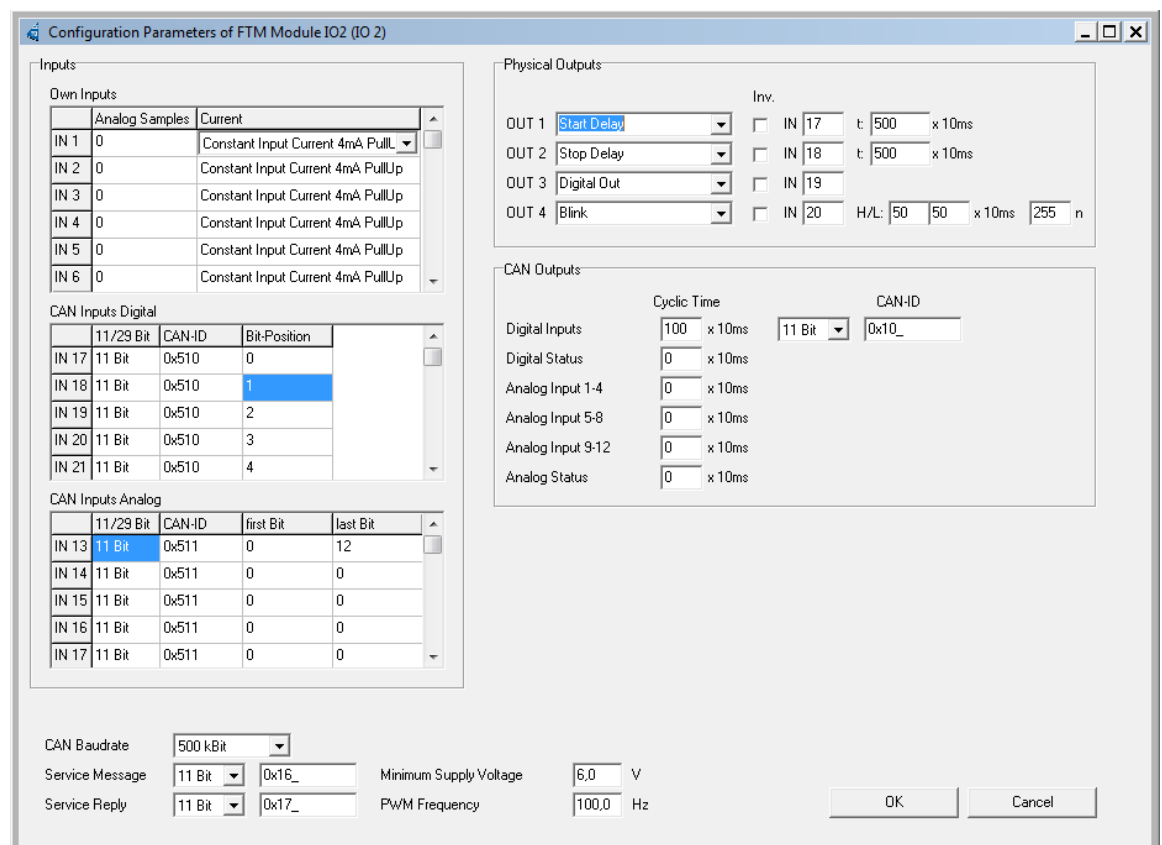
Pin 2: CAN Low (CAN-)
Pin 7: CAN High (CAN+)

Kuva 38. D-liitin näppäinmoduulin ohjelmointiin

Edellä mainittu D-liitin tulee kiinni CANfox-kaapeliin, jolla näppäinmoduuli ohjelmoidaan. Liitin ja ohjelmointi eivät vaadi muita linjoja kuin CAN Low ja CAN High -linjat kytkettäväksi liittimestä järjestelmään.

Testikytkennässä järjestelmä kytkettiin rimalle, jossa CAN-linja päätettiin 120 Ω päätevastuksella. Lisäksi sekä IO2-moduuli että näppäinmoduuli toimivat 12 V tai 24 V jännitteellä. Testaamiseen käytettiin jännitelähdettä, josta jännitteeksi valittiin 24 V. Kun kaikki komponentit on kytketty, voidaan IO-moduulin asetukset määrittää halutusti.

Moduuli tulee kiinni moduulialustaan ja avataan FTM configuration -ohjelma, luodaan projekti expert modeen, ja avataan moduulin parametrit. Testaamiseen käytettiin seuraavan kuvan 39 kaltaisia asetuksia.



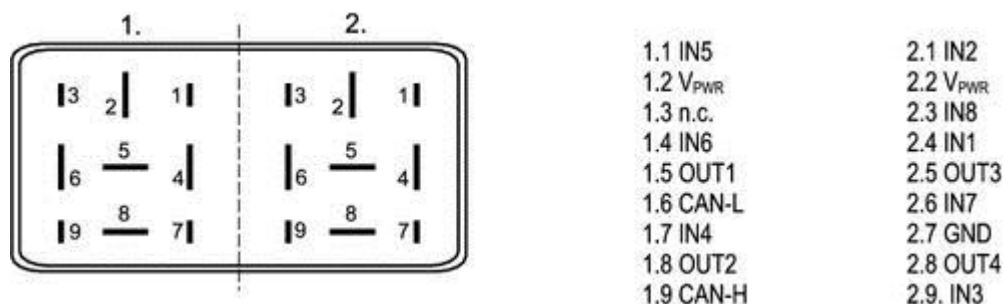
Kuva 39. Testikytkentään määritetyt moduulin asetukset

Kuten kuvasta 39 on nähtävissä moduulin lähdöt (OUT 1-4) on säädetty seuraavasti:

- OUT 1: Käynnistys viiveellä. Tuloksi on valittu CAN-tulo 17. Viiveeksi on säädetty 5000 ms.
- OUT 2: Sammutus viiveellä. Tuloksi on valittu CAN-tulo 18. Viiveeksi on säädetty 5000 ms.
- OUT 3: Digitaalinen lähtö. Tuloksi on valittu CAN-tulo 19.
- OUT 4: Vilkku. Tuloksi on valittu CAN-tulo 20. Vilkutus nopeus 500 ms päällä/pois.

Näissä moduulin asetuksissa voidaan määrätä, mikä näppäin ohjaa mitäkin lähtöä. CAN Inputs Digital -valikko määrää tämän. IN 17 olisi tällöin 1. näppäin ja IN 18 2. näppäin, ja niin edelleen. Tämä testattiin määräämällä OUT 4:n tuloksi IN 28, jolloin näppäimistön 12. näppäimellä voitiin ohjata vilkkuvaloa.

Nämä säädöt ajettiin moduuliin painamalla ensin OK ja sitten lataamalla asetukset moduuliin Upload parameters to FTM Module -painikkeella, joka näkyy kuvassa 34. Tällöin ohjelma antaa ilmoituksen onnistuneesta parametrien siirrosta moduuliin. Tämän jälkeen on aika kytkeä järjestelmä virtaan ja asentaa moduuli järjestelmään kiinni. Moduuli asennettiin sille sopivaan relekantaan, johon saatiin näin ollen kytkettyä käyttöjännitteet rimalta, ynnä muut moduulin tarvitsemat johdotukset. Moduulin pinnit näkyvät kuvassa 40.

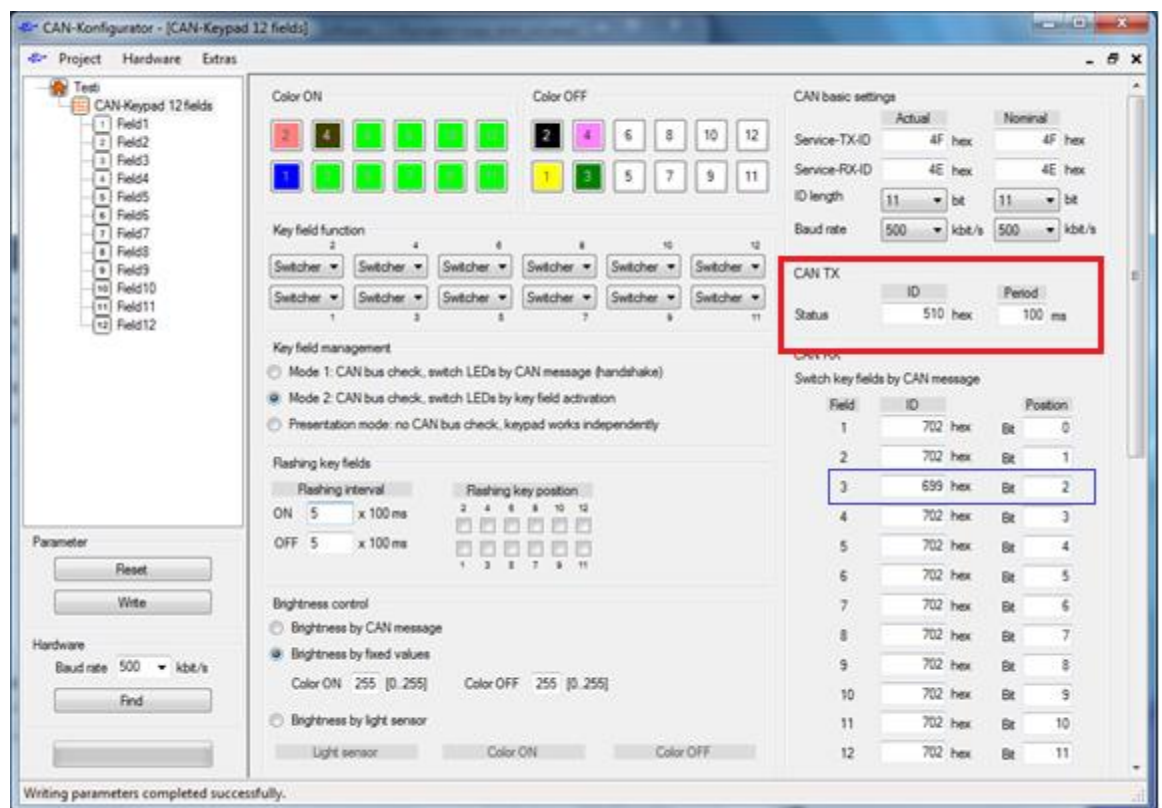


Kuva 40. IO2-moduulin pinnit

Virtojen kytkemisen jälkeen ja moduulin paikalleen asennuksen jälkeen on aika ohjelmoida näppäinmoduuli. Testaukseen käytettiin yhtä 12-painikkeista Miunske-näppäimistöä. Kun

järjestelmä on virrassa ja tietokone CANfox-kaapelilla kiinni CAN-väylässä (liittimessä D1, kuva 37), voidaan näppäimistö ohjelmoida.

Näppäinmoduulin ohjelmointia varten tehtiin projekti CAN-Konfigurator-ohjelmalla. Projektiin lisättiin 12-painikkeinen näppäimistö, ja sen asetukset säädettiin kuvan 41 mukaisesti.



Kuva 41. Testauksessa käytetyt asetukset

Näppäimistön neljälle ensimmäiselle, moduulia ohjaavalle painikkeelle valittiin testimelessä eri värit, jotta värien toistoa voitiin testata. Näppäimistön CAN TX -valikosta (laatikoitu punaisella) täytyy muuttaa ID vastaamaan moduulin digitaalisia CAN-tuloja. Tämän avulla viestit moduulin ja näppäimistön välillä navigoivat väylässä.

Sinisellä laatikoitu ID on valittu testimelessä häivyttämään epäilyt Switch key fields by CAN message -valikon toimivuudesta. Tämän ID:n vaihtaminen ei vaikuta testissä käytettyyn

laitteistoon tai sen toimivuuteen. Nämä ID:t vaihdetaan siinä tapauksessa, jos käytetään Key field management -valikon toimintatilaa 1. Tämän tilan toiminta on selitetty taulukossa 3.

Flashing key fields -toiminnolla saadaan määritetyt näppäimet vilkkumaan halutulla nopeudella, myös tämä ominaisuus testattiin ja todettiin toimivaksi. Valosensorin toiminta puolestaan jäi epäselväksi, eikä sitä saatu toimimaan halutusti. Siitä huolimatta, että sensori peitettiin, ei sillä näyttänyt olevan vaikutusta näppäimistön valojen kirkkauteen. Brightness by fixed value -toiminto puolestaan toimi hyvin. Myös näppäinten toimintamallit Pusher ja Switch testattiin. Nämä toimivat kuten kuuluukin.

Halutut säädöt kirjoitetaan näppäinmoduuliin Write-painikkeella. Tällöin näppäimistö käynnistää itsensä uudelleen ja hyväksyy uudet asetukset. Uusia asetuksia voidaan kirjoittaa jatkuvasti uudelleen näppäinmoduuliin.

Kaikki kytkentään liitetyt valot saatiin toimimaan halutulla tavalla. Tämä rohkaisikin mieltä, sillä ennen testikytkentää oli vielä niin monia asioita epäselvinä, eikä takuita kytkennän toimimisesta ollut.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Miunske CAN-moduulin käyttöönotto, sekä mahdollinen soveltuvuus matkailuauto käyttöön. Työssä on selvitetty CAN-väylän ja väylässä tapahtuvan viestinnän toiminta. CAN-väylän toiminnasta oli hyvin paljon tietoa saatavilla niin kotimaisella kuin vieraallakin kielellä. Itse Miunske moduulijärjestelmän toimintaan saattaminen ei vaadi järjestelmän haltijalta kovin syvällistä tietoa CAN-väylän toiminnasta.

Miunske moduulijärjestelmän toiminta on kuvattu työssä aika tarkasti. Tämä tapahtui pitkälti käännöstyönä (englanti - suomi) Miunsken käyttöohjeiden pohjalta. Tämä on kuitenkin ollut välttämätöntä, jotta lukija saa kuvan järjestelmän tuomista mahdollisuuksista ja eri toiminnoista.

Itse testaus onnistui hyvin käytössä olleet laitteet huomioon ottaen. Valitettavasti työn tilanneella yrityksellä ei ollut käytössä oskilloskooppia, eivätkä he sellaista työssään tarvitsekaan. Sillä olisi kuitenkin päästy tutkimaan CAN-viestien kulkua näppäinmoduulilta IO-moduulille. Kuitenkin annetun tiedon ja näiden testausten pohjalta voidaan sanoa, että Miunske moduuli -järjestelmällä voidaan toteuttaa hyvinkin matkailuautoon tuleva valojen ja muiden toimilaitteiden ohjaus.

Työhön jäi vielä monia kehitettäviä kohteita, kuten ulkoisten ohjausyksiköiden tai kytkimien liittäminen IO-moduulin lähtöjä ohjaaviksi komponenteiksi. Kuten myös olisi mielenkiintoista kytkeä järjestelmä jatkoksi ajoneuvon omaan väylään. Tällöin ajoneuvon omasta väylästä saataisiin ongittua erilaisia ohjausviestejä, joita moduuli-järjestelmässä voitaisiin käyttää hyväksi.

Kuten jo sanottu, työn tavoitteena oli selvittää mahdollisuudet sisällyttää moduulijärjestelmä osaksi ajoneuvokokonaisuutta. Lisäksi järjestelmän todellisesta toiminnasta saatiin hyvä kuva testikytken avulla. Miunske käyttöohjeiden kautta tapahtunut tutkimus toi myös oman sisältönsä järjestelmän toiminnan ymmärtämiseksi. Mielestäni työn asettamista haasteista selvittiin ja todelliseen tavoitteeseen päästiin. Pasielektro Oy:n tulevat ajoneuvoprojektit

tullaan toteuttamaan kyseisellä moduulijärjestelmällä. Tämä kuitenkin tapahtunee vasta tulevaisuudessa, sopivan projektin yhteydessä.

LÄHTEET

- [1] Wikipedia. History of combustion engine. Viimeksi muutettu 11.4.2013. [WWW-dokumentti]
<http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_internal_combustion_engine>
- [2] Janne Avuvinen. Autoissa käytettävät väylät. 3.5.2009 [WWW-dokumentti]
<<http://www.ele.tut.fi/teaching/ele-3350/auto.pdf>> (luettu 20.4.2013)
- [3] Heikki Saha. CAN-väylä. 2005. [WWW-dokumentti]
<<http://www.canopen.fi/artikkelit/CAN.pdf>> (luettu 20.4.2013)
- [4] Teppo Korhonen. Syyskuu 2009. AJONEUVOJEN TIEDONSIIRTOVÄYLÄT. Opinnäytetyö.

<<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/4383/Ajoneuvojen%20tiedonsiirtovaylat%20Teppo%20Korhonen.pdf?sequence=1>>
- [5] Harri Honkanen. AJONEUVOVÄYLÄT. [WWW-dokumentti]
<http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ATO_Ajoneuvov%C3%A4yl%C3%A4t.pdf>. Luettu 15.3.2013
- [6] Computer Solutions Ltd. CAN Cables, Connectors, Converters Isolation & Termination. [WWW-dokumentti]
<<http://www.computer-solutions.co.uk/gendev/can-cables.htm>> (luettu 20.4.2013)
- [7] Fahrzeugtechnik Miunske GmbH. CAN-Basics Product presentation IO-modules.
- [8] Jonne Pöllänen. CAN-Väylä. 20.12.2010. <<http://moodle.kajak.fi/>>
- [9] Fahrzeugtechnik Miunske GmbH. CAN-Konfigurator User Manual. Version 1.6.
- [10] Fahrzeugtechnik Miunske GmbH. CAN Brochuere ENG. PDF-tiedosto.
<http://www.miunske.com/index.php?iL=2&FNDLR=CAN_Broschuere_ENG&PHPSESSID=8d7rhkhvfjqs7ud83obi99vegqlvukm>