

Panu Pesälä

LAITESUUNNITELMA

LAITESUUNNITELMA

Panu Pesälä
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma, langattomat laitteet

Tekijä: Panu Pesälä

Opinnäytetyön nimi: Laitesuunnitelma

Työn ohjaajat: Ensio Sieppi (OAMK Oy), Hannu Valkonen (Ultracom Oy)

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2016 Sivumäärä: 40 + 2 liitettä

Työn aiheena oli Ultracom Oy:n toimeksiannosta suunnitella uusi laite annetun tuotekuvauksen perusteella. Työ oli jatkumoa jo aiemmin tehdyille projekteille, jossa etsittiin tässä työssä käytettävät komponentit. Työn tarkoituksena oli tehdä halutulle laitteelle piirikaavio ja ohjelmisto lohkokaaviotasolla ja, jos aikaa jää, tuotteelle voidaan toteuttaa piirilevy sekä prototyyppi jatkokehitystä varten.

Työ aloitettiin piirtotyökaluun tutustumalla ja sen esimerkkien tarkastelulla. Kun piirtotyökalun käyttö oli opeteltu riittävälle tasolle, voitiin aloittaa piirikaavion piirtäminen. Tämä alkoi komponenttien piirtämisellä ja niiden tarkemmalla tutkimisella. Komponenttien datalehdet tuli tutkia tarkoin, jotta tiedettäisiin tarkkaan, kuinka ne toimisivat.

Kun piirikaavio oli saatu piirrettyä, siirryttiin ohjelmisto-lohkokaaavion pariin. Lohkokaaaviota tehdessä tuli suunnitella laitteen sisäisen käyttäjälle näkymättömän ohjelmiston toiminta eli se, kuinka laitteen komponentit toimivat keskenään. Tämän lisäksi tuli suunnitella laitteen yleinen toiminta ja laitteen käyttäytyminen mahdollisissa häiriötilanteissa. Samaan tapaan tuli suunnitella käyttäjän ohjelmisto ja miettiä, millaisia ominaisuuksia siihen mahdollisesti tulisi.

Työn tuloksena saatiin toteutettua laitteelle piirikaavio sekä ohjelmiston lohkokaavio. Piirilevyn ja prototyypin valmistamiseen ei jäänyt aikaa, joten nämä ovat hyviä jatkokehitysmahdollisuuksia.

Asiasanat: piirilevysuunnittelu, ohjelmistosuunnittelu, WLAN, Bluetooth , PADS Logic

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology and Telecommunications,
Wireless devices

Author: Panu Pesälä

Title of thesis: designing new device

Supervisors: Ensio Sieppi (Ouas Oy) Hannu Valkonen (Ultracom Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016 Number of pages:
40+2 appendices

The topic of this thesis was to create new device from the product description that was given by Ultracom Oy. This work was continuation of earlier project where the goal was to find components for this thesis. Main goal in this thesis was to create circuit diagram and software block diagram.

The work started by familiarizing drawing tool by following example works and when the tool was familiar enough the drawing of circuit diagram could start. The drawing started by drawing components and researching them more closely.

After the circuit diagram was completed I started designing software block diagram. When designing a new software for new device it is important to think what software does inside the device and what part of the software user sees in his end. It was also important to pay attention to possible error situations.

The outcome of this thesis was software block diagram and circuit diagram for new product. The follow-up development could be making circuit board and working prototype.

Keywords: Software design, Equipment design, WLAN, Bluetooth, PADS Logic

ALKULAUSE

Opinnäytetyö tehtiin Oulun ammattikorkeakoulun tietotekniikan tutkinto-ohjelman opinnoissa syksyn 2015 ja kevään 2016 aikana. Toimeksiantaja oli Ultracom Oy ja työ suoritettiin Ultracomien tiloissa Kempeleessä. Työn ohjaajana Ultracomilta toimi toimitusjohtaja Hannu Valkonen. Ohjaavana opettajana toimi yliopettaja Ensio Sieppi Oulun ammattikorkeakoululta.

Haluan kiittää Ultracom Oy:n toimitusjohtajaa Hannu Valkosta mielenkiintoisesta opinnäytetyöstä sekä tätä edeltäneestä projektityöstä. Työskentely oli mielenkiintoista ja hyvin opettavaista. Haluan myös kiittää ohjaavaa opettajaa Ensio Sieppiä hyvästä ohjauksesta ja kannustavasta asenteesta.

Oulussa 29.1.2016

Panu Pesälä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	11
2 LÄHTÖTILANNE	12
2.1 Laitesuunnittelu yleisesti	12
2.1.1 Piirikaavion suunnittelu yleisesti	13
2.1.2 Piirilevyn suunnittelu yleisesti	15
2.1.3 Laitteen kotelointi	16
2.1.4 Laitteen testaus	18
2.2 Käytetty tiedonsiirtotekniikka	20
2.2.1 WLAN	20
2.2.2 Bluetooth	22
2.3 Langattoman teknologian ongelmat	24
2.4 Ohjelmiston suunnittelu laitteelle	25
3 KÄYTETYT TYÖKALUT JA TYÖTAVAT	27
3.1 Mentor Graphics	27
3.2 Muut työkalut	28
3.3 Liitostekniikat	30
4 TYÖN TOTEUTUS	33
4.1 Komponenttien valitseminen tuotteelle	33
4.2 Piirikaavion suunnittelu	34
4.3 Langattoman teknologian ongelmien ratkaisu	35
4.4 Ohjelmiston suunnittelu	36
4.4.1 Laitteen ohjelmiston lohkokaavio	36
4.4.2 Käyttäjän sovelluksen lohkokaavio	38
4.5 Muut työt	38
4.6 Tulokset	39

5 POHDINTA	40
LÄHTEET	42
LIITTEET	46
Liite 1 Piirikaavio (Ainoastaan Ultracom Oy:n käytössä)	
Liite 2 Ohjelmiston lohkokaaavio (Ainoastaan Ultracom Oy:n käytössä)	

SANASTO

- AES-128 Advanced Encryption Standard, lohkosalausmenetelmä, jota käytetään tietotekniikassa.
- EDA Electronic Design Automation, kategoria, joka sisältää tietokoneohjelmistoja, mm. piirilevyjen suunnitteluun tarkoitettuja ohjelmistoja
- EDR Enhanced Data Rate, osa Bluetooth-määritelmää, joka mahdollistaa nopeamman tiedonsiirron.
- EMC Electromagnetic Compatibility, tarkoitetaan elektronisen laitteen tai järjestelmän kykyä toimia luotettavasti luonnollisessa toimintaympäristössään.
- ESD Electrostatic Discharge, staattisen sähkövarauksen purkautumisilmiö.
- FLASH Puolijohdemuisti joka voidaan sähköisesti tyhjentää ja uudelleen ohjelmoida
- FHSS Frequency Hopping Spread Spectrum, taajuushyppelyssä lähettäjä vaihtaa lähetystaajuutta tietyn algoritmin mukaisesti.
- GPS Global Positioning System, Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä ja rahoittama satelliittipaikannusjärjestelmä
- GSM Global System for Mobile Communications, matkapuhelinjärjestelmä jota käytetään maailmanlaajuisesti.
- IrDA Infrared Data Association, standardi langattomaan tiedonsiirtoon käyttäen infrapunasäteilyä.
- IEC 61000 Standardi sähkömagneettisen purkauksen sietotestiin

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö, joka määrittelee monia alan keskeisiä standardeja.
IP-luokitus	Ingress Protection, Euroopassa käytössä oleva järjestelmä sähkölaitteiden tiiviiden määrittämiseksi.
L2CAP	Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol, Bluetooth-protokolla pakettien lähetykseen isännän ja orjan välillä
MAC	Media Access Control, IEEE 802-verkoissa esimerkiksi Ethernetverkon varaamisen ja itse liikennöinnin hoitava osajärjestelmä.
PIN	Personal Identification Number, salasanana käytettävä luku, jolla voidaan autentikoitua eli tunnistautua järjestelmään.
PSK	Pre-shared key, kahden osapuolen kesken jaettu salainen avain
SDP	Service Data Point, vastuussa tilaajan tietojen tarjoamisesta
SIM	Subscriber Identity Module, älykortti, jota käytetään matkapuhelinliittymän tilaajan yksilöllisen IMSI-avaimen tietoturvalliseen tallentamiseen.
SFS-EN	standardi, joka määrittelee menetelmät, joilla sähkölaitteiden koteloituiluokitus tehdään.
RFCOMM	Radio Frequency communication, Bluetooth-lähetysprotokolla
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkkotekniikka, jolla erilaiset verkkolaitteet voidaan yhdistää ilman kaapeleita.
WEP	Wired Equivalent Privacy, IEEE:n 802.11-standardin ensimmäinen työaseman ja tukiaseman välistä langatonta tietoliikennettä suojaamaan kehitetty salausmenetelmä.

WPA Wi-Fi Protected Access, WLAN-verkoissa käytettävä salausprotokolla

WPA2 Wi-Fi Protected Access 2, langattomien 802.11-verkkojen viimeisin tietoturvastandardi, jolla pyritään ratkaisemaan niissä olevat tietoturvaongelmat.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella uusi tuote piirikaaviotasolla ja sen ohjelmisto lohkokaaaviotasolla. Opinnäytetyö oli jatkoa jo aiemmin tehtyyn projektiin, jossa etsittiin ja valittiin parhaat mahdolliset komponentit tuotetta varten tehdyn tuotekuvauksen perusteella. Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä tarkemmin projektissa valittuihin komponentteihin. Käytännössä tämä tarkoitti datalehtien tarkkaa läpikäyntiä ja muistiinpanojen tekemistä. Datalehdistä tuli tutkia tarkkaan komponentin toiminta ja, piirtäminen piirikaavioon. Piirikaavion piirtämistä varten opeteltiin käyttämään Mentor Graphicsin PADS Logic-ohjelmistoa ja tämän lisäksi tarkasteltiin hieman PADS Layout-ohjelmistoa, jota käytetään fyysisen toteutuksen suunnitteluun.

Komponenteista tuli myös tutkia niiden ohjelmallinen puoli ja käyttäytyminen eri olosuhteissa ja tilanteissa. Ohjelmistoa suunniteltaessa tuli huomioida kaikki asiat aina tietoturvasta datan liikkumiseen. Oli tärkeää myös huomioida eri komponenttien kalibrointi, jotta nämä toimisivat odotetulla tavalla. Työn oppimistavoite oli laitteiston ja ohjelmiston suunnittelun oppiminen sekä kattava tiedonhankinta tuotetta varten.

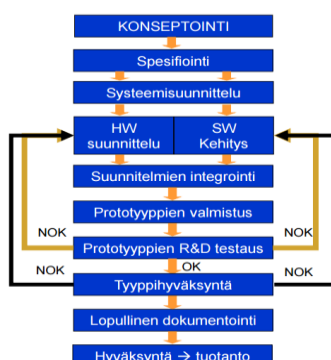
Työ suoritettiin Ultracom Oy:lle. Ultracom Oy on perustettu vuonna 1993 vastaamaan teollisuuden langattoman tiedonsiirron tarpeisiin. Langattoman tiedonsiirron osaaminen näkyi pian myös kuluttajaelektronikassa, kun Ultracom lanseerasi vuonna 1996 metsästyskoirien paikannuslaitteen. Nykyisin yrityksen tuotevalikoimaan kuuluvat koirapaikannuksen lisäksi karjapaikantimet ohjelmistoineen. (1.)

2 LÄHTÖTILANNE

Opinnäytetyöhön valmistauduttiin jo aiemmin tehdyssä projektissa, joka myös suoritettiin Ultracomille. Projektin tarkoitus oli etsiä komponentteja tuotekuvauksen perusteella ja tehdä näistä lista, jonka perusteella komponenttivalinnat tehtiin. Työ aloitettiin datalehtien tarkemmalla tutkimisella ja työkaluihin tutustumalla. Koska olin käyttänyt aiemmin Mentorin valmistamia piirtotyökaluja, uuden ohjelmiston oppiminen oli helppoa. Ongelmaksi muodostui kuitenkin vähäinen kokemus ja opetus laitteistosuunnittelusta itsestään, mutta onneksi tietoa oli kuitenkin saatavilla ja työtä pystyttiin viemään hyvin eteenpäin.

2.1 Laitesuunnittelu yleisesti

Uuden laitteen suunnittelu lähtee liikkeelle laitteen määrittelystä, jossa kuvataan, millaisia ominaisuuksia laitteeseen halutaan ja mitä sen pitäisi tehdä. Kun laite on saatu määriteltyä, suunnittelijan tehtävänä on selvittää, kuinka tämä laite toteutettaisiin käytännössä tai onko sitä ylipäättään järkevää toteuttaa. Kun todetaan, että tuotteelle voidaan tehdä järkevä toteutus, ryhdytään miettimään, mitä komponentteja tullaan tarvitsemaan, että tuote saadaan toteutettua. Kun tarvittavat komponentit on selvitetty tuotetta varten, niistä etsitään useampi eri vaihtoehto eri valmistajilta. Vaikka ajateltu laite vaikuttaisi kuinka hyvältä, jossain työvaiheessa voidaan huomata, että laite ei ole toteutuskelpoinen, jolloin päädytään takaisin suunnittelupöydän ääreen (kuva 1).



KUVA 1. Laitesuunnittelun eteneminen (2.)

Komponentteja vertaillessa tulee ottaa huomioon hinta, fyysinen koko, virrankulutus, elinkaari ja se, onko valmistaja tuttu vai tuntematon. Komponenttien hinta on tärkeässä roolissa heti alkuvaiheessa, sillä se määrittää tuotteen lopullisen hinnan ja valmistuskustannukset. Komponenttien koko on tärkeää huomioida, kun tuotteesta halutaan tehdä mahdollisimman pieni. Tällöin tulee valita mahdollisimman pienet komponentit, jotta säästettäisiin tilaa piirilevyllä. Jos komponenttien muut arvot kuten virrankulutus ja hinta ovat kuitenkin epäsuotuisia, on järkevää tarkastella muita ratkaisuja. On kannattavaa valita ennestään tuttu valmistaja, sillä osista on jo kokemusta ja ne tiedetään laadultaan ja toiminnaltaan hyviksi. Kun komponentit on valittu ja todettu hyviksi, ryhdytään piirikaavion suunnitteluun, jonka jälkeen voidaan suunnitella piirilevy.

2.1.1 Piirikaavion suunnittelu yleisesti

Nykyisin suurin osa piirikaavioista suunnitellaan tietokoneavusteisesti EDA-ohjelmistoilla (Electronic Design Automation). Valmis piirikaavio voidaan kääntää Layout-ohjelmistolle piirilevyn suunnittelua varten. Piirikaavioon liitettyjen simulointimallien avulla voidaan myös simuloida eli jäljitellä piirin toimintaa ennen sen valmistamista. (3.) Piirikaavion tehtävä on kuvata yksityiskohtaisesti piirin sisältämät komponentit, komponenttien väliset liitännät, liittimet, tunnuksiset sijaintiviitteet, että sen avulla voidaan tehdä tarvittavia muutoksia kytkentöihin (4.) Piirikaavion laadinnassa on hyvä ottaa huomioon piirin osien tarkoituksenmukainen ja selkeä sijoittelu. Näin piirikaavion lukeminen ja muokkaaminen jälkeensä on helpompaa ja yhdenmukaisuuden säilyttäminen vaivatonta. (4.) Tämä helpottaa piirin tulkintaa. Esimerkiksi jos kyseessä on monimutkainen tuote ja jokin osio ei jostain syystä toimi oikein kytkennän jälkeen, ongelman voi helposti tarkastaa piirikaaviosta.

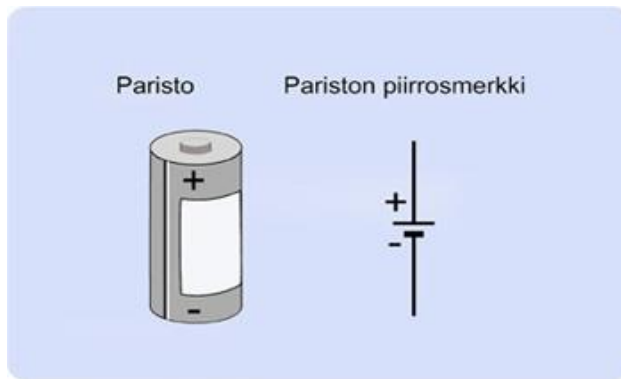
Jo piirikaaviota tehdessä tulee huomioida komponenttien aiheuttamat sähkömagneettiset häiriöt ja niiden aiheuttama lämpeneminen. Komponenttien datalehdistä tulee tutkia tarkoin, kuinka herkkiä nämä ovat häiriölle tai lämpenevätkö nämä paljon käytettäessä. Häiriötä aiheuttavat komponentit ja johdotukset tulee jo tässä vaiheessa sijoittaa etäälle herkistä komponenteista.

Johdotukset voivat aiheuttaa häiriötä signaalivetoihin ja siksi ne tulisi vetää mahdollisimman etäältä. Paljon lämpenevät komponentit tulee huomioida, jotta lämpöherkkiä komponentteja ei sijoiteta näiden viereen, koska se aiheuttaisi ongelmia fyysisessä toteutuksessa kuten virheellisen toiminnan tai komponenttien hajoamisen. Komponentit voivat myös kärventyä, vaikka laite olisi hyvin suunniteltu, mikä voi johtua viallisesta komponentista tai huonosta kontaktista, joka aiheuttaa oikosulun (Kuva 2).



KUVA 2. Piirilevyn ohjauspiiri palanut.

On tärkeää, että piirikaavio on yksiselitteinen, jotta huolto ja vikatilanteissa niistä löydetään helposti tarvittava tieto. Piirikaaviossa komponentit tulee sijoittaa niin, että kaikki tieto niistä on luettavissa. Myös komponenttien jalkojen nimet tulee sijoittaa siten, että ne eivät ole johtojen tai toisten nimien päällä. Piirikaaviossa ei tarvitse esittää komponentteja niiden oikeassa koossa tai muodossa, sillä piirikaaviossa komponentit esitetään piirrosmerkkeinä (Kuva 3.) Piirrosmerkkejä käytetään siksi, että ne ovat yleisesti käytössä ja kuka tahansa, joka tuntee nämä piirrosmerkit voi helposti lukea piirikaaviota. Piirrosmerkkejä voidaan kutsua myös symboleiksi.



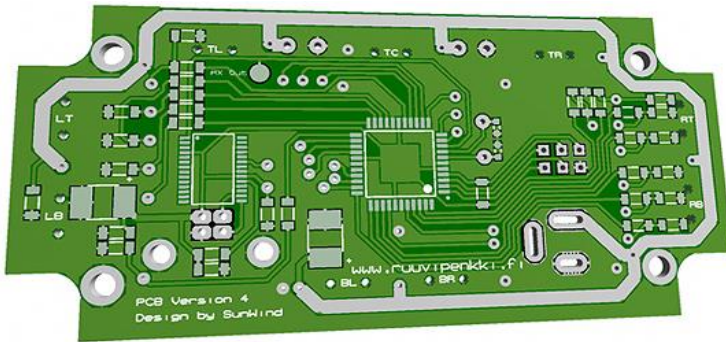
KUVA 3. Esimerkkikuva piirrosmerkistä

2.1.2 Piirilevyn suunnittelu yleisesti

Kun piirikaavio on saatu toteutettua, laitteelle täytyy suunnitella piirilevy, jotta työtä saadaan vietyä kohti valmista tuotetta. Tämä aloitetaan viemällä piirikaaviossa käytetyt komponentit piirilevyn suunnittelu ohjelmistoon, esimerkiksi PADS Layoutiin, johon tässä työssä tutustuttiin. Piirilevystä tulee määrittää käytettyjen kerrosten määrä sekä tuleeko komponentit molemmin puolin levyä vai pelkästään toiselle puolelle. Yleensä kannattaa lähteä liikkeelle minimikerrosmäärästä, sillä kerrosten lisääminen on helpompaa kuin vähentäminen. (5.) Kun komponentit viedään piirikaavion suunnitteluohjelmistoon, näiden mukana tulevat myös suunnitellut yhteydet komponenttien välillä. Tämä helpottaa johdotuksien ja komponenttien sijainnin suunnittelua, mutta sijoittelussa tulee myös huomioida johdotusten ja komponenttien tuottama sähkömagneettinen häiriö. Nämä tulee huomioida erityisen tarkkaan, jos levyille tulee häiriöherkkiä komponentteja, kuten radiopiirejä tai antenni. Häiriöitä voidaan myös vähentää suunnittelemalla maadoitus hyvin, sillä hyvin tehty maadoitus on yksi parhaista ja helpoimmista tavoista minimoida häiriöt elektroniikassa. Myös komponenttien mahdollinen lämpiäminen tulee huomioida sijoittelussa, sillä paljon lämpiävät komponentit voidaan sijoittaa piirilevyn reunaan etäälle herkemmistä komponenteista, josta se voidaan myös yhdistää koteloon, jonka kautta lämpö on helppo johtaa pois. Lämmön pois johtamiseen voidaan myös käyttää piirilevyn kuparipintaa. Tämä

toteutetaan yleensä komponenteilla, joilla on jo valmiiksi oma lämmön pois johtamiseen tarkoitettu alue, joka yleensä on komponentin pohjassa. (6)

Hyvällä piirilevy-suunnittelulla voidaan vähentää ongelmia. Hyvään suunnitteluun kuuluu huolellinen komponenttisijoittelu, piirilevyvetojen huolellinen tekeminen ja aloittaminen ensin kriittisimmistä vedoista, maadoitusratkaisujen miettiminen etukäteen ja ensimmäisen prototyypin huolellinen toteuttaminen. Näihin on hyvä kiinnittää huomiota, sillä vaikka piirilevyt (kuva 4) ovat kestäviä, halpoja ja hyvin tehtyinä luotettavia, virheellisiä juotoksia on vaikea muuttaa ja virhe johtaa yleensä uuden levyn tekemiseen. (6) Piirilevyn suunnitteluun ei tässä työssä vielä menty, mutta jotta piirikaaviosta päästäisiin valmiiseen tuotteeseen niin seuraava looginen vaihe on piirilevyn suunnittelu ja toteutus.



KUVA 4. Esimerkkikuva piirilevystä (7)

2.1.3 Laitteen kotelointi

Kotelon ensisijainen tarkoitus on suojata laitteen elektroniikkaa siihen kohdistuvilta kolhuilta ja muilta ympäristön aiheuttamilta haitoilta, kuten kosteudelta ja kosketuksen aiheuttamalta staattiselta sähköltä. Jos laitteessa on voimakkaasti lämpeneviä osia, kotelo voi myös käyttää lämmön pois johtamiseen. Onnistunut suojakotelointi suojaa sekä radiotaajuisilta häiriöiltä että sähkö- ja magneettikenttien kautta kytkeytyviltä häiriöiltä. Huonosti suunniteltu kotelo ottaa vastaan sekä aiheuttaa häiriöitä. Koteloinnin toimivuutta on vaikea simuloida, ja lopullinen toimivuus ilmeneekin vasta testaamalla valmista tuotetta.

Sähkölaitteen kotelo on usein kytketty maadoitukseen, jolloin se suojaa laitetta myös ulkopuolelta tulevilta sähköstaattisilta purkauksilta. (8.)

Koteloa suunnitellessa on tärkeää valita käytettävä materiaali käytettävän laitteen ominaisuuksien mukaan. Kotelon materiaalina voi käyttää johtavaa materiaalia, jolla voidaan vaimentaa laitteesta aiheutuvia sekä laitteeseen vaikuttavia häiriösignaaleja sekä sähkökenttiä. Materiaalivalinnoilla voidaan myös suojautua käyttämällä magneettikentän suuntaukseen materiaaleja, joiden permeabiliteetti on suuri. (8.)

Koteloa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon sen häiriöalttius eli asiat, jotka mahdollisesti aiheuttavat häiriötä sisällä olevaan elektroniikkaan. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi kotelon muoto, laitteen tuuletukseen käytetyt aukot ja käytetty materiaali. Likimääräisenä suunnittelusääntönä johtavassa suojakotelossa on $\lambda/16$ -sääntö (Kuva 5.) Jos laitekotelossa oleva rako tai aukon läpimitta on tätä suurempi, alkaa aukosta päästä säteily läpi. (8.) Koteloimalla laite johtavalla materiaalilla voidaan vaimentaa laitteesta aiheutuva ja laitteeseen kohdistuva häiriö.

Taajuus	Aallonpituus	$\lambda/16$
50 Hz	6 000 km	375 km
1 000 Hz	300 km	18,8 km
10 kHz	30 km	1,88 km
100 kHz	3 km	188 m
100 MHz	3 m	0,188 m
1 GHz	30 cm	1,88 cm
10 GHz	3 cm	1,88 mm

KUVA 5. $\lambda/16$ -sääntö (9)

2.1.4 Laitteen testaus

Kun laitteesta on saatu valmistettua toimiva kappale, tulee se testata huolellisesti mahdollisten vikojen löytämiseksi. Laitteen on täytettävä kansainväliset laatustandardit, jotta sen toimintavarmuus ja turvallisuus olisi taattu. Standardien mukaan laite ei saa tuottaa liikaa sähkömagneettisia häiriöitä ja toisaalta sen tulee kestää vaadittava määrä häiriöitä. Häiriöt voivat olla joko säteileviä tai johtuvia. Laitteen sähkömagneettista yhteensopivuutta voidaan testata EMC-laboratorioissa (kuva 6). Testit jakaantuvat häiriönsieto- ja häiriönlähetystesteihin. Laitteesta tulee myös testata sen staattisen sähkön(ESD) sieto. Testissä laitteesta testataan sen kykyä sietää staattisen sähkön purkauksia. Testi on IEC 61000-4-2 -standardin mukainen. (10.)



KUVA 6. EMC-testilaboratorio (11)

Häiriönsietoa voidaan testata yksinkertaisesti käyttämällä korkeataajuisia radiotaajuuslähdettä tai elektromagneettisia pulsseja, jotka on kohdistettu testattavaan laitteeseen. Laitteen tuottamaa häiriötä voidaan mitata esimerkiksi spektrianalysaattorilla tai oskilloskoopilla. Häiriösignaaleja mitataan eri puolilta ja etäisyyksiltä laitteesta.

Laitteesta tulee myös testata sen mekaaninen kestävyys. Tämä toteutetaan erilaisilla rasiustesteillä. Tällaisia testejä ovat esimerkiksi värinätesti, jossa laite altistetaan värinälle, ja pudotustesti, jossa laite pudotetaan tietyltä korkeudelta. Laitetta voidaan myös keinotekoisesti "vanhentaa". Tällöin siihen kohdistetaan elinkaaren aikana mahdollisesti kohdistuvaa mekaanista sekä ohjelmallista

rasitusta jolloin saadaan tietoon tuotteen pisin mahdollinen käyttöikä kovassa rasituksessa. Tällaisella testauksella saadaan myös tietoon laitteen heikoimmat kohdat, jolloin niitä voidaan mahdollisesti parannella ja näin tuotteesta saadaan laadukkaampi ja kestävämpi.

Laitteen kotelosta tulee testata sen tiiviysluokka eli IP-luokka, joka on SFS-EN 60529 -standardin mukainen. IP-koodissa IP kertoo, että kotelo on määritetty standardin mukaisesti. Ensimmäinen numero tai kirjain x ilmaisee, kuinka koteloINTI suojaa ihmisiä koskettamasta vaarallisia osia. Se myös ilmaisee, kuinka koteloINTI suojaa laitetta vieraiden aineiden sisäänkäsyä vastaan. (12) Toinen numero tai kirjain ilmaisee vesisuojauksen. Tämä tehdään vesi- ja pölytesteillä sekä vierasaineiden osalta puikkotesteillä. Lämpäistökseen testin laitteen tulee kestää tietty määrä kosteutta ja pölyä. Tämän jälkeen laitteelle annetaan esimerkiksi IP67-luokitus, joka määritetään testitulosten mukaan taulukosta (kuva 7).

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Ensimmäinen tunnus-Numero IPxx	0 1 2 3 4 5 6	Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäsyä Suojaamaton Kun halkaisija \geq 50 mm Kun halkaisija \geq 12,5 mm Kun halkaisija \geq 2,5 mm Kun halkaisija \geq 1,0 mm Pölysuojatusti pölytiivisti	Vaaralliset osat kosketussuojattu: suojaamaton nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta
Toinen tunnus-Numero IPxx	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänkäsyn haitalliselta vaikutukselta Suojaamaton Pystysuoraan tippuvalta vedeltä Tippuvalta vedeltä (kallistus 15°) Satavalta vedeltä Roiskuvalta vedeltä Vesisuihkulta Voimakkaalta vesisuihkulta Lyhytaikaisesti upotettuna Jatkuvasti upotettuna	
Lisäkirjaimet	A B C D		Vaaralliset osat kosketussuojattu: Nyrkiltä Sormelta Työkalulta langalta
Täydentävä kirjain	H M S W	Suurjännitelaitte Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin	

KUVA 7. IP KoteloINTIluokat (13.)

2.2 Käytetty tiedonsiirtotekniikka

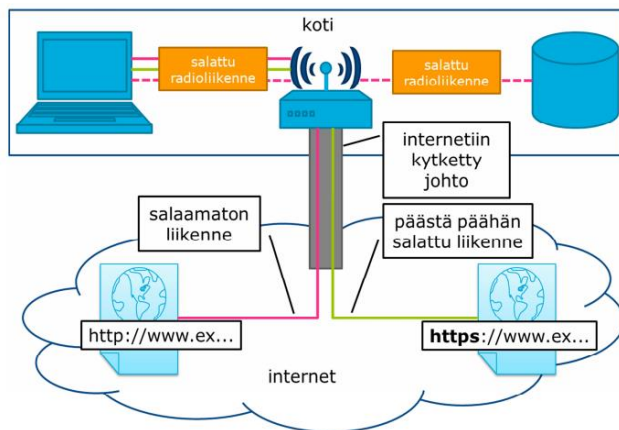
Tämän työn langaton tiedonsiirto toteutettiin WLAN- ja Bluetooth-yhteyden sisältävällä piirillä. Yhden piirin ratkaisuun päädyttiin sen virrankulutuksen ja hinnan takia, sillä kaksi erillistä piiriä olisi tullut kalliimmaksi ja ratkaisu olisi tullut monimutkaisemmaksi sekä turhaa tilaa vieväksi. Syy miksi tässä käytettiin WLAN/Bluetoothia GSM:n sijaan, on moduulien hinta. GSM vaatisi lisäksi erillisen SIM-kortin toimiakseen, mikä taas nostaisi laitteesta tulevia kustannuksia huomattavasti.

2.2.1 WLAN

Langattomilla lähiverkoilla tarkoitetaan yleensä IEEE 802.11 -ryhmässä määriteltäviä standardeja käyttäviä tietokoneiden liityntäverkkoja. WLAN on maailmanlaajuinen standardi. WLAN-laitteet viestivät eri puolilla maailmaa käytännöllisesti katsoen samoilla 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n radiotaajuusalueilla. Taajuusalueet on standardeissa jaettu useiksi kanaviksi. Kanavat, joita saa käyttää, vaihtelevat maittain ja alueittain, mutta kaikki WLAN-tekniikkaa käyttävät laitteet toimivat kuitenkin kaikissa WLAN-verkoissa. (14.) 2,4 GHz:n taajuusalueella toimivat 802.11b-, 802.11g- ja 802.11n-versiot ovat yleisesti käytössä mm. Euroopassa. 802.11b:n suurin tiedonsiirtonopeus on 11 Mbit/s, 802.11g:n suurin tiedonsiirtonopeus on 54 Mbit/s ja 802.11n:n suurin tiedonsiirtonopeus on 540 Mbit/s. Nopeudet ovat kuitenkin teoreettisia maksimeita, joten niitä ei saavuteta normaalissa käytössä.(14.)

5 GHz taajuusalueella toimii 802.11a, joka on käytössä lähinnä Yhdysvalloissa ja Japanissa. Myös 802.11n tukee tätä taajuutta. 802.11a:n suurin teoreettinen tiedonsiirtonopeus on 54 Mbit/s. (14.) Tässä työssä käytetty piiri tuki 802.11b-, 802.11g- ja 802.11n-versioita. Kotitalouksissa WLANia käytetään esimerkiksi langattoman verkkoyhteyden luomiseen, jolloin säästetään turhalta kaapeloinnilta. Tämä on helppo toteuttaa kotiin sijoitettavalla langattomalla tukiasemalla, joka kytketään asuntoon tulevaan kiinteään verkkoyhteyteen.

Jos langaton verkko on suojaamaton, pääsee kuka tahansa naapuri tai ohikulkija kiinnittymään tukiasemaan ja käyttämään internet-yhteyttä. Käytännössä naapuri pystyy myös tarkastelemaan jaettuja tiedostoja, mikäli niitä ei ole suojattu salasanalla, ja käyttämään verkon yhteisiä tulostimia ja muita laitteita halutessaan myös kiusantekotarkoituksessa.(15.) Tästä syystä langaton verkko tulee suojata hyvin mahdollisten väärinkäytösten varalta. Suojatun verkon käyttö ei yksistään ole rikos, mutta sen murtaminen on. Langaton verkko voidaan kuitenkin suojata usealla eri tapaa, kuten sallia vain tiettyjen laitteiden yhteys tukiasemaan MAC- osoitteen perusteella. (15.) Paras keino on kuitenkin salauksien käyttö joita ovat WEP, WPA ja WPA2.(15) Salauksen käyttö voi hidastaa tiedonsiirtonopeutta ja aiheuttaa ongelmia eri laitteiden välillä, kun tietty salaus on käytössä. Tästä syystä salaukseen käytetään normaalisti PSK:ta ja WPA2:ta. (16) Tämä tarkoittaa sitä, että kytkeydyttäessä langattomaan verkkoon tulee tietää tukiasemaan asetettu salasana. Tällä voidaan helposti estää ulkopuolisia käyttämästä verkkoa luvattomasti. Salaus kuitenkin rajoittuu vain langattomaan tiedonsiirtoon (kuva 7), koska langaton verkko ei suojaa yhteyksiä esimerkiksi verkkosivuihin. (16.)



KUVA 7. Langattoman verkon salauksen rajoittuvuus (16.)

WLAN-laitteiden lisäksi myös muut kotitalouslaitteet hyödyntävät lisenssivapaita radiotaajuuksia langattomassa tiedonsiirrossa. Samalla radiotaajuusalueella toimivat laitteet voivat häiritä toisiaan tai jopa estää niiden käyttämisen. Tällaisia laitteista ovat esimerkiksi langattomat multimedialaitteet kuten TV-kuvan

siirtolaitteet. Tämä on hyvä huomioida, kun suunnitellaan WLAN:lla toimivaa laitetta, kuten tekemällä laitteelle hyvän kotelon, joka minimoi ulkopuoliset häiriöt.

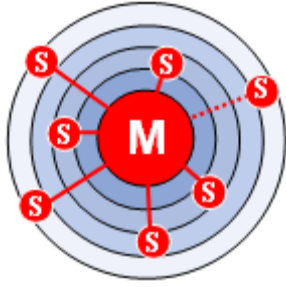
WLANia voidaan myös hyödyntää paikannuksessa. Tämä onnistuu hyödyntämällä tukiasemien sijaintia ja MAC-osoitetta. Tämä tekniikka voi myös avustaa GPS-paikannusta, joka muuten toimisi hitaasti. WLAN-signaaleja käytetään myös tarkempaan paikannukseen esimerkiksi rakennusten sisällä, joka perustuu useiden tukiasemien signaalien vertailuun ja näiden pysyvään sijaintiin.

2.2.2 Bluetooth

Bluetooth on kansainvälinen avoin standardi, joka mahdollistaa älykkäiden laitteiden kommunikoinnin keskenään lyhyeltä etäisyydeltä langattomasti. Se mahdollistaa minkä tahansa elektroniikka laitteen kommunikoinnin keskenään, esimerkiksi tietokoneista matkapuhelimiin. Bluetoothin etuja langattomassa teknologiassa on sen pieni virrankulutus, joka mahdollistaa pidemmän käyttöajan akkukäyttöisille laitteille kuten matkapuhelimille. (17.)

Bluetooth-standardi käyttää FHSS-tekniikkaa, joka sisältää taajuusalueen 2,402 GHz:n -2,480 GHz:n jakamisen 79 kanavaan, joita kutsutaan hyppyiksi. Jokainen hyppy on 1 MHz:n levyinen ja signaalin lähetys tapahtuu käyttäen peräkkäisiä kanavia, jotka ovat tuttuja sekä lähettävälle että vastaanottavalle asemalle. Vaihtamalla kanavia jopa 1600 kertaa sekunnissa Bluetooth voi välttää muiden radiosignaalien häiritsemisen (18.)

Bluetooth-standardi perustuu isäntälaitteen ja orjalaitteen toimintaan. Isäntä voi yhdistää useaan orjaan yhtä aikaa ja hallita näiden toimintaa (kuva 8). Todellisuudessa isäntä voi kuitenkin yhdistää vain yhteen orjaan kerrallaan, mutta yhteys orjien välillä vaihtuu niin nopeaa, että ne näyttävät olevan yhteydessä samanaikaisesti. (18.)



KUVA 8. Isäntä hallitsee useaa orjaa (18)

Yhteyden muodostus alkaa siitä, että isäntälaitte lähettää kyselyn kaikille kantaman sisällä oleville laitteille. Kantaman sisällä olevat laitteet vastaavat osoitteellaan isännälle. Isäntälaitte valitsee osoitteen ja synkronoituu laitteen yhteyspisteen kanssa. Tämän jälkeen on muodostettu linkki yhteyspisteen kanssa, joka mahdollistaa isännän pääsyn yhteyspisteen palveluihin käyttäen SDP-protokollaa. Yhteyksipisteen palveluiden löydyttyä Isäntälaitte on valmis luomaan kommunikointikanavan yhteyspisteen kanssa käyttäen L2CAP-protokollaa. Palvelun tarpeiden mukaan voidaan muodostaa L2CAP-kanavan yli toimiva RFCOMM-kanava, jotta virtuaalisen sarjaportin muodostus onnistuu. Jotkin sovellukset on suunniteltu yhdistymään vakioportteihin itsenäisesti. Tällaisia ovat esimerkiksi navigointiohjelmat, jotka on ohjelmoitu yhdistymään mihin tahansa GPS Bluetooth laitteeseen.

Yhteyksipiste voi sisältää paritussuojausmekanismiin, joka mahdollistaa yhteyden luomisen vain luvan saaneiden laitteista. Paritus tehdään yleensä salausavaimen avulla, joka on yleisemmin tunnettuna PIN. Yhteyksipiste lähettää paritumiskutsun isäntälaitteelle ja kehottaa isäntälaitetta antamaan PIN-koodin. Jos se on, oikea laitteiden välille muodostuu yhteys. (18.) Turvatussa tilassa PIN lähetetään salattuna käyttäen toista avainta, jotta vältettäisiin signaalin murtaminen. Kun parituminen on valmis, isäntälaitte voi vapaasti käyttää muodostettua kommunikointikanavaa.

Tässä työssä käytetty piiri tuki uudempaa Bluetooth 4.0-tekniologiaa, jossa on tähdätty aiempaa pienempään virrankulutukseen. Bluetooth 4.0 sisältää kolme

erilaista spesifikaatiota, Classicin, vähän tehoa kuluttavan sekä nopeaan tiedonsiirtoon suunnatun spesifikaation. Classicissa tiedonsiirtonopeudeksi on määritetty 24 Mbit/s ja nopean tiedonsiirron ratkaisu käyttää hyväkseen 802.11g-standardin WLAN-verkkoa. Samalla spesifikaatioihin on määritetty kantomatkaksi jopa 60 metriä ja mukana on AES-128-suojaus.(19.)

2.3 Langattoman teknologian ongelmat

Yleisin langattoman teknologian ongelmia ovat muiden laitteiden ja ympäristön aiheuttama häiriöt. Esimerkiksi jos samalla radiotaajuusalueella on useita laitteita, nämä voivat häiritä yhteyksiä tai jopa estää toistensa käytön. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi langattomat multimedialaitteet kuten TV-kuvan langattomat siirtolaitteet. Myös erilaiset esteet kuten paksut seinät ja vesisade heikentävät signaalia tai jopa estävät sen kokonaan ja tämä tulee ottaa huomioon esimerkiksi langattomia verkkoja suunniteltaessa.

Myös tietoturva tulee ottaa huomioon langattomasti dataa lähettävää laitetta suunniteltaessa. Tämä onnistuu eri salauksia ja salasanoja käyttämällä ja yksi helppo tapa turvata yhteys on yhdistää laitteet keskenään ja asettaa salasana, jota ilman laitteeseen ei voi saada yhteyttä. Tietoturva on tärkeä myös siitä syystä, että mitään käyttäjän laitetta kohtaan ei tapahdu minkäänlaista hyökkäys yritystä tai yksinkertaisesti joudu haittaohjelman kohteeksi. Tällaisia tietoturvaongelmia voivat olla esimerkiksi erilaiset tietomurrot, signaalin kaappaukset, salasanojen urkinta tai salakuuntelu.

Langattomassa tiedonsiirrossa yhdeksi tärkeimmäksi osioksi muodostuu myös antenni, sillä on tärkeää, että antenni on yhteensopiva suunnitellun laitteen kanssa. Antennin tulisi kyetä lähettämään ja vastaanottamaan tietoa mahdollisimman tehokkaasti. Tärkein huomioitava asia antennia valitessa on antenni tyyppi, sen impedanssi, toimintakyky kun se on laitteessa ja, kun sen ympärillä on esteitä. (20.)

Laitetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon komponentti sijoittelu, sillä jotkin komponenteista ovat häiriölle herkempiä kuin toiset. Häiriölle herkkiä

komponentteja ovat esimerkiksi radiopiirit ja antennit, jotka tulee ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon. Jotta myöhemmässä vaiheessa nämä eivät tuota ongelmia, tulee miettiä, mitkä komponentit mahdollisesti häiritsevät näiden toimintaa ja sijoittaa häiriötä tuottavat komponentit mahdollisimman etäälle niistä. Myös laitteen ulkopuolelta tulevat häiriöt tulee ottaa huomioon etenkin kotelo suunniteltaessa, jolla voidaan eristää suuri osa ulkopuolisesta häiriöstä. (20.)

2.4 Ohjelmiston suunnittelu laitteelle

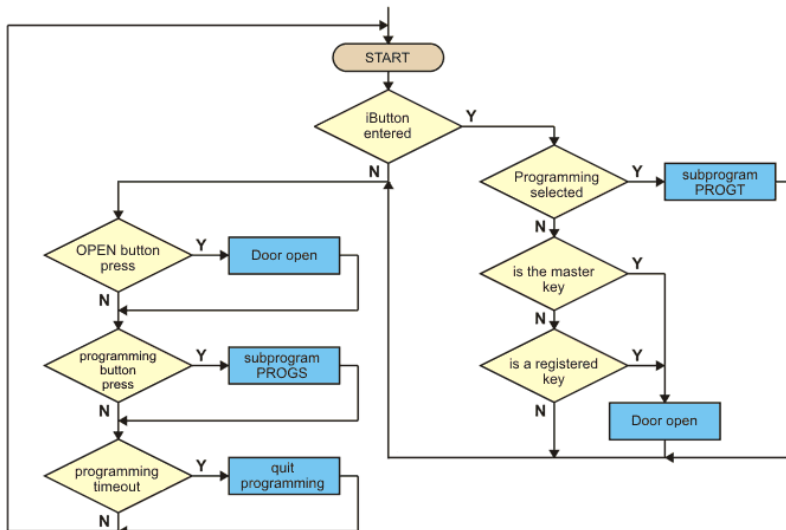
Ohjelmistosuunnittelija suunnittelee ja kehittää ohjelmistoja. Työ alkaa yleensä vaatimusten määrittelystä, jonka pohjalta johdetaan tulevan ohjelmiston rakenne, eli arkkitehtuuri. Ohjelmiston arkkitehtuuri ohjaa suunnittelu- ja toteutustyötä, joka tapahtuu iteratiivisesti eli lisäävästi ja tänä päivänä usein ketteriä menetelmiä käyttäen, yhteistyössä asiakkaiden kanssa. Ohjelmistosuunnittelijan tehtäviin kuuluu myös ohjelmiston testaus, ylläpito ja uudelleenkehittäminen sekä IT-palveluidenhallinnan kehittäminen. Tyypillistä on että ohjelmistosuunnittelija erikoistuu jollekin osa-alueelle. (21.)

Ohjelmointikieltä valittaessa tulee huomioida laite, johon ohjelmisto tulee ja, mitä ohjelmointikieltä se tukee. Jos esimerkiksi laitteiston sisäiset osat tukevat C-kieltä tai C++ kieltä, tällöin tulee valita laitteeseen näistä parhaiten soveltuva kieli. Ohjelmistoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon laitteen käyttötarkoitus ja mahdollinen asiakasryhmä. Ohjelmiston tulisi olla käyttäjälle miellyttävä käyttöliittymältään sekä visuaalisuudeltaan. Ennen kuin käyttöliittymäpuolta ryhdytään suunnittelemaan, täytyy laitteen osat saada toimimaan ohjelmallisesti keskenään. Tähän sisältyy osien kalibroimista ja selvennys, miten ja missä laitteen data käsitellään sekä miten kukin osa ohjelmallisesti toimii. Kun osat saadaan ohjelmallisesti toimimaan keskenään halutulla tavalla, voidaan ryhtyä suunnittelemaan itse pääohjelmaa.

Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida, mitä ominaisuuksia halutaan ohjelmallisesti käyttöön, kuten toimiiko käyttöliittymä kosketuksella vai nappia painamalla. Kun ohjelmistoa suunnitellaan laitteelle, tulee ottaa huomioon myös

käyttäjältä piilossa tai muuten vain automatisoidut tapahtuvat asiat. Tällaisia ovat esimerkiksi langattoman yhteyden etsiminen ja siihen yhdistäminen, laitteen aktivoituminen lepotilasta tietynlaisen ärsykkeen saatuaan ja datan lähetys ja vastaanotto.

Tässä työssä ohjelmisto suunniteltiin vain lohkokaaviotasolla, jossa kuvattiin järjestelmän toimintaa yleisellä tasolla. Lohkokaaviot tulivat välttämättömiksi monimutkaisissa järjestelmäsuunnitelmissa, jotta saataisiin karkea kuva järjestelmän toiminnasta. (22.) Lohkokaavion (kuva 9) tärkein tarkoitus on kuvata järjestelmän toiminta ohjelmoijalle, jotta hän voi luoda ohjelmiston. Koska työ toteutettiin vain lohkokaaviotasolla, sitä ei ryhdytty ohjelmoimaan tässä opinnäytetyössä vaan työn tavoitteena oli suunnittelun opetteleminen.



KUVA 9. Esimerkkikuva lohkokaaviosta (23)

3 KÄYTETYT TYÖKALUT JA TYÖTAVAT

Tässä työssä työkaluina käytettiin PADS-suunnitteluohjelmistoa, joka on Mentor Graphicsin valmistama työkalu piirikaavioiden, piirilevyjen ja komponenttien piirtämiseen. Työkalu ei ollut ennestään tuttu, joten työskentely aloitettiin työkaluun tutustumalla ja esimerkkejä seuraamalla. Esimerkkitoita seuraamalla työkalun käytön oppi nopeasti ja itse piirikaaviosuunnittelu lähti hyvin käyntiin.

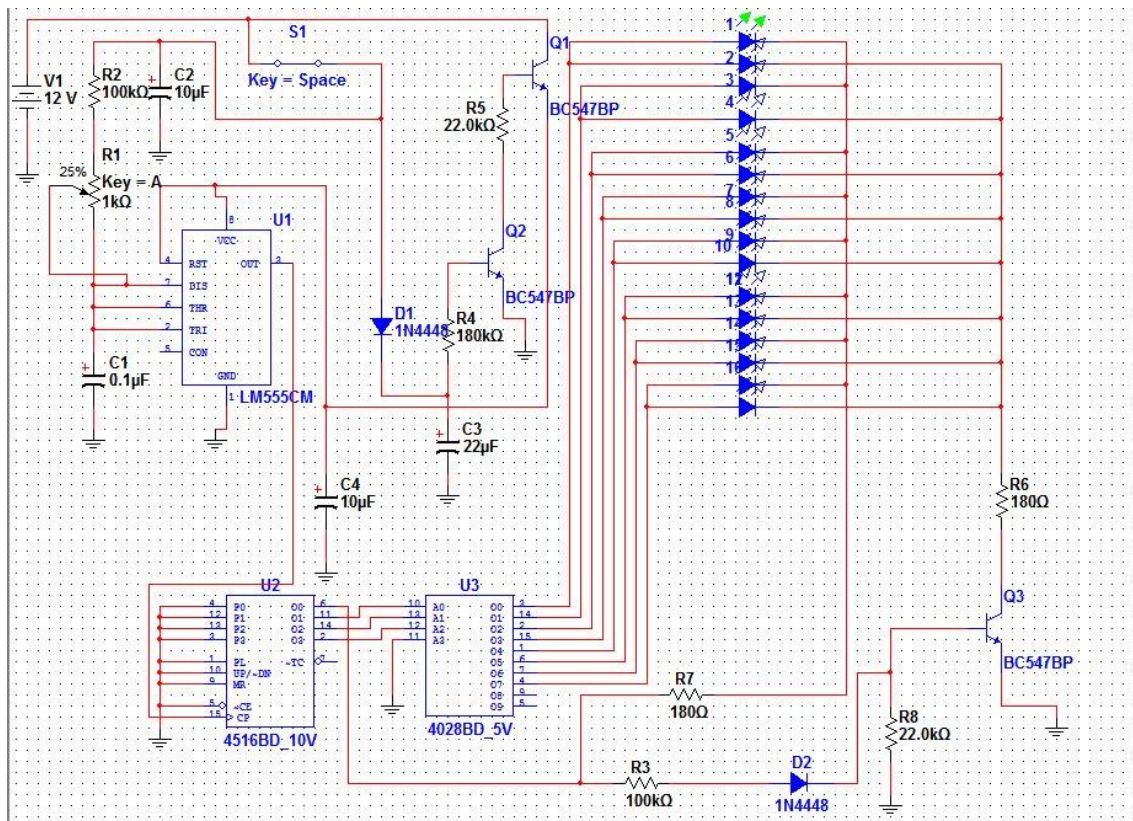
3.1 Mentor Graphics

Mentor Graphics on amerikkalaistaustainen monikansallinen yritys, joka valmistaa suunnitteluohjelmistoja elektronisten järjestelmien suunnitteluun. (24.) Mentor Graphicsia ryhdyttiin perustamaan 1980-luvulla, jolloin tietokonesuunnittelun rooli alkoi olemaan yhä suuremmissa roolissa elektroniikkateollisuudessa. Mentorin perusajajäsenet työskentelivät ohjelmistokehittäjinä Tektronixilla. He valitsivat ohjelmistonsa alustaksi jo olemassa olevan tietokonejärjestelmän, koska he arvelivat, että isot tietokoneyritykset tulisivat omistamaan laitteistot. (24.)

Yrityksellä on laajasti erilaisia suunnittelutyökaluja aina piirikaavion piirtämisestä simulointiin. Mentorin ohjelmistoja käytetään yrityksissä niiden monipuolisuuden ja hyvän ylläpidon takia, mutta pienemmillä yrityksillä ei välttämättä ole varaa ostaa kalliita lisenssejä. Tässä työssä Mentorin ohjelmistoa käytettiin, koska se oli tällä hetkellä yrityksen käytössä uusia tuotteita suunniteltaessa

Työssä käytettiin Mentor Graphicsin PADS Logicia piirikaavion suunnitteluun sekä PADS Layoutia geometriamallien suunnitteluun. Piirikaavion avulla kuvataan laitteen toimintaa komponenttitasolla ja, sen avulla laitteen toimintaa on helpompi ymmärtää. Piirikaavio ei välttämättä kuvaa, miten komponenttien kytkentä on toteutettu käytännössä. Yleensä signaalin kulkusuunta on kaaviossa vasemmalta oikealle tai ylhäältä alas. Pads Layoutia käytettiin komponenttien piirilevykuvien piirtämiseen, eli piirrettiin kuva, jonka avulla määritettiin juotospinnat, johon komponentti kiinnittyisi. Pads Logic-ohjelmaa käytettiin

piirikaavion piirtämiseen. Piirikaavioon piirretään komponentin datalehdestä löytyvä piirrosmerkki, jonka avulla nähdään, mistä portista kulkee mikäkin signaali. Näitä tietoja hyödyntämällä jokaisesta komponentista piirrettiin symbolikuva, joista muodostettiin piirikaavio (kuva 10.)



KUVA 10. Esimerkkikuva piirikaaviosta (ei työssä toteutettu(25))

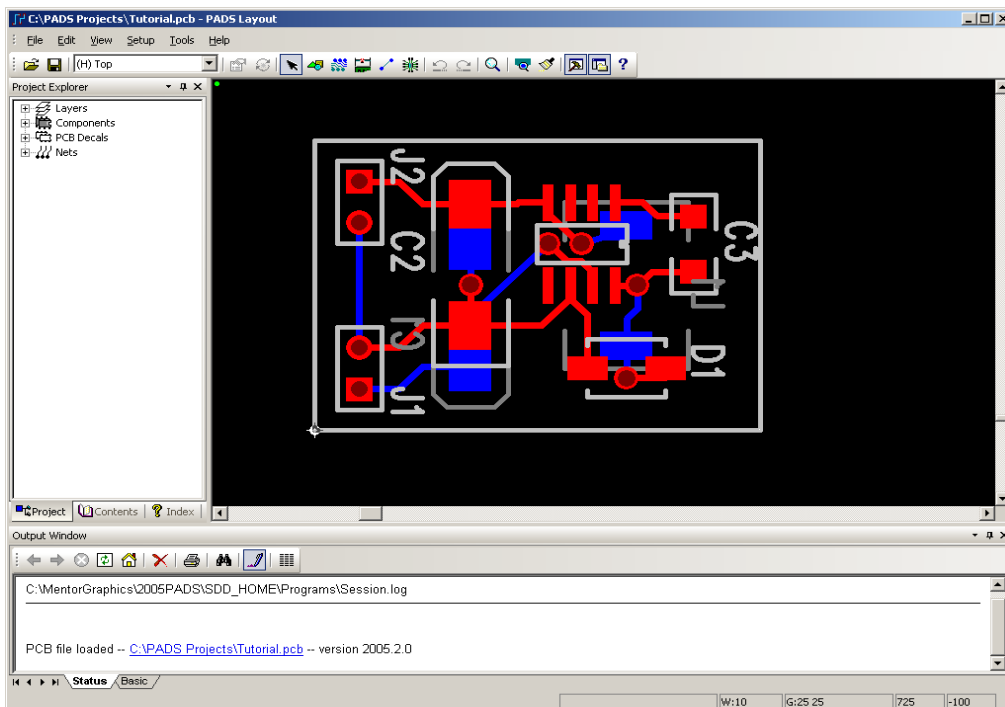
3.2 Muut työkalut

Työssä käytettiin myös PADS Layoutia, jota käytetään komponenttien geometrioiden piirtämiseen. Geometriakuvat piirrettiin jo tässä vaiheessa siksi, että piirilevyn suunnittelu olisi helpompaa, jos siihen vain jää aikaa. Komponenttigeometriat ovat komponentin pohjapiirros tai niin sanottu ”jalanjälki”, joka tulee piirilevylle ja johon komponentti juotetaan kiinni. Geometriaa piirrettäessä tulee ottaa huomioon se, että geometriakuva ei ole sama asia kuin piirikaavion piirrosmerkki. (Kuva 11) Symbolikuvassa voi olla 9 jalkaa, kun taas

geometriakuvassa niitä on 8. Tämä johtuu siitä, että jos komponentilla on pohjassa lämpöä pois johtava alue, se lasketaan symbolissa jalaksi.

Geometriakuvat tulee tehdä tarkasti, ettei juotosvaiheessa tule ongelmia. Esimerkiksi jos jalkojen paikat ovat liian pienet, komponenttia ei pysty juottamaan paikoilleen. Myös komponentin korkeus tulee huomioida, vaikka kyseessä on kaksiulotteinen kuva. Tämä siksi että kun tieto syötetään komponenttien ladontarobotille, se ei asettaessaan komponenttia pudota sitä liian korkealta tai rutista sitä paikoilleen joka tekisi komponentista käyttökelvottoman.

Piirilevyn ääriiviiva, kuparoinnit ja tulostukset voidaan suorittaa vain PADS Layoutin puolella. Komponenttisijoittelu, sekä eristevälit ja johdinleveydet voidaan määrittellä kummassa vain. Johdotus kannattaa tehdä PADS Routerin puolella. Johdotusrutiini on huomattavasti joustavampi ja graafinen hallinta helpompaa. Lisäksi se pitää eristevälit automaattisesti vähintään määritellyn suuruisina. (26.)



Kuva 11. Esimerkkikuva PADS Layoutista (27)

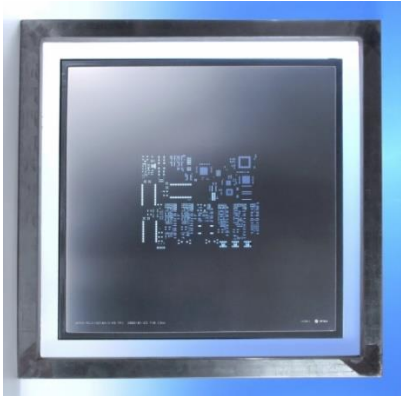
3.3 Liitostekniikat

Komponentteja voidaan kiinnittää piirilevyyn usealla tavalla. Tällaisia kiinnitystapoja ovat juottaminen, liimaaminen ja eri juotostyyliä, kuten aaltojuotos ja pastajuotos. Juottamisessa liitetään kappaleita yhteen sulattamalla perusainetta matalammassa lämpötilassa sulavaa juotetta. Varsinaista seostumista ei näin ollen tapahdu. Tämä mahdollistaa sen, että vaikeitakin perusaineita voidaan liittää keskenään. Tärkeää juottamisessa on noudattaa juotteen työlämpötilaa, joka tavallisesti on kiinteän- ja sulamispisteen välillä. Liian matala työlämpötila aiheuttaa puutteellisen kosketuksen juotteen ja liitettävien kappaleiden välillä. Liian korkea työlämpötila taas saattaa aiheuttaa komponenttien palamisen. (28.)

Aaltojuotos on elektroniikkateollisuudessa käytetty nopea juotosmenetelmä, jolla komponentteja liitetään piirilevyyn. Sulaa tinaa pumpataan suolakkeen läpi ylöspäin siten, että siitä muodostuu yhtenäinen aalto, jonka yli juotettava piirilevy kuljetetaan. Menetelmä soveltuu läpipainettavien komponenttien ja liimalla kiinnitettyjen pintaliitoskomponenttien juottamiseen. (29.) Aaltojuotos on nopeampaa kuin manuaalinen käsin tehtävä juottaminen, mutta nykyään läpipainettavien komponenttien käyttö on harvinaista. Tämä johtuu läpivientikomponenttien suuresta koosta ja niiden vaatimasta tilasta piirilevyn molemmiin puolin. Koska elektroniikka kehittyy koko ajan pienempään ja tehokkaampaan suuntaan, piirilevyille mahtuu entistä enemmän komponentteja, jotka ovat kuitenkin teholtaan parempia. Nämä toteutetaan yleensä pintaliitostekniikkaa käyttäen, jolloin komponentit on helpompi liittää piirilevyyn kuin läpivientikomponentit. Tästä johtuen käytetään eniten pastajuotosmenetelmää.

Pastajuotos (reflow-juotos) on elektroniikan kokoonpanossa käytettävä pintaliitoskomponenttien juotosmenetelmä. Pastajuottamisen vaiheita ovat pastanpaine, komponenttien ladonta ja varsinainen juottaminen, jossa pasta

sulaa nestemäiseen muotoon ja kiinnittää komponentit. Pastan painaminen tapahtuu yleensä stensiilin avulla. Stensiili (kuva 12) on ohut teräslevy, jossa on reiät niissä kohdissa, joihin pastaa on tarkoitus levittää. Reflow-uuneissa piirilevyn ja komponenttien lämmitys tapahtuu joko perustuen konvektioon tai infrapunäsäteilyyn. (30.)



KUVA 12. Esimerkkikuva stensiili levystä (31)

Sähköä johtavia liimoja on käytetty elektroniikan valmistuksessa jo useiden vuosikymmenien ajan. Tärkein käyttökohde on paljaiden puolijohdepalojen liimaliittäminen substraatille lankaliitosta varten. Toinen tärkeä käyttökohde on litteiden näyttöjen liittäminen anisotrooppisilla liimoilla. Kiinnostus liimojen käyttöön voimistui merkittävästi 1990-luvun aikana. Syynä olivat ympäristöasioiden korostuminen ja lyijy-tinajuotteiden lyijyn myrkyllisyys, eli tavoitteena oli korvata juote johtavalla liimalla. Kuitenkin liimaus on saanut varsin vähän käytännön sovellutuksia pintaliitoskomponenttien liittämässä. Ongelmia ovat luotettavuus kosteassa ympäristössä (rajapintojen metalloinnit, hopean migraatio) ja heikohko mekaaninen lujuus. Liimauksen onkin tarjottava merkittäviä parannuksia verrattuna juoteliittämiseen, ennen kuin se käytännössä voi saada huomattavamman osuuden pintaliitoskomponenttien liittämässä. (32.)

Matala liitoslämpötila mahdollistaa matalia lämpötiloja sietävien substraattien käytön komponenttialustana, esim. taipuisan polyesterin tai ruiskuvalettujen piirilevyjen. Flip-chip-komponenttien liittämistä on tehty sekä isotrooppisella

liimalla, että anisotrooppisella liimalla, jonka etuna on ennen kaikkea soveltuvuus tiheiden liitosjakovälien liittämiseen. Mikäli liitosmenetelmäksi valitaan anisotrooppinen liimaus, prosessilaitteen on pystyttävä samanaikaisesti lämmittämään ja puristamaan komponenttia liitosalustaan kovettumisen ajan, jolloin kovetusajan pituus vaikuttaa oleellisesti tuotannon sykliin. Tosin tällöin ei tarvita erillistä välitäytteen levitystä ja kovettamista. (32.)

Tässä työssä liitosmenetelmiksi soveltuvat perinteinen juottaminen, sekä pastajuottaminen käytettyjen pintaliitoskomponenttien takia. Liimaaminen ei tähän työhön sovi, sillä tuotteen toimintaa ei voisi taata jos kotelon sisään pääsisi vähänkään kosteutta. Ongelmaksi muodostuisi myös mekaaninen lujuus, sillä tuotteen tulisi kestää kovassakin mekaanisessa rasituksessa.

4 TYÖN TOTEUTUS

Työ aloitettiin PADS Logic-ohjelmistoon tutustumisella ja seuraamalla sen sisältämiä esimerkkejä piirikaaviota suunniteltaessa. Kun työkaluun oli tutustuttu hieman, aloitettiin komponenttien datalehtien tarkempi tutkiminen ja muistiinpanojen tekeminen komponenteista ja niiden toiminnasta. Komponenteista tuli tutkia, miten ne käytännössä toimivat ja, mitä osia ne tarvitsevat lisäksi toimiakseen oikein. Oli tärkeää myös tarkastella komponenttien ominaisuuksia, kuten tarvitseeko komponentti tietyn kellosignaalin, tiettyjä komponentteja tai, miten laturi käyttäytyy kun akku on ladattu täyteen. Komponenttien piirroskuvien piirtämistä varten piti tarkistaa pinnijärjestys ja niiden toiminnot, eli mikä tarkoitus milläkin komponentin jalalla oli. Oli tärkeää myös tarkastella WLAN Bluetooth piiriä sijoittelun kannalta, ettei sitä sijoitettaisi minkään häiriötä aiheuttavan komponentin viereen, jolloin se olisi voinut toimia virheellisesti dataa lähettäessä.

Kun datalehdistä oli tutkittu komponentin mekaaninen toiminta, täytyi siitä vielä tutkia sen ohjelmallinen toiminta. Komponenteista tuli tarkastaa esimerkiksi se, oliko niissä ohjelmallisia ylös- ja alaspäin suuntautuvia vastuksia tai muita ohjelmallisesti muutettavia asioita, kuten piirin konfigurointi. Kun tarvittavat tiedot saatiin kerättyä datalehdistä, ne lisättiin lohkokaavioon. Lohkokaavioon kuvattiin myös se, miten data tulisi käsittelemään ja miten se lähetettäisiin eteenpäin mahdollisimman järkevästi. Osioiden toiminta tuli kuvata mahdollisimman hyvin, jotta ohjelmoija pystyisi myöhemmässä vaiheessa luomaan helposti ohjelmiston lohkokaaaviota apuna käyttäen.

4.1 Komponenttien valitseminen tuotteelle

Kun tuotetta ryhdytään suunnittelemaan, tärkeään rooliin nousee sen ominaisuuksien lisäksi osien valinta. Haluttujen ominaisuuksien perusteella voidaan kuitenkin rajata tarvittavien komponenttien aluetta. Esimerkiksi jos tuotekuvauksessa halutaan laitteen toimivan langattomasti, käytettävien sovellusten määrä on suuri. Mutta jos tilannetta tarkennetaan esimerkiksi siten,

että haluttu tuote toteutetaan Bluetoothia tai WLANia käyttäen, vertailtaviin ratkaisujen määrä rajautuu huomattavasti. Kun tuotekuvaukseen on saatu tuotteeseen halutut teknologiat, voidaan ryhtyä etsimään komponentteja tuotetta varten.

Komponentteja valitessa tulee huomioida niiden hinta, virrankulutus, kotelointi, elinkaari, saatavuus ja soveltuvuus tuotteeseen. Komponenttien hinta tulee huomioida, ettei yksittäisen tuotteen hinta pääse nousemaan liian suureksi. Virrankulutus on tärkeää ottaa huomioon, etenkin akkua käyttävissä laitteissa, sillä komponenttien virrankulutus vaikuttaa siihen, kuinka pitkään tuotetta voidaan käyttää yhtäjaksoisesti. Komponenteista tulee selvittää myös se, missä elinkaaren vaiheessa ne olivat. Jos komponentti on aivan elinkaarensa lopussa, sitä ei ole järkevää käyttää. Mutta toisaalta sekään ei ole hyvä että tuote on aivan uusi ja elinkaarensa alussa, sillä silloin tuotteesta on vähän käyttökokemuksia, eikä ole täysin varmaa kuinka hyvin kyseinen komponentti toimii. (33.) Komponentteja hankkiessa tulee myös tarkistaa niiden saatavuus ja niiden toimitusajat, muuten voidaan päätyä tilanteeseen, jossa tuotanto seisoo koska tarvittavia komponentteja ei saatukaan niin kuin oli suunniteltu.

Kun tuotteeseen on valittu tarvittavat komponentit, alkaa niiden tarkempi tutkiminen. Datalehdistä tulee selvittää komponenttien toiminta ja, niiden kytkeminen piirikaaviossa. Kun komponenttien symboleja piirretään piirikaaviolle, voidaan huomata se että jokin komponentti ei ole niin hyvä kuin alkujaan oli ajateltu. Komponentin kytkentä voi olla turhan monimutkainen tai se tarvitsee todella paljon ylimääräisiä komponentteja toimiakseen, kuten vastuksia ja kondensaattoreita. Tällaisen tilanteen voi kuitenkin välttää tutkimalla komponenttien datalehdet hyvin.

4.2 Piirikaavion suunnittelu

Piirikaavion suunnittelu alkoi itse komponenttien ja niiden piirroskuvien piirtämisellä, sekä tekemällä niihin geometria kuva eli komponentin fyysinen jalanjälki. Symbolikuvaa piirtäessä tuli tarkastaa montako jalkaa komponentilla

on, sekä se että onko komponentin pohjassa lämmön pois johtamiseen tarkoitettu alue, sillä piirroskuvassa tämä alue lasketaan jalaksi. Komponenttien piirroskuva löytyy yleensä myös datalehdistä, josta löytyy myös jalkojen nimet ja niiden sisältämät toiminnot.

Kun komponentin piirroskuva saatiin piirrettyä, se voitiin asettaa piirikaavio pohjalle. Piirikaaviopohjalla siihen lisättiin tarvittavia komponentteja, kuten vastuksia, keloja, kondensaattoreita ja suodattimia. Oli kuitenkin tärkeää tarkastaa olivatko kaikki datalehdessä mainitut komponentit tarpeellisia itse pääkomponentin toiminnan kannalta, sillä tarkoituksena ei ollut kopioida piirroskuvaa ja sen lisänä olevia osia suoraan datalehdessä, vaan miettiä itse mikä on tarpeellista ja mikä ei. (33.)

Kun tarvittavat komponentit oli saatu piirikaaviopohjalle, ryhdyttiin kytkentöjen tekemiseen. Kytkentöjä tehdessä oli tärkeää että eri komponenttien oikeat jalat saatiin yhdistettyä, jotta kytkentä tulisi toimimaan. Kytkentöjen teko aloitettiin jännitekytkennöistä, jotta oikeisiin pinneihin saadaan oikea määrä jännitettä jolloin tuote tulisi toimimaan suuremmalla todennäköisyydellä. Kun jännitteet saatiin kytkettyä, ryhdyttiin kytkemään datayhteyksiä komponenttien välillä. Tätä tehdessä oli tärkeää että kytkökset tehtäisiin oikein, sillä väärä kytkentä olisi aiheuttanut sen, että laite ei olisi toiminut odotetulla tavalla.

4.3 Langattoman teknologian ongelmien ratkaisu

Radiopiiriä eli tässä tapauksessa WLAN Bluetooth piiriä sijoittaessa tuli miettiä, mitkä komponentit aiheuttaisivat mahdollisesti häiriötä. Radiopiiri tuli sijoittaa mahdollisimman etäälle tällaisista komponenteista ja, jos nämä komponentit aiheuttaisivat häiriötä vielä fyysisessä toteutuksessa, ne voitaisiin eristää Faradayn häkillä. Toteutuksen radiosignaaleille tulisi jättää mahdollisimman lyhyet johdotukset, jotta niihin ei pääsisi kohdistumaan turhaa häiriötä. Antenni tuli sijoittaa piirilevyn reunaan, jotta se ei saisi häiriötä muista komponenteista ja pystyisi lähettämään ja vastaanottamaan signaaleja mahdollisimman häiriövapaasti. Myös käyttöjännitettä kuljettavat johdotukset tuli vetää

mahdollisimman kaukaa antennista, jotta sähkömagneettinen säteily ei häiritsisi sen toimintaa.

Koska työ tehtiin vain piirikaaviotasolle, fyysistä laitetta ei päässyt testaamaan. Tästä johtuen ei ole varmaa miten tuote toimisi, tai käyttäytyisi missäkin ympäristössä ja, miten ympäristön häiriö siihen vaikuttaisi. Ilman EMC-testausta eli sähkömagneettisen häiriön testausta ei saada tarkkaa tietoa siitä, mikä piirilevyn komponenteista säteilee paljon ja mahdollisesti häiritsisi radiopiiriä.

4.4 Ohjelmiston suunnittelu

Lohkokaaviota lähdettiin miettimään siten, mitä asioita tulisi ensinnäkin tehdä jotta komponentit toimisivat halutulla tavalla. Esimerkiksi radiopiiri täytyi kalibroida ja sen omaan muistiin tuli tallentaa osoitetiedot, jotta yhteyden muodostaminen onnistuisi. Muu ohjelmisto tallennettiin erilliseen FLASH-muistiin, josta sitä sitten käytettiin prosessorilla. Osassa komponenteista oli myös ylösvetovastuksia, jotka tuli ottaa ohjelmallisesti pois käytöstä. Tämä oli tärkeää muistaa merkata lohkokaavioon vääränlaisen toiminnan välttämiseksi. Lohkokaavioon merkittiin myös, mitkä osiot tekevät mitään asioita, kuten lähettävät tietoa prosessorille josta se lähetettäisiin eteenpäin. Akkuvirran säästämiseksi laitteen tuottama data lähetettäisiin vain tietyin väliajoin ja laitteen ollessa tarpeeksi pitkään käyttämättömänä se menisi lepotilaan, jolla saadaan vähennettyä virrankulutusta huomattavasti. Ohjelmisto voidaan toteuttaa joko C kielellä tai C++ kielellä.

4.4.1 Laitteen ohjelmiston lohkokaavio

Laitteen ohjelmiston suunnittelu alkoi komponenttitasolta. Ensin tuli tutkia mitä ohjelmallisia asioita komponentit tarvitsisivat toimiakseen oikein. Tällaisia oli esimerkiksi eri piirien kalibrointi ja ylösvetovastuksien alasajo komponenttien käytetyistä jaloista. Laitteiston sisäisesti tuli myös ottaa kantaa, miten kerätty data tallennettaisiin ja miten se käsiteltäisiin. Oli myös tärkeää huomioida mahdolliset vikatilanteen ja keksiä näille ratkaisu, kuten mitä tapahtuisi jos ladattaessa laite käyttäisikin enemmän virtaa mitä se saisi. Laitteen sisäiseen toimintaan tuli myös

kommentoida, mitä tapahtuisi ensimmäisellä kerralla kun se yhdistetään tietokoneeseen. Oli myös tärkeää huomioida muistin riittävyys tulevalle sensoridatalle.

Ohjelmisto suunniteltiin siten, kun laite käynnistyy se käynnistää muistissa olevan ohjelmiston, joka alkaa ohjaamaan koko laitetta. Jos kyseessä on ensimmäinen käynnistyskerta, laite kytketään tietokoneeseen jolloin laite käynnistää asennusohjelman, jonka avulla yhteys tietokoneen ja laitteen välillä on vaivattomampaa. Ohjelman tarkoitus on avata laitteelle suunniteltu verkkosivu, jossa käyttäjä voi rekisteröidä laitteen ja luoda käyttäjätilin. Käyttäjätiliä luodessa laitteelle asetetaan kotiverkko, jota se käyttää oletuksena tiedonsiirtoon, mutta tämän voi kuitenkin muuttaa halutessaan. Laite linkitetään käyttäjätiliin jolloin vältetään siltä, että kukaan ulkopuolinen ei sitä pääse käyttämään tai muuttamaan sen tietoja ilman salasanaa. Kun laite on saatu yhdistettyä käyttäjän laitteeseen, sen käyttö voi alkaa normaalisti.

Kun laite saadaan ensimmäisen kerran päälle rekisteröinnin jälkeen, se tarkistaa WLAN ja Bluetooth osoitteet jotta datayhteys saadaan käyttöön. Jos laite ei löydä paikkaa mihin yhdistyä, se tallentaa saadun datan muistiin myöhempää lähetystä varten. Jos yhteys saadaan muodostettua heti, dataa voidaan lähettää käyttäjän käyttämään sovellukseen, josta käyttäjä voisi tarkkailla haluamiaan tietoja. Data lähetetään tietyin väliajoin jolloin radiopiirin ei tarvitse olla koko ajan lähetystilassa, joka vie huomattavasti enemmän virtaa, vaan se voisi olla joko passiivisena tai lepotilassa. Muistin säästämiseksi sensoridatasta otetaan keskiarvo tietyin näytevälein. Tällä varmistetaan se, että muisti ei mene täyteen silloin kun dataa ei pystytä lähettämään. Kun laite taas pystyy lähettämään dataa, se poistaa jo lähetetyn datan, jolloin saadaan lisää tilaa uudelle sensoridatalle. Laitteen ohjelmisto voidaan toteuttaa C-kielellä tai C++-kielellä, koska prosessori tukee näitä kieliä

4.4.2 Käyttäjän sovelluksen lohkoakaavio

Ensimmäisellä kerralla kun käyttäjä ottaa laitteen käyttöön, hänen tulee tehdä käyttötili tuotteelle luodulla verkkosivulla. Tätä tehdessä laite tulee olla kytkettynä tietokoneeseen, jossa on internetyhteys. Verkkosivulla rekisteröinnin yhteydessä käyttäjä asettaa laitteelle kotiverkon, jota se käyttää oletuksena dataa lähettäessä. Käyttäjä voi myös halutessaan vaihtaa käytettävää verkkoa sovelluksesta. Kun verkkoasetukset on asetettu, laite paritetaan käyttäjän tiliin jolloin vältytään tietoturvaongelmista.

Kun asennus on viimeistelty, käyttäjä voi vielä ladata puhelimeensa sovelluksen, joka helpottaa datan seuraamista. Dataa voi seurata myös pelkästään verkkosivua käyttäen. Sovellukseen saa samat tiedot kuin verkkosivuille, lukuun ottamatta muutamaa ominaisuutta. Kerätty data lähetetään verkossa toimivaan pilvipalvelimeen, jonne käyttäjän saama data tallennetaan. Käyttäjä voi tarkkailla tullutta dataa taulukkomuodossa ja vertailla sen muutoksia eri päivien välillä. Myös usean laitteen lisääminen tilille onnistuu, jolloin käyttäjä pystyy tarkkailemaan usean kohteen dataa ja vertaamaan näitä keskenään. Käyttäjän sovellus voidaan toteuttaa aika vapaasti eri koodauskieliä käyttäen. Ainoana rajoitteena toimivat alustat, joissa sovelluksen tulee toimia.

4.5 Muut työt

Tutustuin työtä tehdessä myös PADS Layout-ohjelmaan, jota käytetään piirilevyä tehtäessä. Vaikka työn vaatimukseen ei kuulunut piirilevyn teko, aloitin sen tekemistä hieman, jotta ehtisin tutustua ohjelmaan, jos piirilevyn tekemiselle jäisikin aikaa. Layoutilla toteutettiin myös komponentin fyysinen jalanjälki, eli sen geometrinen piirros. Tämä on piirros komponentin fyysisestä mallista, joka juotetaan piirilevylle komponentin pohjakuvaan. Jos piirilevyä olisi tehnyt siihen vaiheeseen, että se olisi tarvinnut enää johdotukset, olisi se suoritettu Pads Routerin avulla.

4.6 Tulokset

Piirikaavio toteutettiin opinnäytetyöstä erillisenä dokumenttina, sen sisältämien luottamuksellisten tietojen takia. Dokumentti sisältää valmiin piirikaavion halutulle tuotteelle, sekä piirrokset valituille komponenteille myös geometriatasolla. Myös ohjelmiston lohkokaaavio jää yrityksen käyttöön ja sitä ei tässä esitetä. Ohjelmisto-lohkokaaavio sisältää kuvauksen laitteen ohjelmistosta komponenttitasolla ja laitteen käyttöjärjestelmätasolla. Dokumentti sisältää myös kuvauksen käyttäjän sovelluksesta, ja tietoturvan toteutuksesta tässä laitteessa. Nämä dokumentit jäävät Ultracom Oy:n sisäiseen käyttöön. Piirikaavio on merkitty opinnäytetyön liitteeksi 1 ja ohjelmiston lohkokaaavio liitteeksi 2.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Ultracom Oy:lle uusi laite aiemmin tehdyssä projektissa saadun tuotekuvauksen perusteella. Tarkoituksena oli syventyä tarkemmin valittuihin komponentteihin ja näiden ominaisuuksiin. Komponenttien tarkemman tutkimisen jälkeen piirrettiin piirikaavio PADS Logic-ohjelmistoa käyttäen. Piirikaavion valmistuttua siirryttiin ohjelmiston suunnitteluun. Ohjelmisto tuli suunnitella laitetasolla sekä käyttäjätasolla, jotta saataisiin tuotteen toiminnasta kattava kuva. Aikataulussa tavoitteena oli saada opinnäytetyö valmiiksi tammikuuksi 2016.

Laitesuunnittelu on aiheena laaja ja pitää sisällään monta eri osa-aluetta ja, laitetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon useita eri tekijöitä, aina komponenttien sijoittelusta kotelon materiaaliin. Ohjelmistoa ja piirikaaviota suunniteltaessa minulla oli vapaat kädet, eli riitti, että sain tuotettua toimivan ratkaisun molempiin. Koska minulla oli vain vähän kokemusta tuotesuunnittelusta, työn alkuvaiheessa minulta kului paljon aikaa pelkästään tiedon etsimiseen ja aiheen opiskeluun. Oli erityisen tärkeää etsiä tietoa piirikaaviosuunnittelemisesta sekä mitä tulisi ottaa huomioon sitä tehdessä. Vaikka tämä vaihe työssä vaati eniten työtä ja opiskelua, oli se mielestäni myös mielenkiintoisin ja palkitsevin osio.

Ohjelmiston suunnittelu ei ollut sen helpompi osio ja sitä varten löytyi vähemmän tietoa, kuten mitä asioita tulisi huomioida. Työn kuitenkin sai vietyä eteenpäin miettimällä, mitä osioita ohjelmistoista yleensä löytyy ja miten ne toimivat käyttäjän silmiin ja mikä näkyy vain tekijälle. Koska suunnittelussa oli vapaat kädet, ohjelmistosta sai vapaasti tehdä sellaisen kuin haluaa. Työn vaatimuksena oli tuottaa ohjelmisto lohkokaaaviotasolla ja tämä saatiin toteutettua.

Opinnäytetyö saatiin toteutettua ajallaan eikä mitään ylitsepääsemättömiä ongelmia ilmennyt. Piirikaavio sekä ohjelmiston lohkokaaavio onnistuivat hyvin ja mielestäni onnistuin niissä hyvin. Piirikaavion työstäminen oli hidasta, sillä valmista kirjastoa käytetyille komponenteille ei ollut, joten ne tuli piirtää alusta

asti. Osa valituista komponenteista vaihdettiin kesken piirikaavion piirtämisen, sillä tilalle löytyi yksinkertaisempi ja parempi ratkaisu. Tästä näki hyvin sen, miten alkuperäinen suunnitelma voi muuttua jossain työvaiheessa. Työ olisi varmaan valmistunut nopeammin, jos piirikaaviota tehdessään olisi tehnyt tarkemmat muistiinpanot komponenttien toiminnasta ja siitä, mitkä osat olisivat välttämättömiä komponentin toiminnan kannalta. Turhilta virheiltiltä ei välttytty liian pikaisen päättelyn takia, mutta näistä virheistä kuitenkin oppi ja niistä sai hyvää harjoitusta tulevaisuutta varten.

Työn mielenkiintoisin osuus oli piirikaavion piirtäminen, joka oli haasteellista, mutta sitä tehdessä pääsi opettelemaan uuden piirustustyökalun käytön. Vaikka tämä vaihe vaati eniten työtä ja aikaa, oli se kuitenkin mielenkiintoisin tehdä, koska siinä riitti haastetta ja paljon mietittävää. Ohjelmiston suunnittelu antoi myös riittävästi haastetta, koska tuli huomioida useita muuttujia kuten laitteen sisäinen toiminta ja käytön kannalta tärkeitä mutta pieniä asioita.

Opinnäytetyön aihe oli minulle mieluisa ja mielenkiinto riitti aina alusta loppuun asti, sillä suunnittelutyö kiinnostaa minua. Vaikka työssä tulikin miettiä paljon, miten valmis laite toimisi ja mikä mahdollisesti estäisi sen toiminnan, niin onnistuin mielestäni huomioimaan mahdolliset vian aiheuttajat. Työ oli myös mukava toteuttaa, koska työn sai tehdä itsenäisesti ja omaan tahtiin. Työ toteutettiin Ultracom Oy:n tiloissa, joka mahdollisti neuvon pyytämistä ammattilaisilta ja heiltä sai uutta näkökulmaa työtä varten. Vaikka työ oli haastavaa, siitä kuitenkin oppi paljon uutta.

Työhön ei ehditty suunnitella piirilevyä, joka olisi ehdoton itse prototyyppiä valmistaessa. Jos työtä vietäisiin vielä eteenpäin, siihen täytyisi suunnitella toimiva piirilevyratkaisu. Tämän jälkeen siitä voitaisiin tehdä prototyyppi testausta varten ja ohjelmistokehittäjä voisi tehdä laitteelle ohjelmiston käyttötestejä varten.

LÄHTEET

1. Ultracom Oy –yhdistävä tekijä. Ultracom Oy. Saatavissa: <http://ultracom.fi/sivu/yhdistava-tekija>. Hakupäivä 11.1.2016.
2. Sieppi, Ensio 2015. Laitteen suunnittelun eteneminen EMC:n kannalta. T762003. Tuote- ja luotettavuussuunnittelu. Opintojakson materiaali. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu Oy.
3. Piirikaavio. 2015. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Piirikaavio>. Hakupäivä 7.10.2015.
4. Levomäki, Jaakko 2011. Piirikaaviomallit. Piirikaavioiden kehittäminen ja hakemistorakenteen laatiminen. Espoo: Metropolia Ammattikorkeakoulu, Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32023/Levomaki_Jaakko.pdf?sequence=1. Hakupäivä 1.2.2016.
5. Sieppi, Ensio 2015. Piirilevy-suunnittelu ja maadoitussuunnittelu. T762003. Tuote- ja luotettavuussuunnittelu. Opintojakson materiaali. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu Oy.
6. Piirilevy. 2015. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Piirilevy>. Hakupäivä 9.12.2015.
7. Jämsä, Lauri 2011. Osta oma LiveLight-piirilevy. Ruuvipenkki.fi. Saatavissa: <http://www.ruuvipenkki.fi/2011/06/12/osta-oma-livelight-piirilevy>. Hakupäivä 18.1.2016.
8. Kotelointi. 2015. Wikipedia. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6magneettinen_yhteensopivuus#Kotelointi. Hakupäivä 11.1.2016.

9. Sähkömagneettinen yhteensopivuus. 2015. Wikipedia. Saatavissa:
https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6magneettinen_yhteensopivuus#Kotelointi. Hakupäivä 18.1.2016.
10. Sieppi, Ensio 2015. EMC-testit. T762003. Tuote- ja luotettavuussunnittelu. Opintojakson materiaali. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu Oy.
11. ITEL Telecomunicazioni -services -EMC test lab. ITEL Telecomunicazioni. Saatavissa: <http://www.itelte.it/en/cnt/emc-test-laboratory>. Hakupäivä 18.1.2016.
12. Harsia, Pirkko 2005. IP luokitus. Saatavissa:
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1133959973706/1133960605288/1133961558641/1133961579677.html>. Hakupäivä 15.1.2016.
13. Harsia, Pirkko 2005. IP luokitus. Saatavissa:
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1133959973706/1133960605288/1133961558641/1133961579677.html>. Hakupäivä 20.1.2016.
14. WLAN. Saatavissa: <http://fin.afterdawn.com/sanasto/selitys.cfm/wlan>. Hakupäivä 10.12.2015.
15. Ruohola, Marika – Uotila, Tanja 2011. Langaton lähiverkko. Saatavissa:
<http://uturatas.ttlain.net/tietoturva/wlan>. Hakupäivä 19.1.2016.
16. Langattomasti, mutta turvallisesti 2014. Viestintävirasto, Kyberturvallisuuskeskus. Saatavissa:
https://www.viestintavirasto.fi/attachments/tietoturva/Langattomasti_mutta_turvallisesti_Langattomien_lahiverkkojen_tietoturvallisuudesta.pdf. Hakupäivä 11.12.2015.
17. What is Bluetooth? -applications. 2016. Broadcom. Saatavissa:
<https://www.broadcom.com/application/bluetooth.php>. Hakupäivä 4.12.2015.

18. Bluetooth - How it works. 2014. Saatavissa: <http://ccm.net/contents/69-bluetooth-how-it-works>. Hakupäivä 10.12.2015.
19. Suvanto, Ville 2010. Bluetooth 4.0 valmistui. Saatavissa: <http://muropaketti.com/bluetooth-40-valmistui>. Hakupäivä 10.12.2015.
20. Valkonen, Hannu 2015. Toimitusjohtaja. Ultracom Oy. Välipalaveri 17.12.2015.
21. Ahonen, Jarmo - Eerola, Anne 2016. Ohjelmistotuotanto. Itä-Suomen Yliopisto. Saatavissa <https://www2.uef.fi/fi/cs/ohjelmistotuotanto>. Hakupäivä 15.1.2016.
22. Functional block diagram. 2015. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Functional_block_diagram. Hakupäivä 13.10.2015.
23. iButton electronic lock. 2008. Saatavissa: <http://www.free-circuit-diagrams.com/mcu/page-1/268/ibutton-electronic-lock>. Hakupäivä 25.1.2016.
24. Mentor Graphics. 2016. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Mentor_Graphics. Hakupäivä 30.9.2015.
25. Piirikaavion esimerkkikuva. Saatavissa: <https://blogjanne.files.wordpress.com/2015/04/heksaruletti.jpg>. Hakupäivä 28.1.2016.
26. Pads piirilevysuunnitteluohjelmisto H. Honkanen. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/PCBS_PADS-ohje4_kooste.pdf. Hakupäivä 13.10.2015.

27. Creating a simple 3.3V Regulator Circuit using PADS.2005. Saatavissa:
http://www.people.vcu.edu/~rhklenke/tutorials/PADS/PADS_Tutorial_3.3V_Reg/SimpleReg.html. Hakupäivä 15.1.2016.
28. Impomet Oy –media -downloadable_files -hitsajaan_kasikirja -juottaminen. Impomet Oy. Saatavissa:
http://www.impomet.com/media/downloadable_files/hitsajaan_kasikirja/osio-d_juottaminen.pdf. Hakupäivä 7.10.2015.
29. Aaltojuotos. 2013. Wikipedia. Saatavissa:
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Aaltojuotos>. Hakupäivä 11.1.2016.
30. Pastajuottaminen. 2015. Wikipedia. Saatavissa:
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Pastajuotos>. Hakupäivä 11.1.2016.
31. HP Etch –tuotteet -Stensiilit. 2015. HP Etch. Saatavissa:
<http://www.hpetch.se/fi/tuotteet/stensiilit/>. Hakupäivä 18.1.2016.
32. Jaakkola, Tuomo – Karppinen, Mikko – Kololuoma, Terho – Lenkkeri, Jaakko – Majamaa, Tero 2003. Tulevaisuuden elektroniikan pakkaus- ja komponenttitekniikat. VTT tiedotteita 2213. Saatavissa:
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2213.pdf>. Hakupäivä 11.1.2016.
33. Valkonen, Hannu 2015. Toimitusjohtaja. Ultracom Oy. Loppupalaveri 29.1.2016.