



Vo, Duy Phong

LANGATTOMAN HUOLIMITTARIN ELEKTRONIIKAN
SUUNNITTELU

LANGATTOMAN HUOLIMITTARIN
ELEKTRONIIKAN SUUNNITTELU

Vo, Duy Phong
Opinnäytetyö
5.5.2011
Hyvinvointiteknologia
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Hyvinvointiteknologia	Insinööriyö	30	+	5
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Sairaalateknologia	5.5.2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
HYTKE Oulu	Vo, Duy Phong			
Työn nimi				
Langattoman huolimittarin elektroniikan suunnittelu				
Avainsanat				
EKG, ergonomia, käytettävyys, elektroniikka, Bluetooth, EAGLE				

Opinnäytetyössä suunniteltiin langaton EKG-laite eli langaton huolimittari. Langattoman huolimittarin avulla mitataan EKG-signaalia ja sykettä potilaasta tai käyttäjistä. Langaton huolimittari on potilaiden ja hoitohenkilökunnan väliseen tiedonvälitykseen tarkoitettu järjestelmä. Jatkuvan seurannan avulla se vähentää potilaan huolta omasta terveydentilasta.

Insinööriyön lähtökohtana oli suunnitella piirilevy, joka sisältää EKG-mittaustoiminnon, jännitesyöttö 3,5 voltin nappiparistolla ja A/D-muunnosyksikön langatonta tiedonsiirtoa varten bluetooth-moduulille. Piirilevyn suunnitteluohjelmaksi valittiin Cadsoft EAGLE -piirinsuunnitteluohjelma (Easily Applicable Graphical Layout Editor). Piirilevyn suunnittelussa huomioitiin ergonomia, käytettävyys ja lääkinnälliset asiat.

Suunnittelun jälkeen langattoman huolimittarin piirilevyn kooksi saatiin 30 millimetriä leveä ja 55 millimetriä pitkä. Pienen koon ja langattoman tiedonsiirron ansiosta huolimittari voidaan kiinnittää potilaan tai käyttäjän ranteeseen niin, että sen koko tai paino ei häiritse mittaustapahtumaa.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	5
2 IKÄÄNTYVIEN TERVEYDEN SEURANTA	6
3 ELEKTROKARDIOGRAFIA	9
4 LAITTEEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT TEKIJÄT	11
4.1 Ergonomia.....	11
4.2 Käytettävyys.....	11
4.3 Säädöksiä	12
5 LANGATON TIEDONSIIRTO.....	13
5.1 Radioliikenne.....	13
5.2 Bluetooth.....	13
6 ELEKTRONIIKAN SUUNNITTELU	14
6.1 Piirilevyn suunnitteluohjelma.....	14
6.2 Jänniteratkaisu	15
6.2.1 Jännitesyöttö +3,5 voltista +5 volttiin	16
6.2.2 Jännite kaksipuoliseksi.....	16
6.3 EKG-piiri.....	17
6.4 Datankäsittelypiiri	18
6.5 Bluetooth-moduuli.....	18
7 EKG-JÄRJESTELMÄ.....	20
7.1 Jännitesyöttö	20
7.2 Tekstiilelektrodit.....	20
7.3 Elektroniikan piirilevy	20
7.4 Bluetooth-lähetin ja -vastaanotin.....	21
7.5 Mittausohjelmisto.....	23
8 MITTAUSJÄRJESTELMÄN TESTAUS	24
9 LOPPUSANAT	26
LÄHTEET	27
LIITTEET	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on jatkoa Hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskuksessa Henry Hinkulan *Huolimittarin elektroniikan kehitystyö* -opinnäytetyölle ja *Wireless*-projektille. Vuonna 2007 aloitetussa projektissa Hinkulan suunnittelema huolimittari oli langallinen. Vuonna 2009 *Wireless*-projektissa suunniteltiin datankäsittelypiiri ja piirilevyille liitettiin bluetooth-moduuli. Näin voitiin mitata EKG:tä ja sykettä ja lähettää mitattuja arvoja langattomasti tietokoneeseen. Opinnäytetyön ja projektin tuotoksilla on voitu tehdä testauksia ja mittauksia. (Hinkula 2010; Järvinen – Matalalampi – Puska 2009.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella uudelleen langattoman huolimittarin piirilevy, joka sisälsi EKG-mittaus-, datankäsittely- ja jännitelähderekaisuyksikön integroituna samaan piirilevyyn. Lisäksi myynnissä oleva bluetooth-moduuli liitettiin suunniteltuun piirilevyyn langattoman signaalin lähettämiseksi tietokoneeseen. Piirilevyn suunnittelun yhteydessä huomioitiin ergonomia, käytettävyys ja lääkintälaitteen turvallisuusasiat. Työn tuloksena saatiin langaton huolimittari, joka voidaan kiinnittää mitattavaan henkilön ranteeseen niin, että sen koko ja paino eivät häiritse mittausta ja mittaria voidaan pitää ranteessa pidempään aikaan. Mittarilla mitattuja EKG-signaaleja voidaan siirtää hoitohenkilöille, joiden ei tarvitse olla mittausaikana paikalla.

Opinnäytetyön on tilannut Oulun seudun ammattikorkeakoulun Hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus (HYTKE). Työn ohjaava opettaja on yliopettaja Jukka Jauhiainen Oulun seudun ammattikorkeakoulusta.

2 IKÄÄNTYVIEN TERVEYDEN SEURANTA

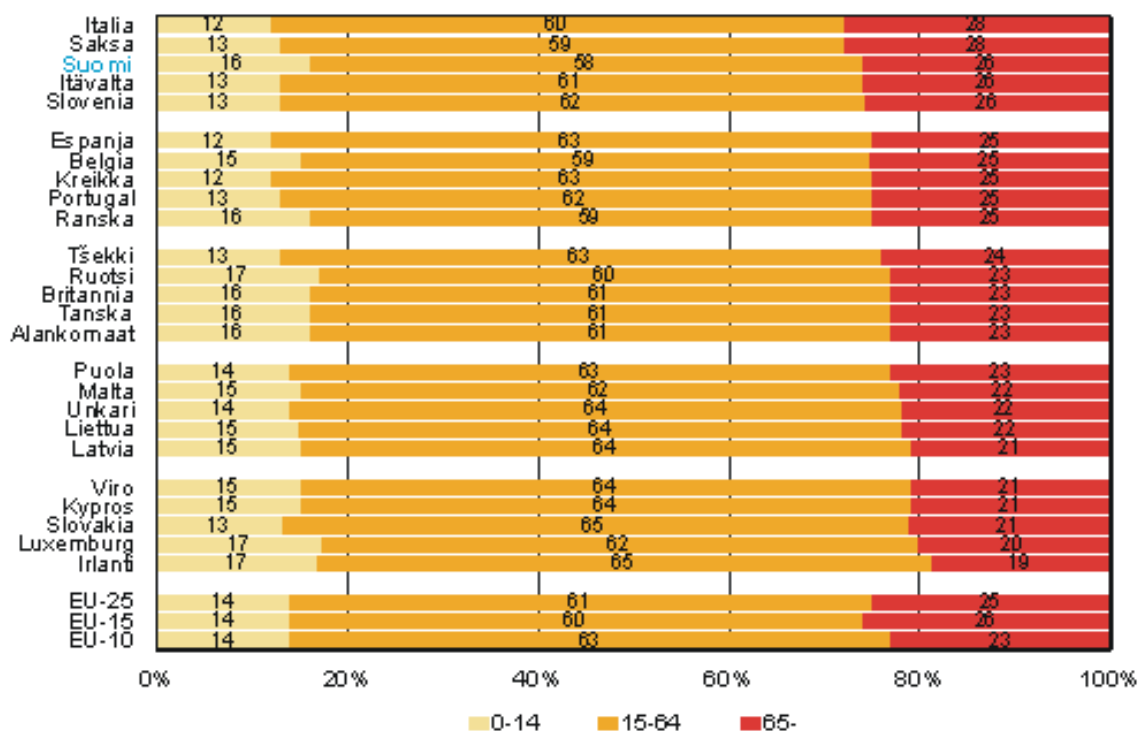
Suomen Sydänliiton mukaan Suomessa sydän- ja verisuonisairauksien hoidosta koituu yhteiskunnalle suurimmat suorat hoitokustannukset, vuosittain arviolta 918 miljoonaa euroa eli 17 prosenttia kaikista hoitokustannuksista. Sekä avohoidossa että kotisairaanhoidossa olevien vanhusten yleiset vaivat liittyvät usein sydämeen ja sydänverisuonisairauksiin. Sydän- ja verisuonisairauksia sairastaa noin puolet 75 vuotta täyttäneistä. Sydän- ja verisuonisairaudet ovat kolmanneksi suurin työkyvyttömyyttä aiheuttava sairausryhmä ja niistä aiheutuu yhteiskunnalle neljänneksi suurimmat laskennalliset työpanosmenetykset, noin 1,1 miljardia euroa. (Tilastotietoja sydän- ja verenkiertoelinten sairauksista. 2011; Vanhusten sairaudet. 2008; Heikkinen 2005.)

Suomalainen väestö ikääntyy, mikä lisää hoidon tarvetta. Vuonna 2009 väestöstä yli 17 prosenttia oli vanhuksia. Tilastokeskuksen ennusteiden mukaan vuonna 2030 yli 65-vuotiaiden osuus väestöstä on jo yli 26 prosenttia ja vuonna 2060 heitä on lähes 29 prosenttia. Työikäisten (15–64-vuotiaiden) osuus väestöstä pienenee nykyisestä 66 prosentista 58 prosenttiin vuoteen 2040 ja 56 prosenttiin vuoteen 2060 mennessä (taulukko 1). (Vaarama – Noro 2005; Väestö ikäryhmittäin kokko maa 1900-2060 (vuodet 2010–2060: ennuste). 2009.)

TAULUKKO 1. Väestö ikäryhmittäin Suomessa 2010–2060 (Väestö ikäryhmittäin kokko maa 1900-2060 (vuodet 2010–2060: ennuste). 2009.)

Vuosi	Ikäluokka						
	Ikäluokat yhteensä	0–14	15–64	65–	0–14 %	15–64 %	65– %
2010	5 378 165	886 705	3 547 475	943 985	16,5	66,0	17,6
2020	5 635 938	937 331	3 408 464	1 290 143	16,6	60,5	22,9
2030	5 850 097	942 715	3 382 227	1 525 155	16,1	57,8	26,1
2040	5 985 356	926 800	3 450 788	1 607 768	15,5	57,7	26,9
2050	6 090 038	948 367	3 461 034	1 680 637	15,6	56,8	27,6
2060	6 213 048	957 068	3 469 063	1 786 917	15,4	55,8	28,8

Väestön ikääntymisen ongelma ei ole pelkästään vain täällä Suomessa. EU-maissa väestöä koskevat muutokset ovat tapahtuneet eri aikoina. Tulevina vuosina vanhusväestön eli huolettavien määrä kasvaa kaikkialla Euroopassa. Vuonna 2003 koko EU:n väestöstä 16,5 prosenttia oli yli 65-vuotiaita, ja Eurostatin vuoden 2005 alussa laatiman väestöskenaarion mukaan vuonna 2030 heidän osuutensa koko väestöstä nousee jo neljännekseen (kuva 1). Vuonna 2050 heidän osuutensa olisi jo kolmannes koko väestöstä. Samaan aikaan lasten ja työikäisten määrät supistuvat, joka luonnollisesti merkitsee sitä, että heidän osuutensa koko väestöstä vähenee. (Nieminen 2005.)



KUVA 1. EU-maiden ikärakenne 2030, 0–14-, 15–64- ja 65-vuotiaat (Nieminen 2005)

Väestön ikääntyminen lisää myös hoitopaikkoja, jotka ovat yhä harvemmassa ja hoitotiloista on pulaa. Tämä tarkoittaa sitä, että yhä useammat vanhemmat ihmiset joutuvat selviämään kauemmin kotona omin avuin. Kaikki ikääntyneet ihmiset eivät haluaakaan hoitokoteihin tai hoitolaitoksiin, vaan haluavat viettää elinvuotensa kotona. (Järvinen 2011, 6.)

Terveydentilaa tarkkailevat apuvälineet lisäävät yksin asuvan vanhuksen turvallisuudentunnetta ja auttavat myös omaisia ja hoitajia seuraamaan vanhuksen terveydentilaa. Edellä esitetyissä tilastoissa olevat vanhukset ja muut henkilöt, jotka ovat sairastuneet sydän- ja verisuonitauteihin, tarvitsevat EKG-laitetta terveydentilan seurannassa. Terveydentilan seurantalaite, huolimittari on kehitetty Oulun seudun ammattikorkeakoulussa Hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskuksessa. Huolimittari-projekti käynnistyi vuonna 2007 ja sen ensimmäinen langaton versio saatiin valmiiksi vuonna 2009. Ensimmäisessä versiossa ei otettu huomioon huolimittarin ergonomiamia ja käytettävyyttä, joten huolimittaria ei voitu pitää ranteessa kauan aikaa. (Järvinen 2011, 6–7.)

Ensimmäisen langattoman huolimittarin versiossa elektroniikan suunnittelu toteutettiin eri yksiköissä. Sen kokoa ja painoa ei huomioitu tulevaa käyttökohdetta ja sen käyttöympäristöä ajatellen. Tästä tarpeesta syntyi insinööriyöaihe. Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella uudelleen langaton huolimittari, joka oli kooltaan pieni ja kevyt ja palvelee ergonomian, käytettävyyden ja lääkinlälaitteen vaatimuksia.

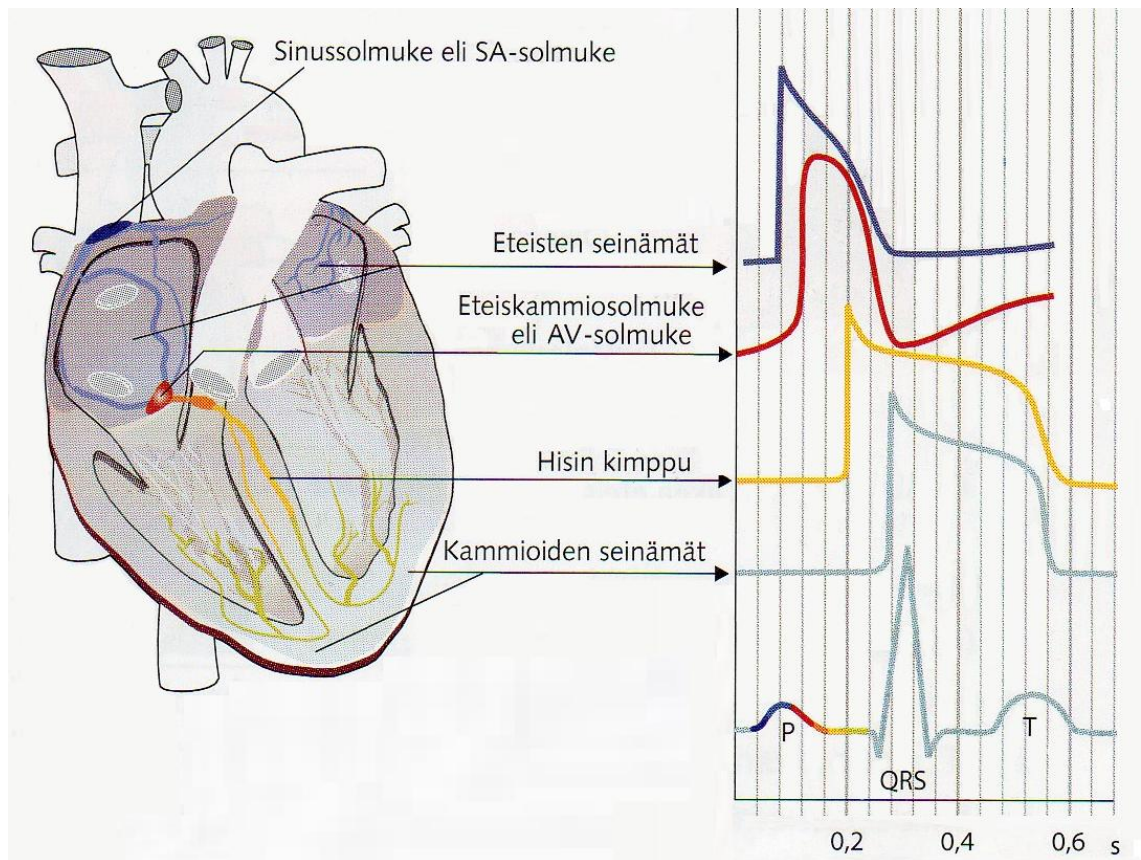
3 ELEKTROKARDIOGRAFIA

Elektrokardiografia eli EKG, sydänfilmi tai sydänsähkökäyrä on menetelmä, jonka avulla tutkitaan ja tallennetaan sydämen sähköistä toimintaa. Sydämen supistumista säätelevät heikot sähköimpulssit, ja EKG perustuu tämän sähköisen toiminnan mittaamiseen. Rekisteröintilaitteen eli EKG-laitteen piirtämä käyrää, joka kuvaa kahden elektrodin välisen jännitteen muuttumista ajan suhteen, sanotaan elektrokardiogrammiksi (EKG, sydänkäyrä). (Mustajoki – Kaukua 2008; Nienstedt – Hänninen – Arstila – Björkqvist. 2004, 199.)

EKG:n toiminnan perusta on sinussolmukkeessa, joka sijaitsee oikean eteisen seinässä. Sinussolmukkeen sähköinen impulssi etenee eteisratoja pitkin oikean ja vasemman eteisen seinämiin, jotka supistuvat samanaikaisesti. Sähköinen impulssi leviää sinussolmukkeesta eteisten sydänlihaskudokseen käynnistäen eteissupistuksen eli aktivaation. Eteisistä aktivaatio leviää kammioden väliseinän liittymäkohdassa olevaan eteis-kammiosolmukkeeseen (AV-solmuke), jonka tehtävänä on viivyttää kammioaktivaatiota. Eteis-kammiosolmukkeesta kammioita aktivoiva heräte etenee kammioden väliseinässä olevaan Hisin kimppuun ja sieltä edelleen sen kumpaankin päähaaraan. Päähaaroista aktivaatio etenee Purkinjen säikeisiin, joiden kautta heräte leviää ympäröiviin sydänlihassolmuihin aiheuttaen kammioden supistumisen. Tämä sydänlihaksen sähköinen toiminta voidaan rekisteröidä ja tulokseksi saadaan sähkökäyrä, elektrokardiogrammi eli EKG. (Ekman 2007; Karhumäki – Lehtonen – Nieminen – Syrjäkallio-Ylitalo – Lätti 2006, 57.)

Peruselektrokardiografiassa on kolme aaltoa, jotka ovat P-aalto, QRS-kompleksi ja T-aalto. P-aalto eli P-poikkeama kuvaa sähköisen impulssin leviämistä eteisten seinämiin, jolloin eteiset supistuvat. P-aalto syntyy eteisaktivaation yhteydessä ja se antaa kuvan sydämen eteisten toiminnasta. QRS-kompleksi syntyy, kun impulssi leviää kammioden seinämiin ja kammiot supistuvat, eli se kertoo kammioaktivaation leviämisestä. T-aalto eli T-poikkeama syntyy, kun impulssi häviää kammioden seinämiin. Se on kammioden lepo-

jännitteen palautumista eli repolarisaatiota (kuva 2). (Ekman 2007; Karhumäki ym. 2006, 57.)



KUVA 2. Sydämen johtoratajärjestelmä ja EKG (Karhumäki ym. 2006, 57.)

EKG-käyrästä saadaan selville sydämen syketaajuus, rytmin säännöllisyys sekä luonne ja johtoratojen toiminta tarkastelemalla eteis- ja kammiokompleksien sekvenssiä ja kestoja (Riski 2004, 14).

4 LAITTEEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT TEKIJÄT

4.1 Ergonomia

Ergonomia kuvaa ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksesta, jossa se soveltaa teoriaa, periaatteita, tietoja ja menetelmiä käytännön suunnitteluun ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän kokonaissuorituskyvyn optimoimiseksi. Ergonomian periaatteissa otetaan huomioon käyttäjään kohdistuvaa henkisen tai fyysisen rasituksen tai rasittavuuden pienentäminen. Periaate huomioi myös tuotteen käyttäjäryhmän todennäköiset mitat, voimat ja asennot. (Väyrynen – Nevala – Päivinen 2004, 15.)

Ergonomian avulla työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintajärjestelmä sopeutetaan vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Sen avulla parannetaan ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmien häiriötöntä että tehokasta toimintaa. (Jääskeläinen 2011.)

4.2 Käytettävyys

Käytettävyydellä tarkoitetaan sitä, miten tuotteella saavutetaan tavoitteet tuloksellisesti, tehokkaasti ja miellyttävästi. Käytettävyydessä on kyse ihmisen ja koneen vuorovaikutuksesta. Miellyttävyyden kokemisen edellytys on tyytyväisyys, mikä puolestaan tarkoittaa tässä yhteydessä epämukavuuden puuttumista ja myönteistä suhtautumista tuotteen käyttöön. (Väyrynen ym. 2004, 17; Kuutti 2003, 13.)

Käytettävyys on ergonomian soveltamista tuotteiden suunnittelussa. Haasteena on tehdä tuotteet helposti ja tehokkaasti käytettäviksi mahdollisimman laajalle käyttäjäkunnalle. (Jääskeläinen 2011.)

4.3 Säädöksiä

Terveydenhuollon laitteita ja tarvikkeita koskevan lain (629/2010) ja sen nojalla annettujen säädösten ja määräysten mukaan terveyden huollon laitteet on suunniteltava ja valmistettava siten, että ne eivät suunnitelluissa olosuhteissa ja käyttötarkoituksen mukaisesti käytettynä vaaranna potilaan terveydentilaa ja turvallisuutta. Kaikissa ei-toivotuista sivuvaikutuksista aiheutuvien riskien on oltava hyväksyttäviä terveydenhuollon laitteen suunniteltuun suorituskykyyn nähden. Lisäksi se ei vaaranna myöskään muiden käyttäjien turvallisuutta ja terveyttä. (L 629/2010.)

Mittaustoiminnon omaavalla laitteella pitäisi olla riittävä mittaustarkkuus ja sen mitta-, valvonta- ja näyttöasteikot on suunniteltava ergonomisten periaatteiden mukaisesti (Neuvoston direktiivi 93/42/ETY, 28–29).

Energialähteeseen liitettynä tai energialähteellä varustettuna se on suunniteltava siten, että vältetään mahdollisuuksien mukaan satunnaisen sähköiskun riski tavanomaisissa käyttöolosuhteissa. Lisäksi vältetään myös sellaiset sähkömagneettisten kenttien muodostumisesta aiheutuvat riskit, jotka saattavat heikentää muiden, tavanomaiseen ympäristöön sijoitettujen laitteiden ja tarvikkeiden toimintaa. (Neuvoston direktiivi 93/42/ETY, 28–29.)

5 LANGATON TIEDONSIIRTO

5.1 Radioliikenne

Radioyhteydellä tarkoitetaan langatonta data-yhteyttä taajuusalueella 30 MHz – 2 GHz. Näillä taajuuksilla radioaallot leviävät kaikkiin suuntiin, eikä lähettäjiä ja vastaanottimia tarvitse kohdistaa yhteyden aikaansaamiseksi. Radioyhteyden rakentaminen on myös helppoa, koska radioaallot kulkevat pitkiäkin matkoja suhteellisen pienillä lähetystehoilla. (Granlund 2003, 54.)

5.2 Bluetooth

Bluetooth on langaton tiedonsiirtotekniikka, jolla erilaiset laitteet pystyvät kommunikoimaan keskenään radioaaltoja pitkin. Bluetoothin tiedonsiirto tapahtuu taajuushyppelyyn perustuvalla hajaspektritekniikalla (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum). Pääasiassa bluetooth-laitteet on kehitetty lyhyen kantaman tiedonsiirtoon. Bluetooth-laitteiden kantosäde on 10 metristä 100 metriin sen mukaan, minkä teholuokan laitetta käytetään. Yleisin käytetty kantama on 10 metrin sisällä. (Toro 2006, 3.)

Bluetooth käyttää 2,45 GHz:n ISM-taajuutta (Industrial – Scientific – Medical) ja se vaihtelee hieman eri maiden ja maaosien välillä. Tämä taajuus on valittu sen takia, että se on kansainvälisesti yleisesti vapaasti käytettävissä eikä ole luvanvarainen. Tällä samalla taajuudella toimivat mm. WLAN-yhteydet. (Toro 2006, 3.)

Bluetooth-laitteet ovat yleensä kooltaan pieniä ja näin ollen niiden virrankulutus ei ole suuri. Lisäksi virrankulutusta voidaan myös tehokkaasti minimoida, kun asetetaan bluetooth-laitteelle erilaiset logiikat eritasoisin virransäästötiloihin. (Toro 2006, 36.)

6 ELEKTRONIIKAN SUUNNITTELU

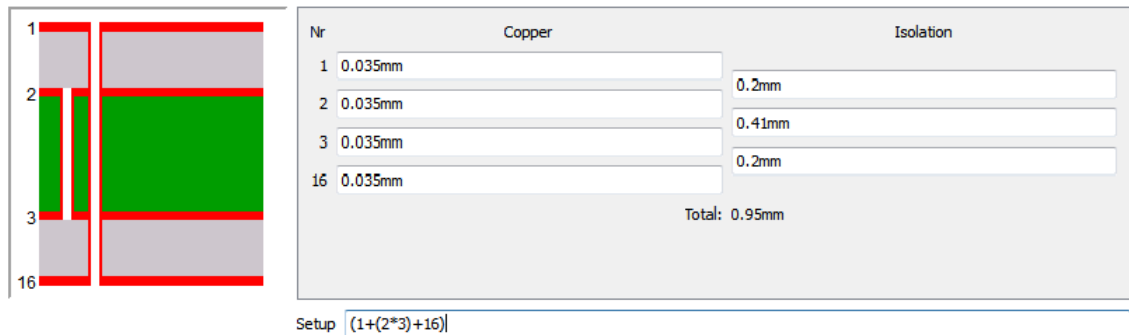
6.1 Piirilevyn suunnitteluohjelma

Piirisuunnitteluohjelmana käytettiin Cadsoft EAGLE 5.10.0 Standard -piirisuunnitteluohjelmaa (Easily Applicable Graphical Layout Editor). Tämä on yksi yleisimmistä piirisuunnitteluohjelmista, joka on kaupallisesti saatavilla. Ohjelmasta on saatavilla ilmaisversio, mutta tässä opinnäytetyössä sitä ei voitu käyttää. EAGLE Standard -versio mahdollistaa piirilevysuunnittelussa monikerrospiirilevyjä, joita tarvittiin piirilevyn koon minimoimisessa.

EAGLE-ohjelmalla voidaan suunnitella jopa 16-kerroslevyjä. Tämä vaatii tietysti vankkaa suunnittelukokemusta ja piirilevyjyrsimeltä tarvittavia ominaisuuksia levyn valmistusvaiheessa. Suunnittelussa tarvittiin tarkkuutta ja 3D-hahmotuskykyä, koska käytettiin neljää levykerrosta.

Opinnäytetyössä päädyttiin kuvan 3 mukaiseen ratkaisuun. Kuvan ratkaisulla voidaan tehdä haluttu 4-kerrospiirilevy laitehuollossa olevalla jyrsimellä ja piirilevynteko-ohjelmalla. Kuvassa punaisilla kerroksilla ovat kuparipinnoitteet, harmaalla sävyllä kuvataan eristettä ja vihreällä kuvataan levynrunkoa. Periaatteessa harmaa- ja vihreäaineet ovat samanlaisia tässä tapauksessa. Pystyviivat ovat piirilevyssä läpivientejä, jotka näkyvät piirilevyssä pyöreinä pisteinä. Niillä saadaan signaaleja vedettyä eri kerroksille.

Setup-kohdassa oleva kaava kertoo ohjelmalle ja piirijyrsimelle, kuinka monta levykerrosta on käytössä ja miten läpiviennit sijoittuvat levyssä. 4-kerrospiirilevyssä tarvittavat asetukset ja periaatekuva, joka tarvittiin EAGLE-ohjelmassa, näkyvät kuvassa 3.



KUVA 3. 4-kerrospiirilevyn asetukset ja periaatekuva

6.2 Jänniteratkaisu

Jotta langattoman laitteen tehokas käyttö olisi mahdollista liikkuvassa ympäristössä, tarvitaan virtalähde, joka palvelee liikkuvuutta. Langattomien laitteiden rakenteen hallinnan, tiiviin pakatun logiikan ja integrointiasteen parannuksilla saadaan pienennettyä laitteiden kokoa. (Granlund 2001, 20.)

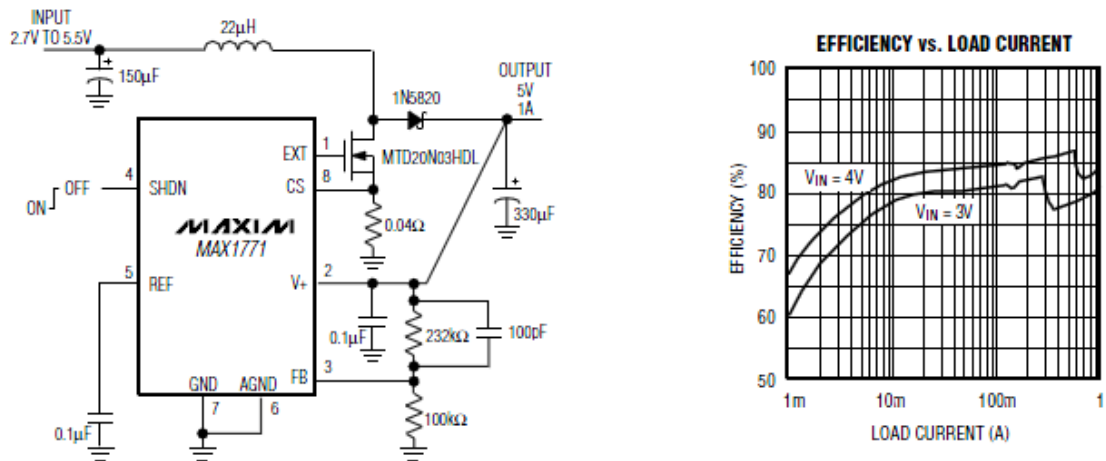
EKG-laitteen merkittävin ja ratkaisevin osuus laitteen koon ja painon osalta tässä opinnäytetyössä oli toteuttaa elektroniikan suunnittelulla jännitteennosto, joka toteutettiin hakkuriratkaisulla. Monipuolisia ratkaisuja hakkuriteholähteistä on saatavissa eri toimittajilta. Hakkuritekniikalla saavutetaan pienempi koko ja parempi hyötysuhde kuin perinteisillä muuntajilla.

EKG-laitteen normaali toimintajännitevaatimus aiemmassa versiossa oli ± 9 V. Kyseisessä versiossa mittausta voitiin suorittaa myös vähimmillään ± 7 voltilla ja enimmillään ± 12 voltilla. EKG-laitteen mittaaman signaalin rekisteröiminen kahden elektrodin väliltä vaatii ± 7 – ± 12 V jännitteen. Tässä työssä päätettiin toteuttaa jännitesyöttöä ± 12 voltilla ± 9 voltin sijasta. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska sopivaa ± 9 V:n hakkuripiiriä ei löytynyt ja EKG-laite toimii kuitenkin ± 12 voltilla (liite 1/2).

Jännitesyöttöratkaisu jaettiin kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa 3,5 voltin syöttöjännite nostettiin 5 volttiin (liite 1/1). Toisessa vaiheessa nostettiin 5 voltista laitteen tarvitsemaan 12 voltin kaksipuoliseen jännitteeseen.

6.2.1 Jännitesyöttö +3,5 voltista +5 volttiin

Ensimmäisessä vaiheessa käyttöjännitteenä oli +3,5 voltin nappiparisto, josta se hakkuriteholähdettä käyttäen nostettiin +5 volttiin MAX1771-piirillä (kuva 4).



KUVA 4. Jännitteenostoa +3,5 voltista +5 volttiin (MAX1771. 2002.)

MAX1771 on jännitetason nostoon tarkoitettu piiri, joka tarjoaa lähes 90 prosentin tehokkuuden kuormitusvirrassa. Piirille voidaan syöttää sisäänmeno-jännitettä 2–16,5 V ja ulostulojännitettä saadaan 12 V tai ennalta asetettu arvo. MAX1771 on pintaliitoskomponentti, jonka leveys on 8 mm, pituus 6 mm ja paino vain 1 g. Ensimmäisestä vaiheesta tarkempi piirikaavio löytyy liitteestä 1/1 ja komponenttien koko nähdään liitteessä 2/4.

6.2.2 Jännite kaksipuoliseksi

Tässä vaiheessa käytettiin kaupallisesti saatavissa olevaa MAX743-piiriä, joka muuntaa ensimmäisestä vaiheesta MAX1771-piirin tuottaman +5 voltin jännitteen kaksipuoliseksi ±12 voltin jännitteeksi (kuva 5).

6.4 Datankäsittelypiiri

Langaton tiedonsiirto edellyttää digitaalisen signaalin saantia. Datankäsittelypiirillä muunnettiin EKG-piiriltä tuleva analoginen EKG-signaali digitaaliseen muotoon. Analogista EKG-signaalia muunnettiin datankäsittelypiirissä, jonka piirikaavio nähdään liitteessä 1/4. Ero tässä toteutetussa datakäsittelypiirikaaviossa *Wireless*-projektin tekemään datakäsittelypiiriin oli tarkkuusvahvistimen TLC2272:n ja TLC084D:n välillä.

TLC2272- kaksikanavaisen tarkkuusvahvistimen valinta TLC084D-nelikanavaisen vahvistimen tilalle johtui 4-kanavaisen tarpeettomista signaalin kanavista, joille ei ole käyttöä tässä piirissä. Vaihdon toinen syy oli komponenttien kokojen huima ero. TLC2272 pinta-ala on 30 neliömillimetriä, kun taas TLC084D:n yli 54 neliömillimetriä. Lisäksi komponentin vaihdon seurauksena poistui muitakin ylimääräisiä vastuksia ja kondensaattoreita, jotka tarvittiin TLC084D-nelikanavaisessa vahvistimessa. Tällä saatiin tilansäästöä ja mahdollisimman pieni ja kevyt piirilevy.

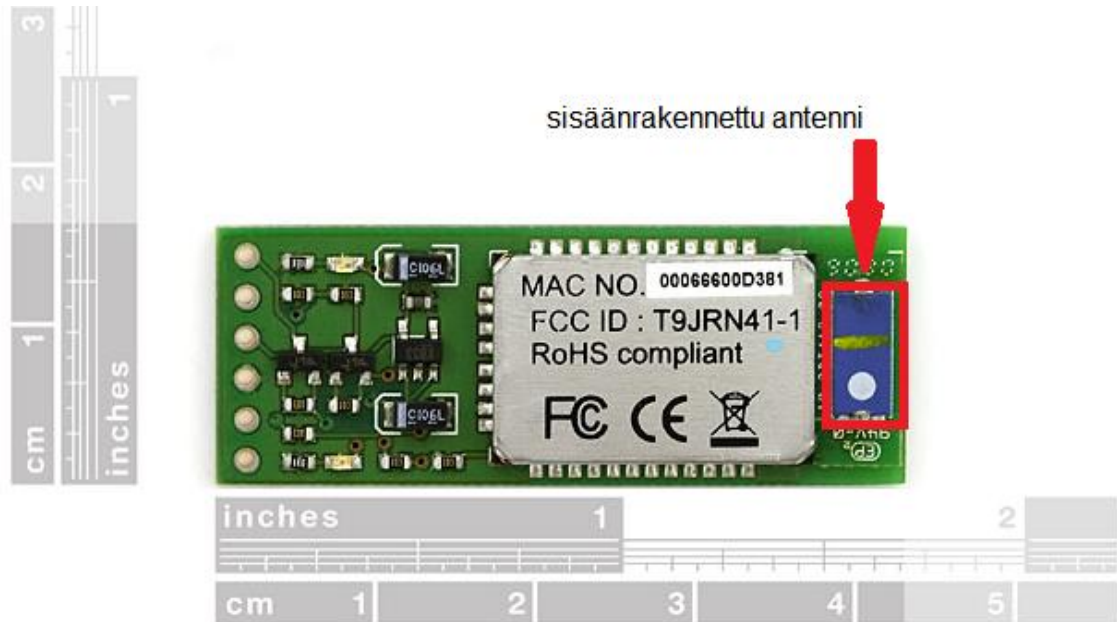
Datankäsittelypiirissä oleva 8-bittinen ATtiny2313-mikrokontrolleri on piirilevyssä suurin käytetty komponentti. Sen pinta-ala on 1,84 neliösenttimetriä (liite 2/1). ATtiny2313-mikrokontrollerin tehtävänä on välittää A/D-muuntimelta tuleva digitaalinen EKG-signaali bluetoothin lähetettäväksi tietokoneeseen mittausohjelmistoon EKG-signaalin piirtämistä varten.

6.5 Bluetooth-moduuli

Bluetooth-moduuli toimii piirilevyn ja tietokoneen välillä tapahtuvan langattoman tiedonsiirron välittäjänä. Se käsittelee ATtiny2313-mikrokontrollerilta tulevaa EKG-signaalia ja lähettää sen tietokoneen Ezurio-bluetooth-vastaanottimen kautta LabVIEW-mittausohjelmistoon EKG-signaalikäyrän piirtoa varten.

Bluetooth-moduuli on kaupallisesti saatavissa oleva moduuli, joka on suunniteltu langattomaan tiedonsiirtoon (kuva 6). Erona *Wireless*-projektissa käytettyyn versioon tässä on sen sisäänrakennettu antenni. Tämän bluetooth-moduulin

signaalin kantama yltää kuitenkin 100 metriin sisäänrakennetulla antennilla, jonka käyttöjännite on 3,3–6 voltia, ja tällöin keskimääräinen virrankulutus on 25 milliampeeria.



KUVA 6. Bluetooth-moduulin komponenttipuoli ja piirin mitat (Bluetooth Modem – BlueSMiRF Gold. 2010.)

7 EKG-JÄRJESTELMÄ

7.1 Jännitesyöttö

Elektroniikan ratkaisun ansiosta jännitesyöttönä voitiin käyttää 3,5 voltin nappiparistoa, jonka paino on noin 9 grammaa ja tilavuus on vain 1,52 kuutiosenttimetriä. Tämän ratkaisun ansiosta huolimittarin painoa pystyttiin poistamaan kahdesta 9 voltin neppariparistosta jopa 80 grammaa ja tilavuudessa säästettiin lähes 41,80 kuutiosenttimetriä. (Duracell akut, laturit ja virtalähteet. 2011.)

7.2 Tekstiilelektrodit

Työssä käytettiin langallisessa huolimittarissa käytetyn Polar Electron valmistamaa tekstiilipohjaista sykemittarinpantaa. Elektrodien sijoituspaikat on suunniteltu niin, että yksi elektrodi toimii sekä mittauspisteenä että mittarin rannekkeena. Toinen elektrodi sijoitetaan joko samaan käteen olkapäähän tai toisen käden ranteeseen.

7.3 Elektroniikan piirilevy

Piirilevynä toimii 4-kerrospiirilevy, jonka jänniteratkaisut ovat liitteissä 1/1 ja 1/2. Jänniteratkaisun lisäksi piirilevyssä on EKG-piiri (liite 1/3) ja datankäsittelypiiri (liite 1/3).

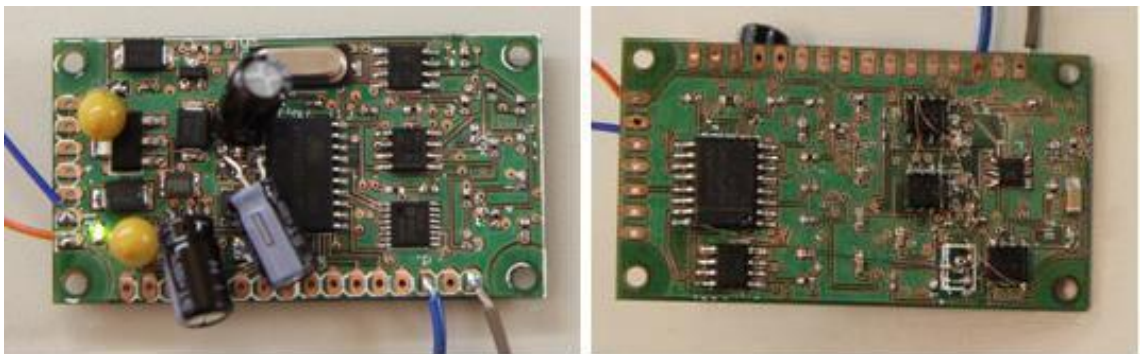
4-kerrospiirilevyssä on neljä eri tasoa. Nämä tasot on kytketty limittäin toisiinsa niin, että levyjen välillä kulkevat läpiviennit ovat täsmälleen samoissa paikoissa kaikilla tasoilla. Läpiviennit toimivat siis signaalin johtimina eri tasojen välillä.

Ensimmäinen taso piirilevyn kerroksessa (liite 2/1) ja pohjataso (liite 2/4) ovat ne tasot, joihin juotettiin kaikki piirisuunnittelussa käytetyt komponentit komponenttiluettelossa (liite 3). Ensimmäinen ja pohjataso ovat ne tasot, jotka voidaan silmällä nähdä piirilevystä. Välitasot liite 2/2 ja liite 2/3 tasoissa ovat ensimmäi-

sen ja pohjatason välissä puristuksessa olevia tasoja, joten niitä ei silmällä voi nähdä.

Piirilevy valmistettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön tiloissa sijaitsevalla LPKF:n piirilevyjyrsimellä. Piirilevyn runkomateriaali on FR4-typistä 1,6 millimetriä vahvaa ainetta. Lisäksi piirilevyn paksuutta kasvattavat molemmille puolille laminoitavat 0,2 millimetriä paksut kerrokset. Kaikki piirilevyllä olevat vedot ja läpiviennit on toteutettu läpikuparoimalla.

Elektroniikka koottiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön tiloissa sijaitsevassa elektroniikan tuotantotekniikan laboratoriossa. Elektroniikan komponenteista suurin on ATtiny2313-mikrokontrolleri, jonka pinta-ala on lähes 130 mm^2 (liite 2/1). Vastaavasti pienimmät komponentit ovat kooltaan vain 2 mm^2 :n vastuksia, joita löytyy piirilevyn sekä ensimmäisestä tasosta että pohjatasosta (kuva 7). Tässä opinnäytetyössä kaikki käytetyt komponentit ovat pinta-liitoskomponentteja.



KUVA 7. Piirilevyn molemmilta puolilta, levyn mitat 30 x 55 mm

7.4 Bluetooth-lähetin ja -vastaanotin

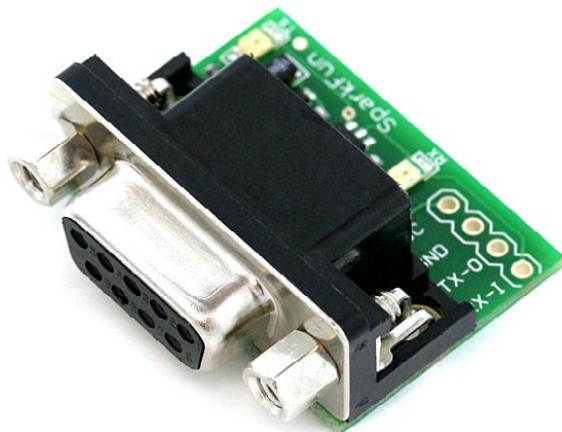
Bluetooth-lähetin lähettää datakäsittely-yksikössä olevat signaalit bluetooth-vastaanottimen kautta tietokoneen mittausohjelmistoon käsiteltäväksi. Bluetooth-lähettimenä hyödynnettiin kaupallisesti saatavilla olevaa Sparkfun Electronicsin tuote, *Bluetooth Modem – BlueSMiRF Gold*, joka on esitetty aiemmin luvussa 6.5 Bluetooth-moduulissa.

Bluetooth-vastaanotin (kuva 8) tuo bluetooth-lähtetimeltä tulevaa dataa RS232 Shifter SMD -muuntajan kautta käsiteltäväksi tietokoneelle, johon on asennettu huolimittarin käyttöliittymä. (Järvinen 2011, 38.)



KUVA 8. Langattoman huolimittarin vastaanotin (Järvinen 2011, 39.)

RS232 Shifter SMD -muuntaja kuvassa 9 on kiinnitetty tietokoneen COM-porttiin. Se siirtää käsiteltävää dataa bluetooth-vastaanottimelta tietokoneen huolimittarin käyttöliittymälle EKG-signaalin piirtoa varten.



KUVA 9. RS232 Shifter SMD -muuntaja

7.5 Mittausohjelmisto

Mittausohjelmistona toimii LabVIEW-ohjelmointikielellä toteutettu käyttöliittymä. National Instrumentsin LabVIEW-ohjelmalla on suunniteltu käyttöliittymä EKG-signaalin mittaamista varten HYTKEssä. Ohjelmalla luotiin graafinen käyttöliittymä, jonka avulla mittaustapahtuma voidaan suorittaa helposti. Mittausohjelmistosta lisää tietoa löytyy Olli Järvisen *Langattoman EKG-laitteen käyttöliittymä* -opinnäytetyöstä (Järvinen 2011).

8 MITTAUSJÄRJESTELMÄN TESTAUS

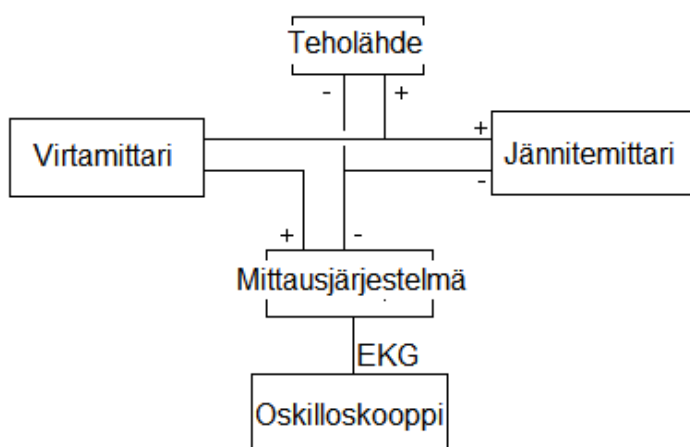
Mittausjärjestelmään suunniteltuja pintaliitoskomponentteja ei saatu komponenttien toimituksesta, joten järjestelmään ne korvattiin lähes samoilla tai vastaavilla omaisuuksilla olevilla jalallisilla komponenteilla. Kaikki korvatut komponentit olivat kondensaattoreita. Piirisuunnittelussa käytettyjen komponenttien arvot ja mitat korvattiin seuraavilla komponenteilla:

C1: 150 μ F, 0603 \rightarrow 100 μ F(6,3 VDC) tantaalikondensaattori, radiaalinen

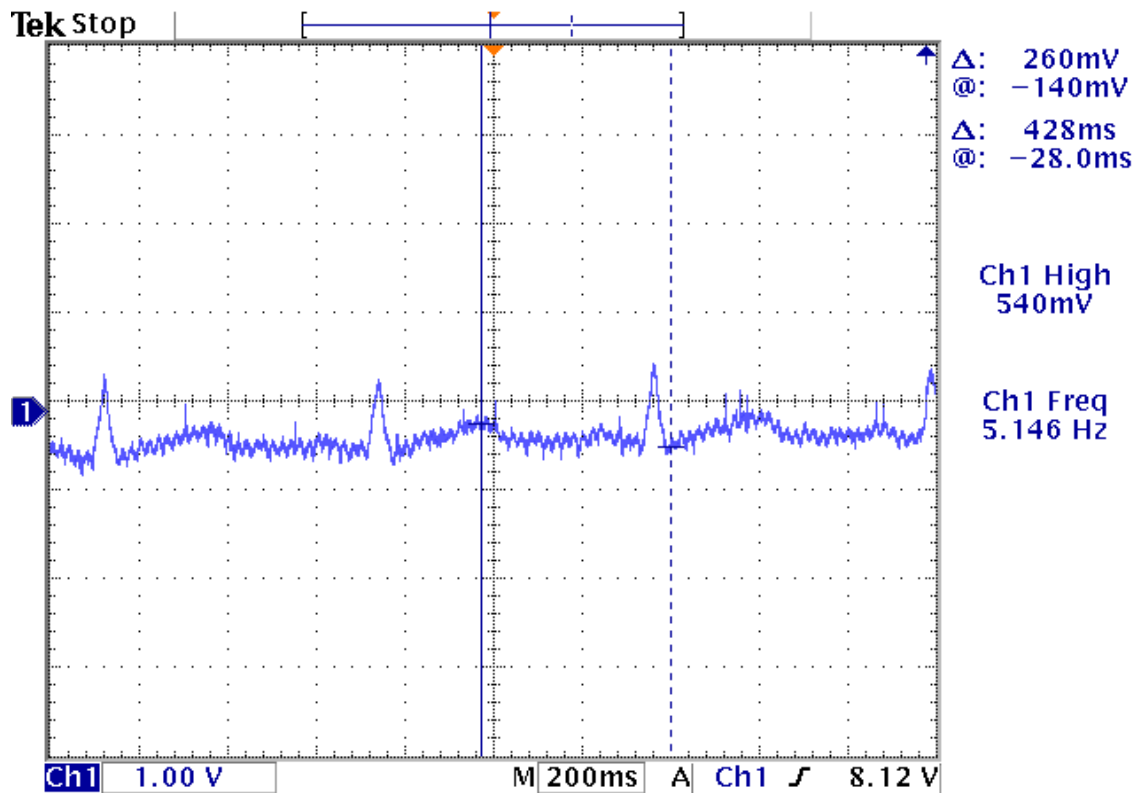
C5: 330 μ F, 0805 \rightarrow 100 μ F(6,3 VDC) tantaalikondensaattori, radiaalinen

C10, C11, C12: 100 μ F, 0805 \rightarrow 100 μ F(16 VDC) tantaalikondensaattori, radiaalinen

Mittausjärjestelmää testattiin Hyvinvointitekniikan laboratoriossa. Mittausjärjestelmän testauksella varmistettiin, että jänniteratkaisuyksikkö toimii (+5 V liite 4, \pm 12 V liite 5) ja tuottaa EKG-piirille tarvittavat jännitteet ja sitä kautta haluttu EKG-signaali saadaan mittausjärjestelmästä. EKG-signaalia mitattiin oskilloskoopilla. Mittausasetelma koostui teholähteestä, virtamittarista, jännitemittarista ja oskilloskoopista (kuva 10). Teholähde antoi 3,5 V, jonka arvoa tarkistettiin jännitemittarista. Virtamittarilla mitattiin piirilevyn virrankulutus, jonka arvoksi saatiin noin 280 mA. EKG-signaali piirtyi oskilloskoopin näytölle, joka nähdään kuva 11:stä.



KUVA 10. Piirilevyn mittausasetelma



3 May 2011
03:38:56

KUVA 11. EKG-signaali oskilloskoopista

Mittausjärjestelmän datankäsittelypiirin ja bluetooth-moduulin toimintaa ei tässä testauksessa tarkistettu opinnäytetyön laajuuden vuoksi. Nämä ovat todettu toimiviksi aikaisemmissa projekteissa, joten niiden testauksia ei ollut aikaa ja tarvetta suorittaa tässä yhteydessä.

9 LOPPUSANAT

Opintnäytetyön tavoite saavutettiin. Mittausjärjestelmässä jännite onnistuttiin nostamaan 3,5 voltista kaksipuoleiseen ± 12 voltin jännitteeseen ja mittausjärjestelmällä saatiin haluttu EKG-signaali.

Työ oli erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen, vaikka elektroniikan suunnittelu ei sinällään liittynyt koulutusohjelmaani. Elektroniikkasuunnitteluun liittyvissä asioissa oli erittäin paljon hyötyä harjoittelujaksosta, jonka olin tehnyt HYTKELLE. Lisäksi elektroniikkasuunnittelussa alusta alkaen ohjannut HYTKEn projekti-suunnittelija Henry Hinkula antoi paljon neuvoja, jotka auttoivat opinnäytetyöni suunnittelun liittyvissä asioissa.

Työstä olen oppinut hahmottamaan sekä suunnittelijan että tuotteen käyttäjän näkökulmia. Suunnittelun aikana olen oppinut myös, kuinka tärkeä on suunnitteluprosessissa huomioida tuotteen ominaisuudet, tuotteen käyttäjän tarpeet ja tuotteessa käytettävät materiaalien tai komponenttien hinnat. Nämä ovat niitä kriteerejä, jotka vaikuttavat aina toisiinsa, ja ne seuraavat suunnittelun alusta aina tuotteeseen asti.

Terveystilaa tarkkailevat apuvälineet lisäävät yksin asuvan vanhuksen turvallisuudentunnetta ja auttavat myös omaisia ja hoitajia seuraamaan vanhuksen terveydentilaa. Luku 2:ssa esitettyjen tilastojen mukaan sekä Suomessa että Euroopassa asuvien vanhuksien kotona asumisen tukevissa palveluissa tullaan tarvitsemaan lähitulevaisuudessa. Silloin tällä laitteella on varmasti kysyntää ja se tulee palvelemaan niin kotona kuin hoitolaitoksissa asumisessa.

LÄHTEET

Bluetooth Modem – BlueSMiRF Gold. 2010. Sparkfun Electronics. Saatavissa: <http://www.sparkfun.com/products/582>. Hakupäivä 23.11.2010.

Duracell akut, laturit ja virtalähteet. 2011. Duracell. Saatavissa: <http://www.duracelldirect.fi/>. Hakupäivä 10.3.2011.

Ekman, Simo 2007. EKG:n synty. Saatavissa: http://ewhweb1.webhotelli.fi/~ensihoit/ensihaitonetti/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=32. Hakupäivä 23.1.2011.

Granlund, Kaj 2001. Langaton tiedonsiirto. Jyväskylä: Docendo.

Granlund, Kaj 2003. Tietoliikenne. Jyväskylä: Docendo.

Heikkinen, Eino 2005. Iäkkäiden ihmisten terveys ja toimintakyky. Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=suo00049&p_haku=i%E4kk%E4iden%20sairaudet. Hakupäivä 2.3.2011.

Hinkula, Henry 2010. Huolimittarin elektroniikan kehitystyö. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Opinnäytetyö.

Järvinen, Olli 2011. Langattoman EKG-laitteen käyttöliittymä. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Opinnäytetyö.

Järvinen, Olli – Matalalampi, Timo – Puska, Aki 2009. Wireless; Wireless 2. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Julkaisemattomat projektit.

Jääskeläinen, Kirsi 2011. Mitä ergonomia on? Työterveyslaitos. Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita_ergonomia_on/Sivut/default.aspx. Hakupäivä 9.2.2011.

Karhumäki, Eliisa – Lehtonen, Mari – Nieminen, Kari – Syrjäkallio-Ylitalo, Marja – Lätti, Sole 2006. Päästä varpaisiin. Helsinki: Edita.

Kuutti, Wille 2003. Käytettävyys, suunnittelu ja arviointi. Helsinki: Talentum.

L 629/2010. Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100629>. Hakupäivä 15.3.2011.

MAX1771. 2002. Maxim Integrated Products. Saatavissa: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX1771.pdf>. Hakupäivä 20.10.2010.

MAX743. 1990. Maxim Integrated Products. Saatavissa: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX743.pdf>. Hakupäivä 28.10.2010.

Mustajoki, Pertti – Kaukua, Jarmo 2008. EKG (Sydänfilmi). Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03210&p_haku=EKG. Hakupäivä 23.1.2011.

Neuvoston direktiivi 93/42/ETY. Lääkinnällisistä laitteista. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1993L0042:20071011:fi:PDF>. Hakupäivä 15.3.2011.

Nieminen, Mauri 2005. Eurooppa eläköityy eri tahtiin. Saatavissa: http://www.stat.fi/tup/tietotrendit/tt_01_05_nieminen.html. Hakupäivä 13.3.2011.

Nienstedt, Walter – Hänninen, Osmo – Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Eyrik 2004. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY.

Riski Hanna-Raarit 2004. EKG-Rekisteröinti – EKG-käyrän teknisen laadun arviointi. Naantali: Offset House Oy.

Tilastotietoja sydän- ja verenkiertoelinten sairauksista. 2011. Suomen Sydänliitto ry. Saatavissa: <http://www.sydanliitto.fi/tilastot-ja-sanasto>. Hakupäivä 2.3.2011.

Toro, Jarno 2006. Bluetooth-tekniikka ja tietoturva. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Tekniikka, tietoliikennetekniikka. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10354/TMP.objres.541.pdf?sequence=2>. Hakupäivä 9.3.2011.

Vaarama, Marja – Noro, Anja 2005. Vanhusten palvelut. Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=suo00058. Hakupäivä 9.3.2011.

Vanhusten sairaudet. 2008. HUS. Saatavissa: <http://www.hus.fi/default.asp?path=1,32,818,1733,1991,5600>. Hakupäivä 2.3.2011.

Väestö ikäryhmittäin koko maa 1900-2060 (vuodet 2010–2060: ennuste). 2009. Tilastokeskus. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/vaenn/2009/vaenn_2009_2009-09-30_tau_001.fi.html. Hakupäivä 2.3.1011.

Väyrynen, Seppo – Nevala, Nina – Päivinen, Minna 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.

LIITTEET

Liite 1. Piirikaaviot 5 kpl

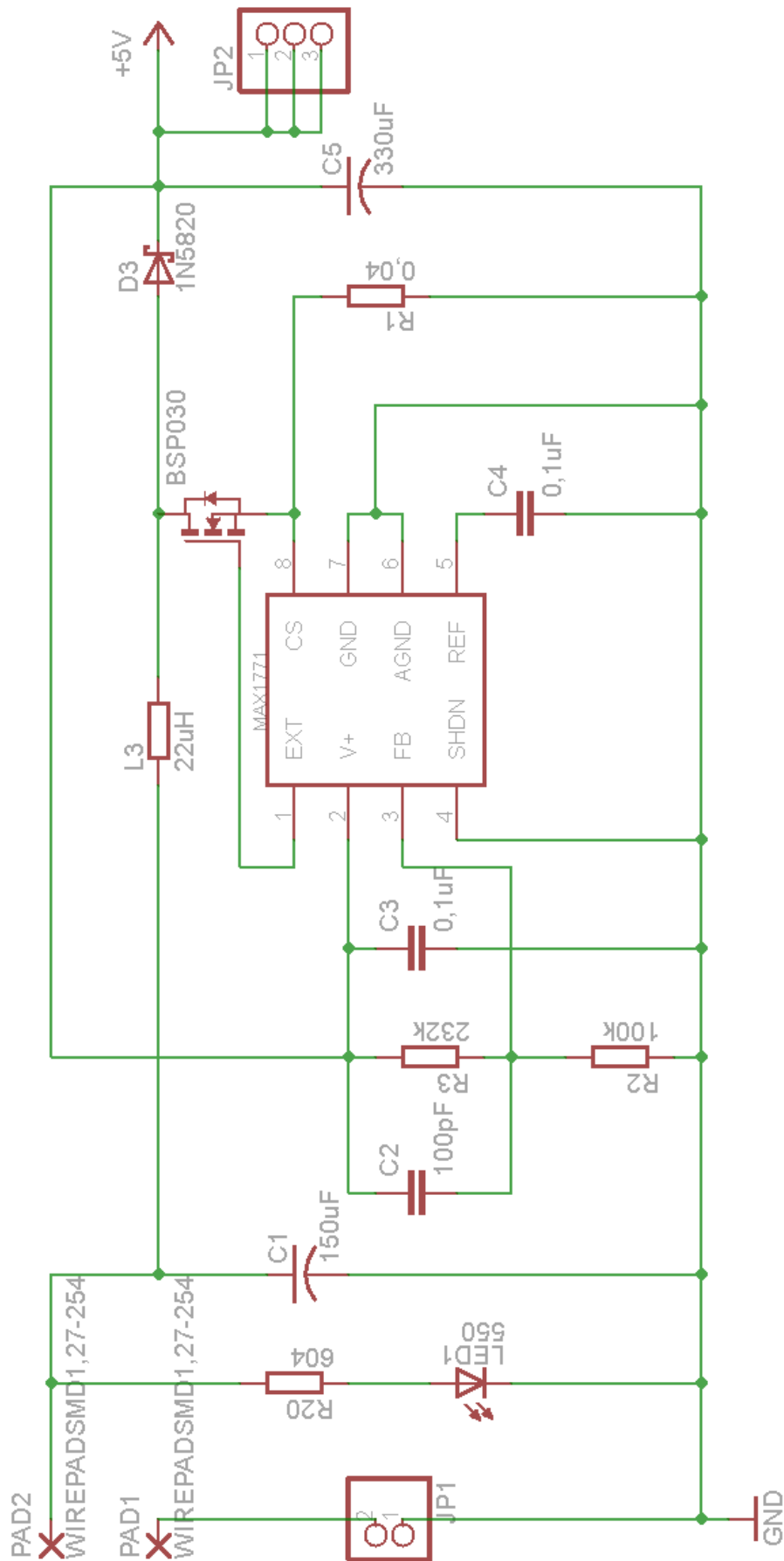
Liite 2. Piirilevyn kerrokset 4 kpl

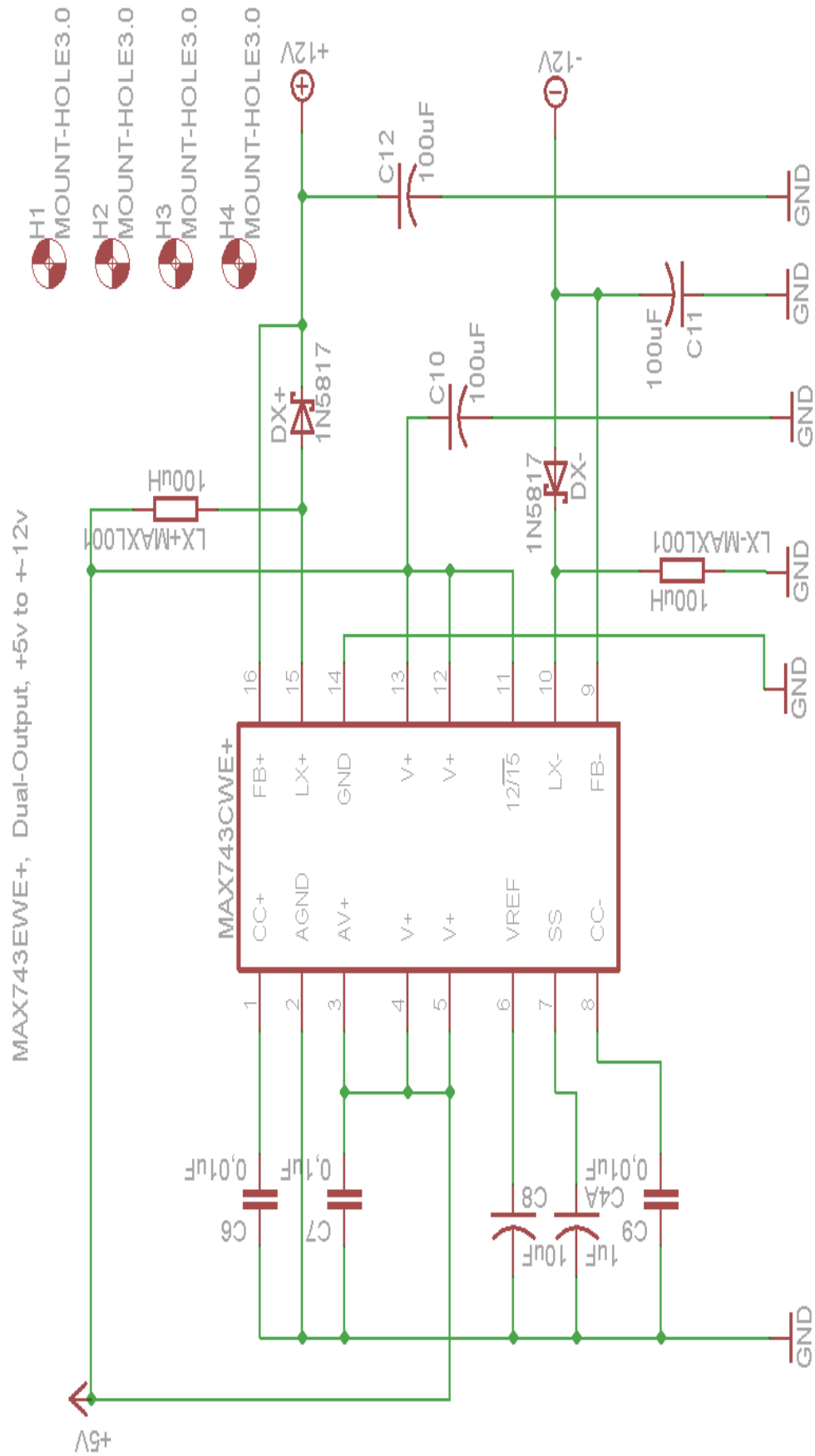
Liite 3. Komponenttiluettelo

Liite 4. +5 V MAX1771:n tuottama jännite

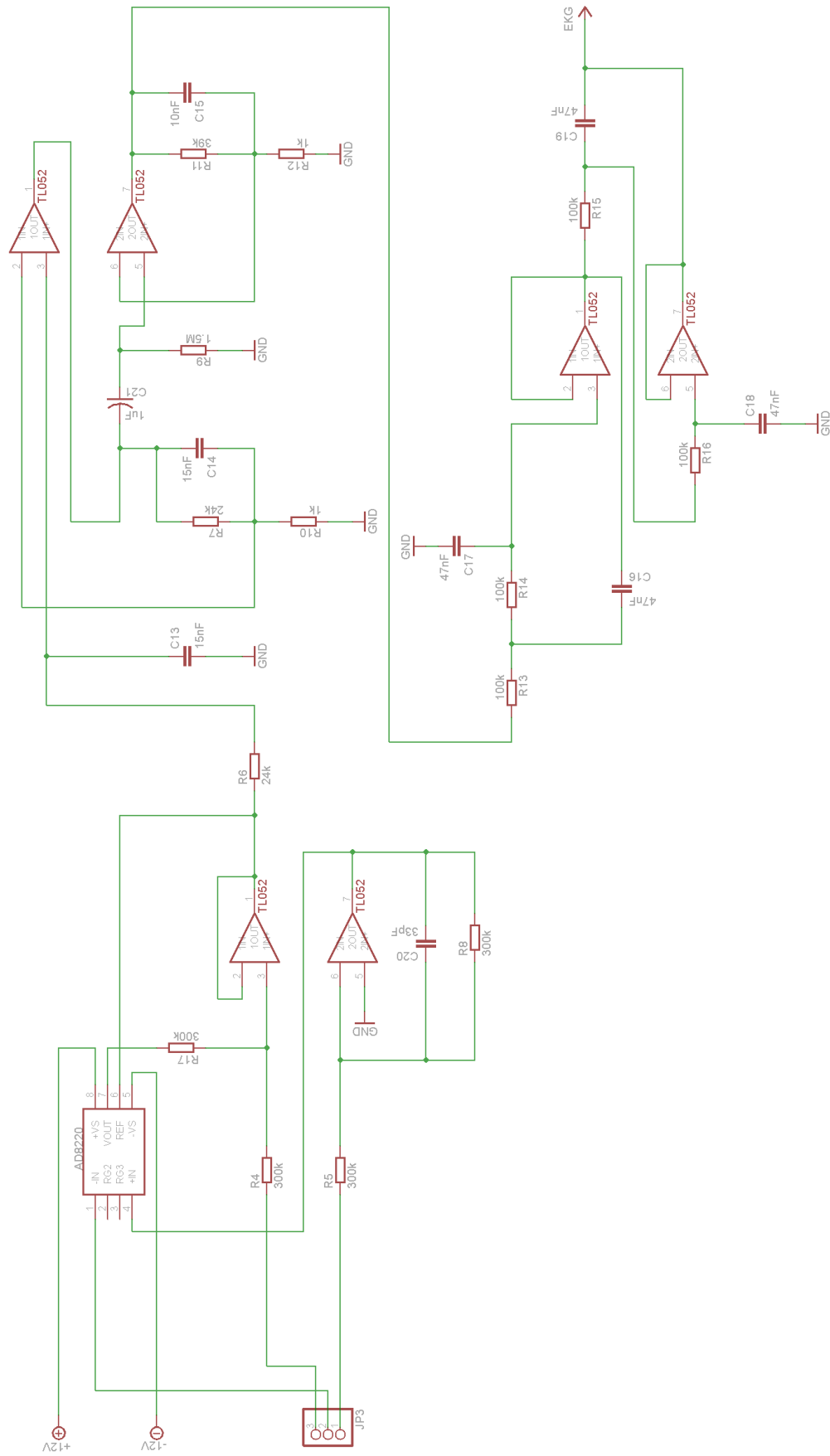
Liite 5. ± 12 V MAX743:n tuottamat jännitteet

MAX1771, 3V to 5V Step-Up DC-DC Controllers

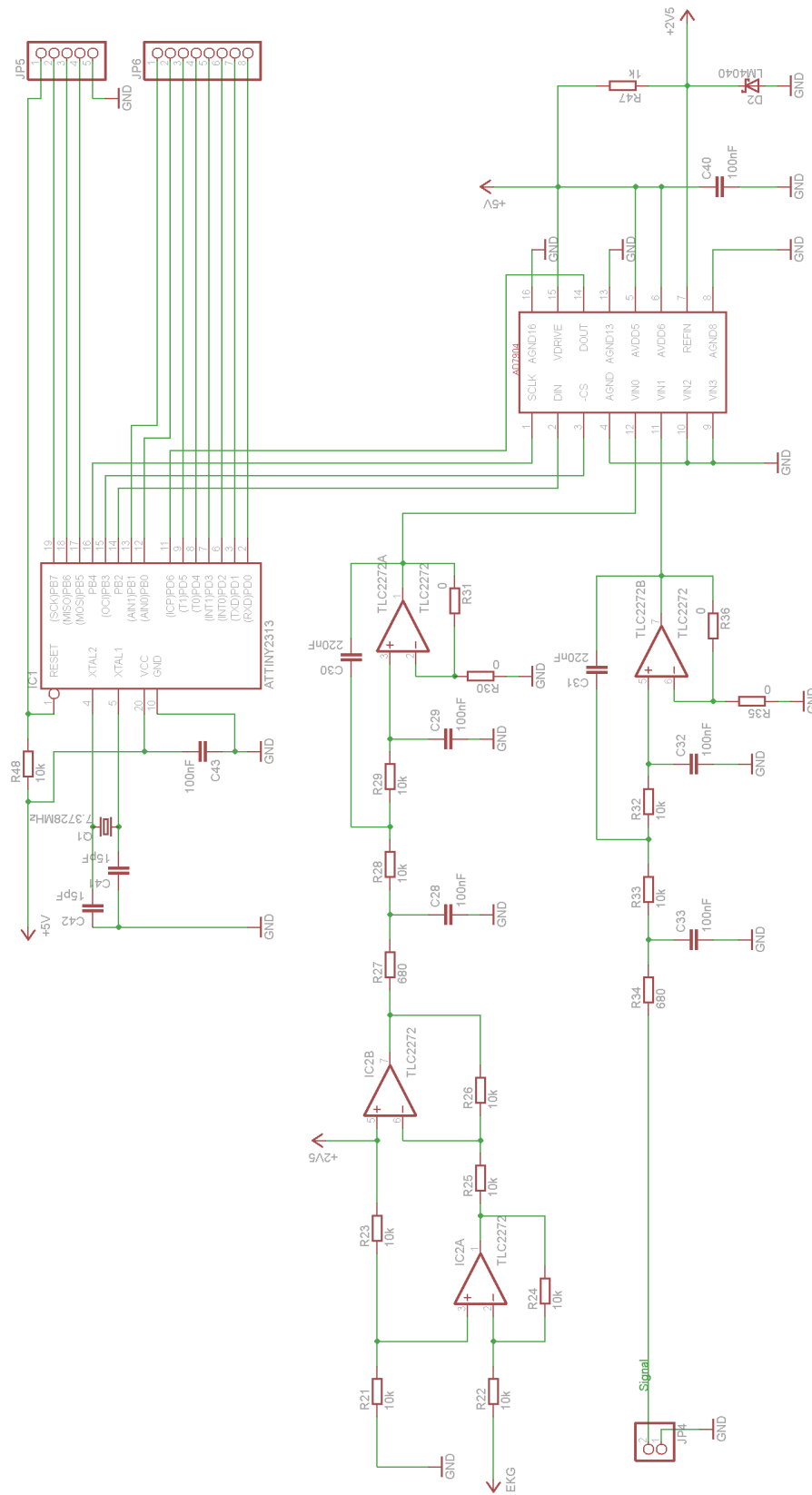


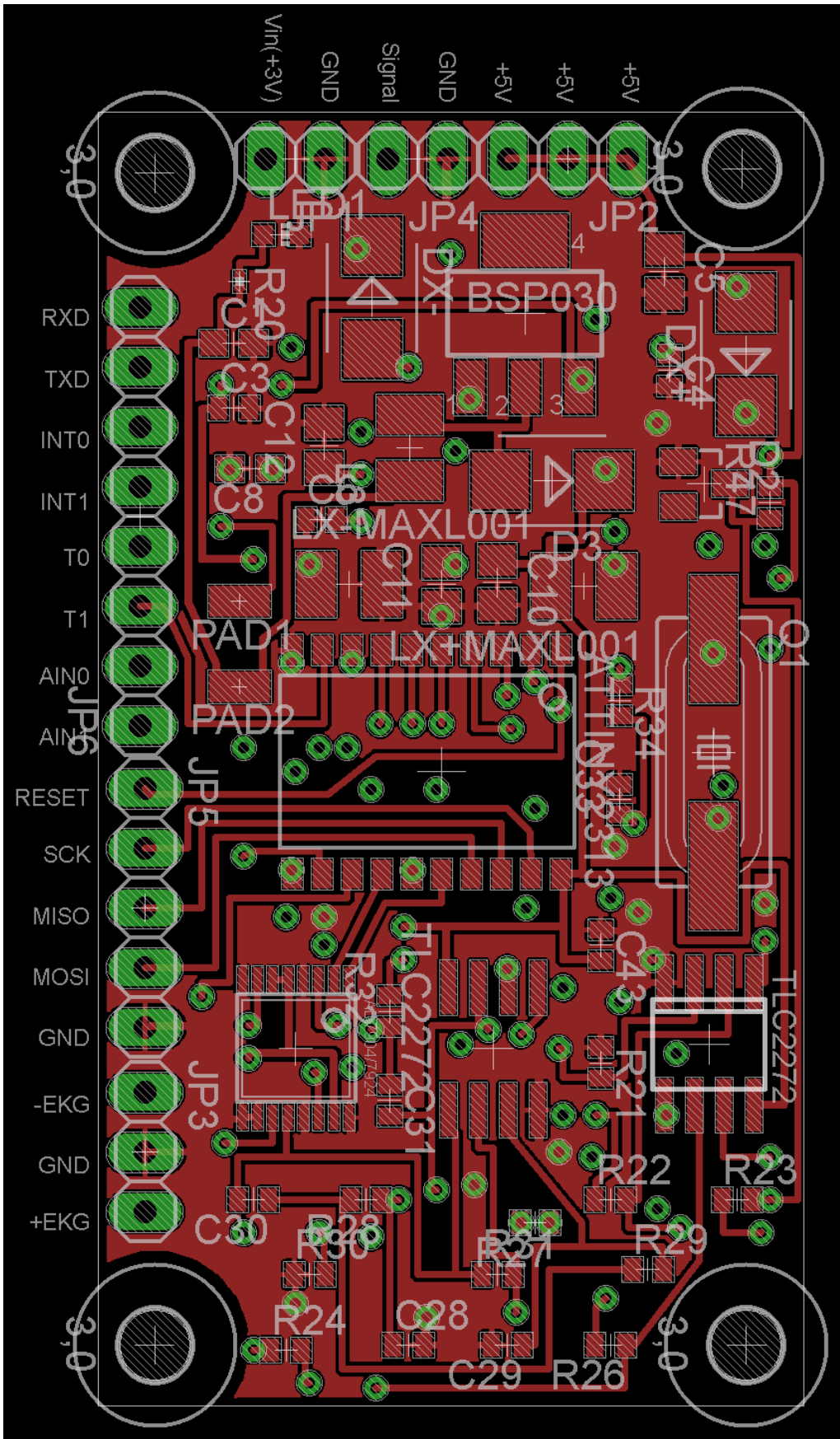


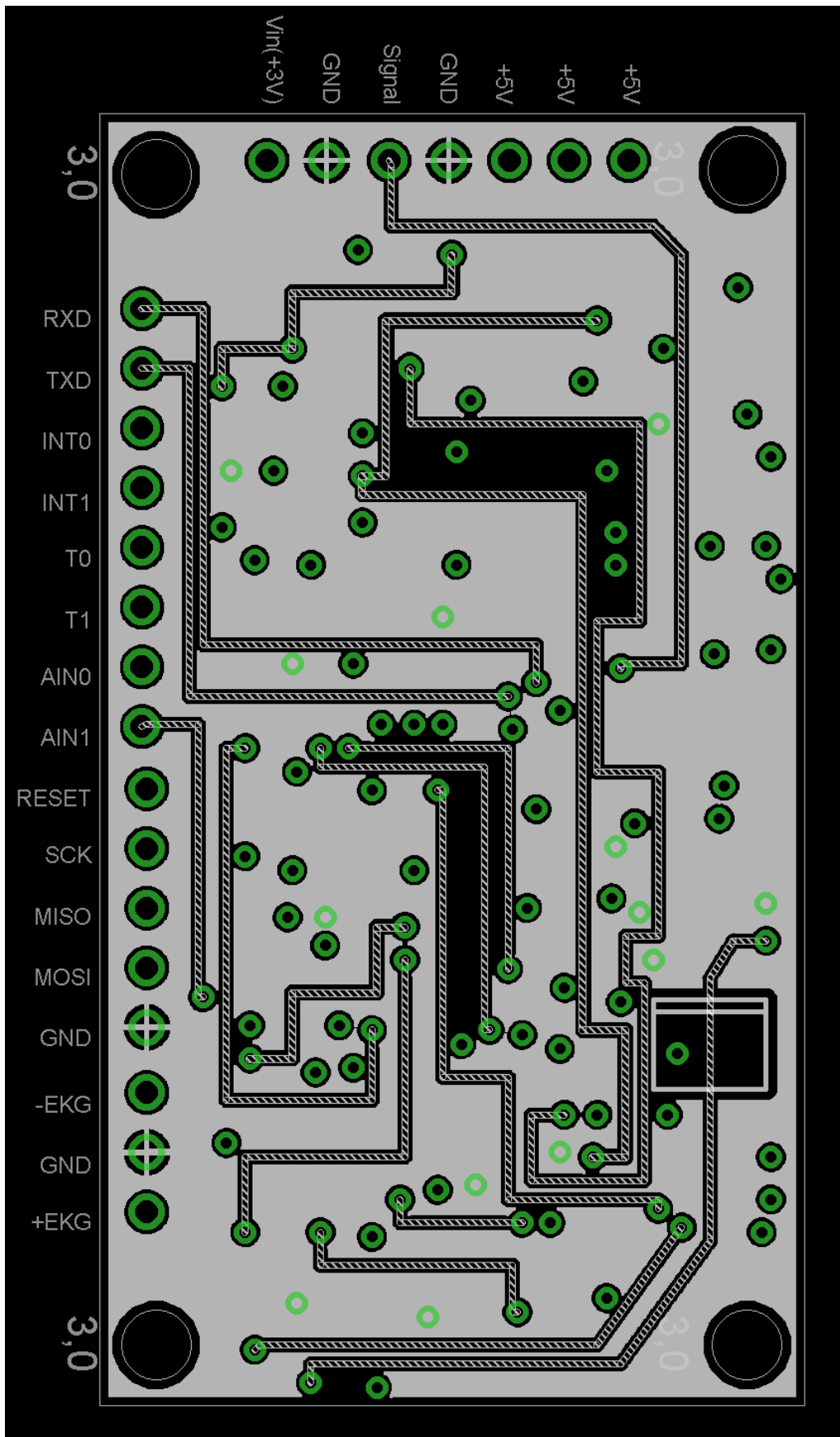
EKG-piiri

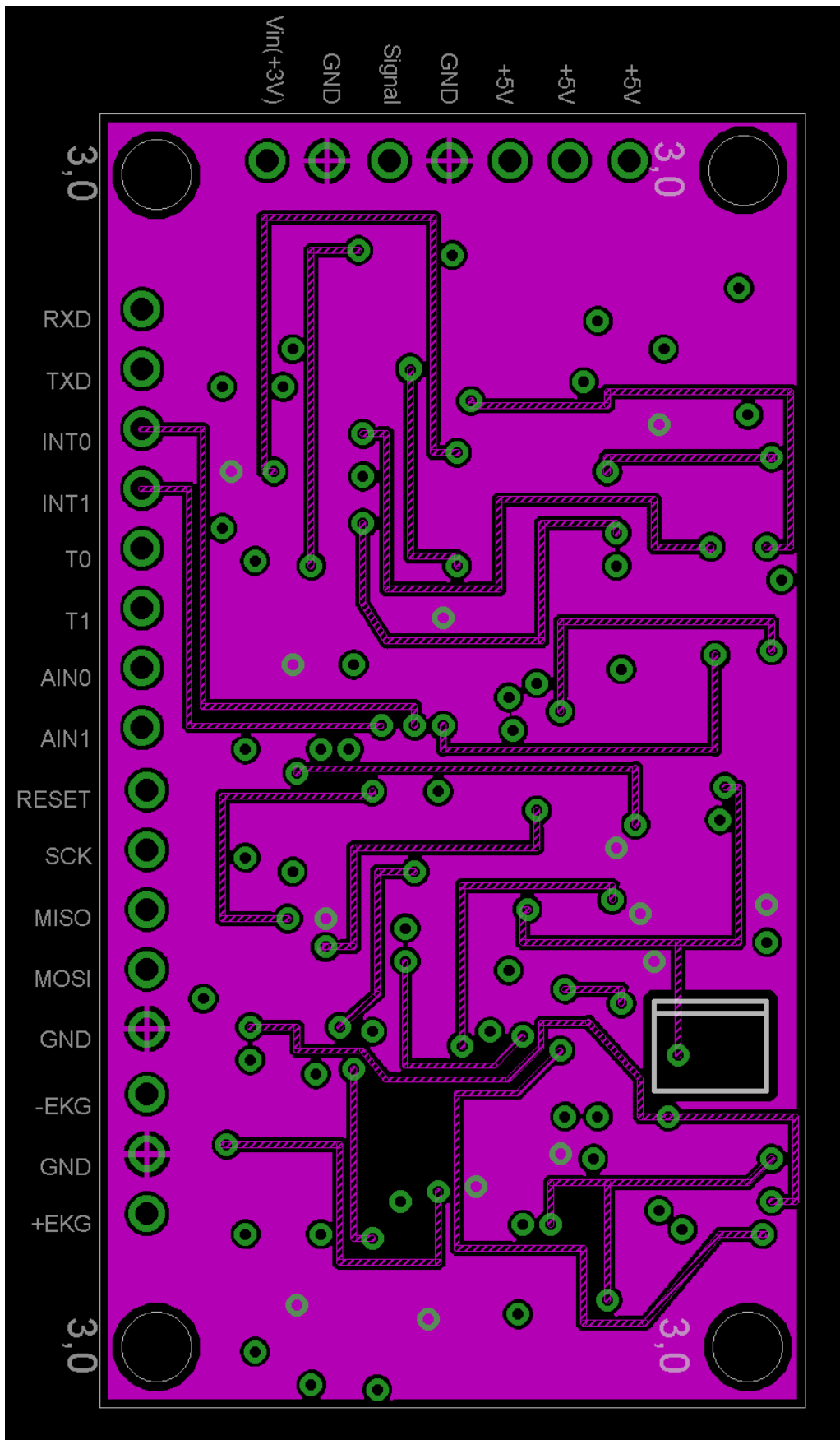


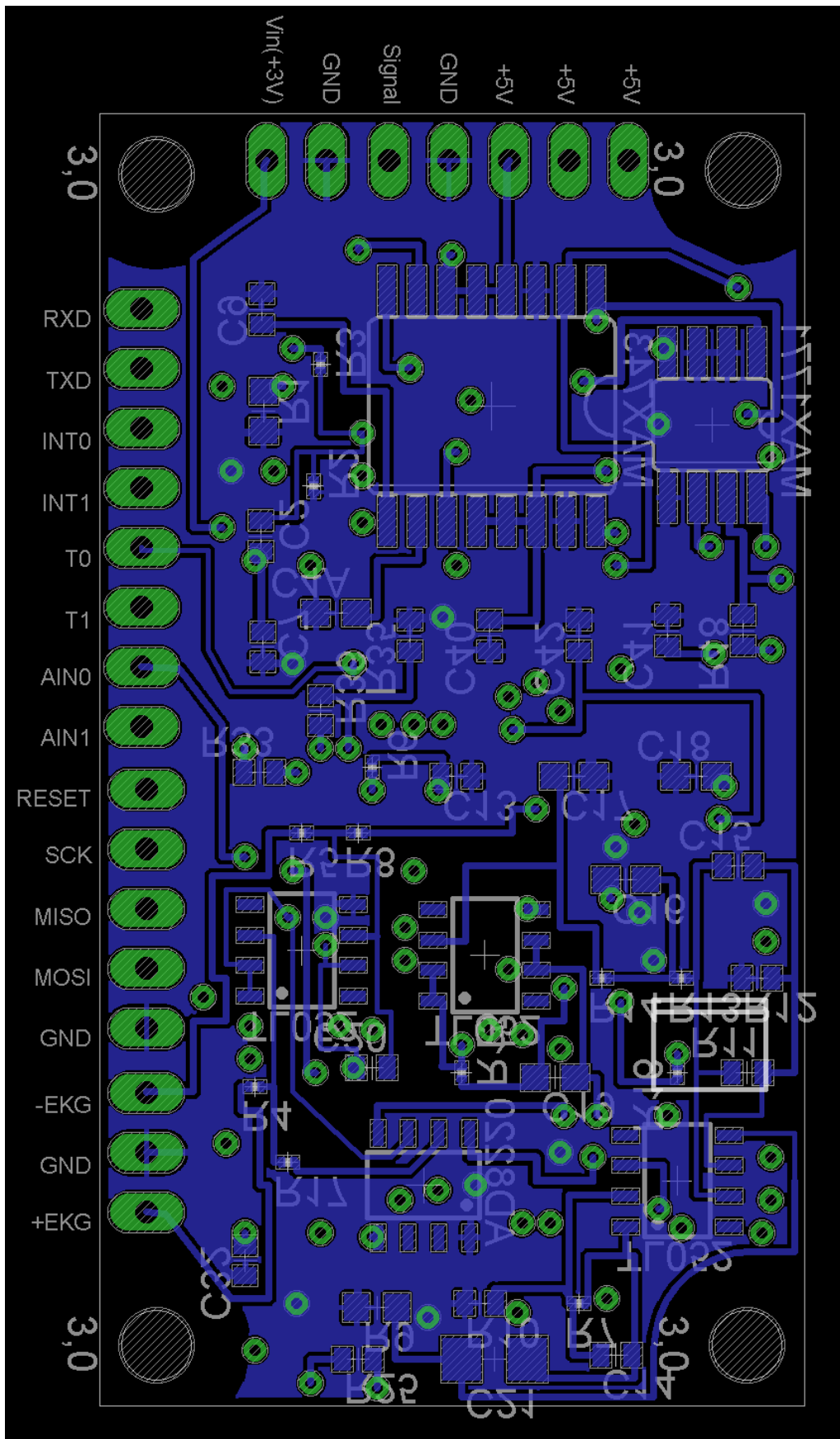
Datankäsittelypiiri











KOMPONENTTILUETTELO

LIITE 3/1

Partlist

Exported from uusi_langaton_huolimittari_1-0-2.sch at 8.2.2011
15:24:51

EAGLE Version 5.10.0 Copyright (c) 1988-2010 CadSoft

Part brary	Value Sheet	Device	Package	Li-
BSP030		NMOSSOT223	SOT223	ze-
tex	1			
C1	150uF	C-USC0603	C0603	rcl
1				
C2	100pF	C-EUC0402	C0402	re-
sistor	1			
C3	0,1uF	C-EUC0402	C0402	rcl
1				
C4	0,1uF	C-EUC0402	C0402	rcl
1				
C4A	1uF	C-USC0603	C0603	rcl
2				
C5	330uF	C-USC0805	C0805	rcl
1				
C6	0,01uF	C-EUC0402	C0402	rcl
2				
C7	0,1uF	C-EUC0402	C0402	rcl
2				
C8	10uF	C-USC0603	C0603	rcl
2				
C9	0,01uF	C-EUC0402	C0402	rcl
2				
C10	100uF	C-USC0805	C0805	rcl
2				
C11	100uF	C-USC0805	C0805	rcl
2				
C12	100uF	C-USC0805	C0805	rcl
2				
C13	15nF	C-EUC0402	C0402	rcl
3				
C14	15nF	C-EUC0402	C0402	rcl
3				
C15	10nF	C-EUC0402	C0402	rcl
3				
C16	47nF	C-EUC0603	C0603	rcl
3				
C17	47nF	C-EUC0603	C0603	rcl
3				
C18	47nF	C-EUC0603	C0603	rcl
3				
C19	47nF	C-EUC0603	C0603	rcl
3				
C20	33pF	C-EUC0402	C0402	rcl
3				
C21	1uF	C-USC1206	C1206	rcl
3				
C28	100nF	C-EUC0402	C0402	rcl
4				

KOMPONENTTILUETTELO

LIITE 3/2

C29 4	100nF	C-EUC0402	C0402	rcl
C30 4	220nF	C-EUC0402	C0402	rcl
C31 4	220nF	C-EUC0402	C0402	rcl
C32 4	100nF	C-EUC0402	C0402	rcl
C33 4	100nF	C-EUC0402	C0402	rcl
C40 4	100nF	C-EUC0402	C0402	rcl
C41 4	15pF	C-EUC0402	C0402	rcl
C42 4	15pF	C-EUC0402	C0402	rcl
C43 4	100nF	C-EUC0402	C0402	rcl
D2 huolimittaril 4	LM4040	BAT54		SOT23
D3 ode	1N5820 1	SCHOTTKY-DIODESMD	SMB	di-
DX+ ode	1N5817 2	SCHOTTKY-DIODESMD	SMB	di-
DX- ode	1N5817 2	SCHOTTKY-DIODESMD	SMB	di-
IC1 olimittaril 4	ATTINY2313	AT90S2313S	SO20L	hu-
IC2 olimittaril 4	TLC2272	TL082D	SO08	hu-
JP1 pinhead	1	PINHD-1X2		1X02
JP2 pinhead	1	PINHD-1X3		1X03
JP3 pinhead	3	PINHD-1X3		1X03
JP4 pinhead	4	PINHD-1X2		1X02
JP5 pinhead	4	PINHD-1X5		1X05
JP6 pinhead	4	PINHD-1X8		1X08
L3 1	22uH	R-EU_R1210	R1210	rcl
LED1 1	550	LEDCHIP-LED0603	CHIP-LED0603	led
LX+MAXL001 2	100uH	R-EU_R1210	R1210	rcl
LX-MAXL001 2	100uH	R-EU_R1210	R1210	rcl
PAD1 wirepad	1	WIREPADSMD1,27-254	WIREPADSMD1,27-254	SMD1,27-2,54
PAD2 wirepad	1	WIREPADSMD1,27-254	WIREPADSMD1,27-254	SMD1,27-2,54
Q1 crystal	7.3728MHz 4	CRYSTALHC49UP		HC49UP

KOMPONENTTILUETTELO

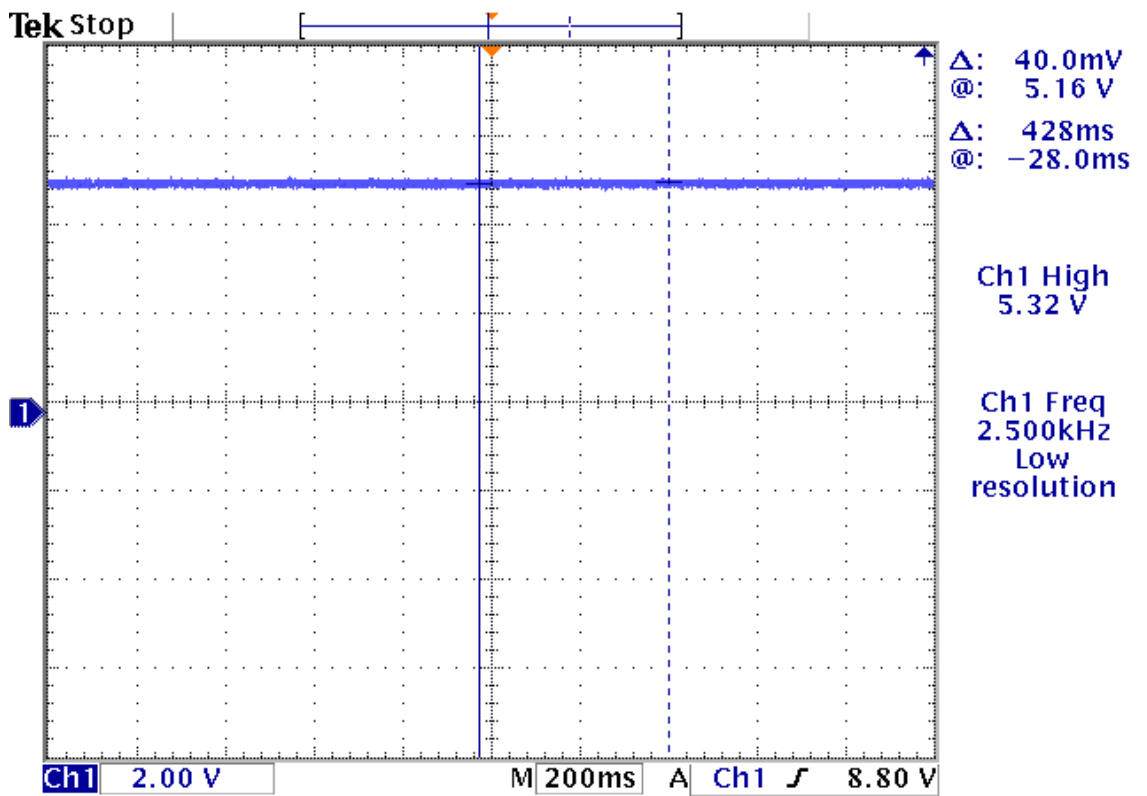
LIITE 3/3

R1	0,04	R-EU_R0603	R0603	rcl
1				
R2	100k	R-EU_R0201	R0201	rcl
1				
R3	232k	R-EU_R0201	R0201	rcl
1				
R4	300k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R5	300k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R6	24k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R7	24k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R8	300k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R9	1.5M	R-EU_R0603	R0603	rcl
3				
R10	1k	R-EU_R0402	R0402	rcl
3				
R11	39k	R-EU_R0402	R0402	rcl
3				
R12	1k	R-EU_R0402	R0402	rcl
3				
R13	100k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R14	100k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R15	100k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R16	100k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R17	300k	R-EU_R0201	R0201	rcl
3				
R20	604	R-EU_R0201	R0201	rcl
1				
R21	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R22	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R23	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R24	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R25	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R26	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R27	680	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R28	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R29	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R30	0	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				
R31	0	R-EU_R0402	R0402	rcl
4				

KOMPONENTTILUETTELO

LIITE 3/4

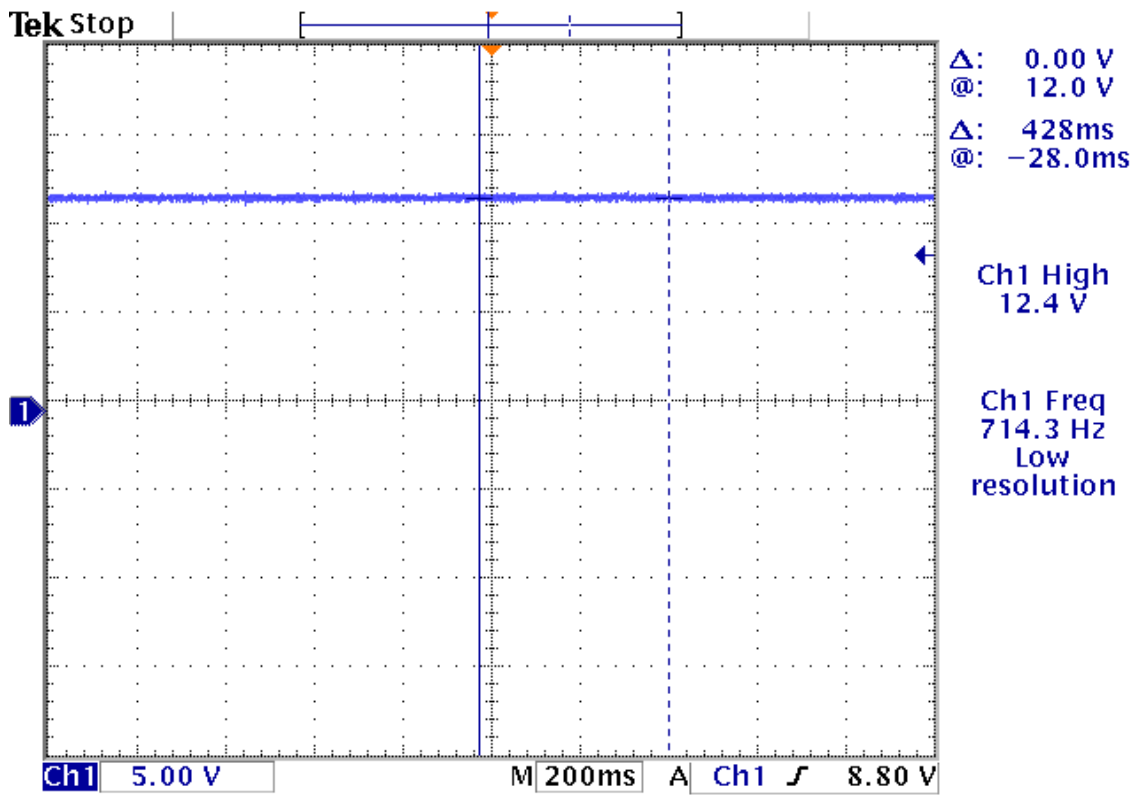
R32 4	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
R33 4	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
R34 4	680	R-EU_R0402	R0402	rcl
R35 4	0	R-EU_R0402	R0402	rcl
R36 4	0	R-EU_R0402	R0402	rcl
R47 4	1k	R-EU_R0402	R0402	rcl
R48 4	10k	R-EU_R0402	R0402	rcl
TLC2272 near	TLC2272 4	TLC272D	SO08	li-
U\$1 limittari	MAX1771MAX1771 1	MAX1771MAX1771	SO08	huo-
U\$2 limittari	MAX743 2	MAX743	SO16L	huo-
U\$3 3	TL052PS	TL052PS	DGK-R-PDSO-G8	TL052
U\$4 3	TL052PS	TL052PS	DGK-R-PDSO-G8	TL052
U\$5 3	TL052PS	TL052PS	DGK-R-PDSO-G8	TL052
U\$7 limittari	AD8220 3	AD8220	DGK-R-PDSO-G8	huo-
U\$8 limittari1	AD7904 4	AD7904	TSSOP16	huo-



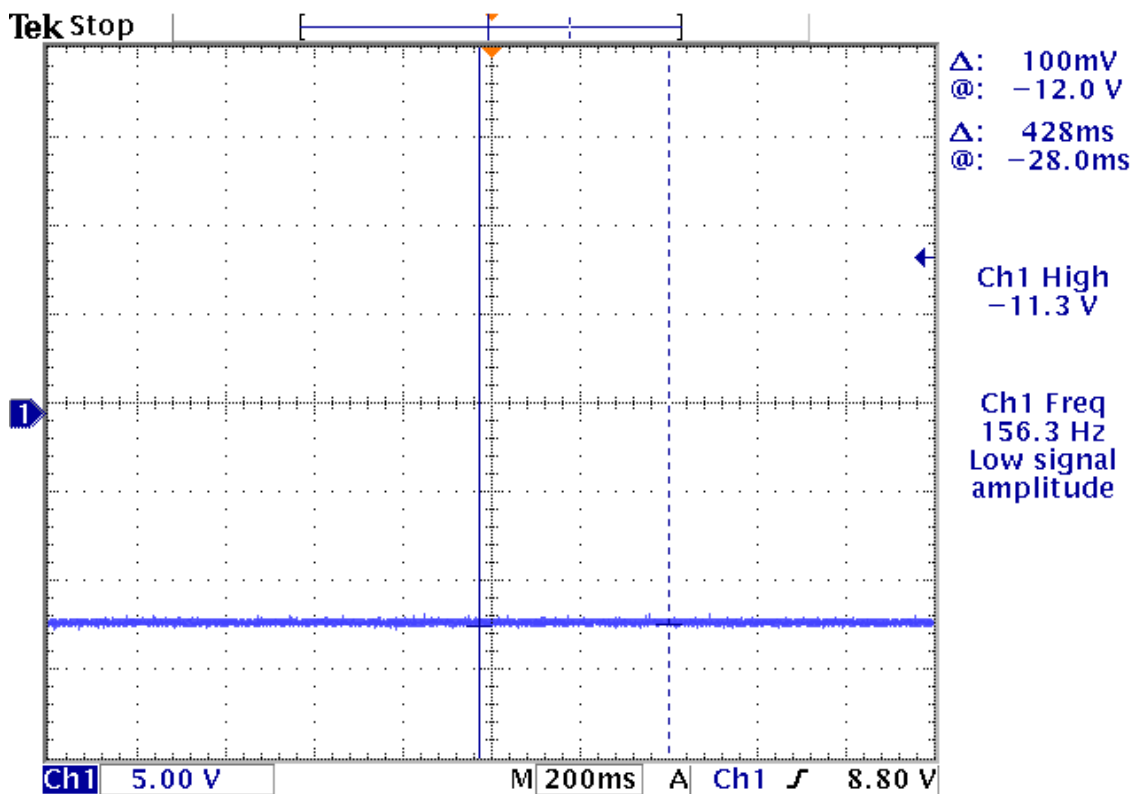
5 May 2011
03:11:38

+5 V MAX743:N TUOTTAMAT JÄNNITTEET

LIITE 5



5 May 2011
03:14:36



5 May 2011
03:15:07