



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# VÄYLÄOHJATTU AUTONVALOSIMULAATTORI

Havaintomalli väylätekniikan opetukseen ajoneuvoasentajan  
perustutkinnossa

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus-ohjelma  
Tuotantopainotteinen mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2015  
Jani Heikka

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

HEIKKA, JANI:

Väyläohjattu autonvalosimulaattori  
Havaintomalli väylätekniikan opetukseen  
ajoneuvoasentajan perustutkinnossa

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 40 sivua, 3 liitesivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyö on laadittu Koulutuskeskus Salpauksen auto-osastolle opetuksen suunnittelun apuvälineeksi. Tarkoituksena oli opinnäytetyössä tuoda esille näkemyksiä erilaisista havaintomalleista ajoneuvotekniikan tiedonsiirtotekniikan opetukseen. Työn tarkoituksena on toimia ohjaavana ja vertailevana käsikirjana. Tarkoituksena oli muodostaa lukijalle ja itselleni selkeä käsitys kuinka monitahoinen nykypäivän auton tiedonsiirtojärjestelmä on.

Nykyisin moderni ajoneuvo sisältää useita elektronisia ohjainlaitteita ja ajoneuvoasentajan on ymmärrettävä niiden toiminnallinen rakenne. Sähköisten ja elektronisten järjestelmien kasvu ajoneuvoissa johtuu kiristyneestä lainsäädännöstä ja käyttäjien vaatimuksista. Ajoneuvojen ympäristö-, turvallisuus- ja mukavuusvaatimukset ovat kasvaneet edellisen vuosikymmenen aikana.

Tässä työssä haettiin eri vaihtoehtoja havaintomalleille ajoneuvotekniikan tiedonsiirtoväylien opetukseen ajoneuvoasentajan perustutkinnossa. Työssä on verrattu toisiinsa valmiita havaintomalleja tai rakentamalla toteutettua havaintomallia sekä verrannut autoa havaintomallina.

Opinnäytetyössä on käsitelty autotekniikassa käytössä olevia tiedonsiirto-protokollia syventääkseni omaa asiantuntemusta autoissa käytettävistä tiedonsiirtojärjestelmistä. Opinnäytetyössä on käsitelty muutamia perusasioita tiedonsiirtoväylien vianetsinnästä. Tämä opinnäytetyö on tarkoitettu kaikille, jotka ovat kiinnostuneita autotekniikasta ja opettamisesta. Tässä opinnäytetyössä on käsitelty henkilöautojen tiedonsiirtojärjestelmiä.

Asiasanat: autotekniikka, tiedonsiirtoväylät, CAN-väylä, LIN-väylä, havaintomalli

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

HEIKKA JANI

Bus controlled vehicle light simulator  
Observation model in vehicle bus  
technology as a teaching aid for basic  
degree in automotive mechanics

Bachelor's Thesis in Production oriented Mechatronics, 40 pages, 3 pages of  
appendices

Spring 2015

ABSTRACT

---

Since modern vehicles incorporate several on-board electronic systems in their assembly, it has become necessary for a vehicle mechanic to know in detail how these electronic systems operate. As legislation and demand has become more strict in all aspects, such as safety, emissions, comfort, etc., and since weight also plays a key element in emissions, it has become necessary to try and decrease the amount of wiring used, as well as the component size.

It is not possible for vehicle mechanics of this day to go solely on the principals used in the vehicles of yesterday. Today vehicle mechanics have to have a thorough knowledge on the operation of these bus systems to know how to service and repair a vehicle.

This thesis explains how the use of vehicle bus systems can be used as a teaching aid, and how to give the students basic knowledge in how to use the vehicle bus systems as an advantage for their future job for example in troubleshooting and diagnostics.

The first part of this thesis explains the main points of a bus system, following with the explanation of different bus configurations found in vehicles. Following these, an explanation of different types of bus systems found in a vehicle (CAN/LIN) is also provided.

After explaining these systems, the actual purpose built teaching tools are explained as well as how the purchasing and building of these systems take place. Test vehicle purchase and usage is discussed as well as a situation report on the current state of these teaching tools.

Key words: vehicle technology, vehicle bus systems, CAN data bus, LIN data bus, observation model.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SARJALIIKENNE	7
2.1	Sarjaliikenteen määritelmä	7
2.2	Sarjaliikennejärjestelmien luokittelu	8
2.2.1	B-luokan sarjaliikenne	8
2.2.2	C-luokan sarjaliikenne	9
2.2.3	C+-luokan sarjaliikenne	10
2.3	Verkkotopologiat	10
2.3.1	Väylätologia	11
2.3.2	Tähtitologia	11
2.3.3	Rengastologia	12
2.3.4	Verkkotologia	13
2.3.5	Yhdistelmätopologiat	13
3	AJONEUVOISSA KÄYTETTÄVIÄ VÄYLÄJÄRJESTELMIÄ	14
3.1	CAN-väylä	14
3.1.1	CAN-väylän perusrakenne	15
3.1.2	Jännitetasot CAN-väylässä	16
3.1.3	CAN-viestin rakenne	18
3.1.4	CAN-väylän virheiden käsittely	19
3.1.5	Esimerkkejä CAN-väylän vikatilanteista	20
3.2	LIN-väylä	23
3.2.1	LIN-väylän viestin rakenne	23
3.2.2	Esimerkkejä LIN-väylän vikatilanteista	26
3.3	Muita ajoneuvoissa käytettäviä tiedonsiirtoväyliä	26
4	VAIHTOEHTOISET JÄRJESTELMÄT	29
4.1	Havaintomalli VW Golf V	29
4.2	Havaintomalli VW Golf V arviointi	30
4.3	Rakennettu järjestelmä käyttäen MIAC logiikkaa	31
4.4	MIAC-logiikan arviointi	31
4.5	Rakennettu järjestelmä käyttäen purkuautoa	32
4.6	Rakennettu järjestelmä käyttäen purkuautoa arviointi	33
4.7	Havaintomalliauto Suomesta	34
4.8	Havaintomalliauto ulkomailta	34

4.9	Havaintomallitilanne tällä hetkellä	35
5	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	39
	LIITTEET	40

# 1 JOHDANTO

Olen laatinut opinnäytetyön Koulutuskeskus Salpauksen auto-osastolle. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa erilaisia havaintomalleja, joita voidaan hyödyntää ajoneuvotekniikan opetuksessa ajoneuvoasentajan opintosuunnassa. Työssäni olen pyrkinyt hakemaan eri vaihtoehtoja havaintomalleille sekä vertailemaan niitä käytettävyyden, kustannusten ja opettajan työmäärän mukaan. Työn tarkoituksena on toimia suunnittelun ja keskustelun pohjana, kuinka me opettajat voimme toteuttaa havaintomallit. Olen opinnäytetyössä käsitellyt ajoneuvojen tiedonsiirtovälineiden perusrakennetta ja hieman niiden vianetsintää, koska jälkimmäinen liittyy olennaisesti ajoneuvoasentajan työhön. Tarkoitukseni oli lisätä omaa osaamistani ajoneuvojen tiedonsiirtoon käytettävistä järjestelmistä.

Nykyään on yhä korkeammat vaatimukset valmistaa ja huoltaa ajoneuvoja. Liikenteen vaatimukset, kuten turvallisuus, mukavuus, ympäristöystävällisyys ja taloudellisuus, kasvavat jatkuvasti. Uusien teknisten innovaatioiden kehittämisajat lyhenevät, kun taas tuotekehitysinsinöörien tavoitteet ovat yhä kunnianhimoisempia. Tämä on edistystä ja se on hyvä asia. Me autoilijat olemme kiitollisia näistä teknisistä innovaatioista kuten ABS-jarrujärjestelmät, turvavyönyt ja täysautomaattinen ilmastointijärjestelmä. Tässä on vain muutamia esimerkkejä kehityksestä, jotka on sisällytetty ajoneuvoihin viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana.

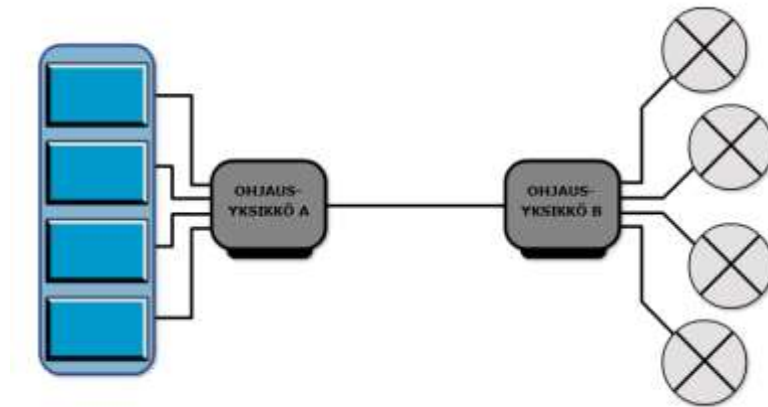
Tämä ajoneuvotekniikan kehitys on merkinnyt myös sähköisten järjestelmien kasvua. Riippuen ajoneuvoluokasta ja sen ominaisuuksista on modernissa autossa kahdestakymmenestäviidestä yli kuuteenkymmeneen elektronista ohjausyksikköä, jotka kaikki täytyy johdottaa. Jos käytettäisiin perinteistä johdotusta, niin kaapelit, liittimet ja sulakerasiat olisivat mittasuhteiltaan valtavat. Tämä johtaisi monimutkaisiin rakenteisiin ja tuotantoprosesseihin. Puhumattakaan ongelmista, joita esiintyisi vianmäärityksessä kyseisiin ajoneuvoihin. Vianmääritys olisi usein vaivalloinen ja pitkälinen prosessi, joka olisi asiakkaalle kallis. Ohjausyksiköiden välinen tiedonvaihto saavuttaa myös tiedonsiirtorajan käytettäessä tätä tekniikkaa. Näistä syistä vuonna 1983 autoteollisuus lähti kehittämään viestintäjärjestelmää, jolla voidaan yhdistää ohjausyksiköt yhteen ja saada niiden välille tarvittava tietojenvaihto. Järjestelmän oli täytettävä seuraavat ominaisuudet: alhainen hinta

sarjatuotannossa, kyky nopeisiin prosesseihin reaaliaikaisesti, hyvä luotettavuus sekä korkea turvallisuustaso sähkömagneettisia häiriöitä vastaan.

## 2 SARJALIIKENNE

### 2.1 Sarjaliikenteen määritelmä

Sarjaliikenne on määritelty seuraavasti: signaalien lähettäminen sarjamuotoisina jaksoittain siirtovälineessä, esimerkiksi kaapelissa, optisessa kuidussa tai radioaalloilla. Kuviossa 1 ohjausyksikkö A lukee analogisen signaalin ja lähettää sen viestinä toiselle ohjausyksikölle B. Ohjausyksikkö A muuntaa analogisen signaalin sarjamuotoiseksi viestiksi esimerkiksi katkaisijoilta, joiden asento voi olla kytketty tai ei kytketty. Ohjausyksikkö B ottaa viestin vastaan ja luo uudelleen viestin alkuperäiseen muotoon ja sytyttää tai sammuttaa valon. Viesti lähetetään, kun yksi kytkimistä muuttaa asentoa. (Hella tech world 2014)



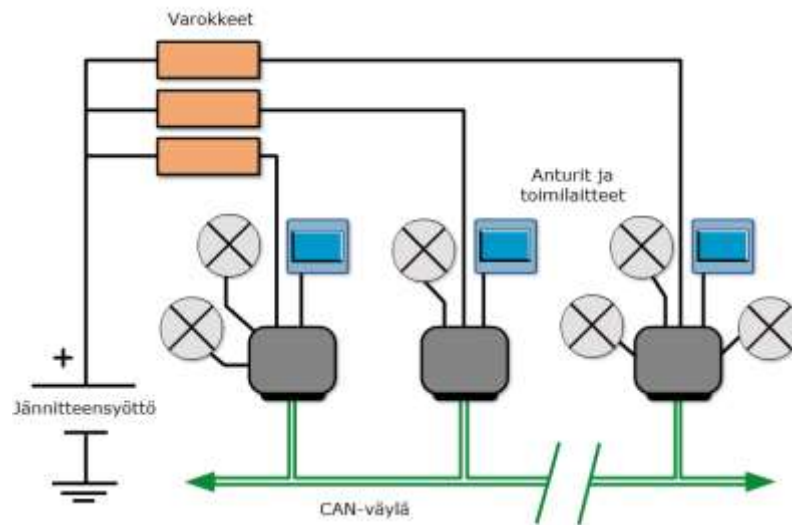
KUVIO 1. Esimerkki sarjaliikenteestä (Hella tech world 2014)

Digitaalinen signaali muodostuu kahdesta asennosta pois tai päälle eli 1 tai 0. Virtakytkimen voidaan sanoa olevan digitaalinen päällä tai pois. Sarjaliikenneväylä kuljettaa tietoa, sähköenergia kuljetetaan erillisiä johtimia pitkin kuluttajille. (Hella tech world 2014)

Sarjaliikennettä käyttävä järjestelmä sisältää tavallisesti useita ohjausyksiköitä (kuviot 2). Näin ollen jokainen ohjausyksikkö voi lähettää tiedot omista katkaisukytkimistään tai antureistaan ja kaikki muut ohjausyksiköt voivat ottaa nämä tiedot vastaan. Vastaanottavat ohjausyksiköt ohjaavat valojaan tai kuluttajiaan juuri siihen ohjausyksikköön tallennetun ohjelman mukaan. Tällainen



ohjelma voi sisältää esimerkiksi taulukon siitä mikä katkaisijakytkin ohjaa mitään valoa. (Hella tech world 2014)



KUVIO 2. Sarjaliikenneväylä (Hella tech world 2014)

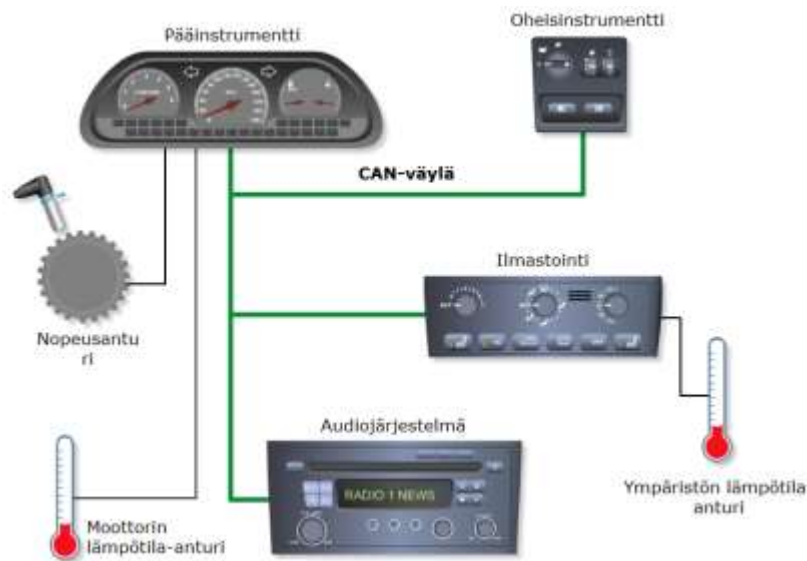
## 2.2 Sarjaliikennejärjestelmien luokittelu

Sarjaliikennettä käyttävät järjestelmät luokitellaan yleensä käyttötarkoituksen mukaan. Luokkia on määritelty seuraavasti: A, B, C, C+, D. Tyypillistä A-luokan järjestelmää käytetään yleensä virtakuormien kaksiasentosäädössä ilman, että nopeuteen ja vasteaikoihin kohdistuu suuria vaatimuksia. Siirtonopeus on yleensä enintään 10 kilobittiä sekunnissa. Järjestelmälle on tunnusomaista, että informaation koko on rajoitettu, kytkimen tila voidaan esittää yhtenä bittinä. Lisäksi päivystystaajuus on vaatimaton, sillä toimintaan liittyy ihmisen antamia komentoja. Komentoja voi olla keskimäärin kaksi sekunnissa. Järjestelmän vaadittava vasteaika on usein yhteydessä ihmisen vasteaikaan, ihminen ei kykene havaitsemaan alle 100 ms viiveitä. Ajoneuvotekniikassa yleensä tätä väylätyyppiä edustaa LIN-väylä. (Dietsche 2007,19,20. Hella tech world 2014.)

### 2.2.1 B-luokan sarjaliikenne

B-luokan sarjaliikennejärjestelmässä on keskisuuri, siirtonopeus alle 125 kBit/s. Esimerkiksi lämpötila-anturi on jatkuvatoiminen, ja se voi osoittaa mitä tahansa lämpötila-alueelle mahtuvaa arvoa toisin kuin kytkin, jossa on vain kaksi tilaa.

Lämpötila-arvo esitetään siis digitaalisessa muodossa esimerkiksi 8- tai 16-bittisenä. Tavallisesti järjestelmän informaation koko on 4 - 64 bittiä. Informaatio esitetään tavallisesti usein kuljettajalle, joten vaadittavat vasteajat ovat vaatimattomat kuten A-luokassa. Autotekniikassa kyseistä B-luokan järjestelmää käytetään mukavuustoimintojen säätöyksiköiden verkotukseen. Tyypillinen edustaja ajoneuvotekniikassa on hidas CAN-väylä (kuvio 3). (Dietsche 2007, 19, 20. Hella tech world 2014.)



KUVIO 3. B-luokan väylästä (Hella tech world 2014)

### 2.2.2 C-luokan sarjaliikenne

C-luokan sarjaliikennejärjestelmässä reaaliaikaisuusvaatimukset eli vasteaika-vaatimukset ovat suuret. Järjestelmän siirtonopeus on suuri yhteen MBit/s saakka. C-luokan järjestelmää käytetään muun muassa moottorinohjausjärjestelmän ja lukkiutumattomien jarrujen ohjauksessa. Järjestelmää käytetään myös hajautetussa reaaliaikaisessa säädössä, johon kohdistuu korkeat siirtonopeutta ja vasteaikkaa koskevat vaatimukset. Informaation koko on samaa luokkaa kuin B-luokan järjestelmässä. Informaation käyttäjä ei ole ihminen vaan reaaliaikainen säätöjärjestelmä, kuten muun muassa moottorinohjaus, vaihteistonohjaus, lukkiutumattomat jarrut (ABS) ja ajovakauden säädin (ESC). Kaikki edellä mainitut vaativat korkean päivitystaajuuden. (Dietsche 2007, 19, 20. Hella tech world 2014.)

### 2.2.3 C+-luokan sarjaliikenne

C+-luokan sarjaliikennejärjestelmälle tyypillistä on erittäin suuret siirtonopeudet, jopa 10 MBit/s saakka. Järjestelmälle ominaista ovat suuret vaatimukset reaaliaikaisuudelle. Järjestelmää käytetään ajoneuvotekniikassa voimalinjojen säätöyksiköiden verkotuksessa, kuten esimerkiksi moottorinohjaus ja voimansiirto. Verkkojärjestelmän edustaja on FlexRay. D-luokkaa edustaa MOST. Järjestelmää käytetään telematiikan ja multimediatointojen säätöyksiköiden verkotukseen. Järjestelmällä on erittäin suuri siirtonopeus yli, 10 MBit/s. Taulukossa 1 esitetään tiedonsiirtoluokkien keskeiset erot ja edustajat. (Dietsche 2007, 19, 20. Hella tech world 2014.)

TAULUKKO 1. Tiedonsiirtoluokat (Dietsche 2007, 19.)

Luokka	A	B	C	C+	D
Siirtonopeus	alle 10 kBit/s	alle 125 kBit/s	Enintään 1 MBit/s	10 Mbit/s saakka	10MBit/s saakka
Sovellukset	Toimilaitteet ja anturit	Mukavuus-toimintojen verkotus	Voimalinjan verkotus kuten moottorinohjaus	Voimalinja	Multimedia-toiminnot
Edustaja	LIN	Hidas CAN	Nopea CAN	FlexRay	MOST

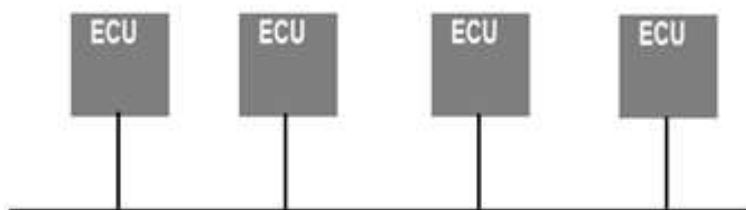
### 2.3 Verkkotopologiat

Verkossa on joukko elementtejä, jotka kykenevät vaihtamaan tietoja. Jos näitä elementtejä kutsutaan solmuiksi ja viivoilla kuvataan johtimia, saadaan kuva verkosta ja siinä yhdistyvät useat solmut verkoksi. Solmuja kutsutaan tietoliikenneverkossa tilaajiksi tai asemiksi ja ajoneuvotekniikassa ohjainlaitteeksi tai ECU:ksi (electronic control unit). Näistä muodostunutta rakennetta kutsutaan verkkotopologiaksi. Verkkotopologiat rakentuvat neljästä perustopologiasta, jotka ovat väylätopologia, tähtitopologia, rengastopologia ja verkkotopologia.

Yhdistelmätopologiat voidaan muodostaa yhdistämällä näitä perustopologioita. (Dietsche 2007, 4, 5.)

### 2.3.1 Väylätopologia

Väylätopologiaa kutsutaan myös lineaariseksi väyläksi. Väylän keskeinen elementti on yksi johdin, johon kaikki solmut liittyvät lyhyen yhdysjohtimen avulla (kuvio 4). Tämä väylärakenne mahdollistaa yksinkertaisen tilaajan lisääjän verkkoon. Solmut lähettävät ja vastaanottavat viestejä verkosta. Mahdollisesti jos solmu menee epäkuntoon, siltä odotettu tieto ei ole muiden solmujen käytössä. Tiedon välitys jatkuu muiden solmujen välillä kaikesta huolimatta. Väylätopologialla rakennettu verkko lakkaa kokonaan toimimasta, jos pääjohdin katkeaa. Kyseistä väylätopologiaa käytetään ajoneuvotekniikassa hyvin paljon. (Dietsche 2007, 5.)

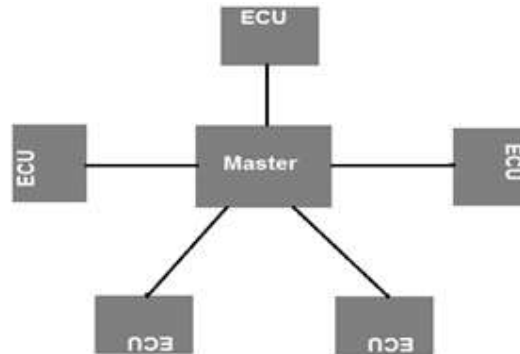


KUVIO 4. Väylätopologia

### 2.3.2 Tähtitopologia

Tähtiverkon muodostaa keskusasema eli keskussolmu, johon verkon kaikki muut solmut yhdistyvät yksinkertaisella liitännällä (kuvio 5.). Verkkoon on helppo kytkeä lisää asemia, jos vain vapaita liittimiä ja johtimia on käytössä. Tähtiverkossa tieto välitetään yksittäisen solmun ja keskussolmun välillä. On erotettava passiivinen ja aktiivinen tähtiverkko toisistaan. Aktiivisessa tähtiverkossa pääsolmuun kuuluu tietokone, joka analysoi ja jakaa tietoa. Passiivisessa tähtiverkossa pääsolmu liittää tilaajat toisiinsa. Jos liittyjä tai liitäntä menee epäkuntoon, jatkaa muu verkko toimintaansa. Pääsolmun rikkoutuminen tekee koko verkon toimintakyvyttömäksi. Edellä mainittu pätee passiiviseen ja

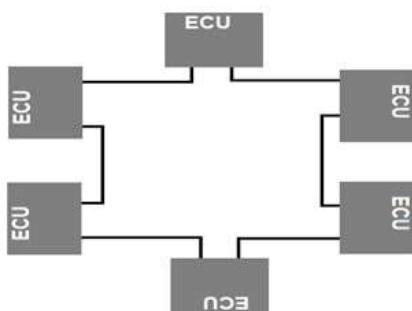
aktiiviseen verkkoon. Turvallisuuden liittyvissä järjestelmissä voidaan keskussolmut esimerkiksi kahdentaa, joihin toimijat liittyvät rinnakkaisesti. (Dietsche 2007, 5, 6.)



KUVIO 5. Tähtitopologia

### 2.3.3 Rengastopologia

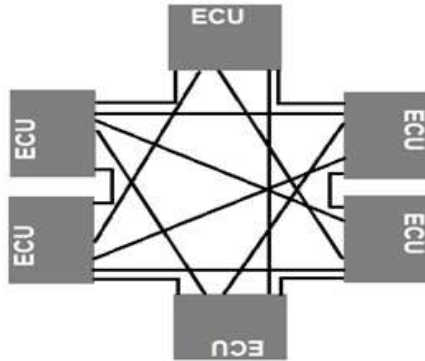
Rengasverkossa solmut on kytketty toisiinsa suljetulla renkaalla, eli solmu kytkeytyy lähinaapureihinsa (kuvio 6). Verkko voidaan toteuttaa joko yksin- tai kaksinkertaisena. Yksinkertaisessa renkaassa viesti lähetetään solmulta toiselle aina samaan suuntaan. Solmu analysoi viestin ja joko käyttää sen informaation tai välittää sen eteenpäin. Yksinkertaisessa renkaassa solmun vioittuminen johtaa verkon toiminnan lakkaamiseen. Rengas voidaan rakentaa myös kaksinkertaiseksi, jolloin viestien lähetys tapahtuu kaksisuuntaisesti. Tässä tapauksessa aseman tai liittymän vikatilanne voidaan ohittaa, koska tieto voidaan välittää toimiviin asemiin. Usean aseman toimimattomuus aiheuttaa kuitenkin verkon toiminnan lakkaamisen. Ajoneuvotekniikassa rengastopologiaa käytetään muun muassa multimediatoimintojen verkotuksessa. (Dietsche 2007, 6.)



KUVIO 6. Rengastopologia

### 2.3.4 Verkkotopologia

Verkkotopologiassa asemat eli solmut liittyvät yhteen tai useaan asemaan. Täydellisessä verkossa kaikki asemat liittyvät verkon muihin asemiin (kuvio 7). Tällainen verkkoratkaisu on erittäin vakaa, yhden aseman rikkoutuessa tai liittymän vioittuessa voidaan tiedonsiirto reitittää uudelleen. Kyseisen verkon rakentaminen on kuitenkin kustannuksiltaan korkea. (Dietsche 2007, 7.)



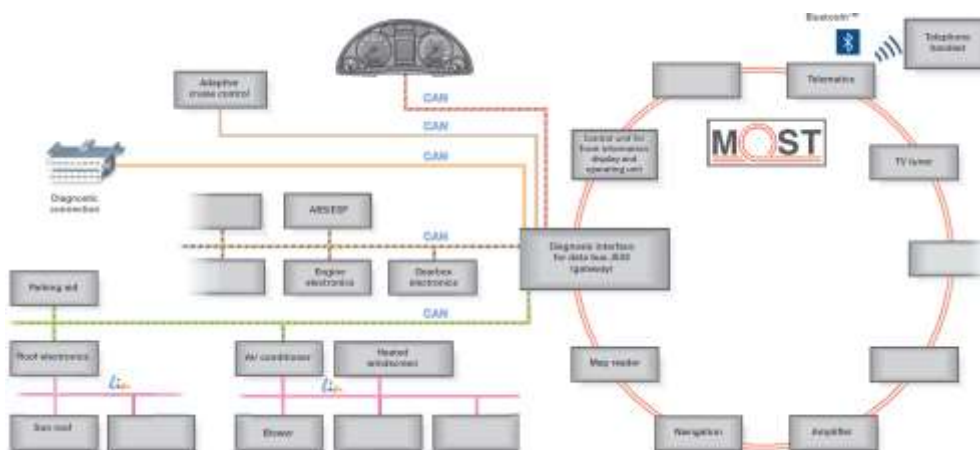
KUVIO 7. Verkkotopologia

### 2.3.5 Yhdistelmätopologiat

Yhdistelmätopologiat ovat perustopologioiden yhdistelmiä esimerkiksi tähtiväylätopologia, jossa useiden tähtiverkkojen keskusaset on keskenään yhdistetty lineaarisesti väyläksi. Vastaavasti tähtirengasverkossa useiden tähtiverkkojen keskussolmut on yhdistetty pääasemaan. Tähtiverkon keskusaset on yhdistetty rengasmaisesti tässä pääasemassa.

### 3 AJONEUVOISSA KÄYTETTÄVIÄ VÄYLÄJÄRJESTELMIÄ

Ajoneuvoissa käytetään nykyään hyvin monenlaisia väyläratkaisuja tiedonsiirtoon. Ajoneuvoissa käytettyjä väylätyyppejä ovat CAN-väylä, LIN-väylä, MOST-väylä, bluetooht, TTP/C, Flexray, VAN-väylä ja diagnosointiliittymä, näistä tunnetuin on CAN-väylä. Autojen tiedonsiirtoratkaisut on usein toteutettu usealla eri väyläratkaisulla, eli autossa on useita väylätyyppejä. Esimerkiksi CAN-väylästä on nopea ja hidas sekä LIN-väylä näiden aliväylänä. Bluetoohtia käytetään käyttäjän laitteiden yhdistämiseen ajoneuvoon, kuten esimerkiksi matkapuhelin kädet vapaanatoiminnon aikana. Ajoneuvossa käytetään monen väylätyypin yhdistelmiä, jotta saavutetaan riittävä tiedonsiirtokyky mahdollisimman kustannustehokkaasti. Eri sovelluksissa käytetään niihin parhaiten sopivaa väyläprotokollaa. Nämä eri protokollat on yhdistetty yleensä toisiinsa keskusyhdyskäytävän kautta. Kahteen väylätyyppiin, CAN:iin ja LIN:iin, olen perehtynyt hieman enemmän, ja muista mainitaan muutamia niiden ominaisuuksia ja käyttökohteita. Kuviossa 8 esitellään luksusauton verkkotopologia.



KUVIO 8. Henkilöauton verkkotopologia (VW Audi Self Study Programme 286 2014)

#### 3.1 CAN-väylä

Helmikuussa 1986 Robert Bosch GmbH esitteli sarjaväyläjärjestelmän Society of Automotive Engineers -kongressissa (SAE). Sen nimi oli Controller Area

Network (CAN). Silloin syntyi yksi menestyneimmistä verkkoprotokollista koskaan.

Nykyään kaikki uudet henkilöautot, jotka on valmistettu Euroopassa ovat varustettu ainakin yhdellä CAN-verkolla. CAN-verkkoa käytetään myös muissa teknisissä sovelluksissa, kuten junissa ja laivoissa sekä teollisuuden valvonnassa ja ohjauksessa. CAN on yksi suosituin väyläprotokolla, ehkä jopa johtava sarjaväyläjärjestelmä maailmanlaajuisesti. Ohessa on eräitä CAN-verkon virstanpylväitä:

- 1983: Bosch aloittaa sisäisen kehitysohjelman ajoneuvo verkosta.
- 1986: Bosch esittelee CAN-protokollan.
- 1991: Boschin CAN-erittely 2.0 julkaistiin.
- 1992: CAN automaatioon (CIA) kansainvälinen käyttäjien ja valmistajien ryhmä perustettiin.
- 1992: valmistettiin ensimmäiset Mercedes-Benz autot CAN-verkossa.
- 1994: Kansainvälinen standardi otetaan käyttöön CAN (ISO 11898).
- 1997: Tuli ensimmäinen CAN auton sisätilaan (C-luokka).
- 2001: CAN-väylä tuli kompakti ajoneuvoon (Opel Corsa).

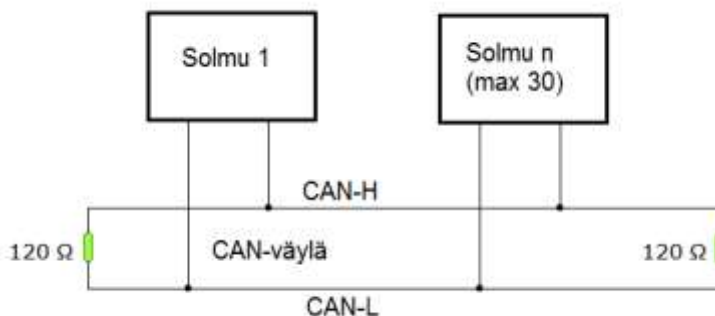
### 3.1.1 CAN-väylän perusrakenne

CAN-väylästä puhuttaessa on syytä erottaa ensimmäiseksi nopea CAN (CAN-C) ja hidas CAN (CAN-B). Nämä eroavat toisistaan tiedonsiirtonopeudeltaan. Autojen moottorin ohjauksessa vaaditaan verkolta nopeutta tiedonsiirrossa, kun vastaavasti mukavuuselektronikan osalta vastinajat voivat olla suurempia. Vaatimuserojen takia käytetään tiedonsiirtonopeudeltaan erilaisia väylä-ratkaisuja, jotta saavutetaan paras kustannushyötysuhde. Nopeaa CAN-väylää käytetään muun muassa moottorin ohjauksessa, voimansiirron ohjauksessa, ajonvakautuksessa siirtonopeudella 125 kBit/s...1 MBit/s. Vastaavasti hidasta CAN-väylää käytetään muun muassa kori- ja mukavuusalueen toimintojen verkottamiseen, kuten muun muassa ilmastoinnin ohjaus, lasinostimien ohjaus ja valaisinjärjestelmät siirtonopeudella 5 ... 125 kBit/s.

CAN-väylän peruserä on lineaarinen väylätopologia, jossa kaikki verkon solmut on kytketty väylään ja kykenevät vastaanottamaan kaiken tiedon, joka väylällä kulkee. Väylätopologialla on seuraavia etuja: yhden aseman vioittuminen



ei estä väylää toimimasta ja sillä on suotuisat sähköiset ominaisuudet. Alkuperäisenä ideana oli välttää keskitetyn ohjainyksikön käyttö. Nykyisin kuitenkin on keskitetty ohjaus eri väylille, jolloin saavutetaan joustavuutta verkottumisessa. Tiedonsiirtovälineenä käytetään yleensä kierrettyä parikaapelia, joiden johtimien nimityksestä käytetään CAN-H (high) ja CAN-L (low). Parikaapeli tukee symmetristä tiedonsiirtoa, jossa bitit lähetetään kumpaakin johdinta pitkin ja jännite-eron perusteella muodostetaan bitin arvo. Ulkopuoliset sähköiset häiriöt kohdistuvat molempiin johtimiin samankaltaisina, jolloin ne voidaan suodattaa pois ja ne eivät häiritse tiedonsiirtoa. Sähköisten signaalien heijastumat estetään päättämällä väyläjohtimet  $120\ \Omega$ :n vastuksella. Valmistajat voivat käyttää myös vastusarvoltaan erilaisia päätevastuksia, ja ne on yleensä integroitu elektronisten ohjainyksiköiden sisään. Väylän pituus on riippuvainen tiedonsiirtonopeudesta. ISO 11898 -standardi määrittelee väylän pituudeksi muun muassa 1 MBit/s enintään 40 m, 500 kBit/s 100 m. Väylässä voi solmuja olla 30 kpl ilman lisätoimenpiteitä. Kuviossa 9 on CAN-väylän peruseriaate.



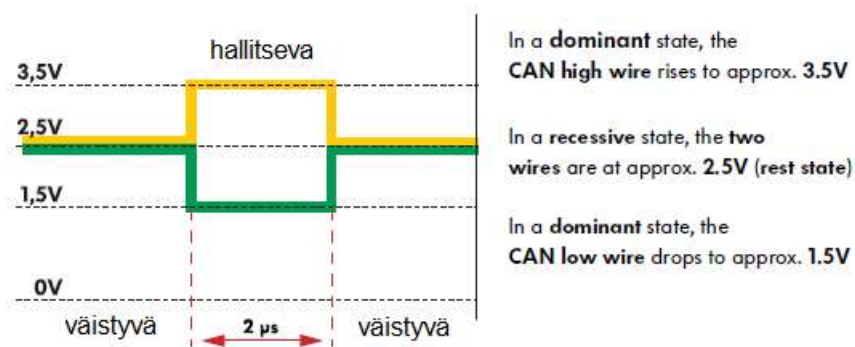
KUVIO 9. CAN-väylän peruseriaate

### 3.1.2 Jännitetasot CAN-väylässä

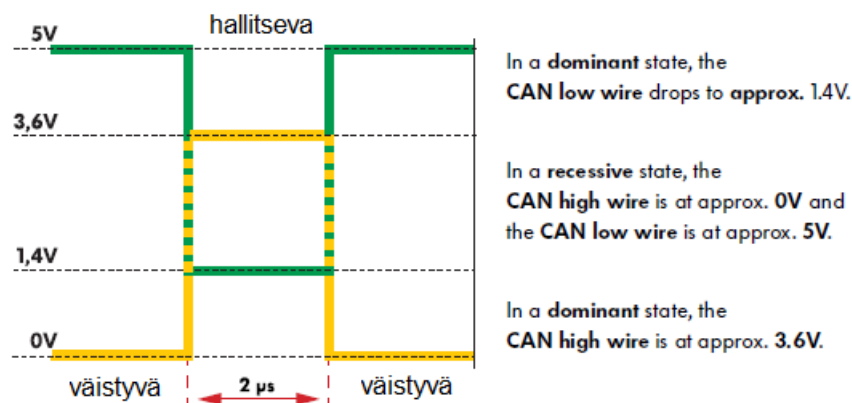
Hitaassa ja nopeassa CAN-väylässä käytetään erilaisia jännitetasoja. Loogiset tilat 0 tai 1 muunnetaan CAN- lähetin/vastaanottimessa jännitetasoiksi, jotka syötetään CAN-väylän johtimille. Väyläjohtimien jännitetasoja kutsutaan väistyväksi tai hallitsevaksi tasoksi. Nopeassa CAN-väylässä väistyvässä tilassa molempien johtimien jännitetaso on 2,5 V ja vastaavasti hallitsevassa tilassa CAN-H-johtimen 3,5 V sekä CAN- L-johtimen 1,5 V. Hallitsevassa tilassa jännite-ero on

2 V, joka vastaa loogista tilaa 0, ja vastaavasti väistyvässä tilassa jännite-ero on 0 V, joka vastaa loogista tilaa 1.

Hitaassa CAN-väylässä vastaavasti hallitsevassa tilassa CAN-H-johtimen jännite on 3,6 V ja CAN-L-johtimen 1,4 V, jolloin jännite-ero on 2,2 V. Väistyvässä tilassa CAN-H-johtimen jännite on 0 V ja CAN-L-johtimen jännite on 5 V, jolloin jännite-ero on 5 V. CAN-solmu voi olla itsenäinen, jossa sisään rakennetut osat ovat erillisiä lähetin/vastaanotin, CAN-protokollapiiri ja sitä ohjaava mikropiiri. Rakenne voi olla integroitu, jossa on erillinen lähetin/vastaanotin ja yhdistetty CAN-protokolla ja sitä ohjaava mikropiiri. Kuvioissa 10 ja 11 on esitetty väylien jännitetasot.



KUVIO 10. Nopean CAN-väylän jännitetaso (VW Self-study programme 269 2014)

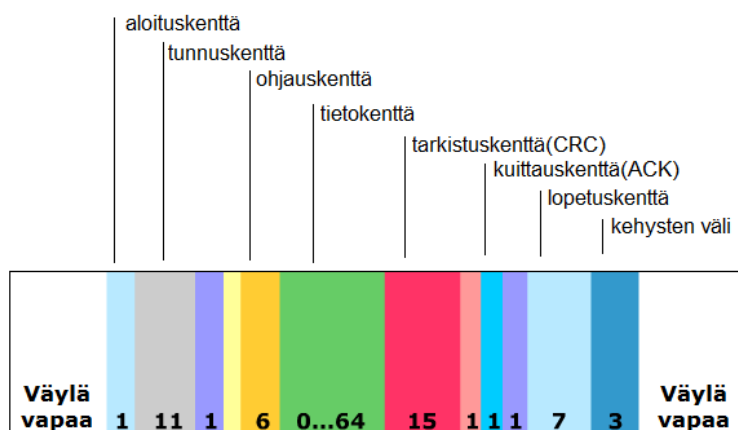


KUVIO 11. Hitaan CAN-väylän jännitetaso (VW Self-study programme 269 2014)

### 3.1.3 CAN-viestin rakenne

CAN-väylällä jokainen solmu voi yrittää viestin lähettämistä milloin tahansa, kunhan väylä on vapaa ennen viestin lähettämisen aloitusta ja väylän haltuunotto onnistuu. CAN-verkossa solmuilla ei ole osoitetta, vaan osoite on viestin sisällä. Näin jokainen verkon solmu voi itsenäisesti päätellä, tarvitseeko se väylällä liikkuvaa tietoa omiin toimintoihinsa. Normaaliviestissä tunnisteiden pituus on 11 bittiä, jonka avulla voidaan erotella 2048 eri CAN-viestiä. Laajennetussa viestin tunnisteissa on 29 bittiä, ja silloin viestien lukumäärä nousee yli 500 miljoonan. Osoitteenmuodostuksen etuina on, että solmujen ei tarvitse tietää millainen järjestelmän kokonaisuus on ja ne voivat toimia itsenäisesti.

CAN-viestin muodosta käytetään nimitystä viestikehys (kuvio 12), joka muodostuu kahdeksasta eri osasta. Viestin kokonaispituus voi olla maksimissaan 111 bittiä ja laajennetussa viestissä maksimissaan 131 bittiä. Viestin aloitus tapahtuu hallitsevalla bitillä, jota seuraa tunnistekenttä. Tunnistekenttä muodostaa myös viestien tärkeysjärjestyksen, ja siten tärkeämpi viesti saa väylän haltuunsa, kun viestejä pyrkii väylälle samanaikaisesti. Ohjauskenttä koostuu kuudesta bitistä, joka kertoo tietokentän pituuden ja näin auttaa vastaanottajaa päättelemään, onko kaikki tieto saapunut. Tietokenttä sisältää varsinaisen tiedon, joka voi olla pituudeltaan 0 ... 8 tavua eli 64 bittiä. Yhdessä viestissä voidaan lähettää useampia signaaleja.



KUVIO 12. Viestikehysen rakenne (Hella tech world 2014)

CRC-kenttä eli tarkistuskenttä on 15 bittinen tarkastusluku, joka on laskettu viestikehyksen alkuosan sisällöstä alkaen aloitusbitistä päättyen tietokentän loppuun. Tarkistusluvulla voidaan havaita tiedonsiirtovirheitä laskennallisesti. Kuittauskentän arvoa ei määrää lähettävä solmu vaan vastaanottavat solmut. Lopetuskentän muodostaa seitsemän väistyvää bittiä, joka merkitsee viestin päättyneeksi. CAN-väylässä käytetään koodauksessa menetelmää NRZ (No Return to Zero) bit-stuffing. Eli niin kauan kuin väylään lähetetään sama bittiarvo, väylän tila ei muutu. Bitinlisäystekniikassa, eli kun viisi samanarvoista bittiä on lähetetty peräkkäin lisätään niiden perään yksi vastakkainen niin sanottu stuff-bitti, jonka vastaanottaja karsii pois automaattisesti. Stuff-bitti helpottaa virheiden havaitsemista ja asemien välistä synkronointia. Kuviossa 12 on viestikehyksen rakenne.

#### 3.1.4 CAN-väylän virheiden käsittely

CAN-järjestelmään on sisällytetty monia menettelyjä virheiden havaitsemiseen. Tarkistusluvun lähettäjä laskee lähetetystä viestistä, käyttäen matemaattista polynomia ja tuloksena on 15-bittinen luku. Vastaanottaja voi laskutoimituksen jälkeen vertaamalla tarkistaa, että lähetys on onnistunut. Kehystarkastuksessa kaikki verkon solmut tarkistavat, että kaikkien viestien muoto noudattaa viestikehyksen standardissa määriteltä muotoa. Kuittaukstarastuksessa solmu kuittaa, että viesti on oikein vastaanotettu lähettämällä hallitsevan bitin kuittauskentän aikana ja lähettäjä voi tästä todeta lähetyksensä onnistuneen. Tarkkailussa viestin lähettäjä tarkkailee jatkuvasti väylän tilaa ja se voi havaita virheen vertailemalla väylältä luetun ja lähetetyn bitin arvoa. Bittien täydennys eli aikaisemmin mainittu stuff-bitti, kyseinen menettely auttaa muun muassa johdinvikojen havainnointia, kuten esimerkiksi signaalijohtimien oikosulut. (Juhala, Lehtinen, Suominen & Tammi 2005, 132, 133.)

Vian tai muotovirheen havaitessaan CAN-ohjausyksikkö keskeyttää käynnissä olevan tiedonsiirron lähettämällä virhekehysten, joka on kuusi hallitsevaa bittiä. Jos lähettävä asema havaitsee, että sen lähetys on keskeytetty virhekehyksellä, se lopettaa lähettämisen ja uusii lähetyksen myöhemmin. Tällä toimenpiteellä estetään muita asemia hyväksymästä virheellinen viesti. CAN-järjestelmä

tunnistaa vioittuneen aseman käyttäen tilastollista vika-analyysiä. Laskemalla asema tunnistaa, kuinka usein se keskeyttää tiedonvälityksen ennen kuin muut asemat lähettävät virhelipun. Ensimmäinen toimenpide on estää asemaa jatkuvasti keskeyttämästä lähetystä. Asema voi tarvittaessa kytkeytyä irti verkosta automaattisesti.

### 3.1.5 Esimerkkejä CAN-väylän vikatilanteista

Vianetsintä tehdään käyttäen merkkikohtaista tai yleismallista testeriä ja käyttäen apuna yleismittaria sekä oskilloskooppia. Mahdollisia vikoja ovat muun muassa seuraavat: väyläjohtin on katkennut, väyläjohtimet ovat keskenään oikosulussa, väyläjohtin on oikosulussa akun plussaan tai maahan, ohjainlaite on viallinen. ISO- standardi määrittelee kahdeksan vikatyypin CAN-väylälle. Viat on esitetty Kuvion 13 taulukossa. Vika kahdeksan on vain nopean CAN-väylän kartassa. Osa vioista on paikallistettavissa riittävän tarkalla jännitemittarilla ja vastusmittarilla. Vianhaku oskilloskoopilla tapahtuu signaalikuvien tulkinnan perusteella.

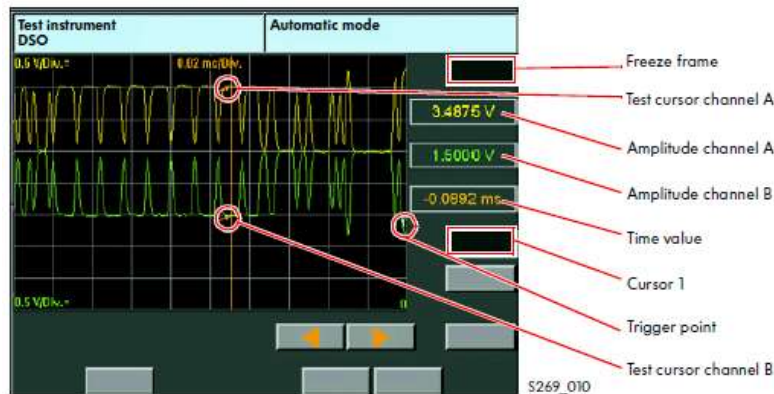
ISO fault chart

ISO	CAN-High	CAN-Low
1		Open circuit
2	Open circuit	
3		Short to battery <sub>voltage</sub>
4	Short to earth	
5		Short to earth
6	Short to battery <sub>voltage</sub>	
7	Short to CAN low	Short to CAN high
8	Missed R <sub>term</sub>	Missed R <sub>term</sub>

KUVIO 13. Vikatyypit CAN-väylälle (VW Self-study programme 269 2014)

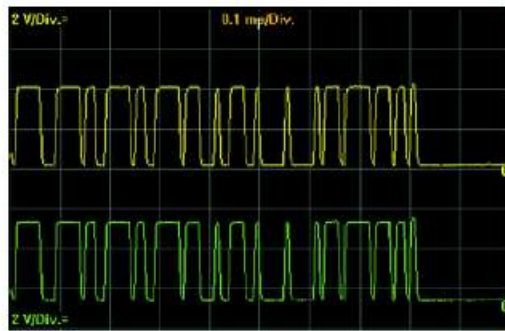
Kun vianetsintään käytetään yleismittaria, on huomioitava, että mitattaessa väylän päätevastuksia tai väylän vastusarvoja CAN-H- ja CAN-L-johtimien väliltä ei väylällä saa olla liikennettä. Jos väyläjohtimet ovat kunnossa ja päätevastusten arvo on 120 Ω, niin resistanssiarvo on 60 Ω, koska vastukset on kytketty keskenään rinnan. Jos vastaavasti toisessa johtimessa on katkos, on vastusarvo 120 Ω, eli yksistään toisen pään päätevastuksen arvo. On huomioitava, että vastus- arvot ovat merkkikohtaisia.

Käytettäessä vianetsintään oskilloskooppia kytketään oskilloskoopin yksi kanavista CAN-H-johtimeen ja toinen kanavista CAN-L-johtimiin ja maajohtimet auton yhteiseen maadoitukseen. Säädetään näytön jännite- ja aika- asteikko sopivaksi. Väylällä tarvitaan liikennettä, joten auton sytytysvirta kytketään tai käynnistetään moottori ja tutkitaan signaalien peilikuvaisuus sekä jännitetasot. Kuviossa 14 on nopean CAN väylän peruskuvaaja.



KUVIO 14. Nopea CAN-väylä peruskuvaaja (VW Self-study programme 269 2014)

Oskilloskoopin käyttö vianetsinnässä vaatii erittäin suurta huolellisuutta ja kokemusta; mittaukset joutuu usein toistamaan useasta kohdasta väylää, jotta mahdollinen vikakohta voidaan paikantaa. Monesti tapahtumat väylällä ovat niin vähäisiä, että vikasekvenssin esiintymiseen näytöllä kuluu huomattavasti aikaa. Useasti joutuu väylään kytkettyjä ohjainlaitteita irrottamaan väylästä, ja mittaamaan niille tulevista väyläjohtimista signaaleja. Näin selvitetään onko vika ohjainlaitteessa vai johtimissa sekä pyritään paikallistamaan vikakohta. Seuraavassa esimerkissä on vikana väyläjohtimien keskinäinen oikosulku, joka on signaalikuvaajista melko helppo tulkita. Molemmat CAN-johtimet ovat samalla tasolla ja CAN- L-johdin toimii kuten CAN- H-johdin. Kuviossa 15 on esimerkki tästä tapauksesta. Kuvioista nähdään, että kuvaajat eivät ole toistensa peilikuvia vaan toistensa kaltaiset.



KUVIO 15. Väyläjohtimet oikosulussa (VW Audi Self-study programme 269 2014)

Autoon joudutaan usein lisäämään lisävarusteita sen käyttötarkoituksen mukaan. Yksi tällainen lisävaruste on kevytperävaunun vetokoukku. Vetokoukun mekaaninen kiinnittäminen ei ole juurikaan muuttunut vaan sähkökytkentöjen suorittaminen on muuttunut vaativammaksi, koska auton valot on väyläohjattu. Perävaunun valoille tarvitaan oma ohjausmoduuli, joka on kytkettävä ajoneuvon väyläjärjestelmään ja suoritettava auton koodaus järjestelmätesterillä perävaunun ohjausmoduulin aktivoinniksi. Esittelen tässä yhden mahdollisen ongelman, joka liittyy perävaunun ohjausmoduuliin. Kyseessä on tarvikevalmistajan antama ohje ongelman poistamiseksi. Eli jos perävaunun valojen ohjaus ei toimi (on toiminut aikaisemmin), on mahdollista, että perävaunun ohjausmoduuli on resetoitava eli nollattava.

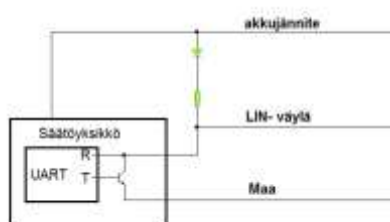
Ennen nollausta on tarkistettava ohjausmoduulin virransyötöt ja se, että CAN-väylän jännitetasot ovat ohjearvojen mukaiset sekä maadoitus on myös tarkistettava. Poistetaan perävaunun sähkönsyötön varokkeet, joita on yleensä kaksi. Auton lisälaitteet sammutetaan, ovet, luukut ja ikkunat suljetaan. Auton ovet lukitaan kauko-ohjauksella. Auton annetaan olla tässä tilassa 10...30 min, jotta CAN-väylä menee niin sanotusti nukkumaan, eli väylällä ei ole enää liikennettä. Ovet avataan ja poistetut sulakkeet asennetaan paikalleen, jolloin perävaunun ohjausmoduuli käynnistyy uudelleen. Sen jälkeen tarkistetaan perävaunun valojen toiminta käyttämällä perävaunua tai testauslaitetta, jossa on alkuperäiset valot ja polttimot riittävän sähkökuorman takaamiseksi. LED-testauslaite ei sovellu tarkistamiseen, koska sähköinen vastus on liian pieni. Jos

valot eivät toimi tai toimivat vajavaisesti, voi nollauksen tehdä vielä uudestaan.  
(Huoltotiedote 11.02.2008 Jager CFC-modulit - Kovil Oy)

### 3.2 LIN-väylä

LIN-väylä tulee sanoista Local Interconnect Network. Nimi on johdettu siitä, että kaikki elektroniikkayksiköt on sijoitettu rajoitettuun asennustilaan esimerkiksi oveen. LIN-väylä sai alkunsa kun ajoneuvojen valmistajat ja niille komponentteja tuottavat tahot muodostivat yhteenliittymän, jonka tarkoituksena oli kehittää edullinen väyläratkaisu vaihtoehdoksi hitaalle CAN-väylälle. LIN-väylä on paikallinen alijärjestelmä, joka tukeutuu ajoneuvon tiedonsiirtoverkkoon sen yläpuolella olevan CAN-väylän avulla.

LIN-väylän ominaisuuksia ovat seuraavat: On yksi isäntäsolmu ja useamman orjasolmun konsepti. Orjasolmuja voi enimmillään olla 16 kappaletta, tyypillisesti alle 12. Rakenne on edullinen yksijohdintoteutus, suurin johdinpituus voi olla 40 metriä. Suurin tiedonsiirtonopeus 20 kBit/s. Tiedonsiirtolinjojen vertailupotentiaalit ovat maa ja akkujännite. Väylään liittymiseen käytetään yleistä UART/SCI-liityntäpiiriä, jolloin se on edullinen ja yksinkertainen (kuvio 16). Orjien erillinen tahdistus on mahdollinen ilman kallista kvartsikidettä. (Juhala, Lehtinen, Suominen & Tammi 2005, 135, 136.)



KUVIO 16. LIN-väylään liityntä (Juhala, Lehtinen, Suominen & Tammi 2005, 136.)

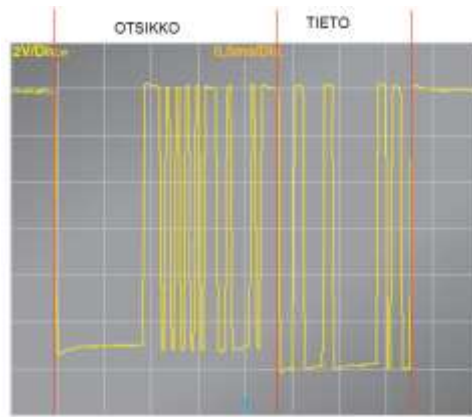
#### 3.2.1 LIN-väylän viestin rakenne

LIN-väylälle pääsy tapahtuu isännän aloitteesta, eli isäntä aloittaa jokaisen viestin. Orjan tehtävänä on vastaanottaa tai lähettää tietoa silloin kun isäntä lähettää siihen



käskevän tunniste. Näin ollen LIN-väylä ei vaadi haltuunottomenettelyä eikä törmäyksen hallintaa, isäntä säätelee väylälle pääsyä. Ykkösbitin jännitetaso on järjestelmän jännitetaso, joka voi olla 8 - 18 V. Nollabitin jännitetaso on maataso, joka on myös määräävä tila. Lepotilassa LIN-väylä on väistyvässä tilassa eli järjestelmän jännitteessä. Viestin rakenne muodostuu otsikosta, johon kuuluu tahdistustauko, joka on pituudeltaan vähintään 13 nolla bittiä ja yksi väistyvä bitti. Otsikkoon kuuluu tahdistuskenttä, joka muodostuu biteistä 0101010101; tällöin orjat säätelevät perusajoituksensa isännän kellon mukaiseksi eli tahdistuvat. Tunnisteen kuudesta bitistä muodostuu itse tunniste. Niiden yhdistelmä mahdollistaa 64 eri tunnistetta eli ID:n. Mahdollisista 64 sanomasta 32 voi olla kahden tavun mittaisia, 16 voi olla neljä tavua pituudeltaan ja loput 16 kahdeksan tietotavua. (Dietsche ym. 2007, 46, 47; Juhala 2005, 136, 137.)

Isännän lähettämän otsikon jälkeen alkaa varsinainen tiedon välittäminen. Orjasolmut tunnistavat otsikon perusteella, koskeeko viesti niitä, ja tekevät sen mukaan toiminnot. Yhteen viestikehykseen voidaan pakata useita signaaleja; tällöin kullakin signaalilla on sama tuottaja eli verkon solmu. Tavujen siirtämiseen käytetään kymmenen bittiä, koska tavussa on aloitusbitti ja lopetusbitti. Aloitusbitin ja lopetusbitin tarkoituksena on tiedonsiirron uudelleen tahdistus, jolla pyritään tiedonsiirron virheiden eliminointiin. Lepotilassa oleva LIN-väylän solmuista mikä tahansa voi herättää väylän. Herätys tapahtuu asettamalla väylä nollatilaan 0,25 - 5 ms:n ajaksi. Solmujen tulee tunnistaa herätyspyyntö 100 ms:n kuluessa. Jos isäntäsolmu ei lähetä 150 ms:n kuluessa kehyksen tunnistusta, niin herätystä pyytänyt solmu voi uusia herätyspyynnön. Orjasolmut menevät itsestään lepotilaan, mikäli väylällä ei ole liikennettä neljän sekunnin aikana ja solmut voidaan myös pakottaa lepotilaan. Kuviossa 17 on oskilloskooppikuvaaja viestistä, jonka on lähettänyt isäntäsolmu. Siitä on erotettavissa viestin rakenne, joka koostuu otsikkokentästä, joka sisältää tahdistustauon, tahdistuskentän ja tunnistekentän sekä tietokentän. (Juhala 2005, 136, 137.)



KUVIO 17. Oskilloskooppikuvaaja LIN-väylästä (VW Audi Self Study Programme 286 2014)

LIN-verkossa isäntäsolmun eli niin sanottu masterin tehtävänä on määrittellä viestien järjestys ja prioriteetti. Isäntäsolmu tarkkaillee tietoa ja tarkistustavua sekä ohjaa virheiden käsittelyä. Solmu, joka lähettää bitin väylälle, tarkkailee väylää. Bittivirhe havaitaan, kun lähetys ja väylän tila poikkeavat toisistaan. Isäntäsolmu havaitsee virheet, jos orja ei vastaa. Havainnointi perustuu siihen kun viestikehys ei ole täydellinen määritellyn ajan kuluessa, eli orjan vastaus on puutteellinen ja aika on riippuvainen viestin pituudesta. Orjien tulee havaita väylän toimimattomuus, mikäli tahdistusjaksoa ei ole vastaanotettu tietyn ajan kuluessa. Kyseessä ei välttämättä ole virhe, vaan LIN-väylää ei ole yritetty käyttää tuona aikana. LIN-protokollassa ei virheitä raportoida välittömästi vaan ne merkitään paikallisesti ja raportoidaan pyydettyäessä. (Dietsche ym. 2007, 48; Juhala 2005, 137, 138.)

LIN-väylän sovellusmahdollisuuksia on ajoneuvossa paljon. Silloin kun ei tarvita suuria siirtonopeuksia ja vastinaikojen ei tarvitse olla lyhyitä. Esimerkiksi muutamia käyttökohteita ovat seuraavat:

- ajoneuvon sisätilojen lämmönhallinta, johon kuuluu ilmaston ohjaus, puhaltimen ohjaus, ilmansekoitusläppien askelmoottoreiden ohjaus
- ovimoduuli, johon kuuluu keskuslukitus, sähkötoimiset ikkunannostimet, sähköisesti säätävät peilit
- tuulilasin pyyhkimien ohjaus
- istuimien säätömoottoreiden ohjaus
- varkaudenestojärjestelmät.

### 3.2.2 Esimerkkejä LIN-väylän vikatilanteista

LIN-väylän diagnosointiin voidaan käyttää joko merkkikohtaisia tai yleismallisia järjestelmän testauslaitteita, joilla luetaan järjestelmän muistiin tallentuneet vikakoodit. Vikakoodit tallentuvat usein noudattaen kahta nyrkkisääntöä. Vika on joko hetkellinen tai pysyvä eli aktiivinen. Vikakoodista selviää yleensä vian oletettu sijainti ja kuvaus. Esimerkiksi lämmityslaitteen puhaltimen ohjausyksikkö on viallinen (LIN-orja), virheviesti on muodoltaan, ei signaalia, ei tiedonsiirtoa. Syy, miksi kyseinen virheviesti on kirjautunut järjestelmän muistiin, kun tiedonsiirron aikaraja orjan eli puhallinyksikön ja isännän välillä on ylittynyt. Varsinainen vika voi johtua muun muassa seuraavista syistä: virtapiirissä on katkos tai oikosulku, viallinen virransyöttö puhaltimen ohjausyksikölle, viallinen komponentti joko orjalla tai isännällä, viallinen orja eli puhaltimen ohjausyksikkö.

Virheviesti voi myös olla signaali virheellinen tai ei looginen, virheilmoitus on tallentunut, koska tarkistusviesti on virheellinen tai viestin siirto on puutteellinen. Silloin mahdollinen vian aiheuttaja on sähkömagneettiset häiriöt LIN-väylän johtimessa, liian suuri kapasitanssin tai vastus väyläjohtimessa esimerkiksi hapettuneet tai kostuneet liittimet, ohjelmisto-ongelma mahdollisesti väärä komponentti. Eli itse diagnostiikka ei varsinaisesti kerro mikä komponentti on viallinen, vaan antaa suunnan, mistä mahdollista vikaa on etsittävä.

Vianetsinnässä korostuu kytkentäkaavioiden lukeminen ja väyläarkkitehtuurin ymmärtäminen sekä mahdollisten vianetsintäkaavioiden hyödyntäminen.

Järjestelmätesteri sisältää usein ohjeet vikakoodin vianetsintään eli siihen mitä ja miten on tarkistettava ja mistä esimerkiksi virransyöttö. Ajoneuvojen itsediagnostiikka kehittyi koko ajan valtavasti ja etenkin merkkikohtaisissa testereissä, jolloin vianetsintä helpottuu niiden tuomien mahdollisuuksien myötä.

### 3.3 Muita ajoneuvoissa käytettäviä tiedonsiirtoväyliä

MOST-väylä (Media Oriented Systems Transport) on saavuttanut suosion autojen informaatiolaitteiden verkottumisessa. Väylää käytetään viihdelaitteiden ja navigaatiolaitteiden verkottumiseen ja niiden nivoutumiseen internetiin sekä puhelinverkkoon. MOST-verkossa käytetään rengastopologiaa, ja väylässä on mahdollista verkottaa enintään 64 laitetta. Siirtonopeudet riippuvat

kehitysversioista, joita on kolme kappaletta: MOST25, MOST50 ja MOST150. Vastaavasti siirtonopeudet ovat 24,8 MBit/s, 50 MBit/s ja 150 MBit/s. Ajoneuvoissa tiedonsiirtovälineenä käytetään optista muovikuitua. Sillä on seuraavia etuja: se ei aiheuta sähkömagneettista säteilyä eikä ole altis sille, ne ovat kevyempiä kuin vastaavat metalliset johtimet ja ne voidaan reitittää joustavasti. MOST-järjestelmä käyttää tiedonsiirrossa optista tekniikkaa eli tieto siirretään lähettämällä valo kuituun ja vastaanottimessa valo muunnetaan tarvittavaan muotoon. Yksittäisessä ohuessa kuidussa voidaan siirtää samanaikaisesti tuhansia viestejä. Moduloidussa valosignaalisissa voidaan käyttää hyvin laajaa kaistanleveyttä. Tiedonsiirtokanavat on jaettu seuraavasti: ohjauskanava laitteiden ohjaustietojen välittämiseen, tahdistettuja kanavia multimediatiedon siirtoon ja tahdistamattomia kanavia, joilla tieto siirretään paketteina. Tämä soveltuu tiedolle, joka ei vaadi kiinteää suurta siirtonopeutta vaan satunnaisesti. (Dietsche ym. 2007, 60, 61,62.)

C-luokkaan tarkoitettu TTP/C (Time Triggered Protocol) on aikaperustainen järjestelmä, jossa verkon laitteet siirtävät tietoa aikaväleihin, joka on sovittu etukäteen. Verkon solmut käyttävät yhtenäistä aikamäärittelyä. TTP/C on turvallisuuteen liittyvien toimintojen verkottamiseen suunniteltu järjestelmä, jota käytetään myös lentokoneissa sen turvallisuuden ja toiminnallisuuden vuoksi. Tiedonsiirto tapahtuu kahdella kanavalla, ja kanavista käytetään nimityksiä 0 ja 1 tai A ja B. Kanavat ovat toisistaan riippumattomia, joilla yksiköt lähettävät tietoa samanaikaisesti rinnakkain. Tiedonsiirto voi tapahtua sähköisiä kaapeleita tai optisia kaapeleita pitkin sekä niiden yhdistelmää käyttäen. Toinen kanava on tällöin optinen ja toinen sähköinen kaapeli. Tiedonsiirtonopeus voi olla jopa 25 MBit/s tahdistetussa tiedonsiirrossa. TTP/C on erittäin joustava verkko-topologioiden suhteen, ja se voidaan sovittaa väylä-, verkko-, tähti- ja yhdistelmä-topologioihin. (Dietsche ym.2007, 71, 72, 75.)

FlexRay-järjestelmä on kehitetty vastaamaan ajoneuvoissa esiintyvään takaisinkytkennän ja avoimen säädön tarpeisiin. Flexray-järjestelmän tarkoituksena on varmistaa riittävä tiedonsiirtokapasiteetti, sillä on korkea vikojen sietokyky, se on joustava käyttää ja helposti laajennettavissa. Järjestelmän kaksi kanavaa voidaan toteuttaa itsenäisesti tai kahdennettuna. Optista tiedonsiirtoa käyttäen saavutetaan 10 MBit/s siirtonopeus ja kahdentamattomalla kahdella

kanavalla voidaan saavuttaa 20 MBit/s nopeus. Kaikki verkkotopologiat ovat mahdollisia, ja kahden ohjainlaitteen suurin sallittu etäisyys on 24 m. Verkkoon kytkettävien laitteiden lukumäärä vaihtelee verkkotopologian mukaan 3...24 laitteeseen. (Dietsche ym. 2007, 84, 85.)

VAN-verkko (Vehicle Area Network) on ranskalaisten autonvalmistajien kehittämä tiedonsiirtojärjestelmä. VAN-väylä on hyvin saman tapainen kuin CAN-verkko ja se on toteutettu kahdella kaapelilla, joissa sanomat lähetetään vastakkaisina eri kaapeleissa. Tällä varmistetaan sanoman perillemeno, vaikka toinen kaapeli olisi poikki. Jännitetasot ovat väistyvällä bitillä 4,5 V ja hallitsevalla bitillä 0,5 V ja toisessa johtimessa vastakkaiset. Solmujen liittyminen väylään on toteutettu lähettävällä päätteellä ja vastaanottavalla päätteellä. VAN-väylällä ylletään 125 kBit/s siirtonopeuteen. (Juhala 2005, 138, 139.)

Kuten voidaan havaita, ei ajoneuvojen tiedonsiirtoväylät ole aivan yksiselitteiset, vaan yhdessä ajoneuvossa voi olla hyvin monta erilaista protokollaa käytössä. Tämä johtuu siitä, että käyttämällä tarvittaviin toimintoihin sopivaa tiedonsiirto ratkaisua saadaan valmistuskustannukset pidettyä kohtuullisina ja kilpailukykyisinä. Ajoneuvojen varustelu ja hintaluokka vaikuttavat siihen millä väylä-ratkaisuilla ajoneuvo on toteutettu.

## 4 VAIHTOEHTOISET JÄRJESTELMÄT

### 4.1 Havaintomalli VW Golf V

Ajoneuvotekniikan opetukseen on markkinoilla paljon valmiita havaintomalleja. Diagno Finland OY edustaa ja markkinoi Suomessa autonsähköjärjestelmän havaintomalleja. Yksi niistä on VW Golf V:n sähkö- ja väyläjärjestelmän havaintomalli. Havaintomallit perustuvat yhteen perusmalliin ja sen laajennuksiin sekä myös erikseen hankittaviin lisäosiin. Nämä havaintomallit ovat saksalaisen BBH Technische Anlagen GmbH -yhtiön valmistamia. Kyseisiä havaintomalleja on joitakin Suomessa oppilaitoksissa käytössä. Havaintomallin etuja ovat sen nykyaikaisuus ja etenkin laajennuksissa oleva vikasimulaattori on opetuskäytössä hyvä. Olen koonnut havaintomallien eroja ja hintatietoja. Hinnat perustuvat vuoden 2012 hintoihin, mutta niistä saa riittävän kuvan suuruusluokista. (Liite 1.)

Havaintomallin VW Golf V perussisältö on seuraava:

- havaintomalli pöydälle sijoitettavassa telineessä
- valovarustus: halogeenikaksoisajovalot, halogeenisumuvälöt, parkkivalot, peruutusvalo, jarruvalot, rekisterikilven valot, vilkut, valokatkaisija, kaapelointi
- ohjauspylväs, jossa on virtalukko, vilkku- ja pyyhinkatkaisijat sekä väylään liittyvä ohjauspylvästietokone
- mittaristo, jossa on merkkivalot valoille ja vilkuille sekä häiriöinformaationäyttö
- sähköpääkeskustietokone, joka liittyy väylään, ja jolla ohjataan valoja ja pyyhinjärjestelmää
- Gateway / diagnostiikkaohjainlaite, 16-napainen OBD- pistoke
- nopea ja hidas CAN-väylä, LIN-väylä pyyhinmoottorille
- mittapisteet väylältä mittaamiseen oskilloskoopilla
- täydellinen diagnosointimahdollisuus esimerkiksi Bosch-KTS-diagnoositesterillä.
- hinta 5 900 euroa.

Havaintomallin VW Golf V laajennus 1 sisältö on seuraava:

- kuten havaintomalli VW Golf V perus, mutta sijoitettuna pyörillä varustettuun telineeseen
- varustettuna perävaunun ohjainlaitteella, pyyhkijöiden sadetunnistimella
- vikasimulaattori, jolla voidaan simuloida 10 vikaa

- hinta 8 800 euroa.

Havaintomallin VW Golf V laajennus 2 sisältö on seuraava:

- kuten havaintomalli VW Golf V laajennus 1, mutta lisänä sopeutuvat H7-kaarraajovalot
- hinta 9 800 euroa

Havaintomalli VW Golf V laajennus 3 sisältö on seuraava:

- kuten havaintomalli VW Golf V laajennus 2, mutta varustettuna Ksenonvaloilla
- hinta 10 600 euroa.

Kyseiseen havaintomalliin saa lisävarusteita kuten muun muassa

- perävaunusimulaattori hinta 790 euroa profiilikehikkoon asennetut perävaunun valot, johtosarja havaintomallin perävaunupistokkeeseen liittämiseen
- VW Golfin ovi hinta 2 100 euroa, täydellinen ovi, joka liittyy havaintomallin CAN-väylään, varustettu pyörillä, 3 m:n liitäntäjohto.
- verkkolaite 230 V/12V/35-40 A hinta 420 euroa
- CAN-BUS-adapteri hinta on 420 euroa, CAN-viestien purkamiseen ja syöttämiseen.

#### 4.2 Havaintomalli VW Golf V arviointi

Havaintomalli VW Golf V etuja ovat sen valmius eli järjestelmää ei tarvitse rakentaa, jolloin se on lähes suoraan valmis opetukseen. Opettajilla on mahdollisuus saada koulutus kyseiseen järjestelmään, ja koulutuksen hinta on noin 550 euroa. Koulutus sisältää materiaalin, joka olisi käytettävissä omassa opetuksessa. Olen päässyt tutustumaan kyseiseen malliin se on erittäin havainnollinen valmiiden mittauspisteiden ansiosta. Havaintomalliin on opettajan melko helppo laatia esimerkiksi moodle-kurssi oppilaille, jolloin opiskelijat voisivat opiskella järjestelmän toimintaa melko itsenäisesti. Arvioisin, että opettajan työpanos valmiin kurssin luomiseen olisi noin 15 tuntia. Näkisin, että vikasimulaattori olisi oltava järjestelmässä, koska vianetsintä, samoin kun vikojen paikallistaminen, on ajoneuvoasentajan perustyötä ja niiden nopea paikallistaminen sähköisiä ilmiöitä mittaamalla ja niitä tulkitsemalla korostuu. Havaintomallin etuihin voidaan mainita myös sen sopivuus jo meillä

Koulutuskeskus Salpauksen auto-osastolla oleviin diagnostiikkalaitteisiin. Havaintomallia voi täydentää myöhemmin hankittavilla lisävarusteilla. Järjestelmän haittapuolena voidaan pitää sen korkeaa hintaa. Koulutuksenjärjestäjät kampailevat jatkuvasti pienenevien määrärahojen kanssa.

#### 4.3 Rakennettu järjestelmä käyttäen MIAC logiikkaa

Yhtenä vaihtoehtona kartoitin mahdollisuutta rakentaa valosimulaattori omana työnä. Pääpiirteittäin idea olisi rakentaa ohjelmoitavilla logiikoilla auton valojärjestelmä. JJJ-Automaatio Oy tarjoaa koulutuksen järjestäjille automaation harjoituslaitteistoja. Yhtiö edustaa muun muassa Matrix Multimedian tuotteita, joista yksi on MIAC eli ohjausyksikkö, jota voidaan käyttää ohjaamaan monia erilaisia sähköisiä järjestelmiä, kuten ohjaus-, tunnistus-, seuranta- ja automaatiosovelluksia. Ohjausyksiköiden tiedonsiirto tapahtuisi CAN-väylää pitkin. Markkinointipuheiden mukaan järjestelmän etuja on muun muassa sen suuri joustavuus. Laaja logiikoiden ohjelmointikokemus ei ole välttämätöntä, vaikka järjestelmä käyttää viestintään CAN-väylää, eli ei tarvita tietoa CAN-väylän kehittämisessä.

Logiikan eli MIAC:n ohjelmointi tehdään Flowcode 5 -ohjelmalla. Flowcode 5 on graafinen ohjelmointikieli. Ohjelmointialustalla luodaan vuokaavio ja täydennetään digitaaliyksiköillä. Sitten Flowcode kokoaa vuokaavion koodiksi, joka ladataan MIAC:iin, joka suorittaa ohjelman. Ohjausyksikkö on varustettu USB-liitännällä, kahdeksan digitaalista ja analogista sisääntuloa, neljä relelähtöä, neljä transistoriulostuloa, neljärivinen LCD-näyttö, ohjausnäppäimet ja CAN-väyläliitännät. Liitteessä 2 MIAC-logiigan tiedot.

#### 4.4 MIAC-logiikan arviointi

Jos valosimulaattori toteutettaisiin MIAC-logiikoilla, tarvittaisiin niitä kolme kappaletta. Tällöin yksi toimisi niin sanottuna keskusyksikkönä, joka ohjaisi kahta yksikköä. Etuvaloille olisi oma yksikkönsä ja takavaloille oma yksikkönsä. Olen laatinut kyseisestä järjestelmästä periaatekaavion (liite 3). Kyseistä järjestelmää käyttäessä asettaisi logiikoiden ohjelmointi haasteita opettajalle, vaikka laaja kokemus ohjelmoinnista ei ole välttämätön. Ohjelmointikoulutukseen



osallistuminen olisi tarpeellista. Olen arvioinut kuinka paljon kyseisen järjestelmän rakentaminen koulutuksen järjestäjälle kustantaisi. Kolme ohjainyksikköä ja ohjelma liityntä kaapeleineen tekisi noin 855 euroa ja ohjelmointikoulutus 550 euroa. Lisäksi tarvittaisiin valot, akku, releet, sulakkeet, sulakerasiat, teline ja johtimet liittimiseen, joihin olen arvioinut menevän noin 810 euroa. Opettajan työpanokseksi olen arvioinut noin 60 tuntia ilman ohjelmointikoulutusta. Opettajan työ koostuisi suunnittelusta ja ohjelmoinnista sekä rakentamisen ohjaamisesta ja mahdollisesta materiaalin tuottamisesta. Arvioidut kustannukset ilman opettajan tuntikustannuksia olisivat 2 215 euroa

Näin saisimme auto-osastolle käyttöön havaintomallineen, jossa olisi CAN-väyläohjattu valojärjestelmä. Siinä voisi opiskella väylätekniikan perusteita. Kyseiseen järjestelmään ei sisältyisi vikadiagnostiikkamahdollisuutta niin sanotuilla järjestelmän testauslaitteilla, joita Salpauksen auto-osastolla on käytössä useita. On huomioitava, että tämän päivän ajoneuvoasentajan koulutuksessa on näiden testauslaitteiden käyttäminen tärkeää hyvässä vianetsinnässä. Ei voida sivuuttaa sähköisiä perusmittauksia kuten jännite- ja virtamittauksia yleismittarilla ja oskilloskoopilla. Toisen asteen peruskoulutuksessa on hyvin tärkeää, että käytettävät havaintomallit ja niissä käytetty tekniikka vastaa mahdollisimman autenttisesti autoissa käytössä olevaa tekniikkaa. Näiden seikkojen vuoksi en näe tämän järjestelmän jatkokehittämistä hyvänä vaihtoehtona.

#### 4.5 Rakennettu järjestelmä käyttäen purkuautoa

Olen kartoittanut sellaista vaihtoehtoa, että harjoituspaneeli valmistettaisiin omana työnä käyttäen purkuautoa. Näin meillä olisi käytettävissä koko auton sähköjärjestelmä, jolloin voisimme käyttää ajoneuvon valmiita komponentteja ja koota ne telineeseen. Kyseisen järjestelmän haasteena on löytää sopiva purkuauto kohtuulliseen hintaan. Auton täytyisi olla riittävän uutta sukupolvea, jotta siinä olisi teknisesti riittävän hyvä varustelu. Sopivien ajoneuvojen hintapyynnöt vaihtelevat suuresti. On myös huomioitava, että kaikki ajoneuvot eivät tule kysymykseen esimerkiksi jos ajoneuvo on poistettu liikenteestä palovaurion takia. Palovauriossa yleensä sähköjärjestelmä on se, joka on kärsinyt eniten vaurioita ja

näin ollen sen taloudellinen hyödyntäminen järkevästi on mahdotonta. Vaurion täytyisi olla mahdollisesti sijoittunut ajoneuvon sivuihin. Etu- ja takaosan vauriot on mahdollisesti suljettava pois, koska silloin yleensä valaisimet vaurioituvat. Yhden rikkoutuneen valaisimen voisi ajatella kyseisen hankinnan sietävän. Hintatiedusteluun olen käyttänyt autovahinkokeskuksen myyntihintoja. Kyseiset hinnat eivät ole varsinaisesti puhtaista purkuautoista vaan kyseiset ajoneuvot myydään korjattavaksi. Kaupankäynti tapahtuu huutokauppaperiaatteella, eli ajoneuvosta on pyyntihinta ja siitä voi tehdä ostotarjouksen. Tämä vaatisi opettajalta sitoutumista seuraamaan myytäviä ajoneuvoja ja niiden hintakehitystä. Oppilaitoksena voisimme tiedustella olisiko meillä mahdollista saada niin sanottu autopurkaamostatus, jolloin voisimme ostaa purkuautoja opetuskäyttöön.

#### 4.6 Rakennettu järjestelmä käyttäen purkuautoa arviointi

Olen arvioinut, että mahdollisesti sopivan purkuajoneuvon hinnaksi muodostuisi noin 2 500 euroa. Sopivan sukupolven ajoneuvojen pyynnit vaihtelevat vaurion mukaan noin alle 2 000 eurosta jopa lähes 6 000 euroon, riippuen ajoneuvon varusteluista. Purkuajoneuvoa käyttämällä voisimme rakentaa useamman opetuspisteen, riippuen kuinka laajasti ajoneuvo on varusteltu, tai tehdä esimerkiksi auton sähköjärjestelmästä laajemman havaintomallineen. Ajoneuvoa voisi myös hyödyntää ajoneuvon mekaniikan opetuksessa. Purkuajoneuvoa käyttämällä voimme rakentaa autosta rullaavan havaintomallin, jolloin kaikki ajoneuvon järjestelmät olisivat autossa kiinni, ehkä enemmän purettuna esiin. Kyseisen ajoneuvon voisi varustaa mittaliittimin ja break-out boxilla eli ohjainlaitteen väliin kytkettävällä merkkikohtaisella mittausliitinadapterilla. Kyseistä laitetta käyttämällä päästään mittaamaan esimerkiksi ohjainlaitteen kaikkien kytkentänastojen jännitetasoja.

Havaintomallin rakentamista pöytätelineeseen tai liikuteltavaan telineeseen pidän varsin houkuttelevana, koska silloin sitä voidaan myös käyttää mahdollisesti helpommin hyväksi teoriaopetuksen yhteydessä. Kustannukset muodostuisivat lähinnä ajoneuvosta 2 500 euroa, telineen rakentamisesta 150 euroa ja mahdollisesti erikseen vaurioituneiden komponenttien tilalle hankittavista komponenteista. Tällaisia on muun muassa valaisin 500 euroa, jolloin kokonais-

kustannukset olisivat noin 3 150 euroa. Opettajan työtä olen arvioinut käytettävän noin 40 tuntia. Jos päädyimme sellaiseen ratkaisuun, että ajoneuvo säilytetään rullaavana ja siihen rakennetaan tarvittavat mittapisteet olen arvioinut, että kustannukset koostuisivat ajoneuvosta 2 500 euroa, break-out boxista 900 euroa, viallisten komponenttien uusinta 500 euroa, jolloin kokonaiskustannukset olisivat noin 3 900 euroa. Opettajan työpanos olisi mahdollisesti suuruudeltaan samaa luokkaa. Break-out boxin voisi myös toteuttaa omana työnä, jolloin kustannuksia voisi alentaa ja mittauspisteet saisi juuri haluamiinsa kohteisiin. Silloin sen kustannukset todennäköisesti olisivat enintään puolet eli noin 450 euroa.

#### 4.7 Havaintomalliauto Suomesta

Havaintomalliauton hankkiminen vapailta markkinoilta Suomesta voisi olla myös yksi vaihtoehto. Vaihtoehtoja on tarjolla riittävästi. Käytin lähteenä nettiauton pyyntihintoja ja ajoneuvojen ikäjakauma oli 2006 - 2008. Vertailtavat autot olivat Volkswagen Golf sukupolvi V varusteina vähintään ABS-jarrut, ilmastointi joko manuaalinen tai automaattinen, luistonesto sekä automaattivaihteisto DSG. Edullisin pyyntihinta oli 8 680 euroa ja kallein, jonka otin vertailuun 14 890 euroa. Seitsemällä ajoneuvolla keskihinnaksi muodostui 11 380 euroa. Valitsin kyseisen ajoneuvon, koska silloin hintavertailu valmiiseen havaintomalliin olisi mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen. Opetuskäytössä ajoneuvossa on oltava mahdollisimman korkea varustelutaso, jotta sen hyödyntäminen eri osaamisalueiden opetuksessa olisi mahdollista. Käytettäessä ehjää ajoneuvoa havaintomallina jää sen varustaminen opetukseen pienemmäksi. Kyseinen auto vaatisi myös varustamisen mittausliittimin kuten purkuautokin. Tällöin kokonaiskustannukset olisivat noin 12 280 euroa. Opettajalta vaadittavaksi työpanokseksi olen arvioinut noin 15 tuntia.

#### 4.8 Havaintomalliauto ulkomailta

Havaintomalliauton hankkiminen ulkomailta ilman autoveroa on myös eräs vaihtoehtoista. Nykyisin ajoneuvo välitetään Suomeen paljon käytettynä Euroopasta. Näen tämän yhtenä vaihtoehtona, jolla kustannuksia voisi alentaa. Hintojen lähteenä olen käyttänyt saksalaisia mobile.de-sivustoa. Sivustojen

pyyntihinnat alkoivat noin 4 380 eurosta ja päättyivät noin 5 650 euroa, jotka otin mukaan vertailuun. Ajoneuvojen varustelutaso oli vähintään sama kuin Suomessa myynnissä olevissa autoissa. Näillä tiedoilla ajoneuvojen keskihinnaksi muodostui 4 900 euroa. Toimituskuluiksi ulkomailta olen arvioinut noin 1 200 euroa, jolloin ajoneuvon kokonaishinnaksi muodostuisi 6 100 euroa. Tähän ajoneuvoon täytyy tehdä samanlainen varustelu kuin edellä mainitussa, jolloin kokonaiskustannukset olisivat 7 000 euroa. Opettajan työpanos olisi samaa luokkaa kuin edellisessä eli noin 15 tuntia. Saksassa myynnissä olevat ajoneuvot ovat pääsääntöisesti erittäin hyvin varusteltuja, joten hyvin tarkka vertailu Suomessa ja Saksassa myynnissä olevien ajoneuvojen välillä vaatisi erittäin suurta huolellisuutta ja tarkkuutta. Esimerkiksi ksenonvalojen lisääminen varustelulistaan nosti pyyntihintoja noin 500-1000 euroa. Kustannuksethan muodostuvat sen mukaan mitä me havaintomallilta odotamme ja haluamme. Jos päätyisimme hankkimaan havaintoauton ulkomailta on varusteluun kuitenkin kiinnitettävä huomiota. Taulukossa 2 esitetään vaihtoehtoisten havaintomallien vertailu.

TAULUKKO 2. Havaintomallien vertailu

Vaihtoehto	Malli VW Golf V	Malli MIAC	Malli Purkuauto	Malli Auto	Malli Auto ulkomailta
Kustannus	5 900 – 10 600,-	2 215,-	3 900,-	12 280,-	7 000,-
Työtunnit	15 h	60 h	40 h	15 h	15h
Käytettävyyden laajuus opetuksessa	Hyvä	Kapea	Laaja riippuen varustelusta ja vauriosta	Laaja	Laaja

#### 4.9 Havaintomallitilanne tällä hetkellä

Koulutuskeskus Salpauksen Auto-osastolla on nyt käytössä kaksi uudempaa harjoitusautoa Skoda Octavia vuosimallia 2013 ja Peugeot 308 vuosimallia 2007.

Molemmat ajoneuvot on varustettu ajoneuvoasentajan perusopetukseen riittäväillä tiedonsiirtoväylillä. Skoda on hankittu meille uutena rekisteröimättömänä ajoneuvona, jolloin ajoneuvosta ei joudu maksamaan autoveroa ja näin hankintahintaan saatiin huojennusta. Peugeot on saatu lahjoituksena Peugeotin maahantuojan koulutuksesta, kyseessä on nollasarjan auto. Nollasarjan autoilla valmistajat ovat koeajaneet valmistuslinjan ylös uuden automallin valmistuksen alkaessa. Peugeot on ollut aikaisemmin koulutuskäytössä maahantuojan organisaatiossa ja tullut siellä jo liian vanhaksi, mutta on riittävän uusi ajoneuvoasentajan perusopetukseen. Näitä ajoneuvoja hyödynnetään opetuksessa syventävässä vaiheessa, kun opiskelija on suorittanut tutkinnon kaikille pakolliset tutkinnonosat ja hän suorittaa tutkinnon valinnaisia osia, kuten sähkövarusteiden mittausta ja korjausta. Mielestäni auto-osastolla on nyt melko hyvä tilanne väyläteknikan opettamiseen ajoneuvoasentajan perustutkintoon.

## 5 YHTEENVETO

Vertaillessani havaintomalleja minulle muodostui vahva käsitys siitä, että ajoneuvotekniikan perusopetuksessa havaintomallin tekniikan on vastattava auton tekniikkaa. Näin opiskelijalle muodostuu oikea käsitys suureista, jotka autossa vaikuttavat. Tarkoitan tällä sitä, että esimerkiksi mitattaessa sähkötekniisiä suureita, kuten jännitteitä ja sähkövirtoja, jos ne poikkeavat suuresti autossa oikeasti käytössä olevista, voi opiskelijalle jäädä väärä mielikuva oikeista suuruusluokista. Mielestäni parhaimpia havaintomalleja on auto, joka varustetaan riittäväillä mittauspisteillä sekä vikojen simulointimahdollisuudella. Autoa verrattaessa pelkistettyyn havaintomalliin on auto opetuksellisesti monipuolisempi vaihtoehto. Näin ollen voidaan opettaa kaikki järjestelmät yhdellä havaintomallilla, kunhan autossa on riittävän laaja varustelutaso.

Opetuksessa usein pyritään opetettava asia purkamaan pienempiin kokonaisuuksiin, jotta opiskelijalle olisi mahdollisuuksia omaksua uusi asia ja myöhemmin muodostaa niistä suurempi kokonaisuus. Tällainen toimintatapa tukee, että havaintomallin tulisi käsittää yksi osakokonaisuus kuten esimerkiksi valaisinjärjestelmä. Näin opiskelija opiskelisi siihen liittyvät komponentit, toiminnot, kytkennät ja vianetsinnän sekä mitattavat suureet. Silloin yksittäinen havaintomalli olisi varmasti oppimisen kannalta tehokas ja joustava käyttäen siirrettävyyden ja säilytyksellisyyden ansiosta. Näiden mallien esteenä on melko korkea hinta tai vastaavasti rakentaen toteutettuna erittäin työläitä opettajalle, vaikka osan työstä toteuttaisikin opiskelijat.

Nykytilanteen huomioiden, kun meillä on käytettävissä kaksi väyläjärjestelmällä toteutettua autoa, meidän tulee pohtia tarvitsemme väylätekniikan opetukseen vielä lisää havaintomalleja. Yhtenä vaihtoehtona näkisin vanhempien havaintoautojen päivittämisen eli uusimisen, jolloin perusteiden opettaminen saataisiin paremmin vastaamaan tämän päivän autotekniikkaa ja opiskelijoille mielekkäämmäksi. Näen havaintomallien rakentamisen käyttäen hyväksi purkuajoneuvoja tai toinen vaihtoehto ulkomailta tuotu veroton ajoneuvo hyvin varteenotettavina vaihtoehtoina pitääksemme kustannukset kohtuullisina. Esittäisin, että tulevaisuudessa, jos mahdollista, hankkisimme havaintoauton tai

autoja ulkomailta ilman autoveroa. Tällainen havaintoauto soveltuisi laajal-  
alaisesti ajoneuvotekniikan opetukseen.

Olen työssäni myös käsitellyt ajoneuvoissa käytettäviä väyläjärjestelmiä, joista  
pääpaino on ollut CAN- ja LIN-järjestelmissä. Kyseiset tekniikat ovat hyvin  
yleisiä ajoneuvonvalmistajasta riippumatta ja kyseiset järjestelmät löytyvät  
vaatimattomammastakin autosta sekä myös erittäin korkeasti varustelluista  
autoista. Toivon, että tämä avaa lukijalle kuinka monitahoinen tiedonsiirtoverkko  
on nykyaikaisessa autossa. Tätä työtä tehdessäni jouduin syventymään autoissa  
käytettäviin tiedonsiirtomenetelmiin ja tunnen asiantuntemukseni siltä osin  
kasvaneen.

## LÄHTEET

### PAINETUT LÄHTEET

Dietsche, K.-H., Mischo, S., Powolny, S., Zündel, H., Löchel, N., Stuohorn, J., Constapel, R., Häußermann, P., Leohardi, A. & Holtkamp, H. 2007. Ajoneuvojen verkottuminen. Plochingen: Robert Bosch. Kääntänyt Juhala, M. (toim.)  
Vänttinen, A. Suomenkielinen painos 2008. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy, K&T Design Oy.

Juhala, M., Lehtinen, A., Suominen, M. & Tammi, K. 2005. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä: Gummerus.

### SÄHKÖISET LÄHTEET

Autovahinkokeskus 2014. [viitattu 4.10.2014] Saatavissa:  
<https://www.avk.fi/Shop/Vehicle/VehicleSearch>.

BBH Technische Anlagen GmbH 2014. [viitattu 20.9.2014] Saatavissa:  
<http://www.bbh-hemer.de/com/Produkte.aspx?ID=1>

Hella tech world 2014. [viitattu 8.11.2014]. Saatavissa:  
<https://www.hella.com/hella-tech-world-uk-en/index.html>

Huoltotiedote 11.02.2008 Jager CFC-modulit - Kovil Oy [viitattu 1.10.2014].  
Saatavissa: [www.kovil.fi/media/HUOLTOTIEDOTE\\_11.02.2008\\_CFC.pdf](http://www.kovil.fi/media/HUOLTOTIEDOTE_11.02.2008_CFC.pdf)

Matrix 2014. [viitattu 8.11.2014] saatavissa: <http://www.matrixsl.com/miac.php>

Mobile.de [viitattu 12.10.2014] Saatavissa: <http://www.mobile.de/?lang=en>

VW Self-study programme 269 2014. [viitattu 18.10.2014] Saatavissa:  
[http://www.volkspage.net/technik/ssp/index3\\_eng.php](http://www.volkspage.net/technik/ssp/index3_eng.php)

VW Audi Self Study Programme 286 2014. [viitattu 25.10.2014] Saatavissa:  
[http://www.volkspage.net/technik/ssp/index3\\_eng.php](http://www.volkspage.net/technik/ssp/index3_eng.php)



## LIITTEET

LIITE 1. Esite havaintomalli VW Golf V perusversio

LIITE 2. MIAC-tiedot

LIITE 3. MIAC-järjestelmän kytkentäkaavio luonnos

**Kfz - Elektrik / Elektronik**  
**CAN-BUS Vernetzte Systeme**



**Wichtige Merkmale:**

- ▶ Grundlagen der Fehlersuche am CAN-BUS mit Oszilloskop und Multimeter
- ▶ Zusammenwirken von CAN-BUS-Teilnehmern in einem vernetzten System
- ▶ CAN-BUS-Botschaften erkennen und zuordnen
- ▶ Analyse des Informationsflusses
- ▶ Arbeiten mit PC gestützten CAN-BUS-Diagnosesystemen
- ▶ **Optionales Zubehör:**  
 2-Kanal-PC-Speicheroszilloskop,  
 CAN-Bus-Analyseprogramm,  
 VAG COM Diagnosesoftware für Kfz-Steuergeräte

**Gerätebeschreibung:**

Die CAN Basisausstattung in Tischausführung besteht aus einem stabilen Profilrahmen mit Standfüßen und beinhaltet eine komplette Beleuchtungseinheit VW Golf V. Alle Komponenten wie Halogen-Doppelscheinwerfer, Halogen-Nebelscheinwerfer, Schluss- und Nebelschlussleuchte, Rückfahrleuchte, Bremsleuchten und Kennzeichenleuchte sind fest montiert und komplett verkabelt. Die Ansteuerung der einzelnen Komponenten erfolgt über das Bordnetzsteuergerät und Lenkstockschalter. Das ebenfalls aufgebaute Kombiinstrument beinhaltet die Kontrollleuchten für Blink- und Lichtanlage, zusätzlich werden Störungen im Display angezeigt. Über das Gateway Steuergerät können Fahrzeug-Diagnosen durchgeführt werden.

Die Verschaltung der einzelnen BUS-Teilnehmer wird durch die Frontplattengravur des Schulungsstandes verdeutlicht. CAN-BUS-Verbindungen werden als verdrehte Leitungen dargestellt, LIN-Verbindungen als Strich-Punkt Leitungen, gestrichelte Leitungen sind direkte elektrische Verbindungen ohne CAN-BUS-Funktion. Aus der Verschaltung der BUS-Teilnehmer und den Anschlüssen der Bedienschaltenelemente an die jeweiligen Steuergeräte, kann zur Analyse des Informationsflusses abgeleitet werden, welche Funktionen über den BUS und welche Funktionen direkt unter Auswertung einer Schalterstellung erfolgen.

Die BUS-Verbindungen zwischen den einzelnen Steuergeräten sind an Messbuchsen (einschließlich Brückensteckern zum Trennen von CAN-Knoten für Diagnosezwecke) herausgeführt und ermöglichen einen einfachen Messzugriff (Oszilloskop, Multimeter, PC-CAN-Diagnose) auf den Bus. Die Steuerung der Scheibenwischer erfolgt über einen LIN- BUS. Als Funktionen sind Intervallwahl mit 4 Zeiten, Stufe 1, Stufe 2, Tippwischen, Servicestellung und Parkposition wählbar.

Mit dem entsprechendem Zubehör können zur Demonstration typischer Busfehler und für Diagnoseübungen bis zu 10 verschiedene Fehler (z.B. Unterbrechung CAN-H, CAN-L, Kurzschluss CAN-H nach CAN-L, usw.) in die Anlage geschaltet werden. Im Lieferumfang enthalten ist ein multimediales Kursmodul CAN-BUS zur theoretischen Systemklärung mit interaktiver Simulation von 3 CAN-Busknoten. Optional stehen für die messtechnischen Untersuchungen des CAN-BUS-Systems, ein 2-Kanal-PC-Speicheroszilloskop und ein CAN-Bus-Analyseprogramm (CAN-Botschaften lesen und senden) sowie eine VAG-COM Diagnosesoftware zur Verfügung. Diese Programme können auch an bereits vorhandene Systeme oder Fahrzeuge verwendet werden.

Die Einheit ist serienmäßig mit Schnittstelle für den Anschluss eines Fehlerschaltmoduls ausgestattet.

Bestellnummer:	Abmessung:	Zubehör:
0001 4022 CAN-BUS Tischmodell	Maße: ca. 1200 x 600 x 1000 mm Gewicht: ca. 50 kg	Netzteil 12 V 0000 8828 CAN-BUS Adapter 0000 4380 PC-Speicher-Oszilloskop 000S 4377 VAG COM 0190 3005

Technische Änderungen vorbehalten !

© BBH Technische Anlagen GmbH, Hemer

BBH Technische Anlagen GmbH  
 Telefon: 0 23 72 / 90 93 - 0  
 Fax: 0 23 72 / 90 93 - 19

Email: info@bbh-hemer.de  
 Internet: www.bbh-hemer.de

# MIAC details

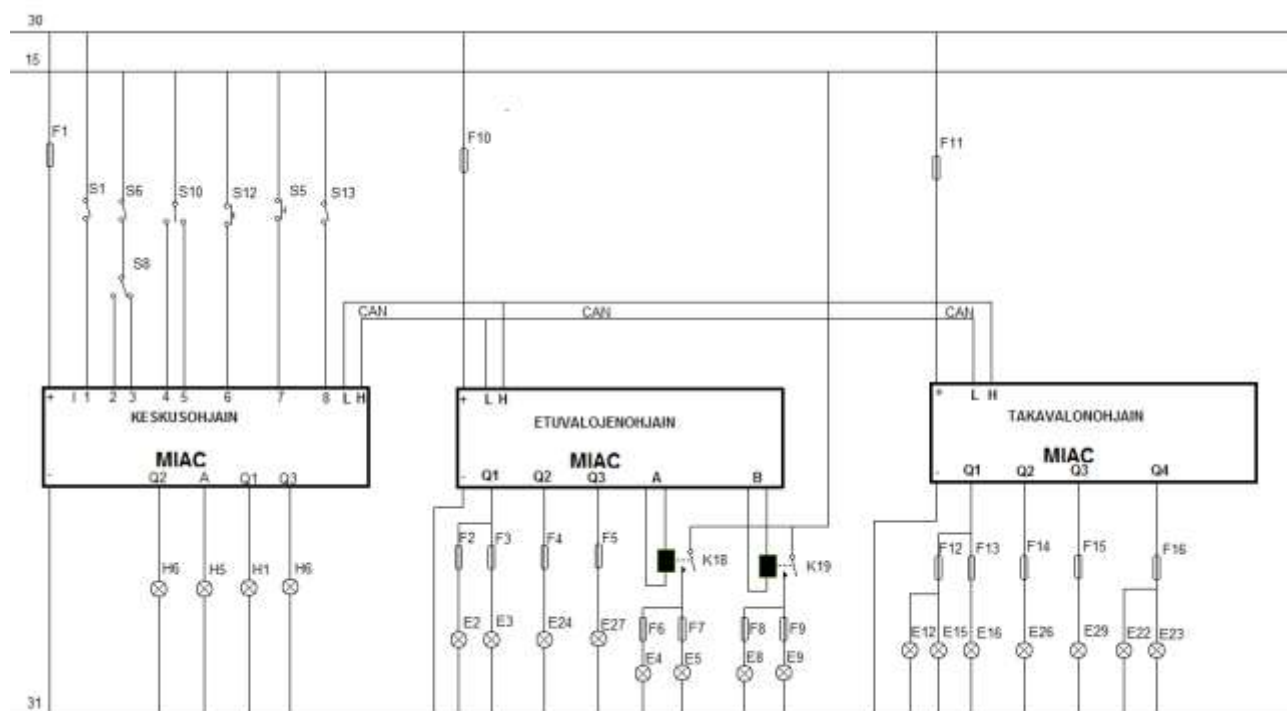


Power supply	12 - 16V, <2A
Inputs	8
Inputs usable as analogue inputs	8 - 0 to 12V
Analogue Input sensitivity	10mV
Input impedance	10kΩ
Input voltage low	0V - 3V
Input voltage high	>7.5V
Max input voltage range	-30V, +45V
Relay outputs	4
Relay output ratings	8A at 240VAC, 30VDC
Transistor outputs (source and sink)	4
Transistor output (per channel)	500mA

Max transistor output - all channels	1.75A
Transistor thermal shutdown	>500mA
PWM outputs, sensitivity	A, C, 0.4%
Power supply	12/16V at 100mA
Storage temperature	-40 to +70C
Transistor supply voltage (M)	6 - 24V, 4A
Operating temperature	-5 to 50C
Programming interface	USB
Processor	PICmicro 18F4550, 32K ROM, 2K RAM @48MHz
CAN bus processor	MCP2515 @20MHz

Certified to IEC60950-1

### LIITE 3. MIAC-järjestelmän kytkentäkaavio luonnos



#### Liitinmerkinnät

30	Akun + suorayhteys	31	Akun - suorayhteys	15	Virtalukon ohjaama +
I1...8	Sisääntulot	L	CAN Low-johdin	H	CAN High-johdin
A	Rele ulostulo	B	Rele ulostulo	Q 1...4	Ulostulot
+	Käyttäjännite +	-	Maa akun -		

#### Komponentit

F1	Sulake keskusohjain	F2	Sulake etuvalo O	F3	Sulake etuvalo V
F4	Sulake suuntavalon EO	F5	Sulake suuntavalon EV	F6	Sulake kaukovalo O
F7	Sulake kaukovalo V	F8	Sulake lähivalon O	F9	Sulake lähivalon V
F10	Sulake etuvalojenohjain	F11	Sulake takavalojenohjain	F12	Sulake takavalon O
F13	Sulake takavalon V	F14	Sulake suuntavalon TO	F15	Sulake suuntavalon TV
F16	Sulake peruutusvalot	E2	Etuvale O	E3	Etuvale V
E4	Kaukovalo O	E5	Kaukovalo V	E8	Lähivalon O
E9	Lähivalon V	E12	Rekisterikilvenvalo	E15	Takavalon O
E16	Takavalon V	E22	Peruutusvalon O	E23	Peruutusvalon V
E24	Suuntavalon E/O	E26	Suuntavalon TO	E27	Suuntavalon EV
E29	Suuntavalon TV	H1	Valojenmerkkivalon	H5	Kaukovalojen merkkivalon
H6	Suuntavalojen merkkivalon	K18	Kaukovalojenrele	K19	Lähivalojenrele
S1	Valokytkin ET	S5	Jarruvalokytkin	S6	Ajovalokytkin
S8	Valojenvaihtokytkin	S10	Suuntavalokytkin	S12	Peruutusvalojen kytkin
S13	Hätävilkkukytkin				