

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma

**Henri Volotinen**  
**Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 -moottoripyörän**  
**moottorinohjausyksikön muokkaus**

Insinöörityö 16.12.2010

Ohjaaja: kehitysjohtaja Petri Karjalainen  
Ohjaava opettaja: yliopettaja Antti Piironen

Tekijä	Henri Volotinen
Otsikko	Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 -moottoripyörän moottorinohjausyksikön muokkaus
Sivumäärä	45 sivua
Aika	16.12.2010
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	kehitysjohtaja Petri Karjalainen
Ohjaava opettaja	yliopettaja Antti Piironen
<p>Tässä insinööri­työssä käsitellään Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 -moottoripyörän moottorinohjausyksikön (engl. ECU, Engine Control Unit) muokkausta. Hayabusan moottorinohjausyksikön muokkaus on alun perin harrastajayhteisön tekemä epäkaupallinen projekti. Markkinoilla on myös kaupallisia moottorinohjausyksikön rinnalle asennettavia sovelluksia (esimerkiksi Power Commander V USB), mutta näiden haittapuolena ovat niiden kallis hinta ja heikot säätövarat verrattuna käsin tehtyyn muokkaukseen.</p> <p>Työn tavoitteena on lukea Hayabusa K8:n moottorinohjausyksikön ohjelmisto PC-tietokoneelle, jonka jälkeen se voidaan ajaa Interactive Disassembler -ohjelmaan saadakseen assembly-kielinen lohko­kaavioesitys ohjelmakoodista. Kun ohjelmakoodin toimintaperiaate on selvitetty, voidaan rakentaa Windows-pohjainen sovellus, jota käyttäen Hayabusan moottorinohjausyksikön ohjelmisto voidaan ohjelmoida uudelleen.</p> <p>Insinööri­työssä käydään läpi, millainen moottoripyörä Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 on, kerrotaan moottorinohjausyksikön toimintaperiaatteista tietotekniikan näkökulmasta, kerrotaan projektin tavoitteista ja eduista, sekä myös moottorinohjausyksikön laitteistosta ja ohjelmistosta. Lopuksi käsitellään työn tuloksena syntyneen ECUeditor-sovelluksen toimintaa, jolla loppukäyttäjä voi helposti ohjelmoida uudelleen Hayabusansa moottorinohjausyksikön ohjelmiston halutunlaiseksi.</p>	
Hakusanat	moottoripyörä, Hayabusa, moottorinohjausyksikkö, ECU, sulautettu

Author	Henri Volotinen
Title	Modification of the engine control unit in a Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 motorcycle
Number of Pages	45
Date	16 December 2010
Degree Programme	Information Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Petri Karjalainen, Director Antti Piironen, Principal Lecturer
<p>This bachelor's thesis concerns the modification of the engine control unit (ECU) in a Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 motorcycle. Originally the modification of the Hayabusa ECU was a non-commercial project undertaken by a group of enthusiasts. There are also commercial solutions which are installed to work alongside with the original ECU (for example Power Commander V USB), but the major drawback of these devices is a high price tag and weak adjustment possibilities compared to making the adjustments manually.</p> <p>The objective of this thesis was to read the software from the ECU of a Hayabusa K8 into a PC computer to be run through a program called Interactive Disassembler for a block diagram presentation of the software's assembly code. When the operation principle of the software code has been determined, a Windows-based application for reprogramming the Hayabusa ECU can be built.</p> <p>This thesis explains what kind of a motorcycle Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 is, what the operational principle of an ECU is from a technical perspective, what the goals and benefits of the project are, how the hardware and software operate in the ECU of Hayabusa, and finally how a program named ECUeditor, meant for easy end-user customization and reprogramming of Hayabusa ECU, works.</p>	
Keywords	motorcycle, Hayabusa, engine control unit, ECU, embedded

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	6
2 Yleistietoa Hayabusa-moottoripyörästä	8
2.1 Ensimmäinen sukupolvi (1999–2007)	9
2.2 Toinen sukupolvi (2008–)	11
3 Yleistietoa moottorinohjausyksiköstä	13
3.1 Moottorinohjausyksikkö lyhyesti	13
3.2 Moottorinohjausyksikön toiminta	14
3.2.1 Moottorinohjausyksikön sisääntulot	14
3.2.2 Moottorinohjausyksikön datankäsittely	15
3.2.3 Moottorinohjausyksikön ulostulot	17
4 Yleistietoa Hayabusa K8 -moottoripyörän moottorinohjausyksikön muokkauksesta	17
4.1 Taustatiedot	17
4.2 Uudelleenohjelmoinnin vaatimukset	18
4.3 Muokattavat ominaisuudet	20
4.3.1 Polttoainekartat	20
4.3.2 Sytytyskartat	22
4.3.3 MS-kartat	22
4.3.4 Rajoittimet	23
4.3.5 Shifter-toiminto	23
5 Hayabusa K8 -moottoripyörän moottorinohjausyksikön laitteisto ja ohjelmisto	24
5.1 Moottorinohjausyksikön käyttämä mikrokontrolleri	24
5.2 Moottorinohjausyksikön kytkennät	29
5.3 Moottorinohjausyksikön polttoaineensyötön toimintaperiaate	32
5.4 Moottorinohjausyksikön ohjelmiston lukeminen	34
5.5 Moottorinohjausyksikön ohjelmiston uudelleenkirjoitus	35
6 ECUeditor-sovellus moottorinohjausyksikön uudelleenohjelmointia varten	38
7 Yhteenveto	42



## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan peruspiirteitä Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 -moottoripyörän (1) moottorinohjausyksikön muokkaamisesta. Lyhyesti tämä tarkoittaa sitä, että ensin Hayabusan moottorinohjausyksikön valmistajan tekemä ohjelmisto ladataan tietokoneelle. Tämän jälkeen se ajetaan Interactive Disassembler -ohjelmiston (2) läpi, jolloin saadaan lohkoavioesitys moottorinohjausyksikön koodista assembly-kielen muodossa. Tällöin koodia tutkimalla voidaan selvittää ohjelmiston toimintaperiaate, eli se miten ohjelma käsittelee moottorin antureilta saatavaa tietoa ja miten anturitietojen perusteella ohjelmisto tekee laskutoimituksia, jotta se voi ohjata moottorin eri toimintoja, kuten polttoaineen syöttöä ja sytytysennakon ajoittamista.

Kun moottorinohjausyksikön ohjelmiston toiminta on saatu selville, sen ympärille voidaan rakentaa loppukäyttäjälle selkeä rajapinta, jonka avulla moottorinohjausyksikön parametreja voidaan muuttaa halutunlaisiksi. Hayabusan moottorinohjausyksikön parametrien muuttaminen tapahtuu käyttämällä ECUeditoria (3), joka on ilmainen Windows-pohjainen internetistä ladattava sovellus. Ohjelmointi vaatii tietokoneen ja moottorinohjausyksikön välille kaapelin, jonka kautta ECUeditor ohjelmoi moottorinohjausyksikön ROM-muistiin (Read Only Memory) uudet parametrien arvot.

Ohjelmistoa käsin muokkaamalla saadaan moottori toimimaan tehdasohjelmistosta poikkeavalla tavalla, jolloin saadaan esimerkiksi huippunopeusrajoitin poistettua tai asetettua moottorin kierrosnopeusrajoitin korkeammalle, kuin se on tehdasohjelmistolla. Muokkaamalla ohjelmistoa voidaan myös muuttaa polttoaineen syöttöä eri kaasuläpän asennoilla ja moottorin kierrosnopeuksilla. Näin saadaan muokattua moottorin toiminta halutulla tavalla sopivaksi, mikä on tärkeää varsinkin silloin kun moottoripyörään on tehty teknisiä muutoksia – kuten esimerkiksi pakoputken vaihto –, jolloin moottorin toiminta voi muuttua epäoptimaaliseksi (esimerkiksi tämän myötä mahdollisesti aiheutunut polttoaineen väärä seossuhde). Korjaamalla moottorin toimintaa muokkaamalla moottorinohjausyksikön ohjelmistoa saadaan moottori käymään oikein uudella ja muuttuneella viritystasolla. Hayabusan tapauksessa moottoriin voidaan tehdä myös rinnalle tavallisen ohjelman lisäksi toinen, eri parametreilla varustettu, ohjelma, joka toimii

optimaalisesti esimerkiksi kisakäytössä, kun halutaan käyttää kisabensiiniä tai ilokaasua suorituskyvyn lisäämiseksi.

Edellä mainittujen syiden lisäksi aihe on tutkimisen arvoinen myös siitä syystä, että markkinoilla on jo valmiita kaupallisia ratkaisuja moottorinohjausyksikön toiminnan muuttamiseen (esimerkiksi Power Commander V USB (4)). Näiden laitteiden haittapuolena on kuitenkin se, että ne ovat huomattavan kalliita ja niiden avulla ei voida säätää moottorinohjausyksikön eri parametreja yhtä tarkasti kuin käsin muokkaamalla. ECUeditoria käytettäessä ainoat käytännön kulut tulevat vain ohjelmointikaapelista, jonka tarpeeksi näppärä henkilö voi vaikka rakentaa itse.

Tämä insinöörityö keskittyy ainoastaan toisen sukupolven Suzuki GSX1300R Hayabusan moottorinohjausyksikön muokkaamisen tutkimiseen. Harrastelijapiiri on jo toteuttanut saman muokkaustoiminnon ensimmäisen sukupolven Hayabusalle aiemmin, joten lähtökohtana toisen sukupolven Hayabusan moottorinohjausyksikön muokkaamiselle on tietoa ja kokemusta valmiiksi taustalla. Toisen sukupolven moottoripyörässä moottorinohjausyksikkö ja ohjelmisto ovat kuitenkin vaihtuneet, joten suoraan edellistä sovellusta ei voida tässä hyödyntää.

Moottorinohjausyksikön muokkaaminen kokonaisuudessaan edellyttää, että saatavilla on Hayabusan moottorinohjausyksikkö sekä laitteistoja, joilla muun muassa moottorinohjausyksikön toimintaa voidaan elektroniikan kannalta tutkia. Käytännössä tämä vaatii pienen laboratorion esimerkiksi kotiin rakennettuna, joten ihan tyhjältä pöydältä projektia ei voi lähteä tekemään. Kyseisestä syystä aihetta tarkistellaan tässä insinöörityössä asiasta kiinnostuneen insinööriopiskelijan kannalta, sillä opiskelijan resurssit eivät riitä edellä mainittuihin puitteisiin.

Tässä insinöörityössä käsitellään taustoja Hayabusa-moottoripyörästä, yleistä teoriaa moottorinohjausyksikköjen toiminnasta, projektin kulkua, moottorinohjausyksikön laitteistoa ja ohjelmistoa sekä ECUeditor-ohjelmointisovelluksen toimintaa. Koska kyseessä on tietotekniikan insinöörityö, käsitellään myös tarkemmin Hayabusan mootto-

rinohjausyksikössä käytettävän Renesas M32R -mikrokontrollerin (5) pääominaisuuksia.

## **2 Yleistietoa Hayabusa-moottoripyörästä**

Suzuki GSX1300R Hayabusa on urheilullinen moottoripyörä, joka julkaistiin vuonna 1999. Siitä tuli maailman nopein sarjatuotantomoottoripyörä, jonka huippunopeus oli 312 km/h.

Hayabusa on japania ja tarkoittaa muuttohaukkaa, joka on maailman nopein lintu. Nimi valittiin myös huvittavasti sillä perusteella, että muuttohaukat metsästävät mustarastaita (engl. blackbird) ja ennen Hayabusaa maailman nopein sarjatuotantomoottoripyörä oli Honda CBR1100XX Super Blackbird (6). Hayabusa oli eräiden testien mukaan jopa 23 km/h Super Blackbirdiä nopeampi. Koskaan ennen sarjatuotantopyörien huippunopeusennätyksiä ei ole rikottu näin suurella marginaalilla. (7, s. 242.)

Vuonna 2000 esiintyi huhuja, että Kawasaki julkaisisi uuden version ZX-12R-mallistaan (8), jossa olisi tehoa kasvatettu reilusti syrjäyttääkseen Hayabusa maailman nopeimman moottoripyörän roolista. Tilanne näytti siltä, että ”huippunopeussota” jatkaisi tolkkottomasti kasvuaan ja moottoripyörästä tulisi järjettömän tehokkaita ja nopeita vuosi vuodelta. Tällöin oli puhetta jo, että ylitehokkaiden moottoripyörien tuonti Eurooppaan kiellettäisiin (9). Tästä syystä japanilaiset ja eurooppalaiset moottoripyörävalmistajat tekivät ”herrasmiessopimuksen”, jonka mukaan kaikki uudet pyörät tulisi elektronisesti rajoittaa huippunopeudeltaan 300 kilometriin tunnissa. Osa valmistajista, Suzuki mukaan lukien, eivät kuitenkaan mitään virallista ilmoitusta asiasta tehneet. Sopimus tuli voimaan vuonna 2001, jonka seurauksena huippunopeustestejä ei voitu enää vakiopyörillä tehdä, vaan moottorinohjausjärjestelmää tuli muokata niin, että huippunopeusrajoitin on poistettu käytöstä (7, s. 243). Nopeusrajoittimen myötä Hayabusa pysyi käytännössä samanlaisena aina vuoteen 2007 asti. Ainoa merkittävä ero oli, että vuoden 2001 mallista lähtien siinä käytettiin teräksistä runkoa peräosassa alumiinisen sijaan, sillä alumiininen versio aiheutti kestävyysongelmia, kun moottoripyörässä oli kuormaa tai kyydissä oli takamatkustaja.



## 2.1 Ensimmäinen sukupolvi (1999–2007)

Kuvassa 1 on ensimmäisen sukupolven Suzuki GSX1300R Hayabusa.



*Kuva 1. Ensimmäisen sukupolven Suzuki GSX1300R Hayabusa vuosimallia 1999. (10)*

Ensimmäisen sukupolven mallin moottori on 1299-kuutiosenttimetrinen nestejäähdytteinen rivi 4 -moottori 16 venttiilillä ja kahdella yläpuolisella nokka-akselilla. Moottori kehitti 173 hevosvoimaa (129 kilowattia) kampiakselilta mitattuna. Julkaisuhetkellä moottori oli tilavuudeltaan suurin koskaan, mitä urheilulliseen moottoripyörään oli asennettu, kunnes Kawasaki esitteli ZZR1400-mallin (11) 1400-kuutioisella moottorilla vuonna 2005. Moottorissa on myös patopainetoiminto, joka syöttää moottorin ilmanottoon paineistettua imuilmaa, minkä seurauksena teho nousee entisestään suurissa nopeuksissa. (7, s. 276.) Moottorin ominaisuudet yhdistettynä Hayabusan ennen näkemättömään aerodynamiikkaan sai aikaan sen, että moottoripyörästä tuli sen hetken nopein sarjatuotantomootoripyörä koko maailmassa. Moottorin luonteessa arvostettava piirre on myös sen vahvat vääntöominaisuudet koko kierroslukualueella. Moottorissa käytetään ratasvälitteistä tasapainoakselia vähentämään moottorin synnyttämää värinää, jolloin moottori pystytään asentamaan runkoon niin, että se samalla kasvattaa alustan jäykkyyttä.

Ensimmäisen sukupolven Hayabusassa on tyypillinen alumiinipalkkirunko, täysin säädettävä USD-etuhaarukka (Upside Down) ja varta vasten valmistetut Bridgestonen renkaat. Se oli suhteellisen kevyt moottoripyörä, sillä sen kuivapaino on 215 kilogrammaa. Hayabusan käsiteltävyyttä pidettiin erinomaisena tämän luokan moottoripyörään. (7, s. 276.)

Hayabusan keulan otsapinta-ala on tehty mahdollisimman pieneksi, jotta suurissa nopeuksissa kasvava ilmanvastus pysyy mahdollisimman pienenä. Tämä tyyli loi Hayabusalle sen ainutlaatuisen, erikoisen ja paljon kritiikkiä herättävän ulkonäön. Moottoripyörä kuitenkin löysi oman käyttäjäkuntansa, joka piti ulkonäköä hienona. Vaikka ulkonäköä haukuttiin lehdistössä, se oli tehty aerodynamiikan ehdoilla, mikä oli avain siihen, että pyörällä päästiin ennätysuuriin nopeuksiin. (7, s. 277.) Taulukossa 1 on mitatut arvot teholle, väännölle ja painolle sekä taulukossa 2 on mitatut suoritusarvot ensimmäisen sukupolven Hayabusalle.

*Taulukko 1. Ensimmäisen sukupolven Hayabusan mitatut arvot teholle, väännölle ja painolle. (12)*

<b>Teho</b>	<b>Vääntö</b>	<b>Paino</b>	<b>Mittaukset suorittanut</b>
116 kW @ 9700 rpm	129,5 Nm @ 8000 rpm	1999–2000: 249,48 kg 2001–2007: 254,01–255,3 kg (kuiva)	Motorcyclist
112,7 kW @ 9500 rpm	126,6 Nm @ 7000 rpm	250 kg (kuiva)	Motorcycle Consumer News '99
116,8 kW @ 9500 rpm	135 Nm @ 6750 rpm	234 kg (kuiva)	Sport Rider '99
121,3 kW @ 9750 rpm	132,1 Nm @ 7000 rpm	242 kg (kuiva) 255 kg (märkä)	Sport Rider '05

*Taulukko 2. Ensimmäisen sukupolven Hayabusan mitatut suoritusarvot. (12)*

<b>Varttimaili (402 m)</b>	<b>0–100 km/h</b>	<b>0–160 km/h</b>	<b>Huippunopeus</b>	<b>Mittaukset suorittanut</b>
10,4 s	-	-	310 km/h	Motorcycle News
9,86 s @ 235 km/h	-	-	312 km/h	Cycle World
9,97 s @ 233 km/h	-	-	305 km/h	Sport Rider '99
9,84 s @ 229,75 km/h	2,76 s	5,30 s	303 km/h	Motorcycle Consumer News '99
9,89 s @ 231,02 km/h	2,47 s	-	296 km/h	Cycle World Magazine '02
10,237 s @ 226,18 km/h	-	-	296 km/h	Sport Rider '02

## **2.2 Toinen sukupolvi (2008–)**

Kuvassa 2 on toisen sukupolven Suzuki GSX1300R Hayabusa.



*Kuva 2. Toisen sukupolven Suzuki GSX1300R Hayabusa vuosimallia 2008. (13)*

Vuonna 2008 Suzuki julkaisi toisen sukupolven mallin Hayabusa-moottoripyörästään. Uusi malli on kokenut hieman uudelleenmuotoilua sekä moottorin sylinterinkantta, loh-

koa, mäntiä ja pakosarjaa on muutettu. Vaikka moottorin muutokset ovat suhteellisen pieniä, niiden ansiosta huipputeho on kasvanut merkittävästi ja pyörä täyttää myös uusimmat melu- ja päästövaatimukset. Tarkoituksena oli saada moottorin huipputehoksi yli 190 hevosvoimaa (142 kilowattia) kampiakselilta mitattuna. Suzuki ilmoittaa, että huipputeho on 198 hevosvoimaa (145 kilowattia). (14.)

Uudistetun moottorin iskunpituus on kasvanut 2 millimetriä nostaen sylinteritilavuuden 1340 kuutiosenttimetriin. Puristussuhde on noussut 11:1:stä 12.5:1:een, ja sylinterinkansi on tehty kompaktimmaksi, ja siinä on kevyemmät titaanisiet venttiilit. Venttiileitä ohjataan nokkaketjulla ja uudella hydraulisella nokkaketjukiristimellä. Polttoainesuuttimina käytetään samoja 44-millimetrisiä, joita käytetään myös Suzuki GSX-R1000 -moottoripyörässä (15). (14.)

Pakoputkistoa on muutettu 4-2-1-2 -malliseksi, joka tarkoittaa, että pakosarja yhdistyy ensin kahteen putkeen myöhemmin yhdistyen yhdeksi putkeksi ja viimein jakautuen kahteen putkeen, joissa äänenvaimentimet ovat kiinni. Uudet äänenvaimentimet tuovat lisäpainoa muutaman kilogramman ensimmäisen sukupolven Hayabusaan verrattuna. Pakoputkisto sisältää myös katalysaattorin ja jäännöshappianturin, jotta Euro 3 -päästömääräykset täyttyvät. (14.)

Hayabusan alusta on päivitetty 43-millimetrisellä Kayaban valmistamalla USD-etuhaarukalla. Takajousitus on myös Kayaban tekemä, ja alusta kokonaisuudessaan on entistä kireämpi. Takahaarukka on muuten samanlainen kuin ensimmäisen sukupolven Hayabusassa, mutta sen rakennetta on vahvistettu. Myös toisen sukupolven iskunvaimennus on pysynyt täysin säädettävänä. Jarrut on päivitetty Tokicon valmistamilla radiaalijarrusatuloilla sekä pienemmillä jarrulevyillä, minkä etuna on pienentynyt jousittamaton massa ja parempi ajettavuus. Takajarrusatula on siirretty jarrulevyn yläpuolelle, mikä antaa selkeämmän ilmeen. Vanteet ovat vaihtuneet uusiin 17-tuumaisiin, joihin on esiasennettu Bridgestone BT-015 -vyörenkaat. (14.)

Vaihteistoon on vaihdettu kestävämpi luistokytkin. Toisiovälitystä on lyhennetty sekä vaihteet 5 ja 6 on välitetty kauemmas toisistaan ja vaihteet 1 ja 2 on välitetty lähemmäs

toisiaan. (14.) Taulukossa 3 on mitatut arvot teholle, väännölle ja painolle sekä taulukossa 4 on mitatut suoritusarvot toisen sukupolven Hayabusalle.

*Taulukko 3. Toisen sukupolven Hayabusan mitatut arvot teholle, väännölle ja painolle. (12)*

<b>Teho</b>	<b>Vääntö</b>	<b>Paino</b>	<b>Mittaukset suorit- tanut</b>
128,4 kW @ 10100 rpm	132,6 Nm @ 7600 rpm	268,5 kg (märkä)	Motorcyclist
-	-	250 kg (kuiva) 264 kg (märkä)	Sport Rider

*Taulukko 4. Toisen sukupolven Hayabusan mitatut suoritusarvot. (12)*

<b>Varttimaili (402 m)</b>	<b>0–100 km/h</b>	<b>0–160 km/h</b>	<b>Huippunopeus</b>	<b>Mittaukset suorittanut</b>
10,2 s	-	-	299 km/h	Motorcycle News
9,7 s @ 239,5 km/h	-	-	299 km/h	Cycle World
10,14 s @ 229,4 km/h	-	-	299 km/h	Motorcyclist '07
9,75 s @ 236,9 km/h	2,6 s	-	299 km/h	Cycle World '08

### **3 Yleistietoa moottorinohjausyksiköstä**

#### **3.1 Moottorinohjausyksikkö lyhyesti**

Moottorinohjausyksikkö (engl. Engine Control Unit, ECU) on elektroninen laite, joka saa useilta antureilta dataa, jonka perusteella se ohjaa moottorin toimintaa. Tärkeimpänä tehtävistä ovat moottorin käyntinopeuden säätely, sytytyksen ajoitus ja polttoaineen syöttö. (16.) Moottorinohjausyksikkö on mikrokontrolleri, jossa on muistissa esiladattuja karttoja, joiden mukaan prosessori ohjaa moottoria.

## 3.2 Moottorinohjausyksikön toiminta

### 3.2.1 Moottorinohjausyksikön sisääntulot

Moottorissa on useita antureita, jotka tarkkailevat moottorin käyntiin liittyviä oleellisia asioita. Yleisimpiä antureita ovat seuraavat:

- Ilmanmäärämittari mittaa moottorin läpi kulkevan ilman tilavuutta.
- Pyörintänopeusanturi mittaa moottorin kampiakselin pyörimisnopeutta (moottorin käyntinopeutta).
- Kampiakselin asema-anturi mittaa moottorin kampiakselin aseman.
- Kaasuläpän asentotunnistin mittaa kaasuläpän asentoa.
- Imuilman lämpötila-anturi mittaa moottoriin imettävän ilman lämpötilaa.
- Moottorin lämpötila-anturi mittaa moottorin lämpötilaa.
- Lambda- eli jäännöshappianturi mittaa jäännöshapen määrää pakokaasussa.
- Sähköjärjestelmän jännitemittari mittaa sähköjärjestelmässä kulkevan jännitteen määrää.
- Imuilman paineanturi mittaa imusarjassa vallitsevaa ilmanpainetta. (16; 17, s. 38.)

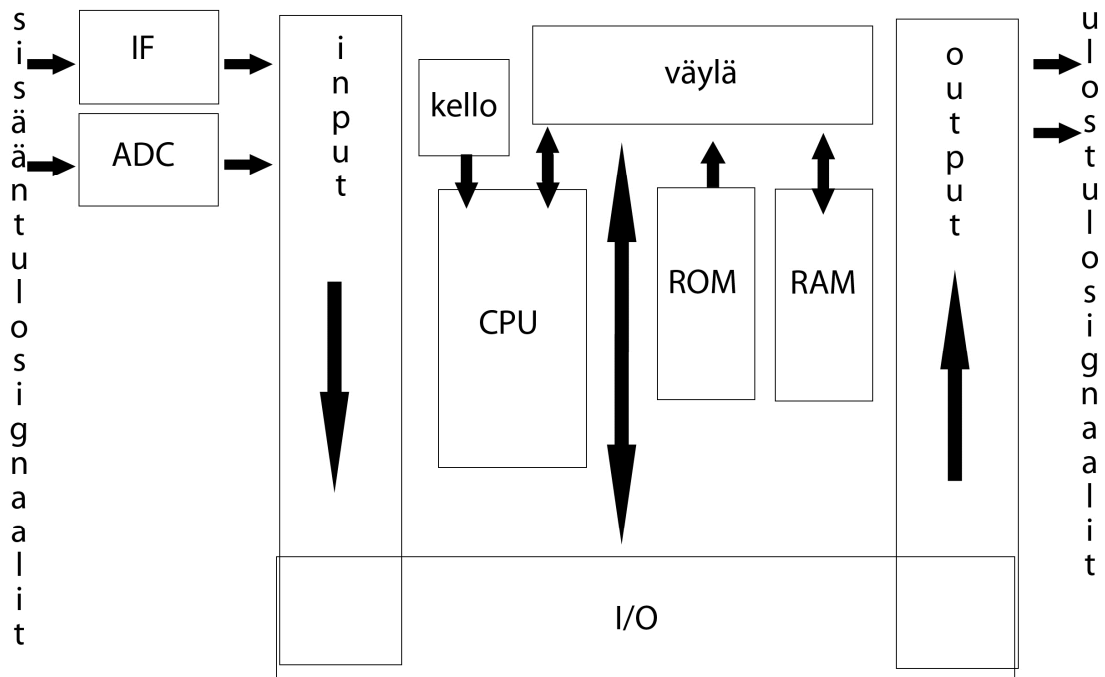
Anturit tuottavat sähköisen jännitteen tai jännitepulssin. Esimerkiksi pyörintänopeusanturin antama signaali on jännitepulssi. Aina, kun anturi lukee kampiakselilta yhden kierroksen, lähettää anturi impulssimuuntimelle (engl. Impulse Converter, IF) jännitepulssin, jonka impulssimuunnin muuttaa moottorinohjausyksikölle sopivaan muotoon ja suuruuteen. Kun tiedetään jännitepulssin taajuus, moottorinohjausyksikkö osaa siitä laskea moottorin pyörintänopeuden. (17, s. 38.)

Yleisempi antureiden käyttämä signaalitapa on jatkuva jännite, jonka suuruus muuttuu riippuen anturin toimintatavasta. Esimerkiksi imuilman lämpötilaa mittaava anturi lähettää erijännitteistä signaalia riippuen lämpötilan suuruudesta. Kun tämä analoginen signaali viedään analogi-digitaalimuuntimen (engl. Analog-Digital Converter, ADC)

läpi, saadaan jatkuva analoginen signaali näytteistettyä diskreetiksi digitaaliseksi signaaliksi (pulsseiksi). Tällöin moottorinohjausyksikkö ymmärtää kyseisen datan ja pystyy käsittelemään sitä. (17, s. 38.)

### 3.2.2 Moottorinohjausyksikön datankäsittely

Moottorinohjausyksikkö koostuu pääpiirteittäin syöttö- ja tulostusyksiköstä (engl. Input/Output, I/O), oskillaattorikiteestä (kello), väylästä, haihtumattomasta ROM-muistista (Read-Only Memory), käyttötieto- eli RAM-muistista (Random Access Memory) ja mikroprosessorista (engl. Central Processing Unit, CPU). (17, s. 38–39.) Kuvassa 3 on lohkokaavio moottorinohjausyksiköstä.



Kuva 3. Moottorinohjausyksikön lohkokaavio

I/O-yksikön tehtävänä on ohjata tietoliikennettä moottorinohjausyksikön sisällä. Sisääntulosignaalit (anturitieto) kutsutaan tarvittavin väliajoin ja ulostulosignaalit tulos-tetaan ulos optimaalisessa järjestyksessä työstettävissä olevalla nopeudella. (17, s. 38–39.)

Väylä koostuu tiedonsiirtoliitännöistä, joissa kuljetetaan datatietoa, osoitetietoja ja ohjaustietoja I/O-yksikön, mikroprosessorin sekä RAM- ja ROM-muistien välillä.

RAM-muistiin tallennetaan anturitieto, kunnes mikroprosessori pyytää datan sieltä tai kun ne korvautuvat uudemmalla tiedolla. Nämä tiedot pyyhkiytyvät laitteiston kytkeytyessä pois toiminnasta ja uudistuvat jatkuvasti käytön aikana. Lisäksi muistissa tapahtuu laskuritulosten väliaikainen tallennus myöhempiä jatkokäyttöä varten. (17, s. 38–39.)

ROM-muisti, toisin kuin RAM-muisti, on vain luku -muistia, eli mikroprosessori hakee siitä dataa, muttei kirjoita siihen mitään. ROM-muisti sisältää ohjelmat, säätötiedot, säätökäyrästä ja ohjeavot. ROM-muistin sisältö on siis valmistusvaiheessa kirjoitettu muistipiirille. Ennen sen jälkeempään muuttaminen ei ollut yhtä yksinkertaista kuin nykyään. Nykyään käytetään flash-muistia, joten muistin uudelleenkirjoittaminen onnistuu melko vaivattomasti. Juuri tähän toimintaan koko insinööriyö kulminoituu, sillä moottorinohjausyksikön ROM-muisti sisältää kaiken oleellisen moottoripyörän moottorin luonteen ja käyttäytymisen suhteen ohjelmallisesta näkökulmasta tarkasteltuna. Näitä arvoja muuttamalla voidaan muuttaa siis koko moottoripyörän moottorin käyttäytymistä. (17, s. 38–39.)

Moottorinohjausyksikön mikroprosessori on moottorinohjaustoiminnan aivot ja sydän. Mikroprosessori käy oskillaattorikiteen eli kellon tahdissa. Mitä nopeammalla taajuudella kello käy, sitä nopeammin prosessori toimii ja sitä enemmän se voi suorittaa laskutoimituksia aikayksikköä kohden. Prosessorin tärkeimmät ominaisuudet ovat aritmeettis-looginen laskuri (engl. Arithmetic-Logical Unit, ALU), rekisterit, akku ja ohjausosa. ALU suorittaa aritmeettisiä (yhteenlasku, vähennyslasku, kertolasku ja jakolasku) ja loogisia (tosi ja epätosi) toimintoja tallennetuista tiedoista. ALU:n laskemat hetkelliset välitulokset tallennetaan akkuun (engl. accumulator). Rekisterit ovat prosessorin sisäistä muistia, johon voidaan väliaikaisesti säilöä dataa. Rekistereiden käyttö on huomattavasti nopeampaa kuin RAM-muistin käyttö. Ohjausosan tehtävänä on järjestellä työn kulkua, ryhmittää työvaiheet, kutsua tarvittavat tiedot ja ohjata syöttöä ja tulostusta. (17, s. 38–39.)

Moottorinohjausyksikölle saapuva ja sopivaan muotoon muunnettu anturitieto kulkee I/O-yksikköä pitkin väylään, josta se edelleen voi kulkea RAM-muistiin sekä mikropro-



sensorille. Kun mikroprosessori on saanut tarvittavat anturitiedot, se hakee ROM-muistista esitallennetut ohjesäännöt juuri kyseisille anturiarvoille moottorin käyttötilanteen mukaisesti, suorittaa tarvittavat laskutoimitukset ja lähettää ohjaussignaaleja väylää ja I/O-yksikköä pitkin moottorinohjausyksikön ulostuloihin. (17, s. 38–39.)

### **3.2.3 Moottorinohjausyksikön ulostulot**

Kun ohjaussignaali on lähetetty I/O-yksikölle, se menee seuraavaksi pääteasteille, joissa jännitesignaalit vahvistetaan korkeammiksi. Tästä ohjaussignaali lähtevät vahvistettuina ulostuloja pitkin eteenpäin ohjaamaan moottorin toimintaa. Moottorinohjausyksikön tärkein tehtävä on laskea anturidatan perusteella polttoaineen suihkutusaika (mitta suihkutettavalle polttoainemäärälle) ja sytytysaika. Iskua kohti suihkutettava polttoainemäärä on riippuvainen polttoainesuuttimien aukioloajasta (pulssinleveydestä), kun polttoaineen ja imusarjan välinen paine-ero on vakio. Ohjaussignaali sytytystä varten saadaan samalla periaatteella. Anturitiedon (muun muuassa kampiakselin pyörintänopeus ja kulma-asema) perusteella saadaan laskettua sytytysennakko, joka tarkoittaa sopivan hetkistä signaalia tulostettavaksi, jolloin saadaan sytytystulpasta kipinä sopivalla kampiakselin asemalla sytytysvuorossa olevalle sylinterille. (17, s. 37.)

## **4 Yleistietoa Hayabusa K8 -moottoripyörän moottorinohjausyksikön muokkauksesta**

### **4.1 Taustatiedot**

Ensimmäisen sukupolven Hayabusan moottorinohjausyksikön muokkaus on aloitettu kesällä vuonna 2007. Tämän innostamana toisen sukupolven Hayabusan moottorinohjausyksikön muokkaus on aloitettu keväällä 2009. Kirjoitushetkellä muokkausmahdollisuudet voivat kehittyä ECUeditorin uuden version myötä.

Polttoaineen suihkutusjärjestelmät yleistyivät moottoripyörissä 1990-luvulla, ja kaasuttimet saivat väistyä tarkemmin ja helpommin säädettävissä olevan elektronisen polttoaineen suihkutuksen tieltä. Nykyisin yleisin tapa säätää moottorinohjausyksikön toimintaa on ostaa esimerkiksi Power Commander -säätölaitteisto, joka kytketään vakiona olevan moottorinohjausyksikön rinnalle. Tämän laitteiston ohjelmistoon voi antaa parametreja, joilla viritetyn moottoripyörän moottorinohjausjärjestelmä saadaan sopivalle

tasolle uuden viritystasoon kanssa. Vaikka tämä projekti koskee ainoastaan Suzuki GSX1300R Hayabusa K8 -moottoripyörää, voidaan samoja periaatteita ja olemassa olevia tietoja hyödyntää myös muiden moottoripyörämallien ja -merkkien kohdalla, jolloin niihinkin voidaan rakentaa vastaava säätölaitteisto suhteellisen pienellä vaivalla.

Suihkutusjärjestelmän polttoaineen syöttö perustuu moottorinohjausyksikön ohjaamien polttoainesuuttimien aukioloaikaan. Vakiokunnossa olevan moottorinohjausyksikön rinnalle asennettavat, jo edellä mainitut säätölaitteistot muuttavat yleensä moottorinohjausyksiköltä tulevaa signaalia lisäämään tai vähentämään polttoainesuutinten aukioloaikaa, jolloin sylinteriin saadaan haluttu ja sopiva määrä polttoainetta. Säätömahdollisuudet ovat näillä säätölaitteistolla varsin rajalliset, eikä säätöjä päästä tekemään riittäväällä tarkkuudella, jotta saataisiin paras mahdollinen toimivuus ja suorituskyky.

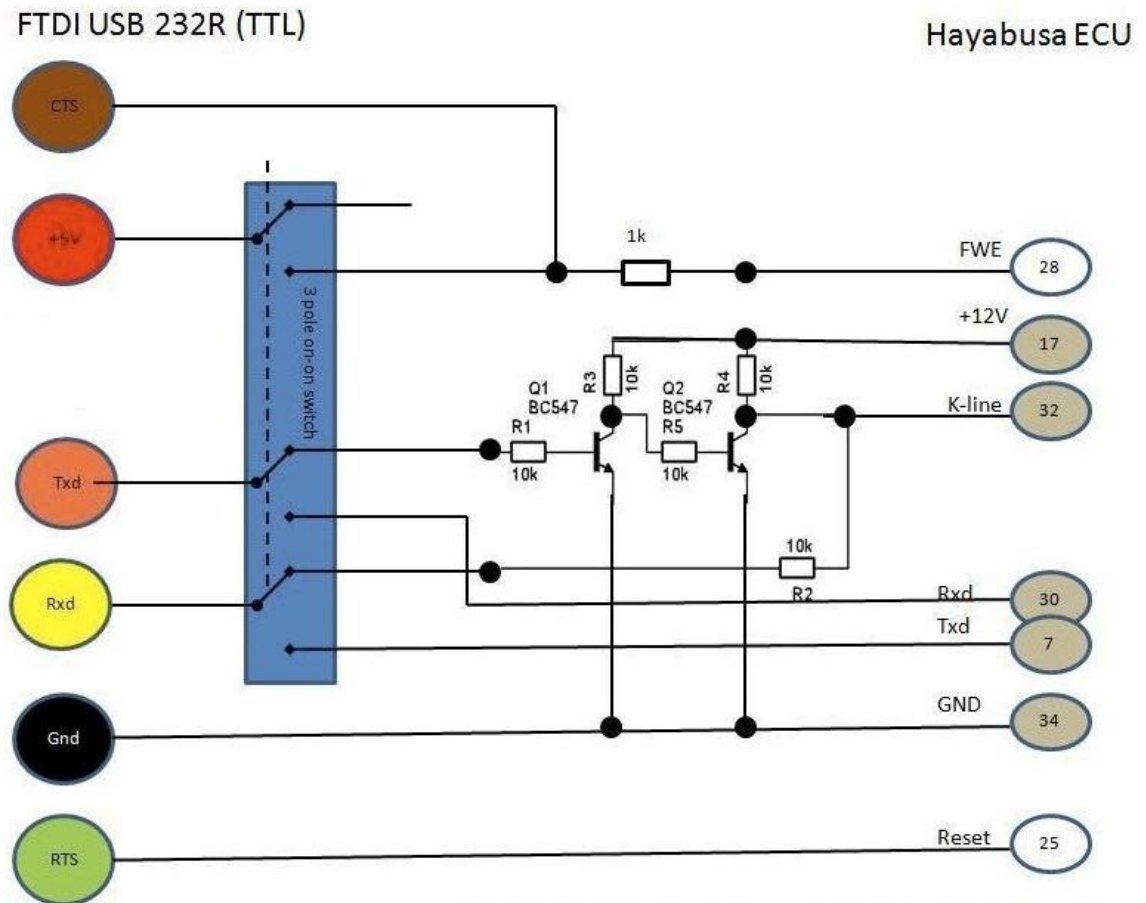
Suurin ongelma käyttäessä rinnalle asennettavia säätölaitteistoja tulee siitä, että pienillä kaasunasennoilla (kaasunasento <10 %) moottoriin syötetään polttoainetta alipaineen mukaan. Jos alipainekarttoja ei säädetä itsenäisesti, saattaa pyörässä esiintyä pientä nykimistä pintakaasulla ajettaessa. Hayabusan moottorinohjausyksikön muokkaustyön tuotoksena syntyneellä ECUeditor-ohjelmistolla voidaan säätää niin kaasuasentopohjaisia karttoja kuin alipainepohjaisia karttoja, millä saadaan pyörään tasaisempi ajettavuus ja hallittavampi tehon tuotto.

Nykyään Hayabusan alkuperäisen moottorinohjausyksikön säätäminen onnistuu hyvin ECUeditorin avulla. Projektin menestys on huomioitu aina Yhdysvalloissa asti; esimerkiksi Schnitz-nimisen yrityksen ilmaisema mielenkiinto olla mukana edistämässä harrastelijapohjaista toimintaa tuottamalla moottorinohjausyksikön uudelleenohjelmointiin tarvittavia tarvikkeita. Schnitz tuottaa erikoisvalmisteista, säätämisessä tarvittavaa johtosarjaa, jota Suomessa myy Dragrace.fi Online Store (18).

#### **4.2 Uudelleenohjelmoinnin vaatimukset**

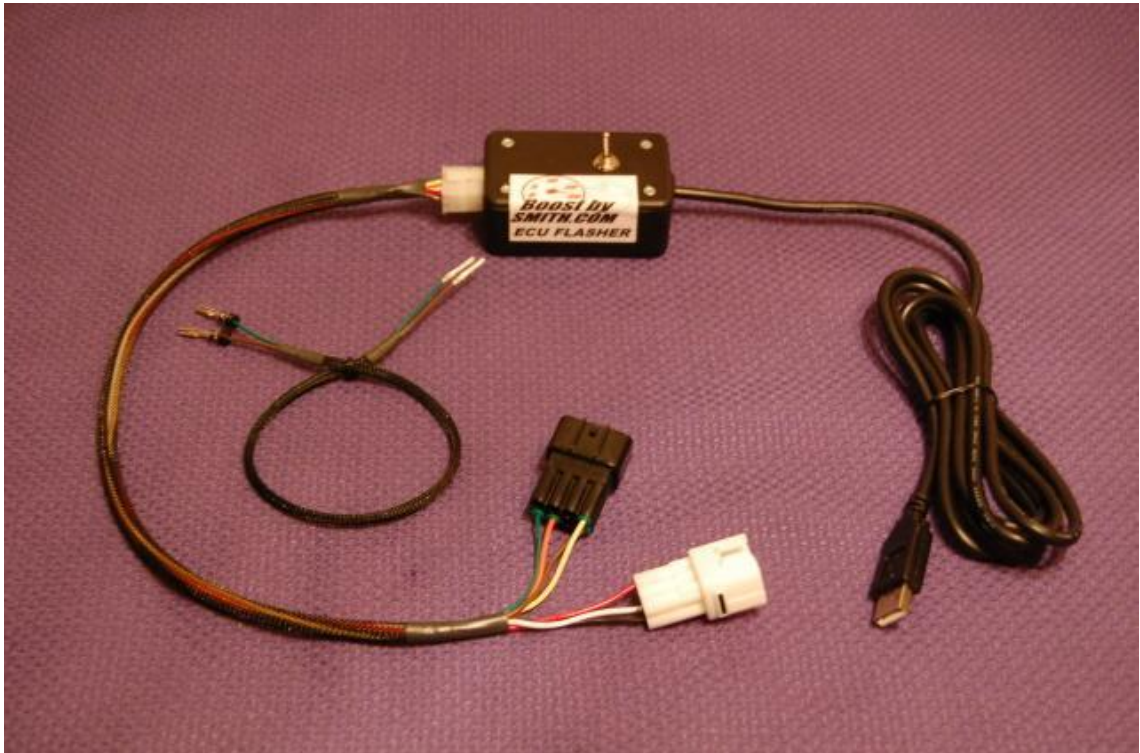
Uudelleenohjelmoinnissa käytettävän ohjelman nimi on ECUeditor, joka on täysin ilmainen Internetistä ladattava tuote. Ohjelma toimii Windows-käyttöjärjestelmässä. Varsinaiseen ohjelmointiprosessiin vaaditaan siis myös PC-tietokone USB-liitännällä, jo-

hon erikoisvalmisteinen johto kytketään. Johdon toinen pää kytketään Hayabusan moottorinohjausyksikön liittämään. Kyseisen johdon kytkentäkaavio on täysin julkista tietoa joten oman johdon voi rakentaa myös tarvittaessa itse. Johdon kytkentäkaavio on kuvassa 4.



Kuva 4. Toisen sukupolven Hayabusan moottorinohjausyksikön uudelleenohjelmointiin käytettävän kaapelin kytkentäkaavio. (19)

Uudelleenohjelmoinnissa viiden johdon sarja kytketään moottorinohjausyksikön liittimissä vapaana oleviin nastoihin. Kuvassa 5 on BoostbySmith.comin (20) valmistama kaupallinen ohjelmointikaapeli toisen sukupolven Hayabusan moottorinohjausyksikön uudelleenohjelmointiin.



*Kuva 5. Boostbysmith.comin valmistama Hayabusan moottorinohjausyksikön uudelleenohjelmointikaapeli. (20)*

Tiedonsiirto tapahtuu yksisuuntaisesti tietokoneelta moottorinohjausyksikölle, joten lähtökohtana vaaditaan moottorinohjausyksikön ROM-muistista löytyvät valmistajan polttoainesuihkutus- ja sytytysennakkokartat. Ohjelmointiprosessissa data ei kulje toiseen suuntaan, joten moottorinohjausyksikön vakiokarttoja ei voi ladata suoraan tietokoneelle ECUeditoriin. Siitä, kuinka vakiokartat on kuitenkin saatu tietokoneelle, kerrotaan jäljempänä. Pääsääntöisesti omaan Hayabusaan ladataan siis hyväksi havaitut kartat, joihin halutut muutokset tehdään ECUeditorilla. Nykyään harrastajat ovat laittaneet omia karttojaan internetiin muiden ladattavaksi ja käytettäväksi eri kokoonpanoihin.

### **4.3 Muokattavat ominaisuudet**

#### **4.3.1 Polttoainekartat**

Moottorin toiminta-alueella käytettävät polttoainekartat koostuvat pääasiassa kahdesta osiosta, jotka ohjaavat polttoaineen syöttöä riippuen siitä, millä kaasun asennolla ja kierroslukemalla ajetaan. IAP-karttaa (alipainekarttaa, engl. Intake Air Pressure) muok-

kaamalla voidaan säätää polttoaineseoksia kaasuläppien ollessa auki 0–15 % täydestä kaasun avauksesta. Käytännössä IAP-kartat ovat aktiivisia, kun ajaminen tapahtuu pintakaasulla ajettaessa esimerkiksi moottoritiellä. IAP-kartan käyttöalue on vakiossa moottorinohjausyksikön ohjelmistossa asetettu 0–10 %:iin, mutta ECUeditorilla se voidaan asettaa 0–2 %:n ja 0–15 % välille.

IAP-kartta ohjaa polttoaineensyöttöä siihen asti, kunnes kaasuläpät aukeavat yli asetetun raja-arvon (vakiona siis edellä mainittu 10 %), jonka jälkeen moottorinohjausyksikkö siirtyy TPS-kartalle (kaasuläpän asentotunnistin, engl. Throttle Position Sensor). Tällöin TPS-kartta määrittelee polttoaineseokset, kun kaasuläpät ovat auki 11–100 % maksimista.

IAP- ja TPS-karttojen raja-arvojen määrittelyyn liittyvät kullakin hetkellä käytössä oleva moottorin kierrosluku sekä kaasuläppien asento. Kierrosluvun osalta säätöväli on 200 kierrosta minuutissa, ja kaasuläppien asennon osalta ohjelmoitavat säätöpisteet määrittyvät taulukon 5 mukaisesti.

*Taulukko 5. Karttojen prosentuaalinen säätöväli suhteessa kaasuläppien aukioloväliin. (21, s. 20)*

<b>Kaasuläppien aukioloväli</b>	<b>Säätöväli</b>
0–6 %	0,6 %
7–9 %	1 %
9–11 %	2 %
11–30 %	5 %
30–100 %	10 %

Tämä tarkoittaa sitä, että aukiolovälin ollessa esimerkiksi 11–30 % voidaan polttoainekartan arvot syöttää 5 % välein ja kierrosluvun osalta 200 minuuttikierrosten välein. Näin saadaan kartta, joka määrää polttoainesuutinten aukioloajan (joka on suoraan verrannollinen sylinteriin suihkutettavan polttoaineen määrän suhteen) sen mukaan, millä kaasuläppien asennolla ja moottorin kierrosluvulla ajetaan. Taulukkoa luetaan ylhäältä alaspäin ja tietyn aukiolovälin arvot saadaan pystysarakkeista, joiden perusteella moottorinohjausyksikkö ohjaa polttoaineensyöttöä.

Aiemmin mainittuun Power Commanderiin ja muihin moottorinohjausyksikön rinnalle asennettaviin säätölaitteistoihin verrattuna suurin etu ECUeditorilla saadaan säädön monipuolisuudessa, sillä polttoainekartoista saadaan tehtyä tarkempi ja omaan kokoonpanoon sopivampi. Esimerkiksi Power Commanderilla kierrosluvun säätöväli on 250 minuuttikierrosta ja kaasunasennon säätöväli ainoastaan yhdeksän säätöpistettä. Power Commanderilla ei myöskään pysty säätämään IAP-karttoja ollenkaan.

ECUeditor mahdollistaa myös pikamuutoksien tekemisen ohjelmoiduille polttoainekartoille. Esimerkiksi, jos halutaan käyttää isompia polttoainesuuttimia vakiosuuttimien sijaan, polttoaineensyötön määrä kasvaa, jolloin vakiosuuttimille ohjelmoidut karttojen arvot eivät enää täsmää. Tällöin voidaan asettaa prosentuaalinen suutinten koon muutos, jolloin ECUeditor tekee muutokset koko polttoainekarttaan, eikä jokaista arvoa tarvitse käsin muuttaa.

### **4.3.2 Sytytyskartat**

Polttoainekarttojen lisäksi on tarve säätää myös sytytyskarttoja, joiden perusteella moottorinohjausyksikkö osaa ajoittaa sytytysennakon sopivaksi. Periaate sytytyskarttoja muokattaessa on sama kuin polttoainekarttojenkin muokkauksessa. Sytytyskartat ovat kaikille vaihteille samat, ja ne voidaan ohjelmoida 400 minuuttikierroksen välein. ECUeditoriin arvot syötetään kullekin säätöpisteelle asteina ennen männän yläkuolo-kohtaa.

Sytytysennakoiden säätämisen lisäksi moottorinohjausyksikössä on myös sytytyspuolien latausaikaan liittyvä niin sanottu Dwell-toiminto, jolla voidaan vaikuttaa sytytystulpan kipinän muotoon ja luonteeseen. Mitä kauemmin sytytyspuolien annetaan ladata kipinöiden välissä, sitä voimakkaampi ja muodoltaan pidempi kipinä saadaan sytytystulpassa aikaiseksi. Dwell-arvoa muokatessa pitää muistaa, että liian pitkä latausaika kuormittaa sytytyspuolia ja saattaa aiheuttaa sytytyspuolien rikkoutumisen.

### **4.3.3 MS-kartat**

Normaalien polttoaine- ja sytytyskarttojen lisäksi moottorinohjausyksikössä on tuki niin sanotuille MS-kartoille, jotka toimivat vaihtoehtoisina polttoaine- ja sytytyskarttoina.

MS-kartat saadaan aktivoitua irrottamalla Hayabusan moottorinohjausyksikön nasta numero 21 maasta. Tällöin moottorinohjausyksikkö siirtyy käyttämään toisia, alkupe- räisten kanssa identtisiä, karttoja. MS-karttojen käyttöä varten voidaan rakentaa erilli- nen kytkin, joka kytkee tarvittaessa nastan 21 maahan tai pois maasta, jolloin voidaan vaihdella käytettäviä karttoja. MS-karttoihin voidaan ohjelmoida säädöt esimerkiksi ilokaasua tai kisabensiiniä varten.

#### **4.3.4 Rajoittimet**

Hayabusan moottorinohjausyksikön ohjelmistossa on asetettu parametreja, jotka mää- räävät, milloin moottorin kierrosnopeudenrajoitin tulee toimintaan. ECUeditorilla voi- daan säätää kierrosrajoittimen lukemaa, joka on välillä 10500 ja 11650. Rajoittimen toiminnassa on kierrosluvun määrän lisäksi kaksi vaihtoehtoa, jotka ovat niin kutsutut softcut ja hardcut. Softcut-valinnassa rajoittaja poistaa ensin ulommat ja sitten keskimmäiset polttoainesuuttimet ja sytytyspuolat käytöstä. Hardcut-valinta taas poistaa kaikki neljä sylinteriä samalla kertaa.

Myös huippunopeusrajoitin voidaan poistaa toiminnasta, jolloin aiemmin mainittu 300 km/h -huippunopeusrajoituksen ”herrasmiessopimus” voidaan kiertää. Testivedoissa Hayabusalla on päästy vakiovälityksillä ja 11650 minuuttikierroksen rajoitinasetuksella noin 335 km/h nopeuksiin.

#### **4.3.5 Shifter-toiminto**

Shifter on vaihteentunnistimeen kytkettävä lisälaitte, jonka tarkoituksena on mahdollis- taa vaihtenvaihto ylöspäin ilman, että kaasua tarvitsee päästää pois, ja ilman, että kyt- kintä tarvitsee käyttää vaihtaessa. Toiminto perustuu moottorin toiminnan katkomiseen vaihtenvaihdon aikana. Tällöin vaihtenvaihto tapahtuu huomattavasti nopeammin. Esimerkiksi nopeusajoissa shifterin käytöstä syntynyt lyhyt ajansäästö voi merkitä eroa voiton ja häviön välillä. (22.)

ECUeditor tukee Hayabusan moottorinohjausyksikön shifter-toimintoa. Shifterin ohja- uksessa voidaan valita käytetäänkö moottorin toiminnan katkomisessa polttoaineen syötön vai sytytyksen, tai molempien, pätkimistä. Katko aika voidaan asettaa 1000 kier-

roksen välein erimittaiseksi. 6. vaihteen - eli viimeisen vaihteen - ollessa kytkettynä moottorinohjausyksikkö ei ota enää shifterin vaihdepolkimeen liitetyn kytkimen käskyjä vastaan, jolloin kuljettajan vahingolliset 7. vaihteen polkemiset eivät aiheuta turhia katkoja moottorin toimintaan. Shifter voidaan myös kytkeä kokonaan pois käytöstä tarvittaessa.

## **5 Hayabusa K8 -moottoripyörän moottorinohjausyksikön laitteisto ja ohjelmisto**

### **5.1 Moottorinohjausyksikön käyttämä mikrokontrolleri**

Suzuki Hayabusan moottorinohjausyksikössä käytetään Renesas M32R 32196F8 -mikrokontrolleria, jossa on 32-bittinen RISC-käskykanta (reduced instruction set computing) käyttävä mikroprosessori. Mikrokontrolleri myös sisältää ROM-muistia, RAM-muistia ja muita laitetoimintoja. (23, s. 22.)

#### **32-bittinen RISC-arkkitehtuuri**

M32R perustuu RISC-arkkitehtuuriin. Muistinkäsittely suoritetaan erilaisilla load & store -käskyillä ja monipuoliset aritmeettiset operaatiot suoritetaan rekisteristä rekisteriin -operaatioilla. Mikrokontrollerissa on kuusitoista sisäistä 32-bittistä yleisrekisteriä ja käskykanta koostuu 83 yksittäisestä käskystä. (23, s. 22.)

#### **6-vaiheinen pipeline**

Renesas M32R -mikrokontrolleri käyttää 6-vaiheista pipeline-käskynkäsittelyä, joka koostuu käskyn hausta, dekodauksesta, suorittamisesta, muistinkäsittelystä ja käskyn rekisteriin kirjoittamisesta. Myös yhdistetyt käskyt, kuten load & address update ja store & address update, voidaan suorittaa täten yhdessä kellojaksossa tyypillisten load & store- sekä rekisteristä rekisteriin -käskyjen lisäksi. (23, s. 22.)

Käskyt syötetään pipeline suorituslinjalle siinä järjestyksessä, jossa ne haetaan, mutta tämä ei aina tarkoita sitä, että ensin syötetty käsky suoritetaan myös ensin. Esimerkiksi jos load & store -käsky saapuu suorituslinjalle ensin, sen vaatimat odotussyklit muistinkäsittelyvaiheessa voivat aiheuttaa sen, että esimerkiksi nopeampi – ja jälkeen päin suo-



rituslinjalle tullut – rekisteristä rekisteriin -operaatio voidaan suorittaa ensin, jotta kellojaksossa ei menisi hukkaan. (23, s. 22.)

### **Kompaktit käskyt**

M32R:n käskyt ovat kahdentyyppisiä: ensimmäiset koostuvat pituudeltaan 16-bittisistä käskyistä ja toiset 32-bittisistä käskyistä. 16-bittiset käskyt auttavat supistamaan ohjelmakoodin kokoa. (23, s. 23.)

Tietyt 32-bittiset käskyt voivat haarautua suoraan 32 megatavua eteen- tai taaksepäin suoritettavan käskyn osoitteesta. Verrattuna arkkitehtuureihin, joissa osoiteavaruus on segmentoitu, tämä suora hyppy mahdollistaa helpomman ohjelmoinnin. (23, s. 23.)

### **Kertoja ja MAC-operaatiot**

Renesas M32R sisältää 32-bit x 16-bit -kertojan, joka mahdollistaa 32-bit x 32-bit -laskutoimituksen kolmessa kellojaksossa (23, s. 23).

Mikrokontrolleri tukee neljää eri MAC-moodia (Multiply-Accumulate) käyttäen 56-bittistä akkua. Kaikki neljä operaatiota voidaan suorittaa yhdessä kellojaksossa. MAC-moodit ovat:

- 16 ylintä rekisteribittiä x 16 ylintä rekisteribittiä
- 16 alinta rekisteribittiä x 16 alinta rekisteribittiä
- Koko 32-bittinen rekisteri x 16 ylintä rekisteribittiä
- Koko 32-bittinen rekisteri x 16 alinta rekisteribittiä.

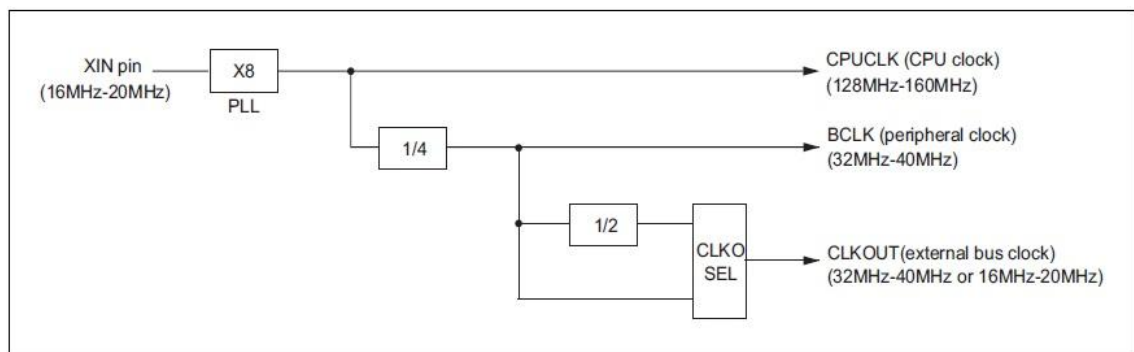
M32R:ssä on käskyjä pyöristää akkuun säilötty arvo 16- tai 32-bittiseksi sekä myös käskyjä, joilla voidaan sivuttaissiirtää (engl. shift) akun arvoa ja säilöä uusi arvo rekisteriin. Nämä käskyt voidaan suorittaa yhdessä kellojaksossa. Jos ne yhdistetään esimerkiksi load & address update- tai store & address update -käskyihin, mahdollistetaan M32R:n suuri datankäsittelypotentiaali, joka on verrattavissa DSP-prosessoreihin (engl. Digital Signal Processors). (23, s. 23.)

### Sisäänrakennettu ROM-muisti ja RAM-muisti

M32R sisältää RAM-muistia ja uudelleen ohjelmoitavaa flash-tyylistä ROM-muistia, joita voidaan käsitellä ilman odotusvaiheita mahdollistaen aikakriittisten, kuten moottorinohjausyksiköiden, sulautettujen sovellusten suorittamisen. Sisäistä flash-muistia voidaan uudelleen kirjoittaa noin 100 kertaa. Flash-muistia M32R sisältää 1 megatavun. Flash-muistissa on myös virtualisointitoiminto, jota käyttämällä sisäistä RAM-muistia voidaan keinotekoisesti kartoittaa flash-muistiksi. (23, s. 23–24.)

### Sisäänrakennettu kellotaajuuskerroin

Renesas M32R -mikrokontrolleri kertoo sisään tulevan ulkoisen kellotusmerkin taajuuden kahdeksalla ja sisäisten laitteiden kellotaajuuden kahdella. Jos ulkoinen kellotaajuus on 20 MHz, prosessorin kellotaajuus on tällöin 160 MHz ja sisäinen kellotaajuus on 40 MHz. (23, s. 25.) Kuvassa 6 on kellotaajuuskertoimen lohkokaavio.



Kuva 6. Kellotaajuuskertoimen lohkokaavio. (23, s. 25)

### **Sisäänrakennettu monihaara-ajastin**

M32R:n ajastin on konfiguroitu 55-kanavaisesti:

- 16-bittinen ulostuloriippuvainen ajastin x 11 kanavaa
- 16-bittinen sisääntulo-/ulostuloriippuvainen ajastin x 10 kanavaa
- 16-bittinen sisääntuloriippuvainen ajastin x 8 kanavaa
- 32-bittinen sisääntuloriippuvainen ajastin x 8 kanavaa
- 16-bittinen sisääntuloriippuvainen up/down -ajastin x 2 kanavaa
- 24-bittinen ulostuloriippuvainen ajastin x 16 kanavaa.

Jokaisella ajastimella on monia toimintatiloja, joiden käyttö valitaan tarkoituksen mukaan. Ajastimella on sisäinen väylä, sisääntuloväylä ja ulostuloväylä. Tämä mahdollistaa monien ajastimien yhdistämisen sisäistä käyttöä varten. Ulostuloriippuvaiset ajastimet sisältävät korjausfunktion mahdollistaen ajastimen laskurin arvon nostamisen tai laskemisen halutulla tavalla. Näin saadaan reaaliaikainen ulostulon ohjaus. (23, s. 27.)

### **Sisäänrakennettu 10-kanavainen DMA**

Mikrokontrollerin 10-kanavainen sisäänrakennettu DMA (Direct Memory Access) tukee datansiirtoa sisäisten oheislaitteiden välillä tai sisäisen oheislaitteen ja sisäisen RAM-muistin välillä. Sen lisäksi, että DMA-siirtopyyntöjä voidaan ohjelmoida ohjelmistoon, voi sen laukaista sisäinen oheislaitte signaalillaan, kuten esimerkiksi AD-muuntimen signaalilla. (23, s. 27.)

### **Sisäänrakennettu 16-kanavainen AD-muunnin**

M32R:ssä on yksi 16-kanavainen AD-muunnin, joka voi muuntaa dataa 10 bitin resoluutiolla. Kun AD-muunnos on valmis, mikrokontrolleri voi laukaista keskeytyksen tai DMA-siirtopyynnön. AD-muunnoksen tulos voidaan lukea 8- tai 10-bittisenä. (23, s. 28.)

## **Sarjaliikenne**

Mikrokontrollerissa on kuusi kanavaa sarjaliikennettä varten, joka tukee normaalia synkronoitua I/O-sarjaliikennettä sekä UART:ia (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Kun mikrokontrolleri on asetettu synkronoituun sarjaliikennemoodiin, sarjaliikenteen kaistanleveys on maksimissaan 5 megabittiä sekunnissa. Kun datan vastaanotto on valmis tai kun lähetyspuskuri on tyhjä, sarjaliikenne-I/O voi laukaista DMA-siirtopyynnön. (23, s. 28.)

## **Keskeytysohjain**

Keskeytysohjain hallinnoi keskeytyspyyntöjä jokaiselta sisäiseltä oheislaitteelta hahmottamalla keskeytyksen prioriteetin kahdeksassa eri tasossa. Lisäksi se voi hyväksyä myös ulkoisia keskeytyspyyntöjä virrankatkaisun tai vahtikoira-ajastimen laukaistaessa. (23, s. 28.)

## **Sisäänrakennettu CAN-yksikkö**

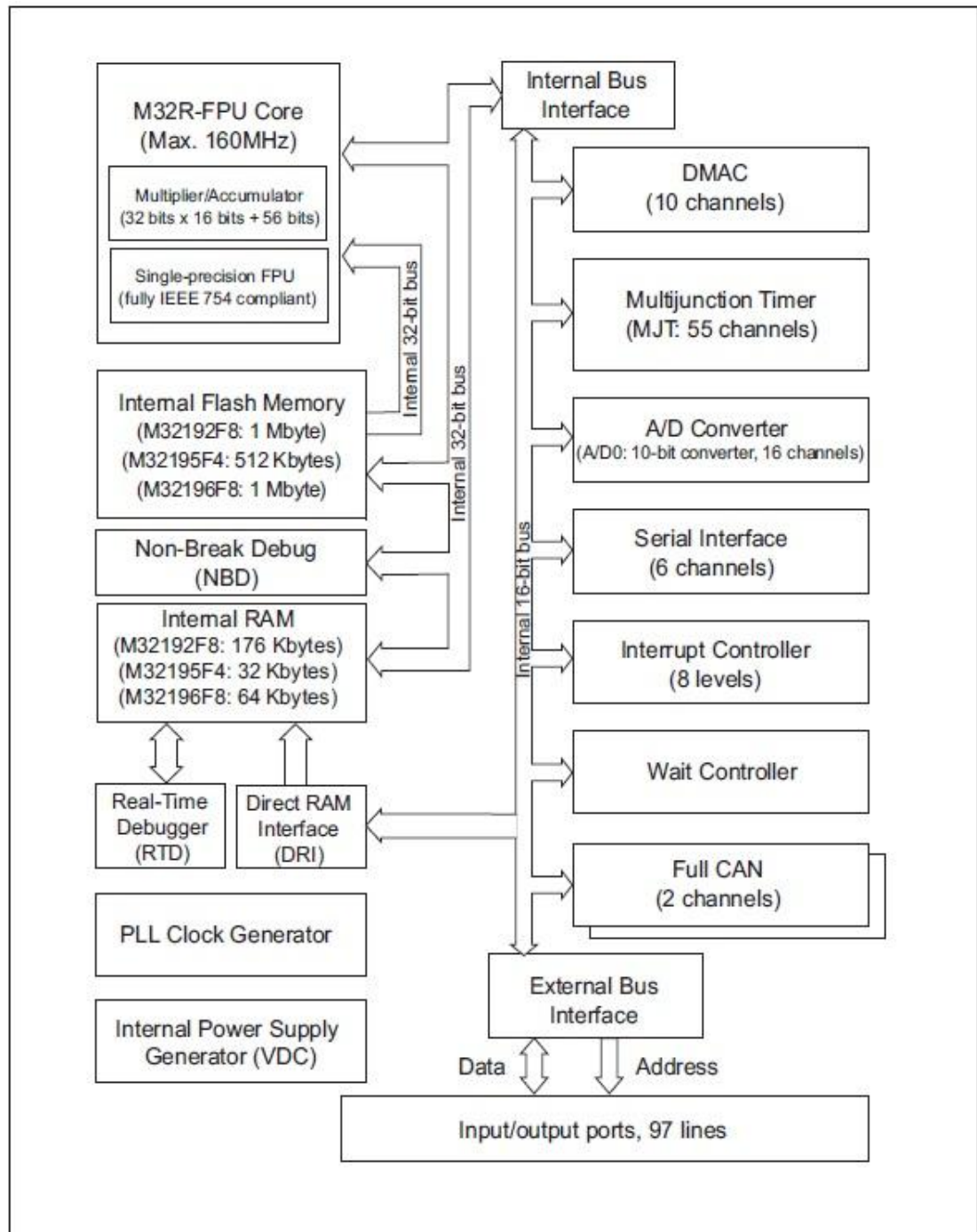
M32R:ssä on sisäänrakennettu CAN Specification V2.0B -mukainen CAN-moduuli (Controller Area Network) (23, s. 28).

## **JTAG-liitäntä**

Renesas M32R sisältää myös JTAG-liitännän (Joint Test Action Group), jolla voidaan suorittaa laitteistoon ja ohjelmistoon liittyviä toimenpiteitä (23, s. 29).

## **NBD-ominaisuus**

NBD:llä (Non-Break Debugger) voidaan lukea M32R:n koko muistialuetta mikrokontrollerin ulkopuolelta (23, s. 28). Kuvassa 7 on M32R-mikrokontrollerin lohkokaavio.

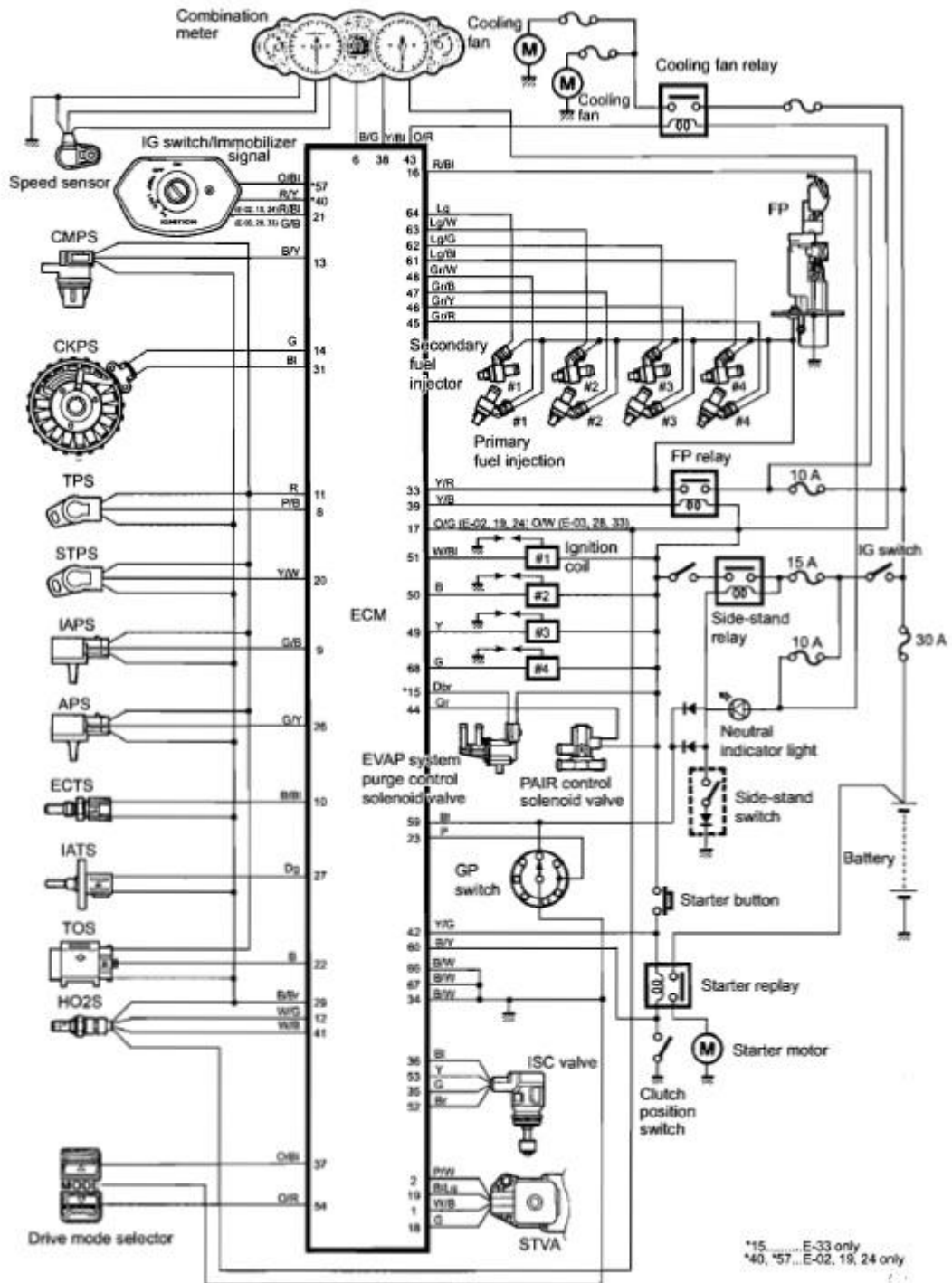


Kuva 7. Renesas M32R -mikrokontrollerin lohkoavio. (23, s. 26)

## 5.2 Moottorinohjausyksikön kytkennät

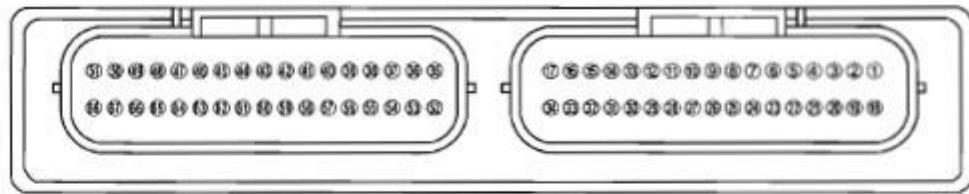
Hayabusan moottorinohjausyksikkö on yhteydessä lähes kaikkiin moottoripyörän sähkölaitteisiin. Vaikka pääasiallinen tarkoitus on ohjata moottorin toimintaa ja säätää polttoaineen syöttöä ja sytytysennakoa tarpeen mukaan, on se yhteydessä myös esimer-

kiksi kytkinkahvaan, josta se saa tiedon, onko kytkinkahva painettuna vai ei, sekä sivuseisontatukeen, josta se saa tiedon, onko tuki laskettuna alas vai nostettuna ylös. Nämä esimerkit liittyvät turvallisuuteen, sillä moottoripyörä ei käynnisty, jos kytkinkahva ei ole painettuna käynnistyshetkellä alas. Jos liikkeelle yrittää lähteä sivuseisontatuki alhaalla, moottorinohjausyksikkö saa tästä tiedon ja sammuttaa moottorin. Kuvassa 8 esitetään koko Hayabusan moottorinohjausyksikön kytkennät. (24, s. 73.)



Kuva 8. Hayabusan moottorinohjausyksikkö ja sen kytkennät eri laitteisiin. (24, s. 73)

Kuvassa 9 on Hayabusan moottorinohjausyksikön numeroidut I/O-liitännät ja taulukko siitä, mikä piiri on kytkettynä mihinkin nastaan (24, s. 74).



I623H110002-01

TERMINAL NO.	CIRCUIT	TERMINAL NO.	CIRCUIT
1	STVA signal (STVA, 2A)	35	ISC valve signal (ISC, 2A)
2	STVA signal (STVA, 1A)	36	ISC valve signal (ISC, 1A)
3	—	37	Drive mode selector (DMS 1)
4	—	38	Tachometer
5	—	39	Fuel pump relay (FP relay)
6	Serial data for speedometer	40	Immobilizer communication (For E-02, 19, 24)
7	—	41	HO2 sensor heater (HO2SH)
8	TP sensor signal (TPS)	42	Starter switch
9	IAP sensor signal (IAPS)	43	Cooling fan relay
10	ECT sensor signal (ECTS)	44	PAIR control solenoid valve (PAIR)
11	Power source for sensors (VCC)	45	Primary fuel injector #4 (#41)
12	HO2 sensor signal (HO2S)	46	Primary fuel injector #3 (#31)
13	CMP sensor signal (CMPS+)	47	Primary fuel injector #2 (#21)
14	CKP sensor signal (CKPS+)	48	Primary fuel injector #1 (#11)
15	EVAP system purge control solenoid valve (EVAP) (E-33 only)	49	Ignition coil #3
16	Power source for back-up	50	Ignition coil #2
17	Power source	51	Ignition coil #1
18	STVA signal (STVA, 2B)	52	ISC valve signal (ISC, 2B)
19	STVA signal (STVA, 1B)	53	ISC valve signal (ISC, 1B)
20	STP sensor (STPS)	54	Drive mode selector (DMS 2)
21	Immobilizer indicator (For E-02, 19, 24) /Ignition switch signal (For E-03, 28, 33)	55	—
22	TO sensor signal (TOS)	56	—
23	GP switch signal (GP)	57	Immobilizer communication (For E-02, 19, 24)
24	—	58	—
25	—	59	Neutral signal
26	AP sensor signal (APS)	60	Clutch lever switch
27	IAT sensor signal (IATS)	61	Secondary fuel injector #4 (#42)
28	—	62	Secondary fuel injector #3 (#32)
29	Sensor ground (E2)	63	Secondary fuel injector #2 (#22)
30	—	64	Secondary fuel injector #1 (#12)
31	CKP sensor signal (CKPS-)	65	Mode select switch
32	Serial data for self-diagnosis	66	General power ground (E-01)
33	Power source for fuel injectors	67	Ignition system ground (E-03)
34	ECM ground	68	Ignition coil #4

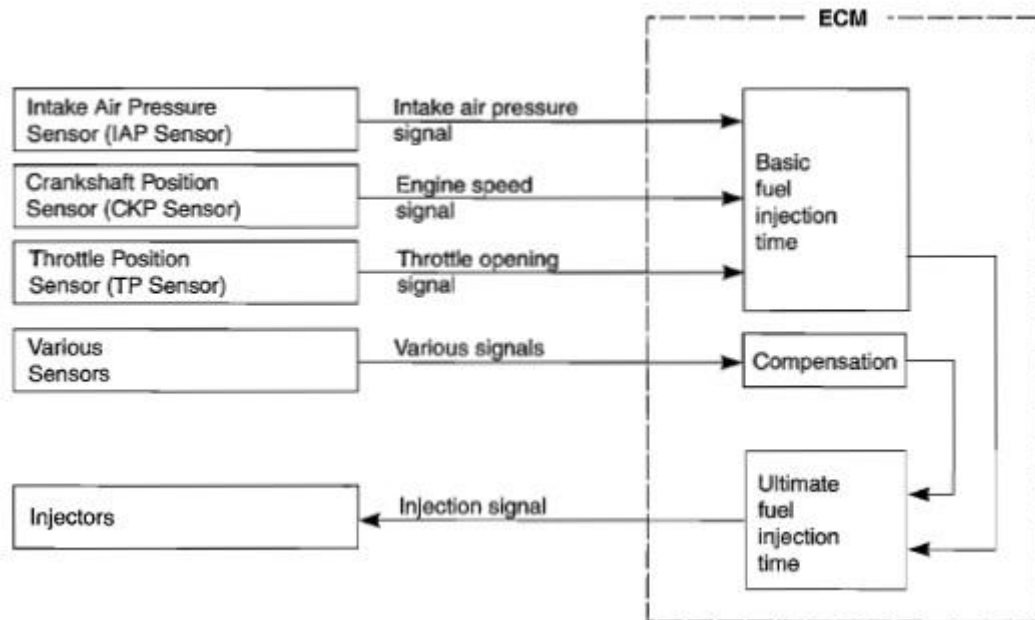
Kuva 9. Hayabusan moottorinohjausyksikön nastat ja niihin kytketyt piirit. (24, s. 74)

### 5.3 Moottorinohjausyksikön polttoaineensyötön toimintaperiaate

Polttoainesuuttimen pulssinleveys tai polttoainesuuttimen aukioloaika on suoraan verrannollinen sylinteriin suihkutettavan polttoaineen määrän kanssa: mitä kauemmin suutin on auki, sitä enemmän polttoainetta syötetään sylinteriin. Hayabusassa lopullisen pulssinleveyden määrittelyyn moottorinohjausyksikkö käyttää tyypillistä pulssinleveyttä, joka lasketaan imuilman paineanturin, kampiakselin asema-anturin, kaasuläpän asentoanturin signaalien datan ja kompensatioiden perusteella. Kompensatiot lasketaan useiden antureiden perusteella, jotka tarkkailevat moottorin ja laitteiden tiloja. Ku-



vassa 10 on selventävä kaavio polttoaineensyötön toiminnasta, ja taulukossa 6 on lisattuna kompensatioon vaikuttavien antureiden toiminta. (24, s. 70.)



Kuva 10. Hayabusan polttoainesuuttimien aukioloajan laskennan peruste. (24, s. 70)

Taulukko 6. Hayabusan polttoainesuuttimien aukioloajan pituuteen vaikuttavat kompensatiotekijät ja niiden vaikutus polttoainesyöttöön. (24, s. 70–71)

Vaikuttava signaali	Vaikutus
Ilmanpaineanturin signaali	Kun ympäröivä ilmanpaine on alhainen, anturi lähettää signaalin moottorinohjausyksikölle, joka pienentää polttoainesuuttimien aukioloaikaa.
Moottorin jäähdytysnesteen lämpötilanturin signaali	Kun moottorin jäähdytysnesteen lämpötila on alhainen, anturi lähettää signaalin moottorinohjausyksikölle, joka kasvattaa polttoainesuuttimien aukioloaikaa.
Imuilman lämpötila-anturin signaali	Kun imuilman lämpötila on alhainen, anturi lähettää signaalin moottorinohjausyksikölle, joka kasvattaa polttoainesuuttimien aukioloaikaa.
Jäännöshappianturin signaali	Tyhjäkäyntialueella polttoaineseos kompensoidaan teoreettiseen arvoon pakokaasujen sisältävän hapen määrän perusteella. Kompensatio tapahtuu niin, että polttoainesuuttimien aukioloaikaa kasvatetaan, jos moottorinohjausyksikkö huomaa moottorin käyvän liian laihalla seoksella, ja päinvastoin, eli polttoainesuuttimien aukioloaikaa pienennetään, jos moottori käy liian

	rikkaalla seoksella.
Akun jännitteen signaali	Moottorinohjausyksikkö toimii akun tarjoamalla jännitteellä, ja samaan aikaan se tarkkailee jännitesignaalia. Suurempi polttoainesuuttimien aukioloaika tarvitaan jännitteen vähentyessä, sillä polttoainesuuttimien syöttämän polttoaineen määrä tippuu alhaisella jännitteellä.
Moottorin käynnistyksen signaali	Kun käynnistysmoottori käynnistää polttomoottoria, polttoainesuuttimien aukioloaika kasvatetaan, kunnes moottori käy omin voimin.
Kiihtyvyyden signaali	Positiivisen kiihtyvyyden aikana polttoainesuuttimien aukioloaika kasvatetaan huomioiden kaasunavauksen määrä ja moottorin kierrosnopeus. Negatiivisessa kiihtyvyydessä (hidastaessa) polttoainesuuttimien aukioloaika pienennetään.
Kaatumisanturin signaali	Moottoripyörän kaatuessa kaatumisanturi lähettää signaalin moottorinohjausyksikölle, joka katkaisee sähkönsyötön polttoainepumpulle, polttoainesuuttimille ja sytytyspuolille.
Kierrosrajoittimen signaali	Moottorin kierrosnopeuden noustessa moottorinohjausyksikön ohjelmistossa määriteltävälle rajalle moottorinohjausyksikkö katkaisee polttoainesuutinten polttoaineensyötön.

#### 5.4 Moottorinohjausyksikön ohjelmiston lukeminen

Hayabusan moottorinohjausyksikön ohjelmisto on moottorinohjausyksikön käyttämän mikrokontrollerin ROM-muistissa. Valmistaja ei ole tarkoittanut, että ohjelmistoa ladataisiin ulos ROM-muistista. Mutta tämä on silti mahdollista käyttäen M32R-mikrokontrollerin NBD-ominaisuutta, jolla saadaan luettua koko muistialue ulkopuolelta esimerkiksi tietokoneelle. Käytännössä tämä vaatii moottorinohjausyksikön kotelon purkamisen, jotta NBD-nastaan pääsee käsiksi.

Ohjelmisto saadaan näin tietokoneelle binäärimuotoon, joka kokonaisuudessaan on noin yhden megatavun suuruinen tiedosto. Ohjelmistoa päästään lukemaan Interactive Disassembler -ohjelmalla eli IDA:lla. IDA on monialustainen takaisinkääntäjä (engl. disassembler), jota käytetään usein takaisinmallinnustehtävissä (engl. reverse

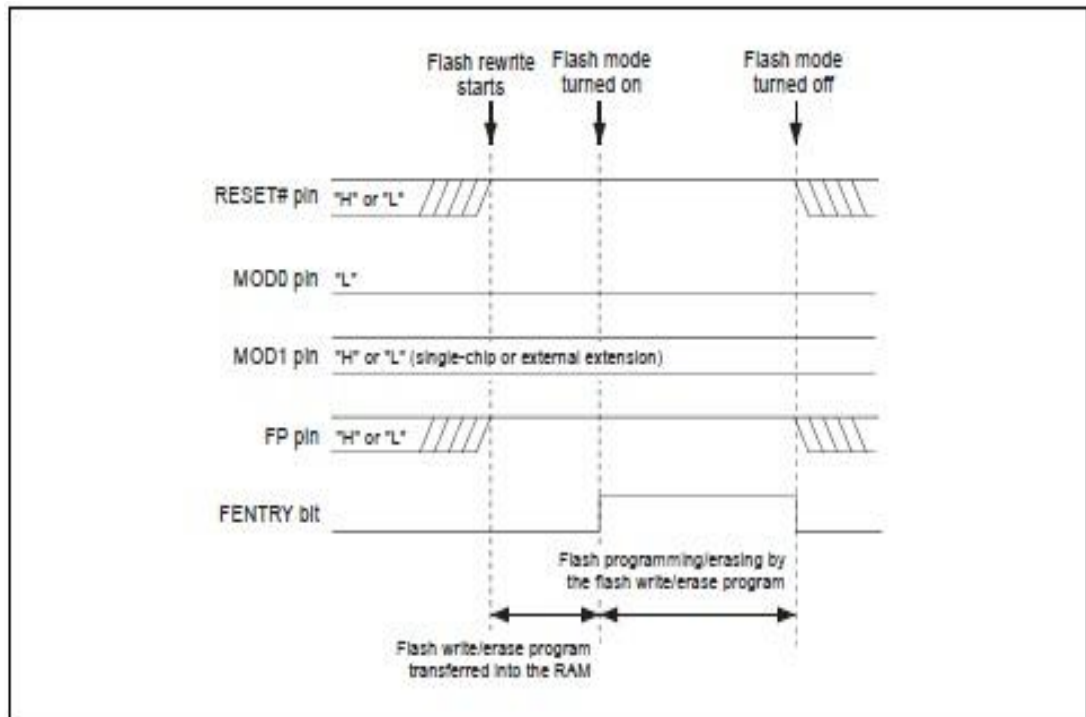
engineering), joissa yritetään selvittää käännetyin ohjelmakoodin toimintaperiaatetta. IDA siis kääntää valmiin ohjelmakoodin takaisin assembly-kieliseksi sovellukseksi ja tekee siitä käytännöllisen lohkokaaavioesityksen, joka on suuri apu suurikokoisissa sovelluksissa, kuten Hayabusan moottorinohjausyksikön ohjelmistossa.

IDA suorittaa paljon automaattista koodianalyysia käyttämällä ristiviittauksia koodialueiden, parametrien tuntemuksen ja muun tiedon perusteella. Takaisinkääntämisen filosofian takia kääntämisprosessi ei ole kuitenkaan täysin tarkka ja, se vaatii paljon käyttäjän huomiota. Kun IDA on suorittanut takaisinkäännöksen, käyttäjän on käsin muunnettava aluekohtaisesti koodit dataksi ja päinvastoin, suoritettava koodin nimeämistä ja listauksen tietojen lisäämistä, kunnes on selvää, mitä ohjelmisto tekee. (25.) Hayabusan moottorinohjausyksikön ohjelmisto sisältää suunnattoman määrän ohjelmakoodia, joka ei kokonaisuudessaan ole oleellista, kun tarkoituksena on muuttaa ohjelmiston toimintaa moottoripyörän virittämistä varten.

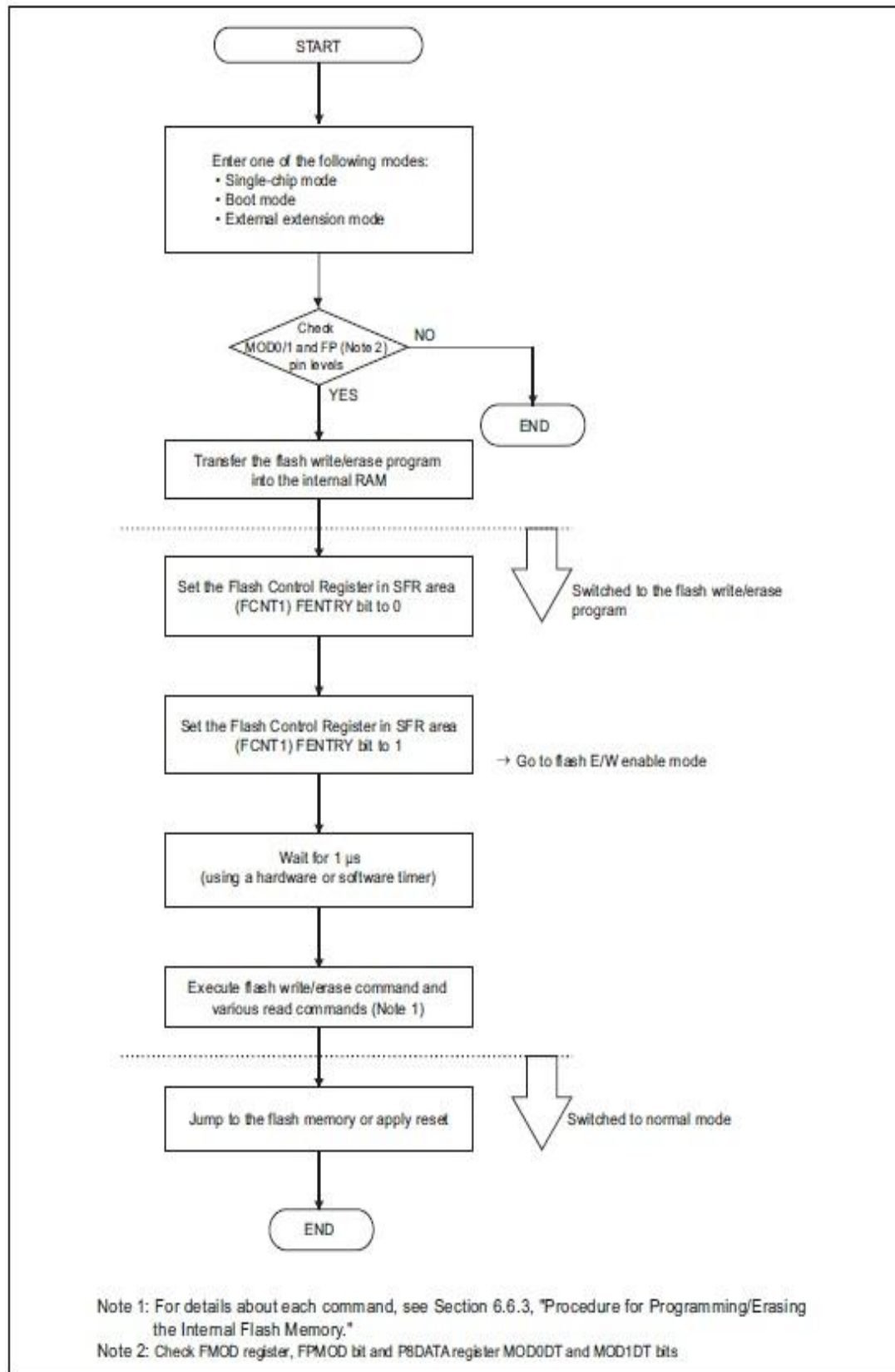
### **5.5 Moottorinohjausyksikön ohjelmiston uudelleenkirjoitus**

Moottorinohjausyksikön mikrokontrollerin käyntitilaa voidaan säätää MOD0-, MOD1-, FP-nastoilla sekä FENTRY-bitillä. Flash E/W enable mode on tila, jossa sisäiseen flash-muistiin voidaan kirjoittaa. Tässä tilassa ohjelmia ei voida suorittaa flash-muistista. Siksi uusi ohjelma täytyy siirtää mikrokontrollerin RAM-muistiin ennen flash E/W enable modeen siirtymistä, josta se voidaan suorittaa. (23, s. 175.)

Flash E/W enable modeen päästään asettamalla FP-nasta ylös 5 volttiin ja FENTRY-bitti arvoon 1. Tällöin ohjelman kirjoitus RAM-muistista flash-muistiin alkaa. Lopuksi FP-nasta vedetään maahan ja FENTRY-bitin arvoksi asetetaan 0. Kuvassa 11 on uudelleenkirjoittamiseen vaikuttavien tekijöiden ajoitus ja kuvassa 12 lohkokaavio uudelleenkirjoitusoperaation kulusta. (23, s. 182.)



*Kuva 11. Mikrokontrollerin flash-muistin uudelleenkirjoittamiseen vaikuttavien tekijöiden ajoitus. (23, s. 180)*



Kuva 12. Mikrokontrollerin flash-muistin uudelleenkirjoittamisoperaation lohkokaavio. (23, s. 183)

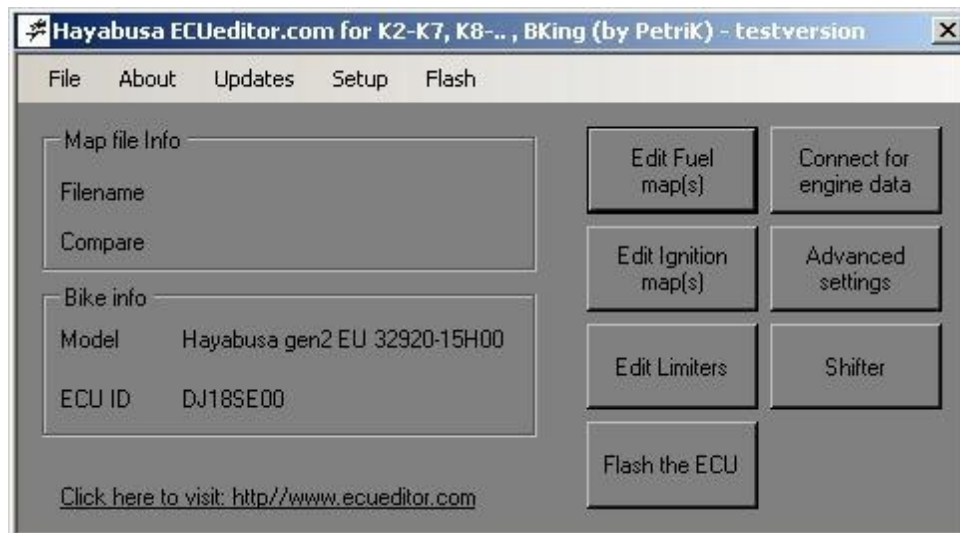
## 6 ECUeditor-sovellus moottorinohjausyksikön uudelleenohjelmointia varten

ECUeditor on PetriK:n tekemä helppokäyttöinen ja ilmainen Windows-sovellus, jolla voidaan ohjelmoida toisen sukupolven Hayabusan moottorinohjausyksikön ohjelmisto uudelleen. Kirjoitushetkellä ECUeditor tukee myös ensimmäisen sukupolven Hayabusan sekä Suzuki B-Kingin (26) moottorinohjausyksikköjen uudelleenohjelmointia. ECUeditor vaatii toimiakseen modernin Windows-pohjaisen PC-tietokoneen, johon on asennettu tarvittavat riippuvuudet. ECUeditorin ja riippuvuudet voi ladata internet-osoitteesta <http://www.ecueditor.com>.

Tässä käsitellään ECUeditorin kirjoitushetken version (versio 2.4.2.31) pääasiallisia ominaisuuksia. Koska ECUeditor on jatkuvan kehityksen alla, voi siihen tulevaisuudessa tulla uusia toimintoja sekä käyttöliittymän ulkoasu voi kokea muutoksia.

### Päävalikko

Kuvassa 13 on ECUeditorin päävalikko.



Kuva 13. ECUeditorin päävalikko.

ECUeditorin päävalikosta löytyvät päätoiminnot, jotka ovat polttoainekarttojen muokaus, sytytysennakkokarttojen muokkaus, rajoittimien muokkaus, shifter-toiminnon asetusten muokkaus, lisäasetukset, moottoridatan monitorointi ja varsinainen moottorinohjausyksikön uudelleenohjelmoinnin käynnistäminen.

### Polttoainekarttojen muokkaus

Kuvassa 14 on ECUeditorin polttoainekarttojen muokkausnäkyä.




	1,9	2,5	3,1	3,7	4,4	6	7	8	9	11	16	21	25	30	40	50	55	60	65	70	80	90	100
800	58	62	65	68	74	79	86	94	101	112	124	134	139	146	151	152	151	154	155	155	154	156	158
1000	46	55	61	64	67	76	83	91	98	108	123	132	137	142	147	150	147	151	151	153	151	154	155
1200	42	49	57	61	65	71	77	82	91	102	118	132	138	143	148	150	147	151	151	152	150	152	154
1400	37	45	52	58	62	68	73	79	85	95	110	126	134	140	143	144	144	143	143	144	145	145	146
1600	33	39	47	52	58	62	67	71	77	85	101	117	128	135	138	140	139	139	140	141	141	142	143
1800	31	38	44	49	54	59	64	69	73	82	99	113	128	135	138	139	140	140	140	140	140	141	142
2000	28	34	39	44	51	56	60	64	68	76	89	105	120	130	136	138	138	138	140	140	140	141	142
2200	27	32	37	42	48	53	57	60	64	70	81	97	112	121	130	133	134	135	135	136	136	137	138
2400	26	30	34	40	45	51	56	59	62	68	78	93	105	123	129	133	134	134	134	135	135	136	138
2600	26	28	32	37	42	49	55	58	61	67	80	92	105	121	133	137	137	137	139	139	139	139	140
2800	27	28	32	36	42	49	56	59	62	67	79	94	109	122	137	142	144	144	144	144	145	145	146
3000	26	27	30	34	40	46	53	58	62	66	79	93	108	128	143	147	148	148	149	150	149	150	150
3200	26	26	28	32	38	45	53	57	60	66	77	92	109	133	145	152	154	154	155	156	156	156	156
3400	24	26	26	30	35	42	52	57	61	67	76	94	111	134	148	159	160	161	161	162	162	162	161
3600	24	25	25	28	33	41	49	56	62	68	77	97	112	139	153	165	169	169	170	170	170	170	170
3800	24	25	26	27	32	38	46	55	61	67	76	96	112	138	156	170	174	175	176	176	176	176	177

Kuva 14. ECUeditorin polttoainekarttojen muokkausnäkyä.

Polttoainekarttojen muokkausnäkyssä voi valita muokkausnäkyä TPS-, IAP- ja MS-kartoille. Vasemmalla on moottorin kierrosnopeus minuuteissa ja ylhäällä kaasusäätimen tai alipaineen määrä valitusta muokkausnäkyästä riippuen. Solussa on kyseisen säätöpisteen arvo, joka on kompensoimaton polttoainesuuttimien aukioloaika jaettuna tietyllä vakioilla. Vakio on laskettu niin, että yhden yksikön muutos on säätämisen kannalta pienin merkittävä yksikkö.

## Sytytyskarttojen muokkaus

Kuvassa 15 on ECUeditorin sytytyskarttojen muokkausnäky.



ECUeditor - Ignition TPS/RPM map

TPS MS0 | TPS MS1 | TPS NT | 0 | 800 rpm | TPS = 0%


	0	0,6	1,2	1,9	2,5	3,1	3,7	4,4	6	7	8	9	11	16	21	25	30	40	50	60	70	90	100
800	5	5	5	5	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	2	-1	-1	-1	2	2	2	2
1200	5	5	5	5	6	7	7	7	6	6	6	6	6	6	4	2	0	0	0	2	2	2	2
1600	5	5	5	5	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	7	6	5	6	8	8	8	8
2000	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	14	14	14	14	14	12	8	8	8	14	14	14	14
2400	29	29	29	29	28	26	23	21	20	19	19	19	19	19	19	17	16	17	18	21	21	21	21
2800	43	43	43	43	39	35	31	29	26	25	24	24	24	24	25	25	25	26	28	29	28	28	28
3200	52	52	52	52	47	43	39	36	31	30	28	28	28	27	28	28	28	28	29	29	28	28	28
3600	61	61	61	61	56	51	45	41	37	35	34	33	32	31	30	30	29	30	30	29	30	30	30
4000	74	74	74	74	66	62	54	48	41	38	36	36	35	33	33	32	31	30	30	29	30	30	30
4400	88	88	88	88	72	66	62	54	43	40	38	37	36	34	34	34	32	30	29	28	30	30	30
4800	88	88	88	88	75	70	64	58	45	42	41	40	38	37	36	34	32	31	29	28	32	30	30

Kuva 15. ECUeditorin sytytyskarttojen muokkausnäky.

Sytytysennakkokarttojen muokkausnäkyssä vasemmalla näkyy moottorin kierrosnopeus minuuteissa ja ylhäällä kaasunasennon määrä. Solun arvo kertoo kampiakselin kulman asteina männän yläkuolokohtaan.

## Rajoittimien muokkaus

Kuvassa 16 on ECUeditorin rajoittimien muokkausnäky.



Hayabusa ECUeditor Limiters K8-

RPM limiter: 11300

Fuel gear limiter:  Gear limiters on

Fuel soft or Hardcut:  Fuel softcut enabled

Note: When gear limiters are removed then also top speed limiter is removed

Kuva 16. ECUeditorin rajoittimien muokkausnäky.

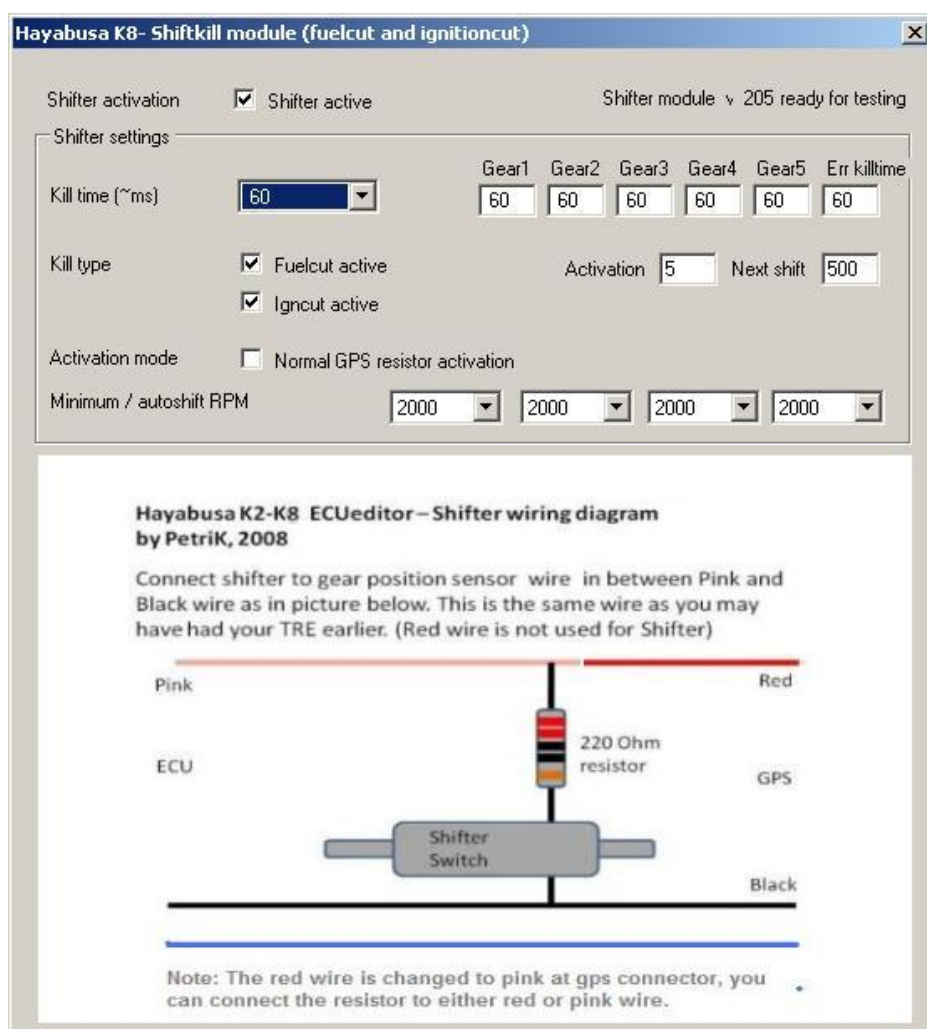
Rajoittimien muokkausnäkyssä voi valita moottorin kierrosnopeuden, jossa kierrosrajoitin käynnistyy ja alkaa katkoa polttoaineen syöttöä. Näkymästä voi myös asettaa vaihdekohtaiset kierrosrajoittimet toimintaan, sekä siitä voi valita, käytetäänkö polttoai-



neensyötön katkonnassa niin sanottua hardcut- vai softcut-valintaa. Softcut-valinnassa moottorinohjausyksikkö poistaa ensin ulompien sylintereiden polttoainesuuttimet ja sytytyspuolat käytöstä, jonka jälkeen se poistaa keskimmäisten sylintereiden polttoainesuuttimet ja sytytyspuolat käytöstä. Hardcut-valinnassa kaikkien sylintereiden polttoainesuuttimet ja sytytyspuolat poistetaan samaan aikaan käytöstä.

### Shifter-toiminnon asetusten muokkaus

Kuvassa 17 on ECUeditorin shifter-toiminnon asetusten muokkausnäkyä.



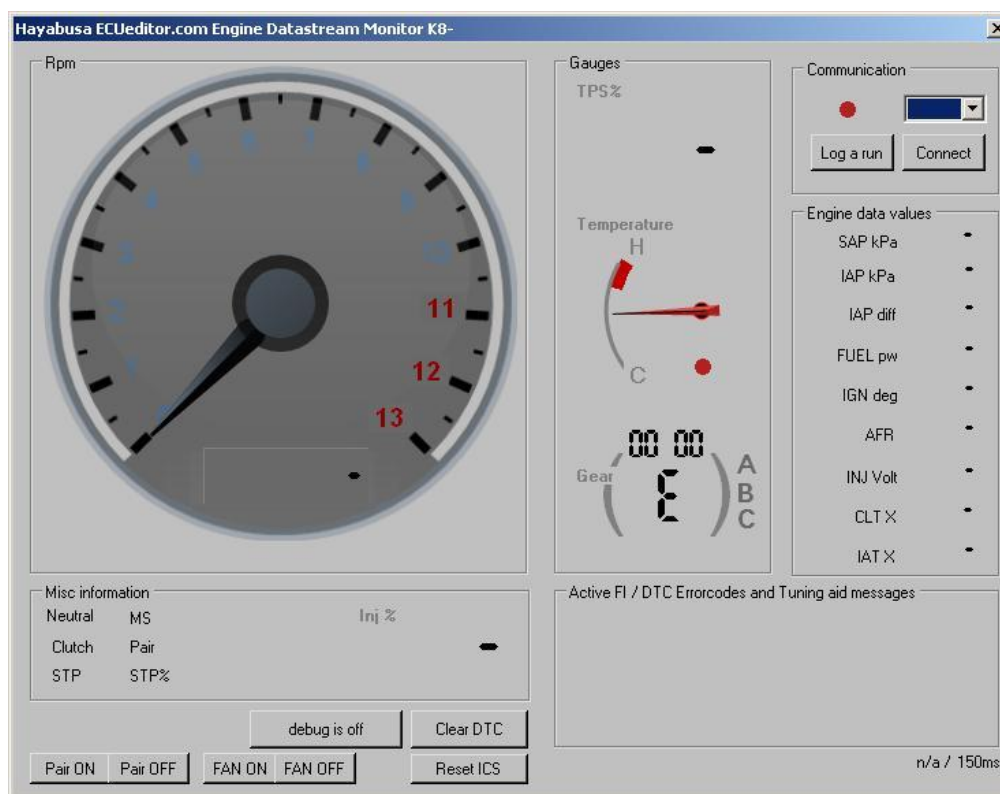
Kuva 17. ECUeditorin shifter-toiminnon asetusten muokkausnäkyä.

Shifter-toimintoa käyttäessä ECUeditorissa voi valita niin sanotun kill timen eli ajan millisekunneissa, jonka verran moottorinohjausyksikkö katkoo moottorin toimintaa. Ajan voi säätää myös vaihdekohtaisesti. Myös kill timen tyyppin säätö on mahdollista,

jolloin voidaan valita katkooko moottorinohjausyksikkö moottorin toimintaa ottamalla polttoainesuuttimet pois käytöstä, ottamalla sytytyspuolat pois käytöstä vai ottamalla molemmat pois käytöstä. Minimun / autoshift RPM -kohdassa määritellään, millä moottorin kierrosnopeuksilla shifter-toiminnon algoritmi kytkeytyy.

## Moottoridatan monitorointi

Kuvassa 18 on ECUeditorin moottoridatan monitorointinäkymä.



Kuva 18. ECUeditorin moottoridatan monitorointinäkymä.

Moottoridatan monitorointinäkymä näyttää dataa ruudulla, minkä moottorinohjausyksikön anturit ilmoittavat. Näkymässä on muun muuassa moottorin nykyinen kierroslukunopeus, kaasun asennon prosentuaalinen määrä, moottorin jäähdytysnesteen lämpötila ja valittu vaihde. Näkymässä on myös lukuisten eri anturien antama data, kuten esimerkiksi alipaineen määrä ja polttoainesuuttimien hetkittäinen käyttöjännite.

## 7 Yhteenveto

Työn aihe on ehdottoman mielenkiintoinen, sillä moottoripyörät ovat muutenkin mielenkiintoni kohteita, ja nyt niihin saatiin yhdistettyä koulussa opiskeltua asiaa eli su-

lautettua tietotekniikkaa. Moottorinohjausyksikköjä on muokattu aiemminkin, mutta tämä työ kulminoituu mielestäni ECUeditor-sovellukseen, joka voisi hyvin olla myös kaupallinen sovellus laajuutensa ja toimivuutensa perusteella. Minulle ei ole ennen tullut vastaan tässä aihepiirissä toista vastaavanlaista sovellusta.

Tällaisten harrastajayhteisöjen tekemät sovellukset ovat mullistavia siinä mielessä, että niitä tehdään pelkästään omasta mielenkiinnosta. Kaupalliset sovellukset eivät ole yhtä hyviä, koska niiden taustalla on yrityksiä, joiden on tarkoitus tehdä voittoa, eli lähtökohtana ei ole välttämättä alun perinkään ollut tarkoitus tehdä parasta mahdollista sovellusta. Koska tässä insinööriyössä tutkittu sovellus on yhdistänyt ihmisiä eri maailman kolkista internetin välityksellä, on tällaisessa työskentelyssä myös positiivinen sosiaalinen aspekti.

Kirjoitushetkellä on uudelleenohjelmoitu useita Hayabusa-moottoripyöriä ympäri maailmaa käyttäen ECUeditoria. Tällä hetkellä ECUeditorin tukemat moottoripyörät ovat Suzukin valmistamia malleja, mutta ehkä näemme myös muiden valmistajien moottoripyörien moottorinohjausyksikön helpon muokkausmahdollisuuden joskus tulevaisuudessa.

## Lähteet

- 1 Suzuki GSX1300R Hayabusa K8. (WWW-dokumentti.) Suzuki Cycles.  
<<http://suzukicycles.com/en/Product%20Lines/Cycles/Products/Hayabusa/2008/GSX1300R.aspx>>. Luettu 22.11.2010.
- 2 Interactive Disassembler. (WWW-dokumentti.) Hex-Rays.  
<<http://www.hex-rays.com/idapro>>. Luettu 22.11.2010.
- 3 ECUeditor. (WWW-dokumentti.) PetriK.  
<<http://www.ecueditor.com>>. Luettu 22.11.2010.
- 4 Power Commander V USB. (WWW-dokumentti.) Dynojet Research Inc.  
<<http://www.powercommander.com>>. Luettu 22.11.2010.
- 5 Renesas M32R. (WWW-dokumentti.) Renesas Electronics.  
<[http://www.renesas.com/products/mpumcu/m32r/Technical\\_Update.jsp](http://www.renesas.com/products/mpumcu/m32r/Technical_Update.jsp)>  
Luettu 22.11.2010.
- 6 Honda CBR1100XX Super Blackbird. (WWW-dokumentti.) Arnold's Super Blackbird Website.  
<<http://superblackbird.arnolddegraaf.nl>>. Luettu 22.11.2010.
- 7 Brown, Roland. The ultimate history of fast motorcycles, Bath, UK: Parragon, 2005.
- 8 Kawasaki ZX-12R. (WWW-dokumentti.) ZX-12R.nl  
<<http://www.zx12r.nl>>. Luettu 22.11.2010.
- 9 Carrithers, Tim. Smart Money; 1999–2006 Suzuki GSX1300R Hayabusa, Motorcyclist: 82, tammikuu 2006.
- 10 Suzuki Hayabusa 1st Gen. (WWW-dokumentti.) Johannsson.net.  
<[http://www.johannsson.net/files/Hayabusa/1999\\_GSX1300R\\_slv-bronz\\_450.jpg](http://www.johannsson.net/files/Hayabusa/1999_GSX1300R_slv-bronz_450.jpg)>  
Luettu 22.11.2010.
- 11 Kawasaki ZZR1400. (WWW-dokumentti.) Kawasaki Suomi.  
<<http://www.kawasaki.fi/ZZR1400>>. Luettu 22.11.2010.
- 12 Suzuki Hayabusa. (WWW-dokumentti.) Wikipedia.  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Suzuki\\_Hayabusa](http://en.wikipedia.org/wiki/Suzuki_Hayabusa)>. Luettu 22.11.2010.
- 13 Suzuki Hayabusa 2nd Gen. (WWW-dokumentti.) Hayabusa Racing.  
<<http://www.hayabuseracing.dk/filer/Hayabusa%202008%20org.jpg>>  
Luettu 22.11.2010.
- 14 Boehm, Mitch. 2008 Suzuki Hayabusa, Motorcyclist: 46–61, elokuu 2007.

- 15 Suzuki GSX-R1000. (WWW-dokumentti.) Suzuki Cycles.  
<<http://www.suzukicycles.com/Product Lines/Cycles/Products/GSX-R1000/2011>>  
Luettu 22.11.2010.
- 16 Moottorinohjausyksikkö. (WWW-dokumentti.) AutoWiki.fi  
<<http://www.autowiki.fi/index.php/Moottorinohjausyksikkö>> Päivitetty 24.2.2009.  
Luettu 7.3.2009.
- 17 BOSCH. Motronic - Yhdistetty sytytys- ja bensiininsuihkutusjärjestelmä lambda-säädöllä.
- 18 Dragrace.fi (WWW-dokumentti.) Dragbike Info-Site.  
<<http://www.dragrace.fi>>. Luettu 20.9.2010.
- 19 Ecueditor 2.0 - trial version and interface harness. (WWW-dokumentti.) Suzuki Hayabusa.org.  
<<http://www.suzukihayabusa.org/forum/index.php?topic=140589.0>>  
Luettu 20.9.2010.
- 20 08–09 Suzuki Hayabusa & B-King ECU Flashing Interface. (WWW-dokumentti.) Boostbysmith.com.  
<<http://www.boostbysmith.com/ecugen2.html>>. Luettu 20.9.2010.
- 21 Bomber Magazine 3/2009. Ecueditor 101.
- 22 Dynojet Quick Shifter. (WWW-dokumentti.) Powercommander.com  
<[http://www.powercommander.com/powercommander\\_ex/powercommander\\_quick\\_shifter.aspx](http://www.powercommander.com/powercommander_ex/powercommander_quick_shifter.aspx)> Luettu 22.9.2010.
- 23 Renesas 32-bit RISC Single-Chip Microcomputer. M32R Family / M32R/ECU Series datasheet, huhtikuu 2007.
- 24 Suzuki GSX1300R Service Manual, 2008.
- 25 Eagle, Chris. The IDA Pro Book: The Unofficial Guide to the World's Most Popular Disassembler. No Starch Press, 2008.
- 26 Suzuki B-King. (WWW-dokumentti.) Suzuki Cycles.  
<<http://www.suzukicycles.com/Product%20Lines/Cycles/Products/B-King/2008/GSX1300BK.aspx>>. Luettu 22.11.2010.