

Kari-Pekka Piipponen

**Siirrettävä etäisyshälytin**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Kevät 2010



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

|   |   |
|---|---|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala  | Koulutusohjelma<br>Tietotekniikan koulutusohjelma   |
| Tekijä(t)<br>Kari-Pekka Piipponen   |   |
| Työn nimi<br>Siirrettävä etäisyshälytin   |   |
| Vaihtoehtoiset ammattiopinnot   | Ohjaaja(t)<br>Jukka Heino<br>Olli Virmajoki   |
|   | Toimeksiantaja<br>Ismo Talus  |
| Aika<br>8.4.2010  | Sivumäärä ja liitteet<br>21 + 7   |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Siirrettävän etäisyshälyttimen tutkimustyö suoritettiin Kajaanin ammattikorkeakoulun laboratorioinsinööri Ismo Talukselle. Insinööriyden tavoitteena oli tutkia ja testata kaupallisia laitteita, joita hyödynnettiin työssä. Tavoitteena oli myös rakentaa toimiva laite, jos valmiit moduulit toimisivat halutulla tavalla. Testauksessa ja ohjelmoinnissa hyödynnettiin stk500-kehitysalustaa. Piirikaavio toteutettiin PADS-ohjelmistolla ja testiohjelmat suoritettiin AVR Studio 4 –ohjelmistolla.</p> <p>Siirrettävä etäisyshälytin koostuu neljästä kaupallisesta moduulista, joiden toimintaa oli tarkoitus hyödyntää mikrokontrollerin avulla. Tutka-moduulin tarkoituksena oli pystyä mittaamaan etäisyyttä kohteisiin. GPS-moduulin tarkoituksena oli mitata ajoneuvon nopeutta. Lämpötilamittauksella oli tarkoitus selvittää ulkona oleva lämpötila ja siitä päätellä ulkopuolella vallitseva säätila. Radiolähtin-moduulin tarkoituksena oli lähettää tietoa radio vastaanottimeen.</p> <p>Laitteen tarkoituksena olisi pystyä mittaamaan edellä menevän ajoneuvon etäisyys tutkan avulla. Seuraavaksi mitataan oman ajoneuvon nopeus, jonka jälkeen tehdään lämpötilamittaus. Lämpötilamittauksella oli tarkoitus saada tietää, onko ulkona oleva lämpötila yli vai alle 5 °C. Lämpötilamittauksella asetetaan liukkaan ja kuivan kelin mukainen kerroin nopeudella, jonka avulla määritetään ajoneuville sopiva turvaväli. Jos laskettu turvaväli on liian pieni, ilmoitetaan siitä radiolähtettimen avulla käyttäjälle tieto.</p> <p>Fyysistä laitetta ei rakennettu, koska yksi työn olennaisista osapuolista ei toiminut testauksissa halutulla tavalla. Tutka-moduulista ei pystytty paikantamaan tarvittavaa tietoa etäisyyden laskemista varten. Tästä johtuen moduulien toimintaperiaatteet tutkittiin läpi ja laitteelle tehtiin mahdollinen toteutus suunnitelma.</p> |   |
| Kieli   | Suomi   |
| Asiasanat   | Etäisyshälytin, Tutka   |
| Säilytyspaikka  | <input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus<br><input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto |

|  |   |
|--|---|
| School<br>School of Engineering  | Degree Programme<br>Information Technology  |
| Author(s)<br>Kari-Pekka Piipponen  |   |
| Title<br>A Moveable Distance Alarm   |   |
| Optional Professional Studies  | Instructor(s)<br>Mr. Heino Jukka<br>Mr. Virtajoki Olli  |
|  | Commissioned by<br>Mr. Talus Ismo   |
| Date<br>8 April 2010   | Total Number of Pages and Appendices<br>21 + 7  |
| <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to study what is required to build a moveable distance alarm. The aim was to build a moveable distance alarm by using commercial devices. The requirement of the device is that it is easily moved from one vehicle to another. The study on the distance alarm was commissioned by Mr. Ismo Talus, Beng, Laboratory Engineer at the Kajaani University of Applied Sciences.</p> <p>The device measures distance to the object moving in front of the vehicle with a radar and also measures the speed of the vehicle with GPS. If the distance is too short compared to the speed of the vehicle, it will warn the driver through the radio. The device is supposed to be a pre-crash system. However, this device does not assist with braking as most commercial devices do. The device also takes temperature into consideration. If the outside temperature is below 5 degrees Celsius, it will add more distance requirement to the measurement.</p> <p>The device did not work properly as the radar module had no documentation. It was not possible to get the required information out of the device as the signal speed on the device is over 10 GHz. The study was conducted in the information laboratory.</p> |   |
| Language of Thesis   | Finnish   |
| Keywords   | Radar, Distance alarm, Pre-crash system   |
| Deposited at   | <input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus<br><input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences |

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Kajaanin ammattikorkeakoululle, laboratorioinsinööri Ismo Talukselle syksyn 2009 ja kevään 2010 välisenä aikana. Työ on suoritettu Kajaanin ammattikorkeakoulun laboraatiotiloissa. Työ oli mielenkiintoinen ja todella haastava, varsinkin tutkan osalta.

Halua kiittää Ismo Talusta ja Jukka Heinoa opastuksesta ja neuvoista.

Kajaanissa

Kari-Pekka Piipponen

## SISÄLLYS

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1 JOHDANTO                          | 2  |
| 2 TEKNIikka                         | 3  |
| 2.1 GPS                             | 3  |
| 2.2 Tutka                           | 4  |
| 2.3 Radiolähetin                    | 6  |
| 3 VALMIIT MODUULIT                  | 8  |
| 3.1 Mattel radar gun                | 8  |
| 3.2 iTrax02 GPS-moduuli             | 9  |
| 3.3 MP3 RADIO FM-Transmitter        | 9  |
| 3.4 stk500-kehitysalusta            | 10 |
| 4 TOTEUTUS                          | 12 |
| 4.1 Lohkokaavio                     | 12 |
| 4.2 Tutka-moduulin testaus          | 13 |
| 4.3 Radiolähetin-moduulin testaus   | 13 |
| 4.4 GPS-moduulin testaus            | 15 |
| 4.5 Lämpötilan mittaaminen          | 16 |
| 4.6 Ohjelmakaavio                   | 17 |
| 4.7 KytKentäkaavio                  | 18 |
| 5 ANALYSOINTI JA PARANNUSEHDOTUKSET | 19 |
| 6 YHTEENVETO                        | 20 |
| LÄHTEET                             | 21 |
| LIITTEET                            |    |

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutkia, onko mahdollista toteuttaa siirrettävä etäisyshälytin, joka pystyy mittaamaan etäisyydellä 10–100 metriä. Laitteen tulisi olla helposti siirrettävissä ajoneuvosta toiseen ja ilmaista ajoneuvon turvaväli käyttäjälle radion avulla. Laite mahdollistaa turvavälin ylläpitämisen vanhemmissa ajoneuvoissa, joissa ei ole valmistajan suunnittelemaa turvavälinmittauslaitetta. Turvaväli ajoneuvojen välillä vaihtelee nopeuden mukaisesti, ja tämän vuoksi GPS-moduulin avulla mitataan ajoneuvon nopeutta. Laite mittaa ensin etäisyyden edellä menevään ajoneuvoon tutkan avulla ja tämän jälkeen tarkistaa oman ajoneuvon nopeuden. Jos turvaväli ei ole riittävä, niin laite ilmaisee radion kautta käyttäjälle mahdollisesta vaarasta. Työssä on tarkoituksena tutkia laitteen toteutusta jo valmiina olevista laitteista. Etäisyys mitataan kaupallisen tutkan avulla. Nopeus mitataan GPS-moduulin avulla ja käyttäjälle annetaan ilmoitus etäisyydestä kaupallisen radiolähettimen kautta. Lämpötilamittauksella voidaan asettaa haluttu turvaväli kelin mukaisesti, koska ajoneuvon pysähtymismatka kasvaa huomattavasti liukkaalla kelillä.

Suuret ajoneuvojen valmistajat ovat alkaneet tarjota autoihinsa lisävarusteita, jotka auttavat kuljettajaa ylläpitämään turvaväliä ja jarruttamaan hätätilanteissa. Nämä laitteet ovat autoissa kiinteitä varusteita, jolloin laitteen siirtäminen on mahdotonta. Kaupallinen etäisyshälytin mittaa etäisyyden edellä menevään ajoneuvoon tutkan avulla, jonka jälkeen ajoneuvotietokoneella lasketaan sopiva turvaväli. Laite myös avustaa jarrutuksessa, jos ajoneuvo lähestyy edellä menevää ajoneuvoa liian suurella nopeudella.

Työssä on tavoitteena tutkia laitteen eri osa-alueiden toimintaa ja soveltaa valmiiden kaupallisten tuotteiden toimintaa. Tarkoituksena on myös pyrkiä rakentamaan toimiva laite, jos kaupalliset moduulit toimivat halutulla tavalla ja niistä saatava tieto mahdollistaa laitteen rakentamisen.

## 2 TEKNIikka

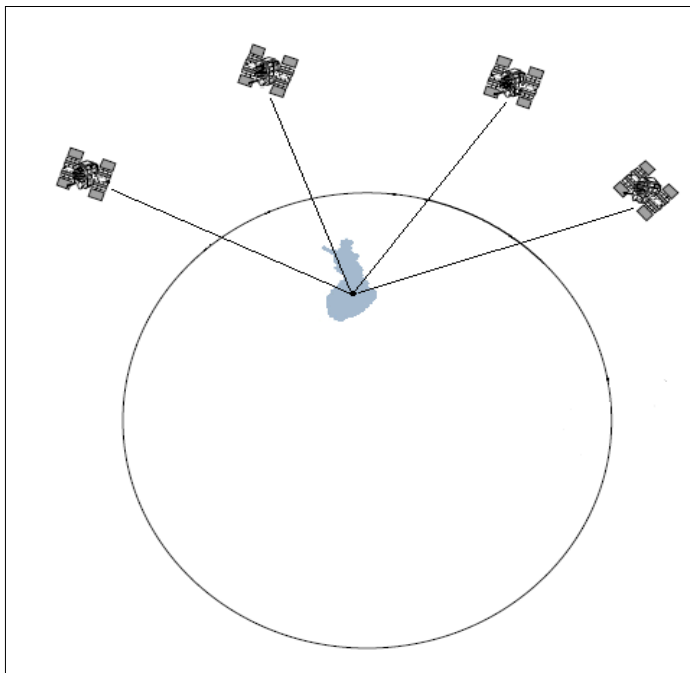
Tässä kohdassa käydään läpi hieman työssä käytettävää teknologiaa. Käytettävä teknologia on teorialtaan hyvin laaja, joten tavoitteena on enimmäkseen kuvata työn kannalta oleellisia asioita.

### 2.1 GPS

GPS eli Global Positioning System on Yhdysvaltojen kehittämä satelliittipaikannusjärjestelmä. GPS-järjestelmä suunniteltiin alunperin armeijan käyttöön, mutta myöhemmin se myös julkistettiin siviilikäyttöön rauhan aikana. GPS-järjestelmä sisältää kaksi erillistä palvelua, SPS ja PPS. SPS eli Standard Positioning System on siviilikäyttöön tarkoitettu palvelu, joka välittää paikannustiedon noin 1–5 metrin tarkkuudella. PPS eli Precise Positioning System on Yhdysvaltain armeijan käyttämä palvelu, jonka paikannustieto on huomattavasti tarkempi.[1.]

GPS-järjestelmä järjestelmä koostuu kolmesta eri osa-alueesta, jotka ovat avaruus, kontrolli ja käyttäjäosa. Avaruusosalla tarkoitetaan GPS-satelliitteja, jotka kiertävät maapalloa. Satelliitteja on yhteensä 24 kappaletta, joita kontrolloidaan ja tarkkaillaan maasta käsin. Päävalvontakeskus satelliiteille löytyy Yhdysvaltojen Colorado Springsistä. Käyttäjäosalla tarkoitetaan jotakin päätelaitetta, joka vastaanottaa GPS-signaalin.[1.]

Varsinainen mittaus tapahtuu päätelaitteella. Päätelaite vastaanottaa satelliiteilta radiosignaaleja, joista se laskee paikannustiedon. Paikannustiedon laskeminen perustuu olennaisesti signaalin kulkuajan laskemiseen. Jotta paikannustieto saadaan laskettua, tarvitaan mittaus neljältä satelliitilta. Teoriassa mittaustieto kolmelta satelliitilta riittäisi laskemaan paikannustiedon, mutta tämä johtaa hyvin suureen virhetietoon, koska pienikin kellovirhe moninkertaistuu radioaaltojen käyttäytymisen takia. Tämän vuoksi neljän satelliitin laskettu paikannustieto on tarpeellista. Kuvassa 1 on esitetty GPS-paikannuksen periaatetta.[1.]



Kuva 1. GPS-laitteen periaate.

Vastaavanlaisia satelliittipaikannusjärjestelmiä on suunniteltu ja toteutettu. Venäläinen GLONASS-järjestelmä on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin GPS. Eurooppalainen Galileo-järjestelmä on viivästynyt. Galileo-järjestelmän tuli olla valmiina vuonna 2008, mutta nykyinen tavoite on saada järjestelmä toimimaan vuonna 2013. Kiinalaisen Beidou-järjestelmän tarkoituksena on saada satelliittipaikannus toimimaan Kiinan alueella.[2.]

## 2.2 Tutka

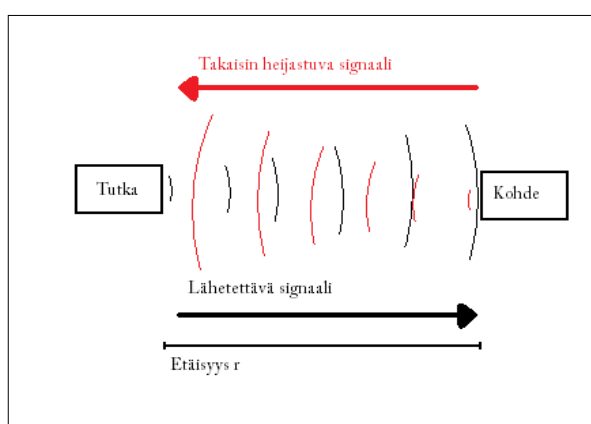
Tutkia on kehitetty useilla eri periaatteilla. Kuitenkin yleisimmät tutkaperiaatteet ovat pulssitutka sekä doppler-tutka. Molemmissa periaatteissa kohteen etäisyyden tai nopeuden mittaamista varten lähetetään korkeataajuuksinen radiosignaali. Radiosignaali kulkee tyhjiössä noin 300 000 km/s [3]. Tutka voidaan yleisesti luonnehtia suunnattavaksi antenniksi, jolla voidaan lähettää ja vastaanottaa sähkömagneettista säteilyä.

Usein halvemmissä kaupallisissa tutkissa käytetään pulssitutkaperiaatetta, jossa muodostetaan noin 10,25 GHz:n signaali gunn-diodin avulla[4]. Ammatissa käytettävät tutkat käyttävät huomattavasti suurempaa taajuutta, esimerkiksi poliisitutkat toimivat noin 20–30 GHz:n taajuudella. Myös ammatissa käytettävät tutkat, jotka mittaavat nopeuksia, ovat yleisesti doppler-tekniikkaan perustuvia tutkia.



Pulssitutkalla pystytään mittaamaan hyvin etäisyyksiä kohteisiin. Periaatteena on mitata aikaa, joka menee signaalin lähettämisestä kaiun vastaanottamiseen. Koska lähetettävän radioaallon nopeus ilmassa tunnetaan, voidaan tästä laskea etäisyys kohteeseen.[5.]

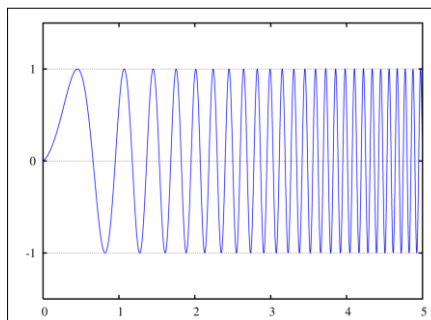
Pulssitutkalla lähetettävä signaali heijastuu takaisin kohteesta kuvan 2 mukaisesti. Signaali heijastuu kohteesta takaisin, jolloin tutkan vastaanotin havaitsee takaisin heijastuvan signaalin. Lähetinyksikkö on suunnattu antenni, mutta kuitenkin jos signaalin edessä on useampi kohde, niin heijastuminen takaisin tapahtuu lähimmästä kohteesta. Tästä johtuen etäisyyden mittaamisessa voi olla virheitä. Virheitä voidaan kuitenkin eliminoida pois ohjelmallisesti.[5.]



Kuva 2. Pulssitutkan periaate.

Doppler-tekniikalla mitataan takaisin heijastuvan signaalin taajuutta. Vertaamalla takaisin heijastuneen signaalin taajuutta lähetetyn signaalin taajuuteen saadaan tietoa edellä menevän kohteen nopeudesta. Doppler-tekniikalla tehdyt tutkat sopivat paremmin nopeuden mittaamiseen kuin etäisyyden mittaamiseen.[6.]

Tutkan pulssina voidaan käyttää taajuusmoduloitua pulssia, josta käytetään englanninkielistä nimitystä chirp. Chirp-signaalin käyttäminen parantaa tutkan mittausresoluutiota, koska taajuusmoduloitu signaali on häiriötä sietävämpi. Taajuusmoduloitua signaalia käytetään useimmin avioniikassa ja kaikuluotaimissa. Kuvassa 3 on esitetty chirp-signaali.[7.]

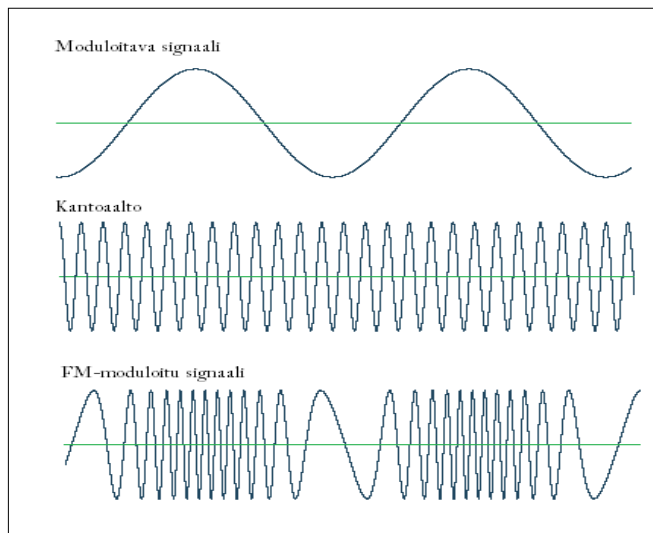


Kuva 3. Lineaarinen chirp-signaali [7].

### 2.3 Radiolähetin

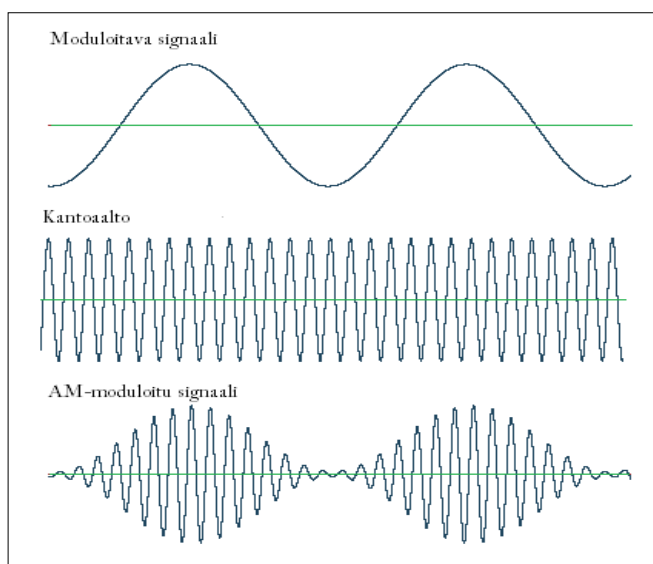
Radiolähetykset tarjoavat nopean tavan lähettää informaatiota langattomasti lähettimestä vastaanottimeen. Paikalliset radiolähetykset ovat sallittuja vain tietyillä taajuuksilla, jos radiolähetin on pienitehoinen. Tämä mahdollistaa esimerkiksi pienitehoisen lähettimen käytön ajoneuvossa. Radiolähettimellä informaatiota välitetään moduloidun kantaallon avulla. Yleisimmät modulaatiot ovat taajuusmodulaatio ja amplitudimodulaatio. Vastaanottimessa informaatio-signaali erotetaan kantaallosta, jonka jälkeen informaatiota voidaan käsitellä halutulla tavalla. Taajuusmoduloidut lähetykset ovat yleisesti normaaleita radiolähetyksiä. Taajuusmoduloitu lähetys tunnetaan paremmin nimellä ULA-lähetys. ULA-lähetykset toimivat yleisesti 87,5–108 MHz:n taajuusalueella.[8.]

Taajuusmodulaatiossa kantaallon modulaatiota muutetaan keskitaajuuden molemmin puolin. Taajuusmodulaatiossa kantaallon amplitudi ei muutu, toisin kuin amplitudimodulaatiossa. Tästä johtuen taajuusmodulaatio on häiriötä sietävämpi, mikä parantaa järjestelmän signaali-kohina-suhdetta. Keskimääräinen lähetysteho säilyy muuttumattomana, koska kantaallon amplitudi ei muutu. Kuvassa 4 on esitetty taajuusmodulaatiota.[8.]



Kuva 4. Taajuusmodulaatio.

Amplitudimodulaatiossa kantoaaltoa moduloidaan siten, että informaatio välitetään kantoaallon amplitudin vaihteluna. Amplitudimodulaatio on huomattavasti herkempi häiriöille, mutta vie vähemmän kaistaa kuin taajuusmodulaatio. Amplitudimodulaatiota käytetään erityisesti matalilla radiotaajuuksilla. Kuvassa 5 on esitys amplitudimodulaation muodostamisesta.[8.]



Kuva 5. Amplitudimodulaatio.

### 3 VALMIIT MODUULIT

Tässä kohdassa esitellään kaupallisia tuotteita, joita on käytetty tässä työssä. Jokaisesta tuotteesta on pienimuotoinen selostus ja kuva laitteesta. Tarkoituksena on kuvata vain työn kannalta oleellisia asioita.

#### 3.1 Mattel radar gun

Mattel hot wheels radar gun (kuva 6) on kaupallisesti valmistettu tutka. Kyseessä on lelututka, joka on tarkoitettu käytettäväksi esimerkiksi pienoismallien nopeuden mittaamiseen. Tutka on saanut medialta huomattavan paljon huomiota, koska sen mittaustarkkuus on huomattu olevan hyvin lähellä poliisien käytössä olevaa tutkaa.



Kuva 6. Mattel radar gun kotelo purettuna.

Tutka on rakenteeltaan suhteellisen yksinkertainen. Elektroniikkapuolella tutkalla on käytössä ATmega88-mikrokontrolleri, joka ohjaa LCD-näyttöä sekä lähetystä ja vastaanottoa. Tutkan lähetinosan toimintataajuus on noin 10,25 GHz. Taajuus vastaa Gunn-diodilla muodostettua taajuutta.

### 3.2 iTrax02 GPS-moduuli

Fastraxin valmistama uPatch02 GPS -moduuli (kuva 7) on sarjaportin kautta ohjattava GPS-moduuli. Tämä moduuli on kehitysalusta GPS-järjestelmän käyttöä varten. Tiedonsiirto tapahtuu sarjaportin kautta ja tiedon rakenne perustuu NMEA-protokollaan.



Kuva 7. uPatch02 GPS -moduuli

GPS-moduuli on helposti kytkettävissä STK500-kehitysalustaan. Sarjaportin kytkentä onnistuu helposti, jonka jälkeen voidaan mikrokontrollerin avulla lähettää komentoja moduulille ja vastaanottaa GPS-paikannustietoja.

### 3.3 MP3 RADIO FM-Transmitter

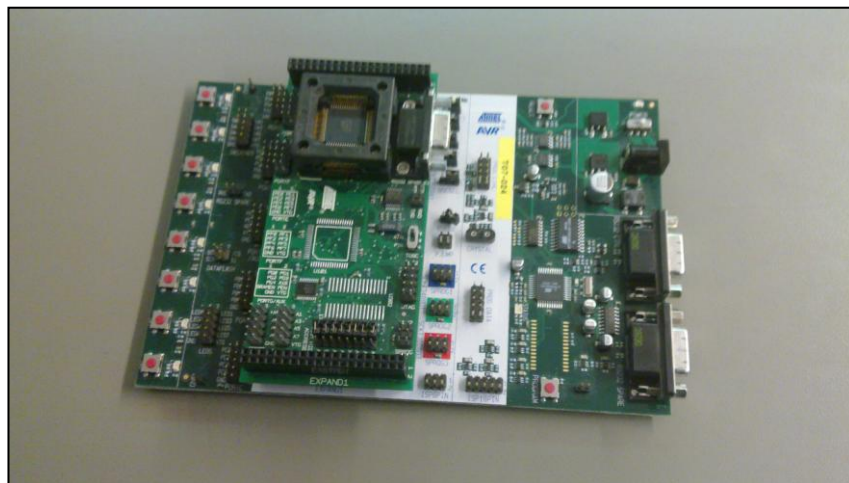
Kyseessä on pienitehoinen radiolähetin (kuva 8), joka toimii 87,5–107 MHz:n taajuudella. Tiedon lähettämiseen käytetään taajuusmodulaatiota, joka mahdollistaa laitteen käytön tavonomaisten radiovastaanottimien kanssa. Radiolähtetimen teho on hyvin pieni, noin 1  $\mu$ W:n luokkaa. Tämä mahdollistaa laitteen käytön esimerkiksi ajoneuvoissa. Laitteelle voidaan tuoda informaatiota joko USB-väylän kautta tai analogisen sisääntulon kautta. Koska kyseessä on pienitehoinen radiolähetin, tarvitsee lähetin sopivan taajuuden, jotta lähetettävä informaatio saadaan otettua ulos vastaanottimesta.



Kuva 8. Kaupallinen radiolähetin.

### 3.4 stk500-kehitysalusta

stk500-kehitysalusta (kuva 9) on Atmelin valmistama kehitysalusta mikrokontrollien testaukseen ja laitteiden kehittämistä varten. Kehitysalusta tarjoaa hyvän mahdollisuuden testata kytkentöjä ennen varsinaisen laitteen valmistamista. Työssä käytettävä kehitysalusta sisältää myös 501-laajennuksen stk500-alustalle. Laajennus tarjoaa pikakiinnityksen mikrokontrollille ja JTAG-liittimen ohjelmointia varten.



Kuva 9. stk500+501-kehitysalusta.

stk500-kehitysalusta ja 501-laajennus sisältää kahdeksan kappaletta kytkimiä ja LED-indikaattoreita. Kehitysalustalla on myös pikaliittimet mikrokontrollerin portteihin sekä sarjaporttiliittimet. Pikaliittimien avulla voidaan kytkeä suunniteltu logiikka portteihin helposti ja

tämän jälkeen voidaan testata logiikan toimivuus esimerkkiohjelmistolla. Kehitysalusta tarjoaa myös mahdollisuuden käyttää ulkoista kelloa mikrokontrollerille, joka mahdollistaa esimerkiksi ATmega128-mikrokontrollerin yhteydessä 16 MHz:n kellotaajuuden käytön.

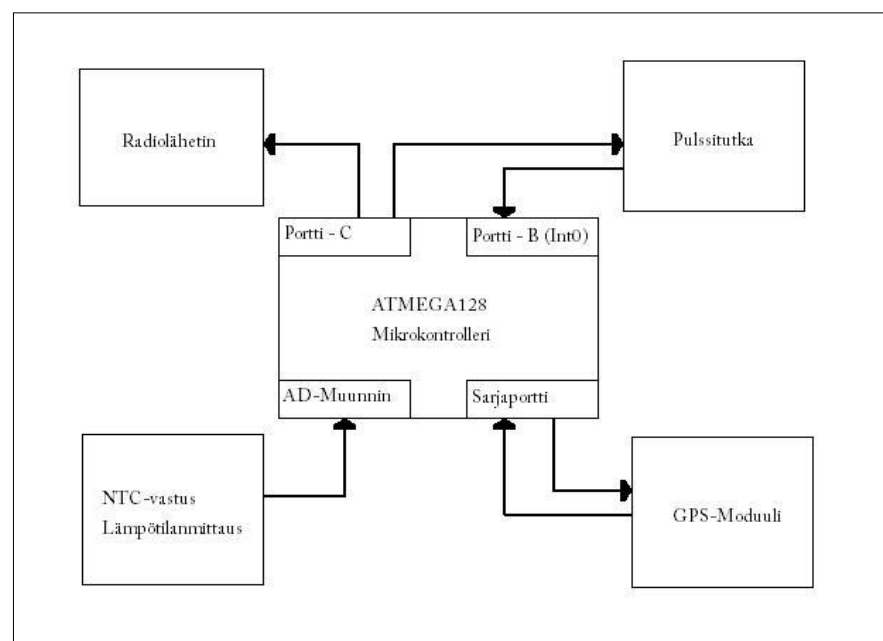
Varsinainen ohjelmointi ja ohjelman testaus tapahtuu JTAG ICE -laitteen avulla. ICE-ohjelmointilaite toimii tietokoneen USB-portin kautta. Jotta ohjelmointi onnistuu laitteella, tulee tietokoneessa olla esimerkiksi AVR Studio 4 -ohjelmisto. Tämän avulla voidaan ajaa ohjelma mikrokontrollerille ja testata ohjelmistoa. Kehitysalusta tukee myös sarjaportin kautta tehtävää ohjelmointia sekä ISP-ohjelmointia.

## 4 TOTEUTUS

Tässä kohdassa esitellään laitteen toteutusta. Laitteen lohkokaaviossa esitetään laitteen toiminnalliset kohdat. Testauksessa esitetään periaatteet, joilla laitteet on saatu toimimaan kehitysalustan ympäristössä. Kytkentäkaavio on esitys mahdollisen laitteen kytkennöistä.

### 4.1 Lohkokaavio

Kuvassa 10 on lohkokaavio toteutettavasta laitteesta. GPS-moduulin ohjaus suoritetaan mikrokontrollerin sarjaportin kautta. GPS-moduulin asetuksia voidaan vaihtaa lähettämällä NMEA-standardin mukainen viesti sarjaportin kautta. GPS-moduulin tieto nopeudesta vastaanotetaan sarjaportin kautta. Lämpötilamittauksessa käytetään hyväksi jännitteenjakoa, joten mikrokontrollerin AD-muuntimella voidaan tarvittaessa ottaa tieto lämpötilasta. Radiolähetimelle syötetään informaatio mikrokontrollerin portin C kautta. Pulssitutka käynnistetään lähettämällä herätesignaali portin C kautta, jonka jälkeen pulssitutkalta pitäisi tulla vaste portin B keskeytysnastan. Tällöin voidaan laskea se aika, mikä signaalilla kestää saapua takaisin vastaanottimeen, jos edessä on kohde.



Kuva 10. Laitteen lohkokaavio.



## 4.2 Tutka-moduulin testaus

Tutkaa testattiin aluksi nopeuden mittaamisen kannalta, koska tuote on varsinaisesti tarkoitettu nopeuksien mittaamista varten. Testausta varten käytettiin ajoneuvoa, jonka nopeus oli noin 40 km/h. Mittaustuloksena saatiin arviolta 39–40 km/h. Mittaustulokset saatiin noin 40 metrin etäisyydeltä. Tulokset vastasivat ajoneuvon nopeutta.

Laitte purettiin osiin, jonka jälkeen tarkoituksena oli paikallistaa lähetettävä ja takaisin tuleva pulssi. Kuitenkin laitteen mikrokontrollerista oli vaikea paikallistaa tarvittavia tietoja. Tämän vuoksi tutkaa ei saatu toimimaan ja kytkentää sekä ohjelmointia ei saatu suoritettua kehitysalustan ympäristössä.

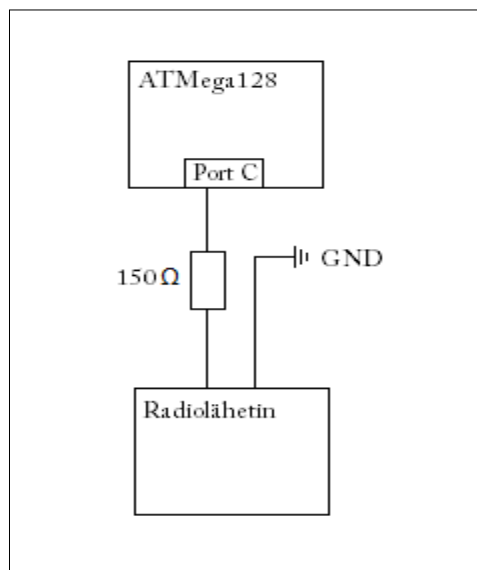
Laitetta mitattiin logiikka-analysaattorin avulla. Analysaattori liitettiin laitteen mikrokontrollerin jalkoihin, jonka jälkeen mitattiin mikrokontrollerille menevät ja ulostulevat signaalit. Laitteesta ei varsinaisesti ole minkäänlaisia kytkentäkaavioita dokumentoituna joten työssä oli vaikeaa päätellä, mitä mikäkin signaali voisi tarkoittaa. Huomattavaa signaalimuutosta ei saatu näkyville, joka voisi indikoida nopeuden tai etäisyyden muutokseen.

## 4.3 Radiolähetin-moduulin testaus

Aluksi radiolähetintä testattiin normaaleissa käyttöolosuhteissa. Laitte asetettiin ajoneuvon sisätiloihin ja lähettämään informaatiota 88,5 MHz:n taajuudella. Ajoneuvon radiovastaanotin asetettiin samalle taajuudelle. Informaatio radiolähetimestä kuului selkeästi ajoneuvon vastaanottimesta.

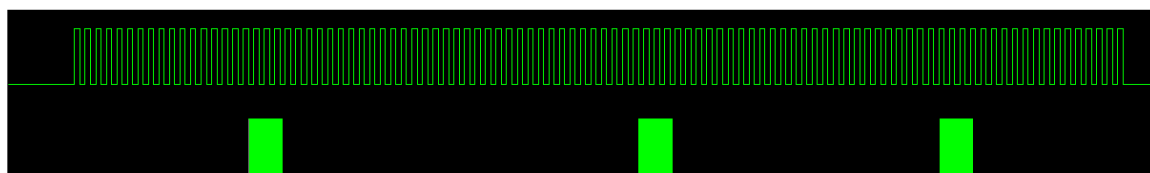
Seuraavaksi testattiin erilaisten signaalien lähettämistä asettamalla funktiogeneraattori radiolähettimen analogiseen porttiin. Kanttiaaltoista signaalia syötettiin radiolähettimelle noin 400 Hz:n taajuudella. Radiovastaanottimesta kuului jatkuva-aikainen ääni. Muuttamalla taajuutta äänen korkeustaso muuttui.

Tämän jälkeen radiolähetin kytkettiin ATMega128-mikrokontrolleriin kuvan 11 mukaisesti. 150 ohmin vastuksen tarkoituksena oli rajoittaa kytkennässä kulkevaa virtaa. Radiolähetimen testausta varten tehtiin ohjelma, joka muodostaa lyhyitä pulsseja porttiin C.



Kuva 11. Radiolähtettimen kytkeminen

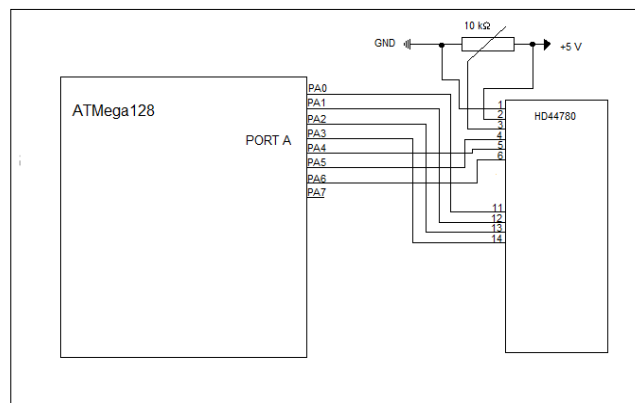
Liitteessä 1 oleva vuokaavio kuvaa ohjelman toiminnan yleisellä tasolla. Testiohjelman avulla saatiin tehtyä signaali, joka siirrettiin radiolähtettimen kautta radiovastaanottimelle. Radiovastaanottimesta kuului selkeä ääni. Testiohjelmassa käytettiin parametrejä, joiden avulla voitiin säätää signaalien määrää ja kestoja. For-silmukan avulla määritellään varsinaisten lähetettävien pulssien määrää, ja while-silmukan avulla määritellään välipulssien määrää. Välipulssit testiohjelmassa vastaavat pulssileveysmodulaatiolla saatua signaalia. Varsinainen pulssi muodostetaan muuttamalla portin C tilaa. Viive-aliohjelmalla voidaan muokata välipulssien taajuutta sekä varsinaisten lähetettävien pulssien tiheyttä. Molemmille viive-aliohjelmille viedään oma parametri, jonka avulla saadaan haluttu tulos ulos. Kuvassa 12 on testiohjelman muodostama signaali. Ylempi signaali kuvassa esittää välipulssitusta lähetettävässä signaalissa, ja alempi signaali esittää varsinaisen signaalin kokonaisuutta. Testiohjelma lähetti signaalin radiolähtettimen kautta noin 2 sekunnin välein. Radiolähetin asetettiin lähettämään 88,5 MHz:n taajuudella, jonka jälkeen vastaanottimessa kuului testiohjelmalla muodostettu ääni selkeästi.



Kuva 12. Logiikka-analysaattorilla mitatut signaalit.

#### 4.4 GPS-moduulin testaus

GPS-moduulin testausta varten suoritettiin kuvan 13 mukainen kytkentä. LCD-näytöltä voidaan todentaa ulos saatavaa informaatiota GPS-moduulista. LCD-näytön kytkentä on myös löydettävissä AVRStudio 4 -ohjelmiston esimerkeistä. Itse GPS-moduulin kytkentä on yksinkertainen. Moduuli kytketään sarjaporttikaapelin kautta kehitysalustalla olevaan sarjaporttiliittimeen.



Kuva 13. LCD-näytön kytkentä.

Liitteessä 2 on yleiskuvaus käytetystä testiohjelmasta, jolla todennettiin GPS-moduulin toimivuus. Ohjelmassa eritellään sarjaporttipuskuriin kertyneen tiedon seasta nopeustieto. GPS-moduuli välittää tietoa noin 2 sekunnin välein sarjaportin kautta mikrokontrollerille. Mikrokontrollerissa tulee olla sarjaportin keskeytys sallittu, jolloin aina tiedon saapuessa mikrokontrolleriin se aiheuttaa keskeytyksen mikrokontrollerissa. Keskeytyksen aikana sarjaportin keskeytyskäsitteijässä otetaan ylös sarjaporttipuskuriin tieto, joka saadaan GPS-moduulista. Sarjaportin keskeytyskäsitteijässä ei tarkisteta tiedon sisältöä. Ohjelmassa tarkastellaan, onko sarjaporttipuskuriin saapunut tietoa. Jos sarjaporttipuskuriin ei saavu GPRMC id-tietoa, niin tulostetaan näytölle, ettei GPS-signaalia löytynyt. Jos sarjaporttipuskuriin saapuu tietoa, otetaan sarjaporttipuskurista tarvittava tieto ylös ja käsitellään sitä halutulla tavalla. Yleisesti tulee varautua siihen, että sisätiloissa GPS-signaalia on hyvin vaikea löytää. Ja muutoinkin paikannus voi kestää useita minuutteja ennen signaalin saamista. Sarjaporttipuskuriin saapuva tieto GPS-moduulilta on tietyn sanomarakenteen mukainen. Sanomat perustuvat NMEA-standardin mukaisesti määrättyihin sanomarakenteisiin. Työssä käytettävä GPS-moduulin sanoma perustui RMC-rakenteeseen.

RMC-rakenne sanomalle:

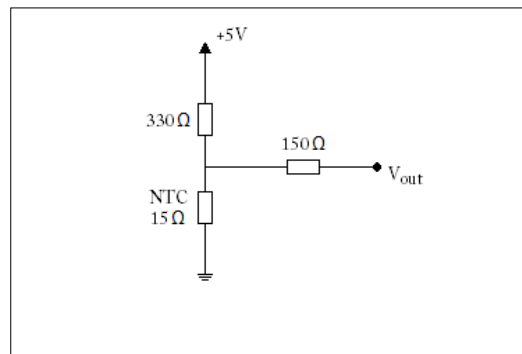
\$GPRMC, UTC Time, Status, Latitude, N/W Indicator, Longitude, E/W Indicator, Speed, Course, Date, Magnetic variation, E/W Indicator, Mode, Checksum, End [9]

Testauksessa GPS-moduulista saatiin tieto ulos nopeudesta. Mittaus suoritettiin laboraatiotiiloissa, jonka vuoksi signaalin saaminen moduulille oli vaikeaa. Lopulta GPS-moduuli sai signaalin ja ilmoitti nopeudeksi 0,12 solmua, odotusten mukaisesti. Tämä nopeus johtuu GPS-moduulin mittaustarkkuudesta, jolloin paikannustieto muuttuu aavistuksen mittausten yhteydessä ja tämä vaikuttaa GPS-moduulin näkökulmasta siltä, että moduuli on liikkeessä.

#### 4.5 Lämpötilan mittaaminen

Lämpötilaa mitattiin NTC-vastuksen avulla. NTC-vastuksen resistanssi vaihtelee lämpötilan mukaisesti. Tämä mahdollistaa esimerkiksi jännitteen muutoksen mittaamisen, mistä voidaan laskea vastusta ympäröivä lämpötila. NTC-vastuksen resistanssi kasvaa lämpötilan laskiessa, jonka vuoksi NTC-vastus on ideaalinen ratkaisu lämpötilan mittaamista varten. Kytkennässä olisi myös hyvä käyttää mahdollisimman isoa NTC-vastusta, jolloin läpikulkeva teho ei lämmittäisi itse vastusta.

Lämpötilan mittaamista varten suunniteltiin kuvan 14 mukainen kytkentä. Kytkennässä lämpötilan mittaamista varten muodostetaan jännitteenjako. Kytkentää varten löytyi 15  $\Omega$ :n NTC-vastus. Koska kyseessä on suhteellisen pieni NTC-vastus, täytyi jännitteenjakoa varten olla myös suhteellisen pieni vastus. Käyttämällä 330  $\Omega$ :n vastusta saatiin jännitteen muutoksesta tarpeeksi suuri, jotta sitä pystytään mittaamaan AD-muuntimen avulla. 150  $\Omega$ :n vastuksella on tarkoitus rajoittaa mikrokontrollille menevää virtaa.



Kuva 14. NTC-kytkentä.

Aluksi kytkentää testattiin kahden yleismittarin avulla. Yleismittarit asetettiin siten, että ensimmäinen mittari mittasi NTC-vastuksen lämpötilaa ja toinen yleismittari mittasi kytkennän ulostulevaa jännitettä. Huoneenlämpötilassa kytkennän jännite oli noin 0,20 V. Seuraavaksi NTC-vastusta jäähdytettiin kylmäsprayn avulla. Vastus jäähdytettiin noin 5 asteeseen, jolloin kytkennästä ulostuleva jännite oli noin 0,52 V.

Seuraavaksi kytkentä liitettiin ATmega128-mikrokontrollerin AD-muuntimeen. Liitteessä 3 on esitetty testiohjelman periaate. Ohjelma aloittaa AD-muunnoksen käsittelemällä ADCS-RA-rekisterin lippubittia. Tämän jälkeen ohjelma odottaa lippubitin asettumista. Kun lippubitti asettuu haluttuun tilaan, niin AD-muunnos on valmis. Tämän jälkeen AD-muunnoksesta saatu tieto käsitellään siten, että sitä voidaan käyttää hyväksi lämpötilamittauksessa. Työssä tarvitaan vain tieto siitä, onko lämpötila alle vai yli 5 astetta. Tämän vuoksi voidaan käyttää AD-muunnoksesta saatavaa lukua hyödyksi suoraan. Testauksessa ilmeni, että AD-muunnoksen tulos oli 95, kun lämpötila laski noin 5 asteeseen. Kun lämpötila oli alle 5 astetta, testiohjelma sytytti porttiin C kytketyn LEDin. Jos lämpötila meni yli 5 asteen, LED sammutettiin.

#### 4.6 Ohjelmakaavio

Liitteessä 4 on yleiskuvaus mahdollisesta ohjelmistosta, jota voisi käyttää valmiissa laitteessa. Ohjelmassa aluksi alustetaan kaikki muuttujat ja rekisterit. Varsinaisen ohjelman alussa mitataan lämpötila, jonka avulla asetetaan turvavälin etäisyyskerroin sopivaksi kelin mukaan. Seuraavaksi kutsutaan GPS-moduulin aliohjelmää, josta saadaan tietää ajoneuvon nopeus. Tämän jälkeen kutsutaan tutkan aliohjelmää, josta saadaan etäisyystieto edellä menevään kohteeseen. Jos etäisyystieto on epämääräistä, asetetaan muuttuja nolllaksi. Lopuksi nopeusmuut-

tuja kerrotaan turvavälimerkinnän kanssa, jolloin sitä voidaan verrata etäisyyteen. Jos etäisyys on pienempi kuin turvaväli, annetaan radiolähtäjän kautta ilmoitus siitä kuljettajalle.

#### 4.7 Kytkentäkaavio

Liitteessä 5 1 (3) on kytkentäkaavio ATmega128-mikrokontrollerille. Kaaviossa näkyvä MAX232-piiri on tarkoitettu toimimaan puskuripiirinä sarjaportin toiminnalle. Pinnissä 62 on referenssijännite AD-muuntimelle. AD-muuntimen referenssijännitteenä käytetään 2,5 V:a ja se muodostetaan jännitejaolla, joka saadaan aikaiseksi käyttämällä kahta samaa kokoluokkaa olevaa vastusta. Käyttämällä jännitejakoja ei kuitenkaan saada tarkkaa 2,5 V:n kohtaa. Työn kannalta tarvitaan tieto vain yhdestä lämpötila-alueesta, jolloin tarkkuus ei ole ongelmakohta. Mikrokontrollerin portissa F on kytketty ensimmäiseen pinniin lämpötilan mittaus ja neljään viimeiseen datapinniin on kytketty JTAG-dataväylä. JTAG-liitäntä mahdollistaa mikrokontrollerin ohjelmoinnin ilman mikrokontrollerin poistamista piirilevyiltä.

Liitteessä 5 2 (3) on tehonlähteen kytkentäkaavio laitteelle. Kyseessä on regulaattorikytkentä, jolla saadaan aikaiseksi 5 V:n käyttöjännite mikrokontrollerille. Liitteessä 5 3 (3) on liittimien kytkentäkaaviot. Kytkentäkaaviossa on kaksi sarjaporttiliitäntä ja muut liittimet ovat yksinkertaisia header-liittimiä.

## 5 ANALYSOINTI JA PARANNUSEHDOTUKSET

Työn onnistuminen ei mennyt aivan tavoitteiden mukaisesti. Tutka-moduulin käsittely osoitautui hyvin haastavaksi asia-alueeksi. Moduulista ei saatu tarvittavia tietoja, jotta työ olisi pystytty viemään loppuun asti. Aikaa kului huomattavan paljon moduulin tutkimiseen ja vasta loppupuolella työtä alkoi moduulin toimintaperiaate avautua. Koska tutka-moduuli oli olennainen osa työtä, ei työtä voitu viedä kuitenkaan loppuun, vaan jouduttiin tyytymään moduulien testaukseen. Erillistä fyysistä laitetta ei rakennettu, vaan testaukset tapahtuivat kehitysalustaympäristössä. Muiden työn osa-alueiden kanssa ei suurempia ongelmia ollut, vaan pienen testailun ja tutkimisen jälkeen ne saatiin toimintakuntoon.

Työn jatkokehityksen kannalta olisi tärkeää saada tutka-moduuli toimimaan siten, että siitä saadaan etäisyystieto mikrokontrollerille. On hyvin todennäköistä, että mikrokontrollerin ja tutka-moduulin välille tarvitaan hieman tehoelektroniikkaa väliin, jotta varsinainen mittaus onnistuu. Myös lämpötilan mittaukseen olisi turvallisempaa käyttää suurempaa NTC-vastusta. Myös vaihtoehtoisia tapoja lämpötilan mittaukselle olisi hyvä kehittää.

Ohjelmiston jatkokehityksen tulisi ottaa huomioon se aika, minkä GPS-moduuli tarvitsee tiedon lähettämiseen, ettei sarjaportin keskeytys haittaa muun ohjelman suoritusta. Laitteen ohjelmistoon olisi kenties hyvä lisätä muutamia ehtoja, jolloin laitteen toiminta ei olisi päällä. Esimerkiksi jos ajoneuvon nopeus on alle 40 km/h, ei välttämättä mittauksia tarvita ja turvaväli ei välttämättä ole aiheellinen asia ylläpitää.

## 6 YHTEENVETO

Työ ei mennyt aivan kaikkien odotusten mukaisesti. Varsinainen oletus työlle oli se, että GPS-moduuli olisi se alue, joka tuottaa ongelmia. Kuitenkin myöhemmin ilmeni vastoinkäymisiä tutka-moduulin kanssa. Tutka-moduulin yleisen testauksen kanssa ei esiintynyt ongelmia, vaan teknisiä vastoinkäymisiä ilmeni vasta, kun tutka-moduulista yritettiin ottaa informaatiota elektronisesti. Testiohjelmiston rakentaminen GPS-moduulille oli aikaa vievää ja haastavaa. GPS-moduulin testaus itsessään oli suhteellisen haastavaa, koska testaus suoritettiin sisätiloissa, mistä johtuen moduuli ei saanut signaalia. Kuitenkin lopulta saatiin signaali GPS-moduulille, jotta sen toiminta pystyttiin varmistamaan oletuksien mukaiseksi. Radiolähetin-moduulin kanssa ei esiintynyt minkäänlaisia ongelmia ja testaus pystyttiin suorittamaan hyvin sisätiloissa. Lämpötilamittauksessa ei ollut ollenkaan ongelmia, vaan mittaukset pystyttiin suorittamaan hyvin laboratoriotiloissa.

Pääpiirteissään kaupallisten moduulien testaus toimi vaivattomasti ja tulokset testauksista vastasivat oletuksia. Testausohjelmistojen suunnittelemiseen kului huomattava osa työn suoritukseen käytetystä ajasta. Fyysistä laitetta ei rakennettu, koska työn olennaista osaa ei saatu toimimaan tarvittavalla tavalla.

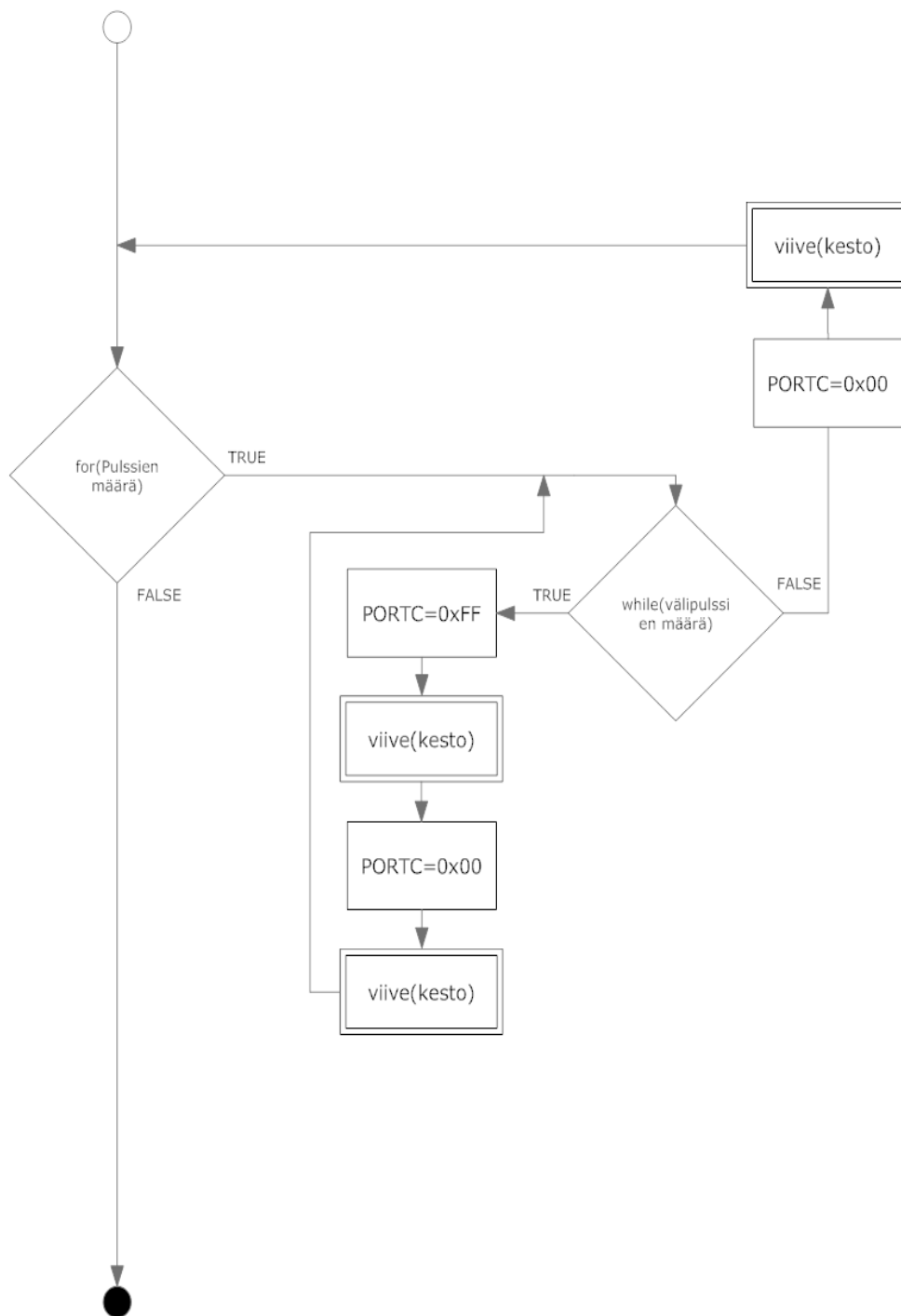


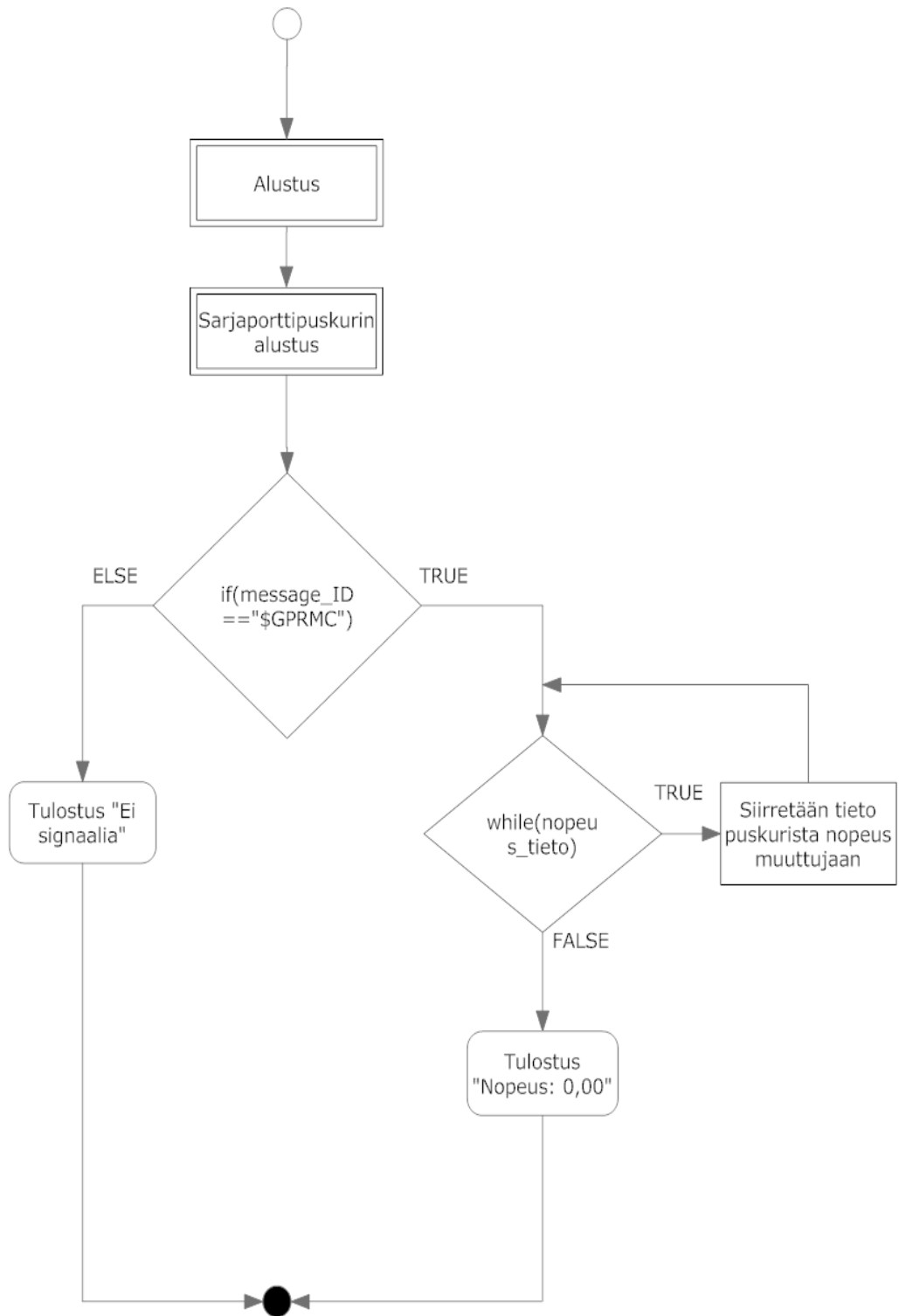
## LÄHTEET

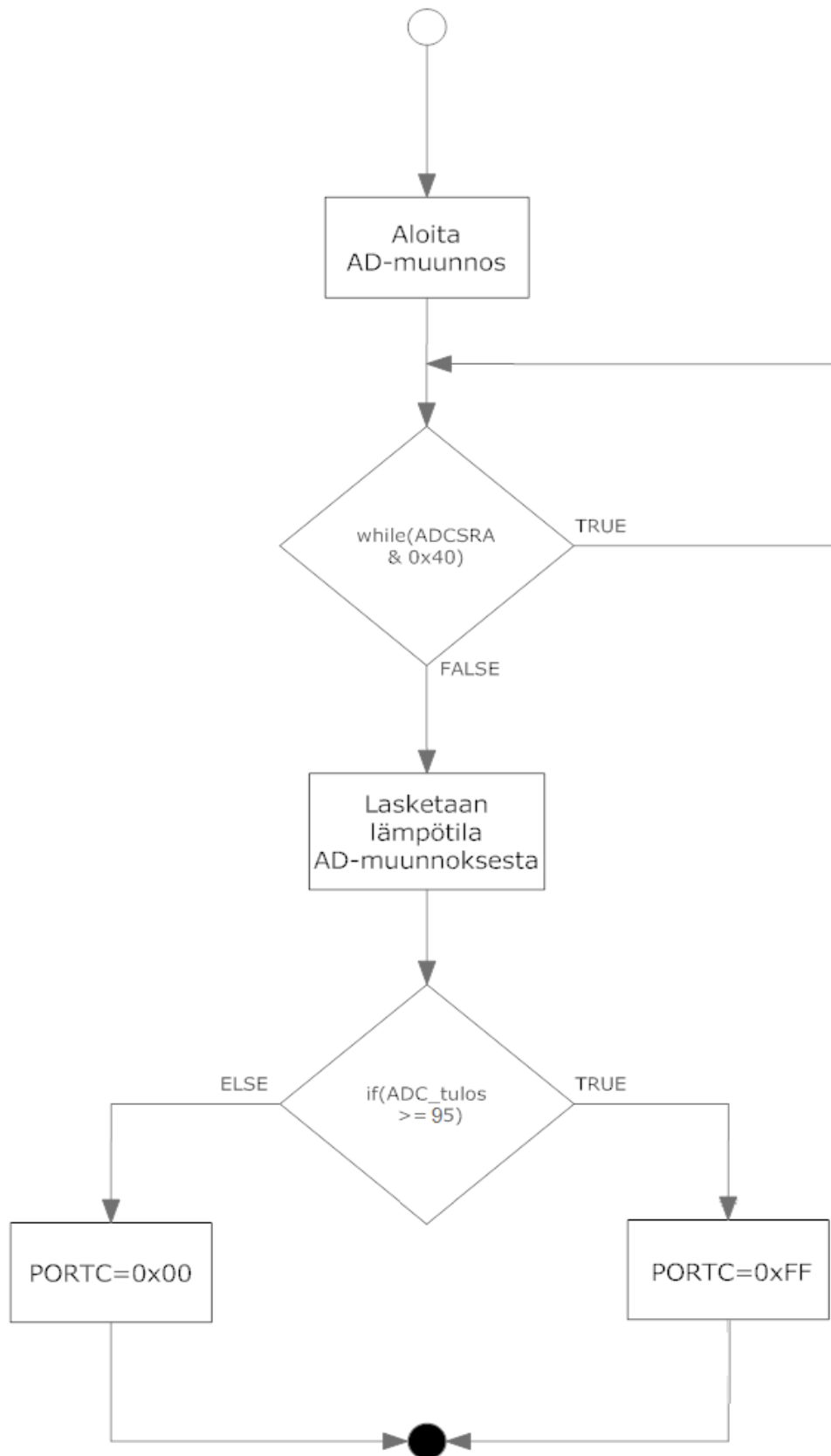
- [1] GPS, Essentials of Satellite Navigation [www-dokumentti]  
<[http://www.u-blox.com/images/stories/Resources/gps\\_compendiumgps-x-02007.pdf](http://www.u-blox.com/images/stories/Resources/gps_compendiumgps-x-02007.pdf)>  
(Luettu: 5.12.2009)
- [2] Global Positioning System [www-dokumentti]  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)>  
(Luettu: 5.12.2009)
- [3] Aallonpituus [www-dokumentti]  
<<http://wiki.ham.fi/Aallonpituus>>  
(Luettu: 1.1.2010)
- [4] Gunn-diode radar [www-dokumentti]  
<<http://www.arrl.org/tis/info/pdf/cheap10gig.pdf>>  
(Luettu: 5.1.2010)
- [5] J Heino, Tietoliikennetekniikka, Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2008, Opetusmateriaali
- [6] Doppler Principles [www-dokumentti]  
<<http://www.copradar.com/preview/chapt2/ch2d1.html>>  
(Luettu: 20.1.2010)
- [7] Chirp [www-dokumentti]  
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Chirp>>  
(Luettu: 20.2.2010)
- [8] The ARRL Handbook for Radio Amateurs. The ARRL, 2002, Seventy-Ninth Edition  
ISBN: 0-87259-189-1
- [9] NMEA Reference Manual [www-dokumentti]  
<<http://www.fastraxgps.com/showfile.cfm?guid=9de68fec-1d95-4fd3-8809-f068c9aaf220>>

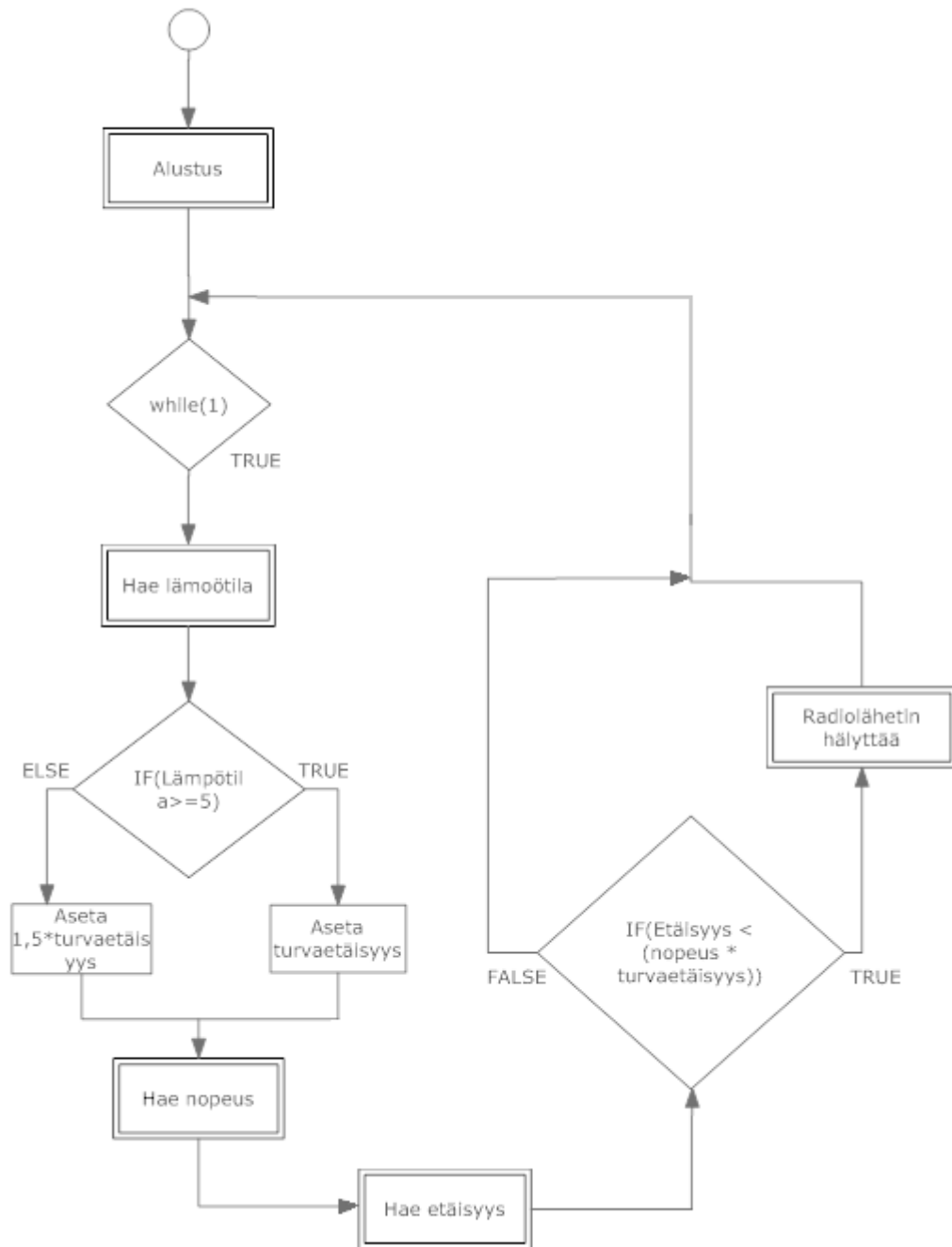
## **LIITTEET:**

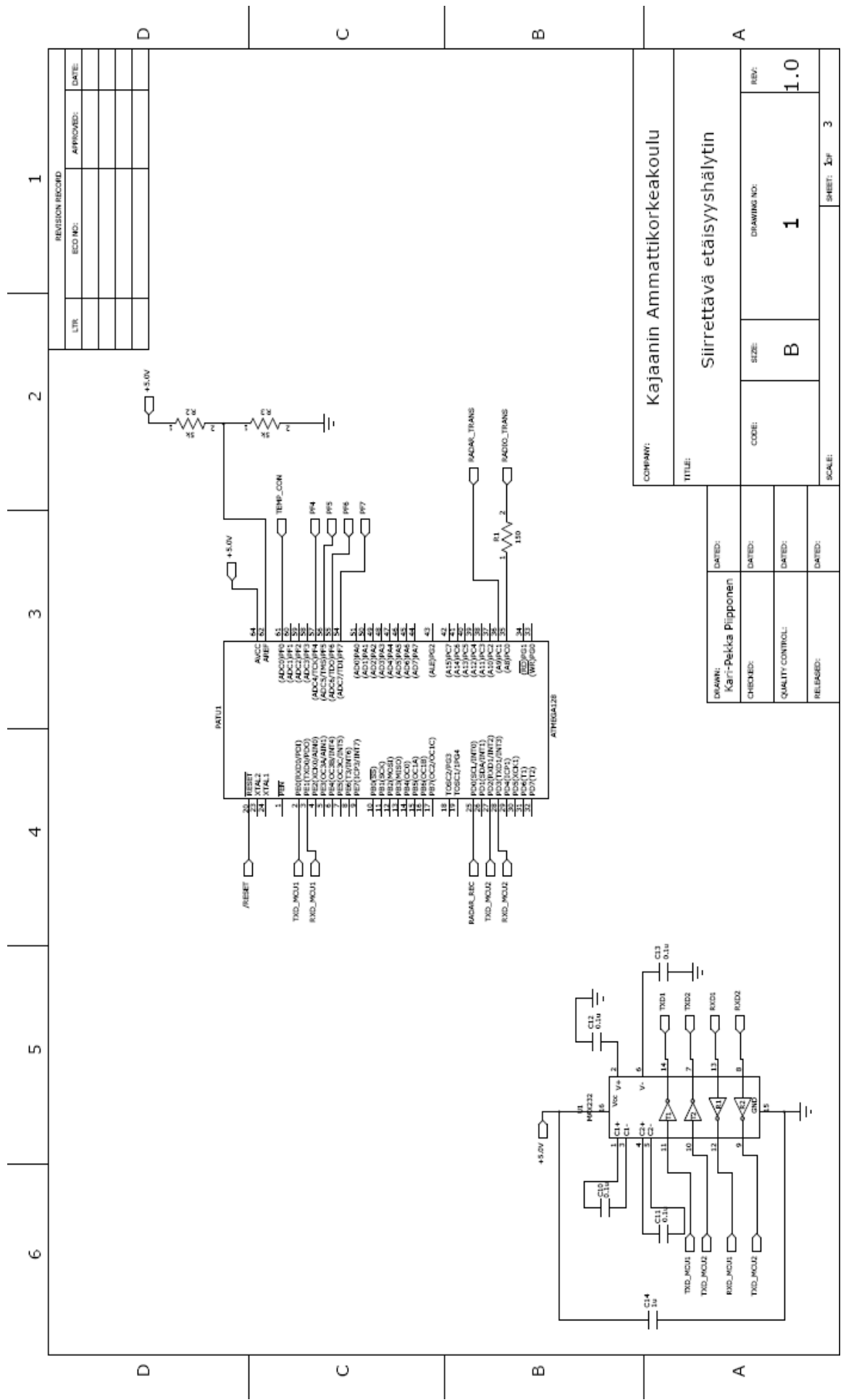
- LIITE 1: Radiolähetin testiohjelman vuokaavio
- LIITE 2: GPS-moduulin testiohjelman vuokaavio
- LIITE 3: Lämpötilamittaus testiohjelman vuokaavio
- LIITE 4: Laitteen ohjelman vuokaavio
- LIITE 5: Kytkentäkaavio









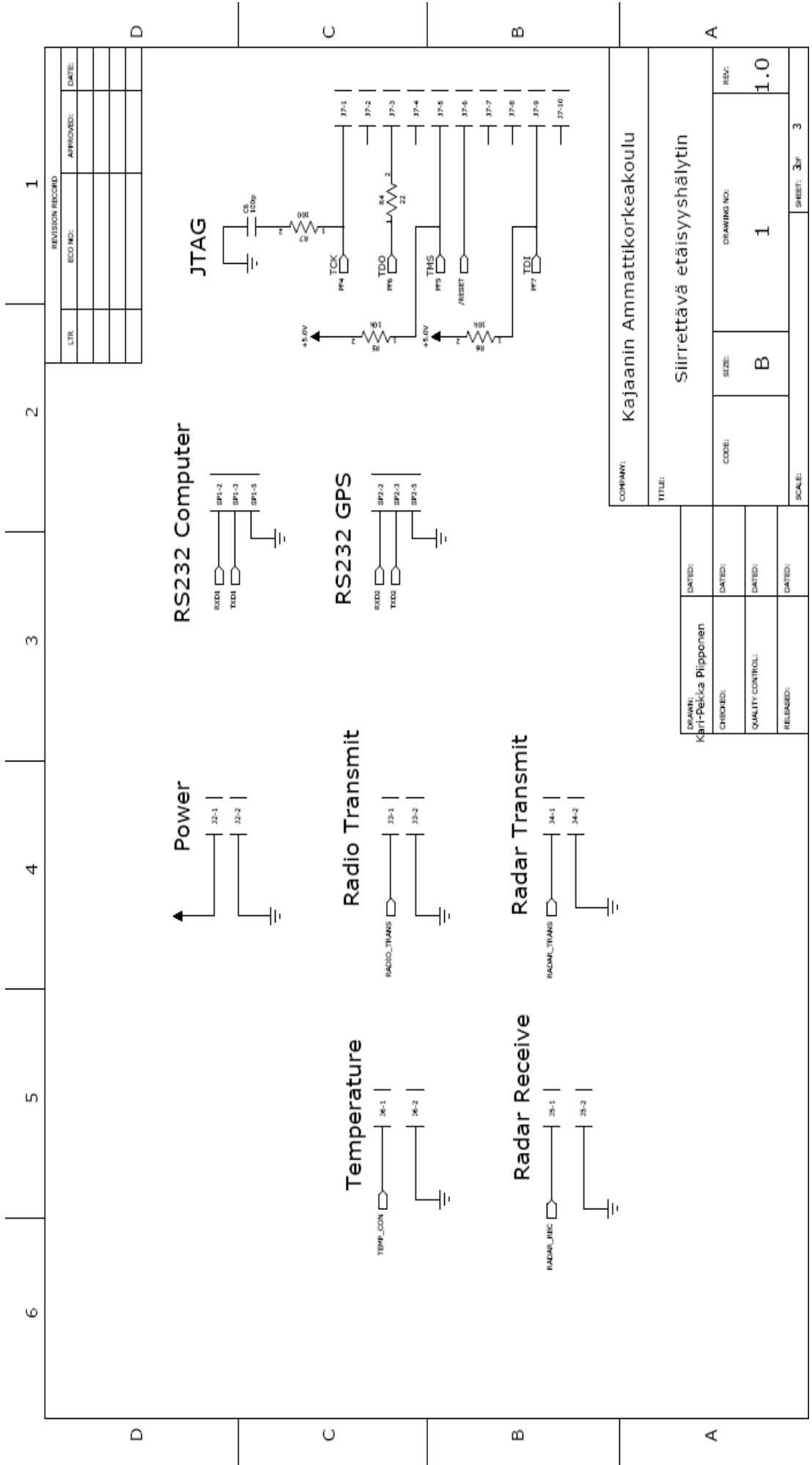


COMPANY: Kajaanin Ammattikorkeakoulu  
 TITLE: Siirrettävä etäisyyshälytín  
 CODE: B  
 DRAWING NO: 1  
 SCALE: 1:1  
 SHEET: 3 of 3

|                      |        |
|----------------------|--------|
| DRAWN:               | DATED: |
| Kari-Pekka Piipponen |        |
| CHECKED:             | DATED: |
|                      |        |
| QUALITY CONTROL:     | DATED: |
|                      |        |
| RELEASED:            | DATED: |
|                      |        |

| 6   | 5             | 4         | 3 | 2 | 1 |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---------------|-----------|---|---|---|--------------------------------------|--|------------------------------------|------|------------------------------|---------------|----------|----------|---------|-----------|------------------|---------------|--|-----------|-------|--|--|--|--|--|--|--|
| D   | C             | B         | A |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">REVISION RECORD</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">LTR.</th> <th style="width: 50%;">DATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>  |               |           |   |   |   | REVISION RECORD                      |  | LTR.                               | DATE |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| REVISION RECORD   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| LTR.  | DATE          |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
|   |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">COMPANY: Kajaanin Ammattikorkeakoulu</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TITLE: Siirrettävä etäisyyshälytyn</td> </tr> <tr> <td style="width: 33%;">DRAWN: Kari-Pekka Piiipponen</td> <td style="width: 33%;">DRAWING NO: 1</td> <td style="width: 33%;">REV: 1.0</td> </tr> <tr> <td>CHECKED:</td> <td>CODE: B</td> <td>SCALE: 2x</td> </tr> <tr> <td>QUALITY CONTROL:</td> <td colspan="2">SHEET: 2 of 3</td> </tr> <tr> <td>RELEASED:</td> <td colspan="2">DATE:  </td> </tr> </table> |               |           |   |   |   | COMPANY: Kajaanin Ammattikorkeakoulu |  | TITLE: Siirrettävä etäisyyshälytyn |      | DRAWN: Kari-Pekka Piiipponen | DRAWING NO: 1 | REV: 1.0 | CHECKED: | CODE: B | SCALE: 2x | QUALITY CONTROL: | SHEET: 2 of 3 |  | RELEASED: | DATE: |  |  |  |  |  |  |  |
| COMPANY: Kajaanin Ammattikorkeakoulu  |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| TITLE: Siirrettävä etäisyyshälytyn  |               |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| DRAWN: Kari-Pekka Piiipponen  | DRAWING NO: 1 | REV: 1.0  |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| CHECKED:  | CODE: B       | SCALE: 2x |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| QUALITY CONTROL:  | SHEET: 2 of 3 |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |
| RELEASED:   | DATE:         |           |   |   |   |                                      |  |                                    |      |                              |               |          |          |         |           |                  |               |  |           |       |  |  |  |  |  |  |  |





| REVISION RECORD |         |           |       |
|-----------------|---------|-----------|-------|
| LTR             | ECO NO: | APPROVED: | DATE: |
|                 |         |           |       |
|                 |         |           |       |
|                 |         |           |       |

|                                      |              |               |          |
|--------------------------------------|--------------|---------------|----------|
| COMPANY: Kajaanin Ammattikorkeakoulu |              |               |          |
| TITLE: Siirrettävä etäisyyshälytin   |              |               |          |
| CODE:                                | SIZE: B      | DRAWING NO: 1 | REV: 1.0 |
| SCALE: 3:1                           | SHEET: 3 / 3 |               |          |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| DRAWN: Kari-Pekka Piipponen | DATE: |
| CHECKED:                    | DATE: |
| QUALITY CONTROL:            | DATE: |
| RELEASED:                   | DATE: |