

PELETTIPOLTTIMEN OHJAUS

Timo Parviainen

Opinnäytetyö

05/2011

Automaatio

Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) PARVIAINEN, Timo	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 30.04.2011
	Sivumäärä 70	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi PELLETTIPOLTTIMEN OHJAUS		
Koulutusohjelma Automaatio		
Työn ohjaaja(t) FONSELIUS, Jaakko, PIETIKÄINEN, Kalevi		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän Ammattikorkeakoulu (JAMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pellettipolttimen ohjaus, joka perustuu nykyaikaisen sulautetun mikroprosessorin käyttöön. Toteutus tapahtui tuotekehityksen hengessä ja ohjaukseen suunniteltiin valmiuksia tulevia tarpeita varten. Tietyt toiminnot ovat ohjauksessa kokeellista tekniikkaa, jonka testaus ja kalibrointi suoritetaan myöhemmin.</p> <p>Suunnittelun tuloksena saatiin aikaiseksi testialustatyypinen kortti, jonka toiminnalliset osat voidaan ohjelmoida poltintympäristöä vastaavaksi hetkessä muuttamatta suunnittelun kortin arkkitehtuuria.</p> <p>Piirilevykytkennät sekä layout toteutettiin Mentor Graphicsin PADS piirilevynsuunnitteluohjelmalla. Peruskytkennät saatiin komponenttivalmistajien dokumenteista.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Pelletti, pellettipoltin, sulautettu elektroniikka, ohjaus		
Muut tiedot		



Author(s) PARVIAINEN, Timo	Type of publication Bachelor's / Master's Thesis	Date 30.04.2011
	Pages 70	Language Finnish
	Confidential () until	Permission for web publication (X)
Title PELLET BURNER CONTROL		
Degree programme Automation		
Tutor(s) FONSELIUS, Jaakko, PIETIKÄINEN, Kalevi		
Assigned by Jyväskylä University of Applied Sciences (JAMK)		
Abstract <p>The main goal of bachelor thesis was design pellet burner control based modern embedded microprocessor. Implementation happened in the spirit of product development and the control was designed preparedness for future needs. Certain functions in control are empirical engineering, which will calibrated and tested on hereafter.</p> <p>Primary stress on design was testboard typical card, which functionality parts can be programmed in a minute corresponding burner environment without any needs to change card engineering architecture.</p> <p>Circuit board connections and card layout was implemented by Mentor Graphics PADS pcb designing tool. Basic connections was got from component supplier's datasheets.</p>		
Keywords Pellet, pellet burner, embedded electronics, control		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	LÄHTÖKOHDAT	6
1.1	Yleinen kiinnostus	6
1.2	Tehtävän kuvaus	6
2	LAITTEISTO.....	7
2.1	Kattila	7
2.2	Poltin	8
2.3	Alkuperäinen ohjauselektronikka.....	8
2.4	Uusi ohjauselektronikka	9
3	LOPULLINEN TOIMINTA	9
3.1	Itsesäätyvyys.....	9
3.2	Lämmitystehon seuranta	9
3.3	Tulevaisuuden laajennustarpeet	10
4	YLEISTIETOA PELLETTISTÄ.....	10
4.1	Pelletin hintakehitys	11
4.2	Pelletin vienti, tuonti ja kulutus	11
5	PELETTIPOLTTIMIEN RAKENNE	12
6	OHJAUKSEN SUUNNITTELU	15
6.1	Yleistä	15
6.2	Kortin valmistus	16
6.2.1	Piirilevyn valmistuksen kuvaus valotusmenetelmällä	16
6.2.2	Piirilevyn tekeminen.....	16
6.3	Jännitteen syöttö kortille	17
6.4	Muuntajan ja suotokondensattorin mitoitus	17
6.4.1	Yleistä	17
6.4.2	Hakkurit	19
6.4.3	Regulaattori.....	20
6.4.4	Verkkojänniteohjaukset	20
6.5	Spi väylät	20
6.6	USB väylä	23
6.7	Nollakohdan tunnistus.....	24
6.8	Proessori	26
6.8.1	Ohjelmointiliitäntä	26
6.8.2	Jännitteen syöttö.....	27
6.8.3	Reset.....	27
6.9	RGB - anturi.....	28
6.10	Infrapunalähetin ja vastaanotin	30
6.11	LDR - vastus.....	31
6.12	Päämoottorin ohjaus	32
6.12.1	Triacin rakenne ja toiminta.....	33

6.12.2	Triacin ohjaus päämoottorilla.....	35
6.12.3	Triacin suojaus	35
6.13	Pelletin syöttömoottorin ohjaus	36
6.14	Puhaltimen ohjaus	37
6.14.1	Tehonsäätö.....	38
6.14.2	Ensiö- ja toisioilma.....	38
6.15	1-Wire liitäntä	39
6.16	PDI - liitäntä	39
6.17	Oskillaattori	40
6.18	LCD näytön ohjaus	41
6.19	Tilaledit	43
6.20	Sytytysvastus	44
6.21	Painikkeet	46
6.22	Ylipainepuhallin	47
6.23	Triac ohjaukset.....	48
7	POHDINTAA	50
LÄHTEET	53
LIITEET	55
LIITE 1.	ALOITUS-TILAKONE	55
LIITE 2.	ALKUPOLTTO-TILAKONE.....	56
LIITE 3.	ELVYTYSPOLTTO-TILAKONE.....	57
LIITE 4.	HÄIRIÖ-TILAKONE	58
LIITE 5.	PERUSPOLTTO-TILAKONE.....	59
LIITE 6.	SYTYTYYS 1-TILAKONE	60
LIITE 7.	SYTYTYYS 2 - TILAKONE	61
LIITE 8.	SÄÄTÖPOLTTO - TILAKONE	62
LIITE 9.	VALMIUSTILA - TILAKONE	63
LIITE 10.	PÄÄKORTIN YLÄPUOLEN JOHDINKUVIO	64

LIITE 11. PÄÄKORTIN ALAPUOLEN JOHDINKUVIO.....	65
LIITE 12. KERÄILYKORTIN JOHDINKUVIO.....	66
LIITE 13. TERMOPARIKORTIN JOHDINKUVIO.....	67
LIITE 14. RGB-ANTURIKORTIN JOHDINKUVIO.....	68
LIITE 15. LCD-NÄYTTÖKORTIN YLÄPUOLEN JOHDINKUVIO.....	69
LIITE 16. LCD-NÄYTÖN ALAPUOLEN JOHDINKUVIO.....	70

KUVIOT

Kuvio 1 Biomatic 20 –pellettikattila (Ariterm 2011)	7
Kuvio 2. Bequem 20 –pellettipoltin (Ariterm 2011)	8
Kuvio 3 pelletin hintakehitys 15.1.2002-15.12.2009 (Pellettienergiayhdistys 6.8.2009)	11
Kuvio 4 Pelletin vienti, tuonti ja kulutus 2001-2009 (Pellettienergiayhdistys 6.8.2009)	12
Kuvio 5 Alasyöttöpolttimen periaate (Ecotec. n.d.)	13
Kuvio 6. Yläsyöttöpolttimen periaate (Multiheat n.d.)	14
Kuvio 7 Hakkurin kytkentäkaavio	20
Kuvio 8 SPI väylän siirtorekisterit (Port expansion using spi. 6.3.2010)	21
Kuvio 9 Termoparin piirilevy	22
Kuvio 10 Termopari asennettuna testiä varten	22
Kuvio 11 Termoparin lämpötila polton aikana	23
Kuvio 12 FTDI piiri ja kytkennät	24
Kuvio 13 Nollakohdan tunnistus	24
Kuvio 14 Estodiodien toiminta prosessorissa.	26
Kuvio 15 PDI ja ISP liitännät	26
Kuvio 16 Jännitteen kytkentä prosessorille	27
Kuvio 17 Prosessorin erilliset reset painikkeet	28
Kuvio 18 RGB anturin sovitinadapteri	28
Kuvio 19 RGB anturin kytkentä	29
Kuvio 20 RGB - anturin paikka	29
Kuvio 21 Fototransistori 850nm	30
Kuvio 22 Bequem polttimen halkileikkaus (Ariterm 2011)	31
Kuvio 23 LDR vastuksen kytkentä	32
Kuvio 24 Päämoottori ja akselit	33
Kuvio 25 Päämoottorin ohjaus	33
Kuvio 26 Tyristorin toiminta	34
Kuvio 27 Triac kuvattuna kahtena tyristorina sekä n-p alueet suhteessa jalkoihin	35
Kuvio 28 Syöttöruuvien rakenne (Pellettilämmitysjärjestelmät. n.d.)	36
Kuvio 29 Pelletin ruuvisyöttömoottorin ohjaus	37

Kuvio 30 1-Wire liitäntä	39
Kuvio 31 PDI-liitäntä	40
Kuvio 32 Ulkoinen 8 MHz kide	41
Kuvio 33 LCD näytön ohjaus	42
Kuvio 34 LCD näytön yksinkertainen ohjaus	42
Kuvio 35 tilaledien kytkentä	43
Kuvio 36 Led-valo ja suojakotelo	44
Kuvio 37 Sytytysvastyksen kytkentä	45
Kuvio 38 Painikkeiden kytkennät piirilevyillä	47
Kuvio 39 Ylipainepuhallin	48
Kuvio 40 Ylipainepuhaltimen kytkentä	48
Kuvio 41 Triac ohjauksen kytkentä	50

1 LÄHTÖKOHDAT

1.1 Yleinen kiinnostus

Pellettilämmityksen yleistyminen ja ekologisten arvojen pinnalle nousu olivat vaikuttajina opinnäytetyön tekemiseen. Markkinoilla on kymmeniä pellettipolttimia eri tavoilla toteutettuina.

Pellettipolttimen toiminnan kannalta ohjaus ja siihen liittyvä palamisen säätö ovat tärkeitä asioita luotettavan ja hyvän toiminnan takaamiseksi.

1.2 Tehtävän kuvaus

Opinnäytetyössä tavoitteena oli suunnitella pellettipolttimen ohjausjärjestelmä mikro-ohjaimella. Piirikortilla on valmius myöhemmin tapahtuvaan laajennukseen SPI-väylän kautta sekä valmiudet keskustella tavallisen tietokoneen kanssa USB-väylän kautta. Ideana oli helppo laajennettavuus ja hallittavuus. Helppoon hallittavuuteen voi kuulua tulevaisuudessa myös internetpohjainen minikokoinen palvelin, joka on yhteydessä pääprosessorin kanssa SPI-väylän kautta.

Polttoprosessin itsesäädön mahdollistava rakenne oli myös tavoitteena. Markkinoilla olevista polttimista suurin osa on laitteita, jotka eivät aktiivisesti ohjaa itse polttoa. Pelletin poltto on haasteellista verrattuna öljyyn, jonka ominaisuudet ovat pitkälle vakioituja johtuen tarkoista valmistusprosesseista. Pelletissä on raaka-aineen koostumuksessa ja kuutiopainossa eroja riippuen valmistuspaikasta. Kaikki erot tuotteessa saavat aikaan tarpeen palamisen säädölle parhaan lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Polttimessa käytettiin myös kokeellista tekniikkaa. Palopäähän sijoitettiin termoparianturi, joka kestää yli tuhannen asteen lämpötiloja. Kattilassa olevaan kurkistusauk-

koon sijoitettiin RGB värianturi, josta luettiin liekin väriä palamisen tilan tunnistamiseksi.

2 LAITTEISTO

Kattila poltinhdistelmä koostuu Thermian Biomatic+ laitteistosta. Yritys on sittemmin vaihtanut nimeä Aritermiksi. Jäljempänä käytetään nimeä Ariterm.

2.1 Kattila

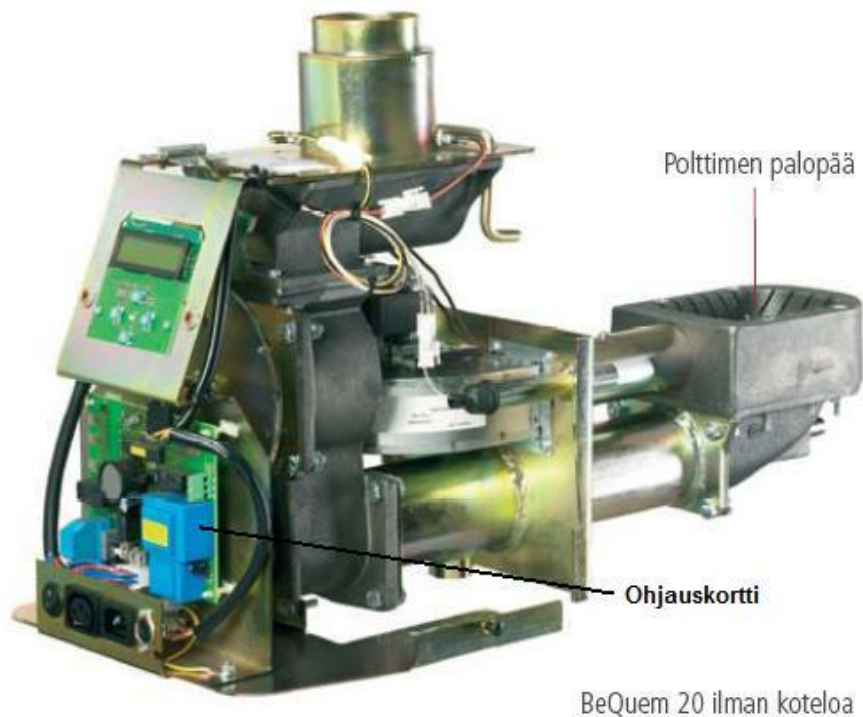
Kattila on yläpalokattila, josta suorakaiteen muotoinen savusola johtaa kuumat palamiskaasut neljään rinnakkain olevaan pyöreään konvektiokanavaan. Savukaasut käyvät kattilan pohjalla ja nousevat neljää rinnakkaista pyöreää konvektiokanavaa pitkin ylös, josta purkautuvat vaakatasossa olevasta savuyhteestä piippuun. Konvektiokanavat ovat pystyssä ja päällä olevan luukun kautta helppo nuohota. Kattila on suunniteltu erityisesti pelletin polttoon ja erittäin suuren tuhkatilan ansiosta (30 l) tuhkanpoistoväli on viikkoja (ks. kuvio 1).



Kuvio 1 Biomatic 20 –pellettikattila (Ariterm 2011)

2.2 Poltin

Pellettipoltin oli Aritermin malli Bequem 20. Polttimen nimellisteho on 20 kW. Laite toimii alasyöttöperiaatteella. Uusi pelletti syötetään palotapahtumaan ruuvikuljettimella alapuolelta. Polttimeen kuului pelletin siirtoputkisto (3 m) moottoreineen, jolla pelletin voi siirtää varastosta polttimelle. Poltin syttyy automaattisesti itse ja pitää ylläpitohiillon palopäässä (ks. kuvio 2).



Kuvio 2. Bequem 20 –pellettipoltin (Ariterm 2011)

2.3 Alkuperäinen ohjauselektronikka

Kattila/poltinyhdistelmää ohjaa piirikortti, jossa on pieni mikroprosessori. Piirikortti ohjaa polttoa ohjaamalla kolme moottoria, neljää vastusta sekä yhtä ir-lediä. Poltin myös lukee tietoja yhdeltä LDR –vastukselta ja yhdeltä fotodiodilta. Poltin sammuu saavuttaessaan vesitilan tavoitelämmön. Virhetilanteet tulostetaan neljän eri ledin yhdistelmänä ja pietsosummerilla. Kuviossa 2 näkyvä kortti on uudempaa tuotantoa.

2.4 Uusi ohjauselektronikka

Uudella kortilla ohjataan päämoottoria, palopuhallinta, pelletin siirtomoottoria, kolmea kattilan lämmitysvastusta, sytytysvastusta, savukaasupuhallinta sekä ir-lediä. Tietoja luetaan LDR-vastukselta, fotodiodilta, lämpöantureilta sekä liekin väristä. Lämpötilatietoja luetaan kattilan vesitilasta, savukaasuista, palopäästä, verkoston menovedestä sekä verkoston paluuedestä. Laitetta hallitaan neljällä painikkeella, ja tieto tulee lcd-näyttöön kustakin asetuksesta valikkorakenteen mukaisesti. Toimintoja voidaan muokata kuhunkin kohteeseen sopivien vaatimusten mukaisesti.

3 LOPULLINEN TOIMINTA

3.1 Itsesäätyvyys

Uuden ohjauksen tavoitteena oli mahdollistaa polttimeen itsesäätyvyys. Polttoaineen laadun vaihdellessa poltin reagoi välittömästi muutokseen ja pyrkii ohjaamaan palamisen parhaaseen mahdolliseen tilaan. Suuremman tietomäärän tuleminen eri antureilta antoi paremmat mahdollisuudet elvytyspolton tarkkailuun ja ohjaamiseen. Säättäminen tuo suuria haasteita polton tilan varmistamiseksi mm. turvallisen palamisen osalta. Poltin ei saa mennä missään vaiheessa tilaan, jossa kattilan täyttävät räjähdysherkät puun kaasuuntumisessa syntyneet kaasut.

3.2 Lämmitystehon seuranta

Lämmitystehon seuranta auttaa antamaan tietoa pelletin kulutuksesta ja hyötysuhteesta. Kun meno- ja paluueden lämpötilatieto yhdistetään pulssituloon, saadaan tärkeää energiatietoa, jota voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi polttimeen ihanteellisessa tehonsäädössä.

Polton ylösajo kestää noin 5-10 minuuttia normaalilla 15-20 kW:n polttimella.

Ylösajon aikana polton säätö on hankalaa jatkuvasti kasvavan polttoaineen syötön vuoksi. Näistä rajoituksista johtuen pidemmät poltot ovat järkevämpiä sekä säädön

että taloudellisuuden kannalta. Polttimen pitäisi osata säätää tehoaan kattilaveden lämmön nousunopeuden perusteella. Muutaman painikkeen ja ison näytön ansiosta laitetta on helppo käyttää ja sen tilasta saa tarkempaa tietoa.

3.3 Tulevaisuuden laajennustarpeet

Kortin suunnittelu mahdollistaa usean laajennuskortin liittämisen sekä SPI-väylän että 1-wire-väylän kautta jälkeensä. Tässä vaiheessa ei tarvitse tietää, mitä toimintoja korttiin halutaan. Korttia voi jälkeensä laajentaa päivittämällä prosessorin ohjelmistoa ja lisäämällä kortteja laajennuspaikkaan. Mahdollisia tekniikoita ovat 868 MHz:n alueella toimivat langattomat kotiautomaatiojärjestelmät, pieni internetpalvelin, wlan tai muutaman euron hintainen RFID helppoa päivittämistä varten.

4 YLEISTIETOA PELLETISTÄ

Puupelletti on pääasiassa sahajauhosta, hiontapölystä tai kutterin purusta puristettua puuta. Puupelletin halkaisija on yleensä 6-8 mm ja pituus 10-30 mm riippuen käyttökohteesta. Tehollinen lämpöarvo pelletillä on noin 4,8 kWh/kg, ja kilo pellettiä vastaa noin puolta litraa kevyttä polttoöljyä. Kosteus on alle 10 % ja tuhkapitoisuus alle 0,5 %. Pellettien irtotiheys on normaalisti 600-650 kg/i-m³. Suomen ensimmäinen pellettitehdas käynnistyi 1998. Pelletin tilantarve on noin kolminkertainen verrattuna öljyyn, kun taas hakevaraston on oltava tilavuudeltaan nelinkertainen pellettiin verrattuna. (Knuuttila, K. 2003., 84-85.)

Pelletin edut

- Pelletti on tasalaatuista ja kuivaa polttoainetta.
- Tiiviin rakenteensa ansiosta puupelletin energiatiheys on korkea.
- Vakiokokoisilla pelleteillä tuotteen automatisointi on helpompaa.
- Pelletin jakelu, varastointi ja käsittely on riskitöntä.

- Pelletti voidaan jakaa erikokoisissa säkeissä tai toimittaa suoraan säiliöön puhallettuna.
- Pelletit ovat uusiutuvaa, ympäristöystävällistä ja osin kotimaista ja polttoainetta. (Knuuttila, K. 2003)

4.1 Pelletin hintakehitys

Pelletin hinta on pysynyt edullisempana verrattuna öljyyn ja sähköön. Pellettilämmityksen etuihin kuuluu se, että pellettilämmittäjä voi valita vapaasti polttoaineen toimittajan. (ks. kuviot 3 ja 4)

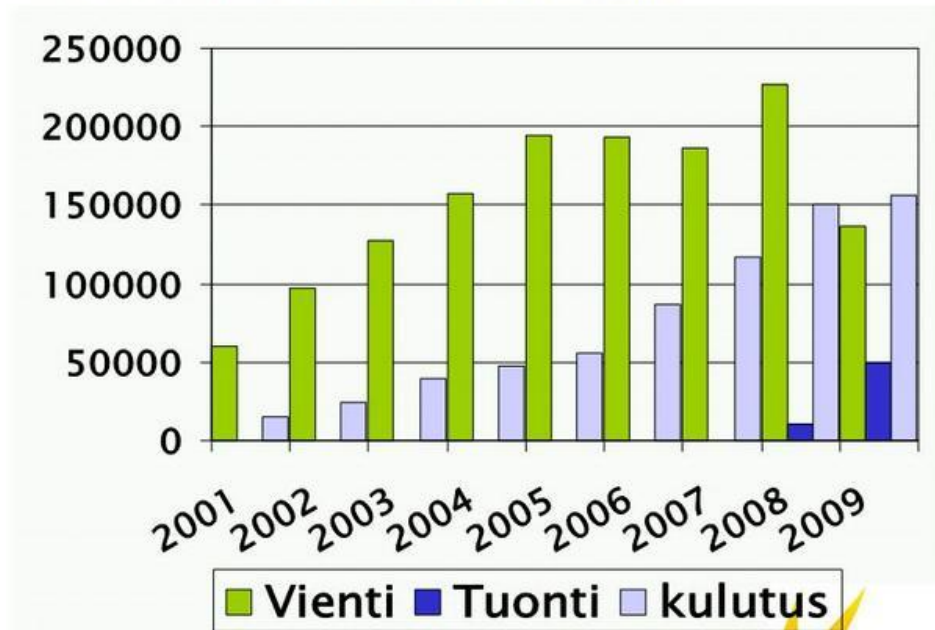


Kuvio 3 pelletin hintakehitys 15.1.2002-15.12.2009 (Pellettienergiayhdistys 6.8.2009)

4.2 Pelletin vienti, tuonti ja kulutus

Pelletin kulutus on ollut tasaisessa kasvussa koko 2000 - luvun ajan. Pelletin hintakehityksen ollessa nousujohteista on vuosikymmenen loppupuolella alettu tuomaan yhä enemmän edullisempaa pellettiä ulkomailta.

Pelletin vienti, tuonti ja kulutus Suomessa vuosina 2001-2009 (pellettitonnia)



Kuvio 4 Pelletin vienti, tuonti ja kulutus 2001-2009 (Pellettienergiayhdistys 6.8.2009)

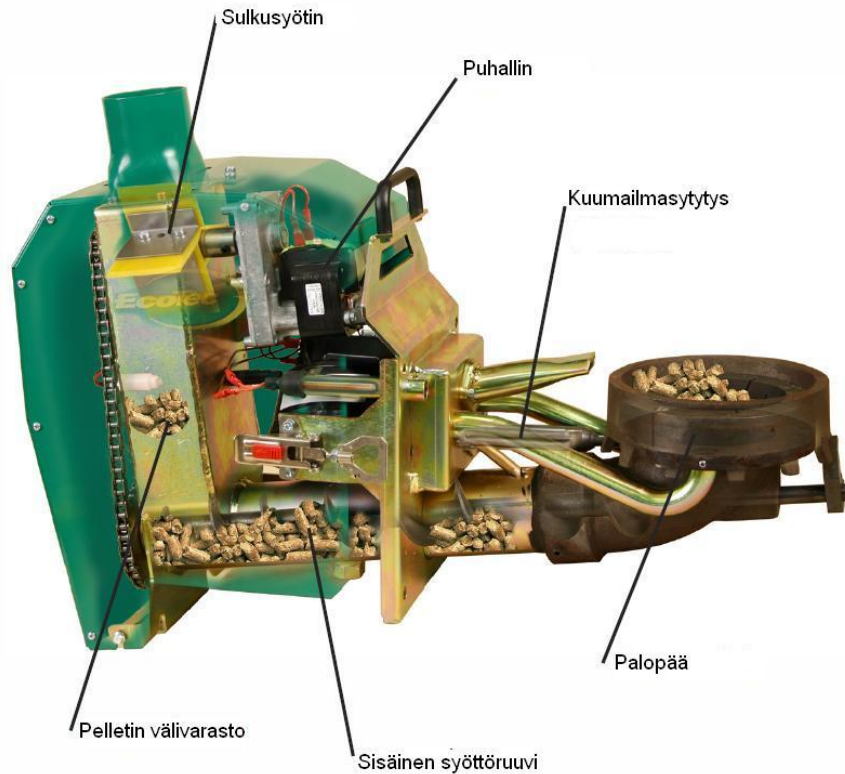
5 PELLETTIPOLTTIMIEN RAKENNE

Pellettipolttimien rakenne vaihtelee suuresti. Suomen markkinoilla on kymmeniä eri poltinmerkkejä. Karkeasti rakenteellisen jaon voi tehdä alta-, sivulta- ja päältäsyöttäviin malleihin. Periaatteiltaan samanlaisten mallien välillä on kuitenkin toiminnallisia eroja riippuen valmistajastan toteutuksesta.

Alapuolelta syöttävät polttimet

Altasyöttävissä malleissa polttoaine syötetään alakautta ruuvikuljettimella palopäähän ja liekki suuntautuu normaalisti ylöspäin (ks. kuvio 5). Altasyöttävän rakenteen ominaisuuksia ovat pelletin lämpiäminen ennen varsinaista palotapahtumaa, sekä ylläpitohiilloksen pitäminen polttojen välissä. Ruuvikuljettimen ansiosta myös polttoaineen annostelu palotapahtumaan on tarkka. Ylläpitohiilloksen pitäminen varsinaisten polttojen välissä nopeuttaa polttimen uudelleenkäynnistymistä, sekä lyhentää polttimen tehoalueelle nousuun vaadittavaa aikaa verrattuna polttimeen, jossa aloi-

tuspanos pitää sytyttää joka kerta polton alkaessa. Sähkön kulutus on myös pienempi ylläpitohiillos-toiminnolla verrattuna toimintoon, jossa ylläpitohiillosta ei ole. Tämä johtuu siitä, että uuden polttopanoksen syttyminen tapahtuu hiilloksen avulla.



Kuvio 5 Alasyöttöpolttimen periaate (Ecotec. n.d.)

Yläpuolelta syöttävät polttimet

Yläpuolelta syöttäviä polttimia on markkinoilla eniten. Tämän tyyppisten polttimoiden rakenne on yleensä yksinkertaisempi kuin alasyöttävien. Polttoaineen annostelu tapahtuu paloprosessiin aina ylhäältä päin. Yleisin toteutustapa on se, että pellettivarastosta tuleva ruvikuljetin toimii sekä pelletin siirtolaitteena että annostelulaitteena. Tällä ratkaisulla saavutetaan äärimmäisen yksinkertainen rakenne, koska sama kuljetin hoitaa kaksi asiaa. Ongelmina on usein hieman epätasainen polttoaineen syöttö paloprosessiin johtuen pitkän siirtoruuvien ominaisuuksista. Pelletin siirto on usein toteutettu ns. spiraaliruuvilla, jossa ei ole perinteistä ruuvien keskiakselia eli

siirtoputken sisällä on käytännössä pitkä jousi. Kun kuljetin pyörii pelletin vastus putkessa saa aikaan spiraalin kiertymisen pituusakselinsa ympäri ja sitä kautta jännitystilan spiraalissa. Moottorin pysähtyessä spiraalin jännitys purkautuu ja spiraali kääntyy vastakkaiseen suuntaan moottorin pyörimissuunnasta. Kun moottori seuraavan kerran käynnistyy spiraali kiertyy ensin pelletin aiheuttaman vastuksen verran ennenkuin putkesta alkaa tulla polttoainetta. Tämä aiheuttaa eroja polttoaineen syötössä.



Kuvio 6. Yläsyöttöpolttimen periaate (Multiheat n.d.)

Poltinmerkkejä

Seuraavana luettelossa esimerkkinä 20 eri poltinmerkkiä sekä internetsivusto, jotka kirjoitushetkellä 12.1.2011 olivat toimivia:

- Altbergs Plåt (www.altbergsplat.se)
- Ariterm Bequem (www.ariterm.fi)
- Axon (www.ariterm.fi)
- Bio Comfort (www.biocomfort.se)
- Biona (www.ktarke.net)
- Ecotec (www.ecotec.net)

- Eurofire (www.baxi.se)
- Iwabo (www.iwabo.se)
- Janfire (www.janfire.com)
- Jetflame (www.wv.fi)
- Laatuliekki (www.laatuliekki.fi)
- Nordmills (www.nordmills.fi)
- Nova (www.ekoteam.fi)
- Oilon (www.oilon.fi)
- Pellx (www.pellx.com)
- Pyroman (www.pyro-man.net)
- Thermia/Ariterm (www.ariterm.fi)
- Ulma (www.ulma.se)
- Vellmax (www.htenergo.fi)
- Viking (www.varmebaronen.se)

6 OHJAUKSEN SUUNNITTELU

6.1 Yleistä

Pääkortti suunniteltiin sopimaan 100x160 mm kokoiselle piirilevyille. Pääprosessorina käytettiin Atmel ATMEGA 256A3 prosessoria, joka on tqfp 64 kotelossa. Suunnittelussa otettiin huomioon eri sijoitusvaihtoehtoja. Pääkortti sijoitettiin erilliseen koteloon, josta tulevat ohjauskaapelit polttimelle. Tämä ratkaisu estää polttimessa muodostuvan lämmön rasittamasta kortin sähköisiä komponentteja ja vähentää mahdollisen takapalon aiheuttamaa vauriota ohjauselektronikalle. Pääohjauskotelossa on myös lcd-näyttö sekä ohjainpainikkeet omassa piirilevyssä. Ohjausyksikkö on mahdollista sijoittaa täysin erilleen pääkortista, ja rakenne sisältää mahdollisuuden liittää useita ohjausyksiköitä pääkorttiin. Tällainen tilanne voisi olla sellainen, jossa poltin sijaitsee erillisessä rakennuksessa ja lisänäyttö halutaan asuinrakennukseen. Poltti-

melle tulee kaksi kaapelia, joista toinen on dataliikennettä ja toinen moottoreiden ohjauksia varten. Kaapelin koon minimoimiseksi samassa potentiaalissa olevat antureiden jännitesyötöt sekä maapotentiaalit vietiin samoissa johdoissa ja eroteltiin kullekin laitteelle polttimella olevalla erillisellä piirilevyllä.

6.2 Kortin valmistus

Pääkortti mitat ovat 100x160x0,8 mm. Kortti oli päällystetty positiivilakalla. Positiivilakka on valoherkkä lakka, jonka pintaan valotetaan erityisellä piirilevynvalmistukseen käytetyllä ultraviolettivalotuslaitteella (jäljempänä UV) johdinkuvio. Ensimmäisen prototyypipiirilevyn valmistuksessa käytettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun elektroniikan työtilojen piirilevynvalmistuslaitteistoja. Myöhemmin tilattiin valmis piirilevy piirilevyn valmistajalta.

6.2.1 Piirilevyn valmistuksen kuvaus valotusmenetelmällä

Ensiksi tulostetaan johdinkuvio läpinäkyvälle kalvolle. Poistetaan piirilevyn pinnalla ollut suojakalvo. Tulostettu piirilevykuvio kiinnitetään piirilevyn pintaan huolellisesti esimerkiksi teippiä apuna käyttäen ja tämän jälkeen valotetaan levy UV-valotuslaitteella. Valotuksen valmistuttua poistetaan johdinkuviokalvo piirilevyn päältä ja laitetaan piirilevy kehitysnesteeseen, joka on yleensä natriumhydroksidi (NaOH) liuosta. Kehittymisen jälkeen piirilevy laitetaan syövytysaltaaseen, jossa piirilevykuvio muodostuu lopullisesti. Syövytysaine on yleensä ferrikloridia (FeCl_3) tai natriumpersulfaattia ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Lopuksi pestään lakka pois liuottimella ja leikataan levy lopulliseen kokoon. (Esala, M. Piirilevyn valmistus valotusmenetelmällä n.d.)

6.2.2 Piirilevyn tekeminen

Piirilevyllä tuli kaikkiaan 192 kpl porattavia padeja ja 143 kpl läpivientejä. Levyllä on kaikkiaan 147 komponenttia ja 284 reititettyä vetoa ja padeja on yhteensä 488 kpl. Jokainen reikä holkittiin käsin pinseteillä ja porattiin porakoneella. Juotokset ja oikosulut tutkittiin komponenttien kasausvaiheessa johto kerrallaan. Näin ison piiri-

levyn valmistus käsin alusta loppuun asti itse oli erittäin haastavaa. Loputon testaus ja juottaminen antavat rutiinia piirilevyn tarkistukseen ja ongelmien hakemiseen. Tällaisen levyn valmistus käsin ei ole järkevää muuten kuin oppimismielessä. Valmiita protolevyjä saa piirilevyvalmistajilta, ja hinta jää alle sadan euron kappaleelta. Esimerkiksi Prinel (www.prinel.fi) myy 100x160 mm protolevyä 3 kpl 139,22 euroa (19.1.2011). Yhden levyn hinnaksi jää 46,40 euroa (Tuotekehityspiirilevyn valmistaminen. n.d.).

6.3 Jännitteen syöttö kortille

Pääohjauskotelossa on IEC-kojeliitin virtakytkimellä ja sulakkeella varustettuna. Kojeliittimeltä verkkojännite ohjataan kortilla olevan riviliittimen kautta häiriönpoistosuotimelle, joka suodattaa verkosta tulevat korkeataajuiset häiriöt pois ohjausjärjestelmästä. Suodatettu jännite muunnetaan muuntajan avulla 15 voltin vaihtojännitteeksi. 15 voltin vaihtojännite tasasuunnataan ja mitoitetun suotokondensaattorin avulla syötetään hakkuriteholähteille. Kondensaattoreilla on myös purkausvastus, joka tekee kondensaattorit jännitteettömiksi noin 16 sekunnin kuluttua virran katkeamisesta.

6.4 Muuntajan ja suotokondensattorin mitoitus

6.4.1 Yleistä

Muuntajan virraksi riittää nimellisjännitteellä 15 V 0,5 A. Muuntajaksi valittiin Clairtronic farnell 10-5673, Pri 230V sec 2x15V 11VA R.

Maksimiantovirta on:

$$I_{out_{max}} = \frac{Teho\ VA}{annon\ nimellisjännite} = \frac{11\ VA}{15\ v} \approx 0,7\ A \quad (1)$$

Muuntaja kytketään sekundäärilähdöt erikseen. Kuormittamattoman muuntajan toisipuolen jännite on korkeampi kuin nimellisjännite. Tällä muuntajalla tyhjäkäyntijännite on 25% korkeampi kuin nimellisjännite. Toisiojännite:

$$V_{O_{DCmax}} = \sqrt{2} \times \text{nimellisjännite} \times (1 + U_o) \quad (2)$$

$$V_{O_{DCmax}} = \sqrt{2} \times 15V \times (1 + 0,25) = 26,51V$$

Kuorman resistanssi

Suotokondensaattorin kapasitanssin määräytymiseen on laskettava ensin kuorman resistanssi maksimivirralla. Maksimivirran arvo on noin 0,733A.

$$R_{out} = \frac{U_{out}}{I_{out,max}} = \frac{15V}{0,733A} \approx 20,5\Omega \quad (3)$$

Aikavakion kaava:

$$\tau = R \times C \equiv C = \frac{\tau}{R} \quad (4)$$

Koska aika on 10ms (50Hz ja kokoaaltotasasuuntaus):

$$C = \frac{10 \times 10^{-3}s}{20,4555\Omega} = 489\mu F$$

Kapasitanssin arvo on suuntaa antava ja laskun avulla saadaan aikavakio tau, τ . Aikavakio tarkoittaa sitä, että kondensaattori latautuu noin 63% maksimiarvosta. Valitaan vakioarvo 4700uF, jolla aikavakio RC on noin 96 mS. 10mS on noin 10% 96 ms:sta. Suotokondensaattori on purkautunut 10% varauksestaan 10 millisekunnissa maksimivirralla $\sim 0,73A$. 10% pudotus 15 voltista on 1,5 voltia.

Rippelijännite

$$\text{Nimellisjännite} - [(100 - 10\%) \times \text{nimellisjännite} - \text{kynnysjännite } 0,7V] \quad (5)$$

$$15V - [(0,90 \times 15V) - 0,7V] = 2,2V$$

Antojännite laskee alimmillaan 12,8 volttiin.

Purkausvastuksen mitoitus

Suuria kondensaattoreita käytettäessä kannattaa piirissä käyttää purkausvastusta kondensaattorin energian tyhjentämiseksi. Purkausvastuksen voi mitoittaa käyttämällä joko kondensaattorin purkausaikaa tai purkausvastuksen tehonkestoja perusteena laskulle. Käytännössä vastuksen tehonkeston perusteella laskettu purkausaika on käytännöllisin, koska voi päättää, minkä tehoista vastusta voi käyttää. Valitaan 0,25W vastus ja purkaustehoksi 0,2W:

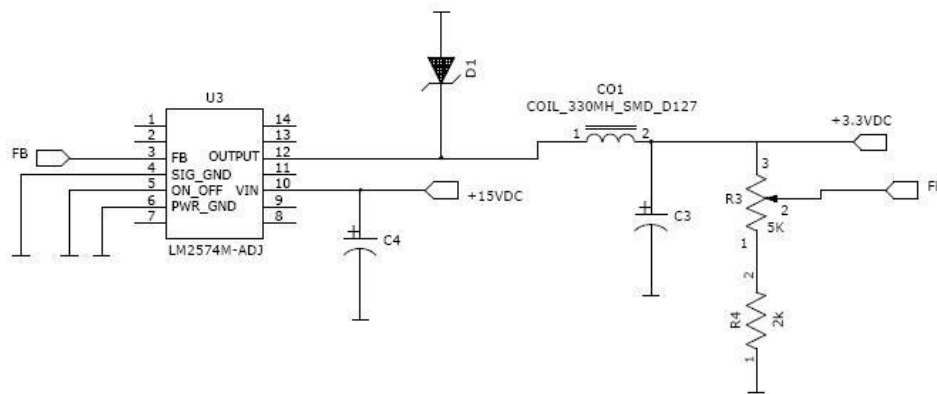
$$R = \frac{U^2}{P} \tag{6}$$

$$R = \frac{26,51V^2}{0,2W} = 3514\Omega$$

Luku pyöristetään lähimpään arvoon, valitaan 3300 ohmia. 3300 ohmin vastuksella aikavakioksi tulee 15,51 sekuntia ja todellinen tehonkulutus on 0,212W.

6.4.2 Hakkurit

Muuntajassa on kaksi ulostuloa ja molempiin on kytketty oma hakkuri. Toinen hakkuri syöttää 5 voltin tasavirtaa ja toinen hakkuri 3,3 voltin tasavirtaa. Teholähteissä on käytetty LM2574ADJ piirejä, jotka antavat maksimissaan 500 mA ulostulovirran. Hakkureiden kytkentä on otettu piirin datalehdeltä. Hakkureissa pystyy säätämään ulostulojännitettä ja ne toteutettiin mielenkiinnon vuoksi. Käytännön sovelluksessa riittäisi mainiosti normaali jänniteregulaattori. Regulaattorin etuna on halvempi hinta ja pienempi tilanvienti piirilevyllä.



Kuvio 7 Hakkurin kytkentäkaavio

6.4.3 Regulaattori

Piirilevyllä on 12 V regulaattori, jonka ulostulovirta on max 100 mA. Regulaattori syöttää ylipaine puhallinta, jonka tarkoituksena on ylipaineistaa RGB-anturin ja valovastuksen putket nokeentumisen estämiseksi. Teollisessa sovelluksessa kannattaa käyttää pääpuhaltimelta otettua ilmaletkua. Näin säästää yhden puhaltimen ja regulaattorin tilan johdotuksineen piirilevyllä.

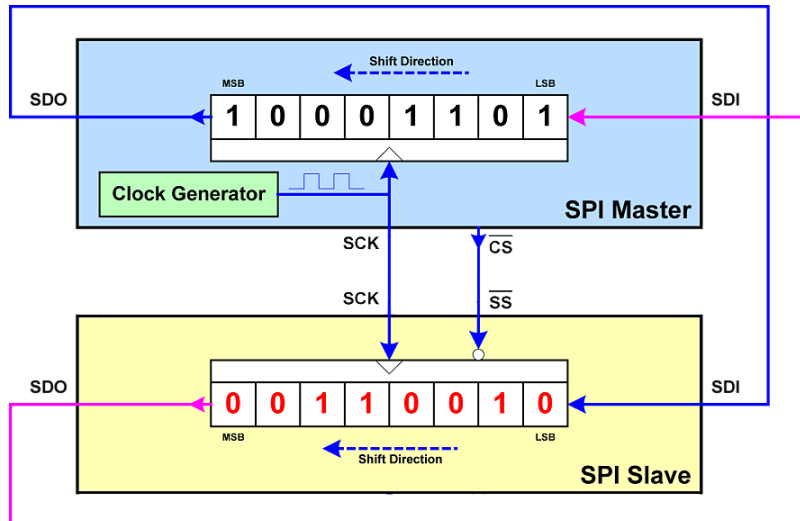
6.4.4 Verkkojänniteohjaukset

Triaceille tulevat verkkojännitteet kytkettiin riviliittimien kautta kortille. Jännitteiden vedossa on huomioitu mahdollisimman lyhyet johdintiet ja tarvittava eristysvälimatka pienjännitteillä toimiviin laitteisiin. Suurin tarkkuutta vaativa asia oli pienjännitteisten signaalijohtojen vieminen riittävän kaukaa verkkojännitteitä. PADS-ohjelmassa saa määriteltyä alueet, joita ei reititetä. Tätä toimintoa kannattaa käyttää hyväksi johdotussääntöjä määriteltäessä.

6.5 Spi väylät

Piirilevyllä suunniteltiin 6 kpl spi-väyliä, jotka toteutettiin 6p6c liittimillä ja johdoilla. Liitin on RJ-45 tyyppiä ja edullinen, sekä yksinkertainen käyttää. Myös väärinkytken mahdollisuus on poistettu liittimen epäsymmetrisellä rakenteella. Spi-väylä on Motorolan kehittämä synkroninen dataväylä, jossa on kolme tai neljä johtoa riippuen

laitteesta. Spi- väylä toimii master-slave periaatteella. Alla kuva spi-väylän siirtorekistereistä ja datansiirron periaatteesta.

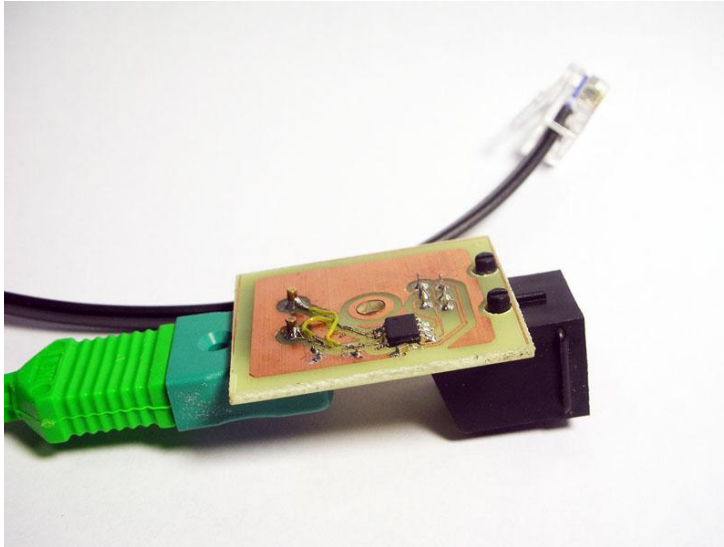


SPI Master to Slave interaction

Kuvio 8 SPI väylän siirtorekisterit (Port expansion using spi. 6.3.2010)

Lämmön mittaus SPI - väylältä MAX6675 - piirin avulla

Polttoprosessin eri lämpötiloja mitataan erilaisilla tekniikoilla. Palopään ja savukaasujen lämpötilaa mitataan Maxim Productsin MAX6675 piirin avulla. Piirissä on K-tyypin termoparin signaalivahvistin, AD - muunnin ja kylmän pään liitoksen kompensointi. Piiri toimii SPI väylän orjalaitteena ja antaa 12 bitin tarkkuudella 0-1024°C celsiusen lämpötilatiedon, resoluutio on 0,25°C. Piiriä varten tehtiin 2 kpl piirilevyjä, joissa on termoparin liitin, piiri sekä 6p6c – liitin piirin kytkemiseksi prosessorille (ks. kuvio 9). (MAX6675 datasheet. 2002.)

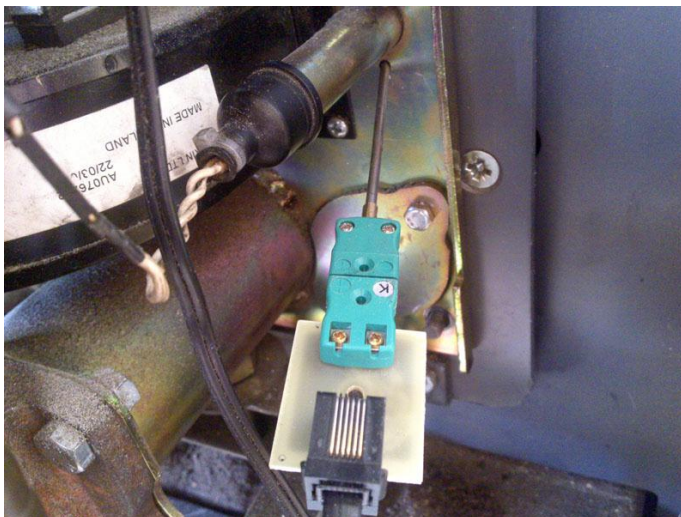


Kuvio 9 Termoparin piirilevy

Mittauspiirien kytkentä tehtiin piirin datalehdessä olevan kytkennän perusteella.

Termoparin testaus

Piiriin kytkettiin kaksi eri K-tyyppin termoparia. LABFACILITY - XF-344 termopari kykenee mittaamaan $-40 - +1100^{\circ}\text{C}$ lämpötila-alueita. Anturia testattiin suoraan polttimen palopäässä polton aikana (ks. kuvio 10).



Kuvio 10 Termopari asennettuna testiä varten

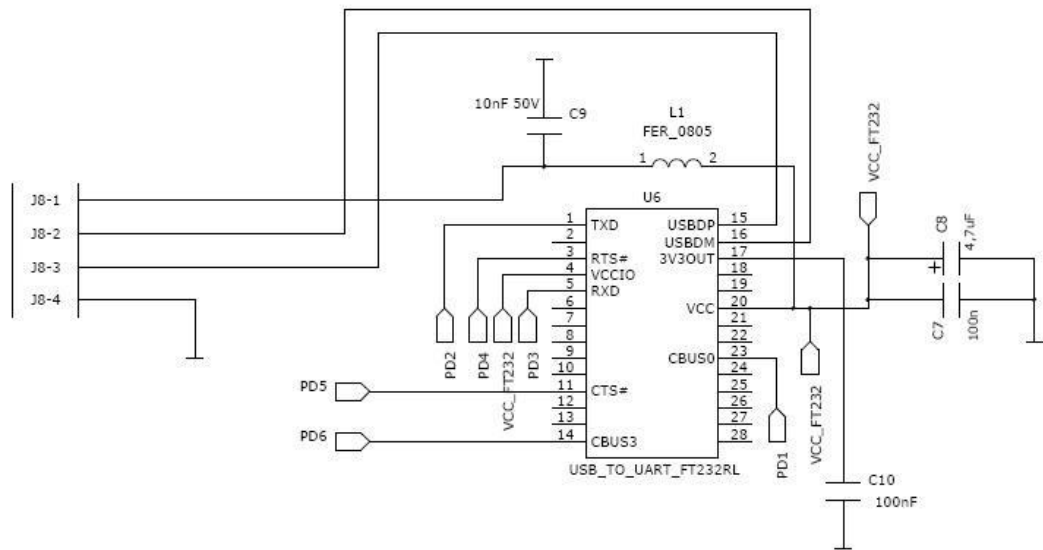
Polton aikana lämpötila nousi yli tuhanteen asteeseen (ks. kuvio 11). Anturia ei kannata pitää suoraan liekissä, koska puun palamiskaasut syövyttävät suojakuorta. Anturi asennetaan palopäähän sisälle ilmakanavaan erilliseen asennustaskuun, josta saadaan mitattua lämpötilojen suhteelliset muutokset, mutta anturi on suojassa suorilta palamiskaasuilta.



Kuvio 11 Termoparin lämpötila polton aikana

6.6 USB väylä

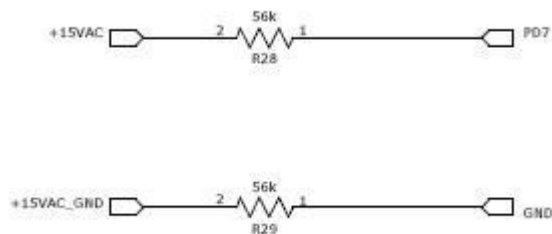
Helpon ja yleisen tietoliikenteen mahdollistamiseksi kortille suunniteltiin USB - väylä. Väylän etuna on liittimien yleisyys tietokoneissa ja tarvittavien kaapeleiden löytyminen lähes jokaisesta kaupasta. Polttimelle on mahdollista rakentaa myöhemmin PC:n kautta toimiva ylläpito-ohjelma, josta käsin voi muuttaa joitakin parametrejä tai siirtää tietoa polttimelta tietokoneen muistiin. USB - väylä toteutettiin FTDI-piirin avulla. FTDI-piiri muuntaa tietokoneen USB liikenteen prosessorille USART liikenteeksi ja prosessorilta voi lähettää USART liikenteenä dataa PC:n USB porttiin. FTDI-piirin parametrejä on mahdollista ohjelmoida USB liittimen kautta erillisellä ohjelmalla. (FT232R datalehti. 2011.)



Kuvio 12 FTDI piiri ja kytkennät

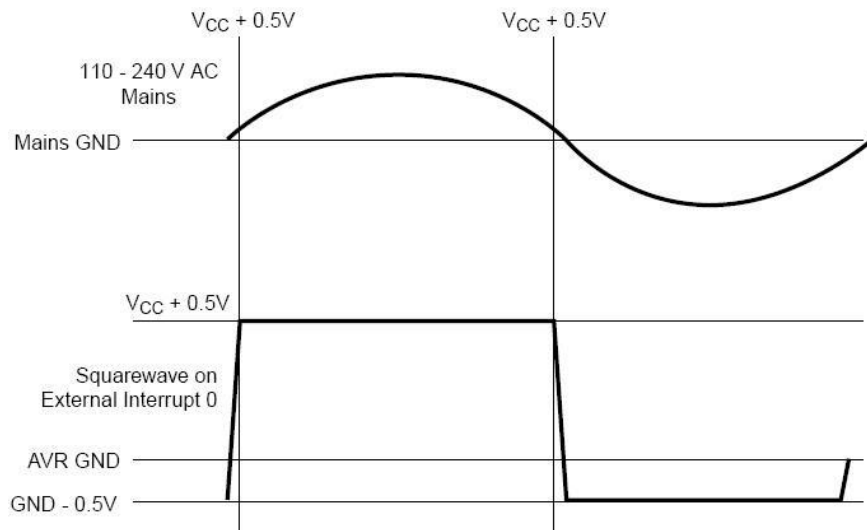
6.7 Nollakohdan tunnistus

Triac ohjataan päälle muutamien kymmenien milliampeereiden virralla ja muutamalla voltilla. Palotapahtuman lisäilmapuhaltimen ohjauksessa on tärkeää hallita puhaltimen pyörimisnopeutta oikean polttoaineen ja ilman suhteen aikaansaamiseksi. Puhallin toimii 235 voltin verkkojännitteellä, joka on vaihtojännitettä. 50 herzin taajuudella jännitteen napaisuus vaihtuu 100 kertaa sekunnin aikana. Puhallinta ohjataan liipaisemalla puhaltimen ohjauksesta vastaava triac johtavaksi tietyllä ajanhetkellä jännitteen nollakohdasta. Nollakohdan tunnistus toteutettiin 15 voltin vaihtojännitteestä otetulla näytteellä.



Kuvio 13 Nollakohdan tunnistus

Jännite johdetaan etuvastuksen kautta prosessorin jalkaan ja prosessori ohjelmoidaan suorittamaan keskeytys laskevalla reunalla. Laskeva reunan tunnistus antaa hieman enemmän aikaa prosessorille suorittaa keskeytykset ennen pääjännitteen saapumista nolatasoon. Mikäli jännite otettaisiin nousevasta reunasta tunnistaisi prosessori nousevan reunan vasta -0.7 voltin jälkeen. Laskevan reunan ollessa kyseessä alkaa nollakohdan tunnistus jo noin +4 voltin kohdalla (3.3v+0.7v). Nousevalla reunalla jännitteen nousu -0.7 voltista noltaan vie aikaa noin 6,5 mikrosekuntia, kun taas +4 voltista lasku noltaan vie noin 37 mikrosekuntia. Prosessorin toimintojen viessä useita kellojaksoja voi nousevan reunan tunnistuksessa tulla liikaa viivettä, jotta triac liipaistuisi käytännössä nollakohdassa. Mikäli prosessorin kellotaajuus on 8 megahertsiä on kellojakson aika 125 nanosekuntia. Näin laskettuna prosessori voisi käyttää 6,5 mikrosekuntiin 52 kellojaksoa, mutta on huomioitava että muut ulkoiset komponentit vievät omilla viiveillään aikaa vielä kellojaksojen lisäksi. Esimerkkinä mainittakoon Fairchild Semiconductorin MOC3052 Optotriac, jonka viive on 10mA led-virralla 12 mikrosekuntia. Prosessoriin on rakennettu sisäiset estodiodit suojaamaan prosessoria vääriltä jännitteiltä. Prosessorin jalkaan tuleva virta ei saa ylittää 1 mA. Tunnistus toteutettiin Atmelin AVR182 dokumentin pohjalta (Zero cross detector AVR 182. 2002).



Kuvio 14 Estodioidien toiminta prosessorissa.

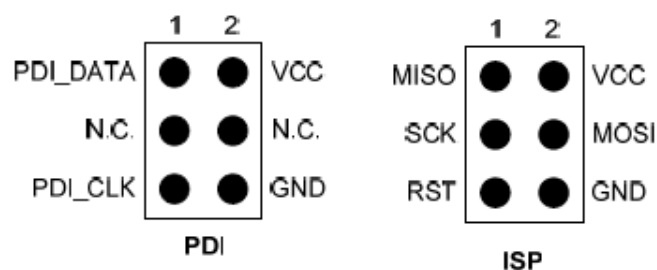
6.8 Prosessori

Prosessori valittiin Atmel XMEGA 256A3 tyyppi. Prosessori on tqfp 64 – kotelossa ja edustaa Atmelin uusinta tekniikkaa 8-bittisten suorittimien sarjassa. Prosessorin tarkemmat ominaisuudet löytyvät Atmelin sivuilta (Atmel Xmega 256A3 datalehti, 2011).

6.8.1 Ohjelmointiliitäntä

Atmel on käyttänyt tässä prosessorisarjassa uudempaa PDI-liitäntää perinteisen ISP-ohjelmointiliitännän sijasta (ks. kuvio 15). Vanhassa ISP liitännässä on neljä kontaktaa ja uudemmassa PDI-liitännässä ainoastaan kaksi käyttöjännitteen ja maan lisäksi.

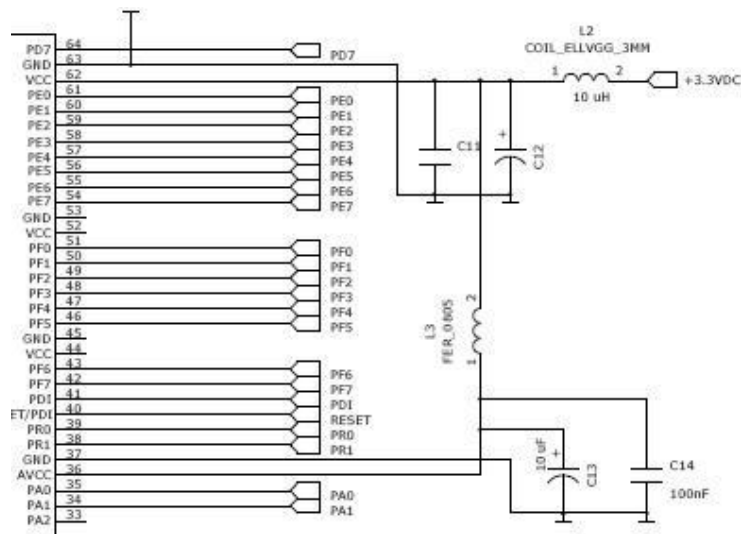
Uusi PDI liitäntä tukee JTAGICE mkII sekä AVRISP mkII ohjelmointilaitetta.



Kuvio 15 PDI ja ISP liitännät

6.8.2 Jännitteen syöttö

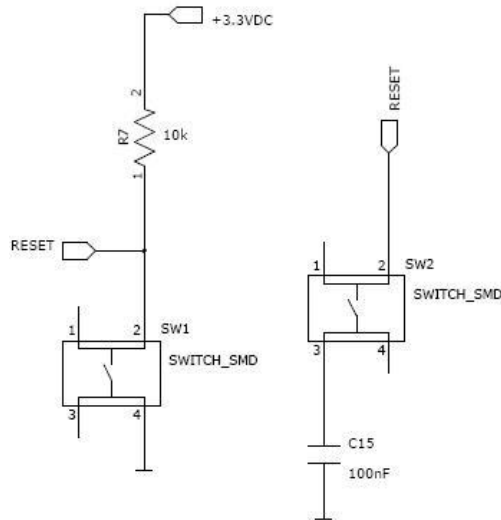
Jännitteen syöttö toteutettiin Atmelin dokumentin AVR1012 mukaisesti. Sekä VCC että AVCC suojattiin 10 μF sekä 100 nF kondenssaattoreilla. VCC:n ja jännitteen väliin laitettiin 10 μH kela suodattamaan johdinhäiriöitä. AVCC:n ja VCC:n välinen ferriitti suodattaa VCC:n kautta tulevaa kohinaa ja parantaa analogisen piirin tarkkuutta (XMEGA A Schematic Checklist. 2011).



Kuvio 16 Jännitteen kytkentä prosessorille

6.8.3 Reset

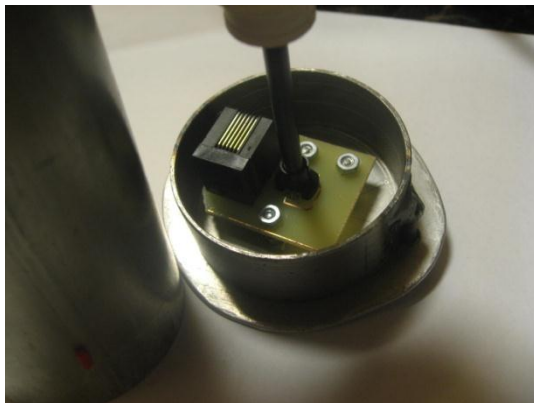
Piirilevyllä suunniteltiin manuaaliset reset painikkeet prosessorin resetoimista varten. Mikäli prosessori jää jostain syystä häiriötilaan voi prosessoria yrittää käynnistää uudelleen painamalla reset-painikkeet pohjaan yhtäaikaan. PDI -ohjelmointiliitäntä käyttää samaa reset jalkaa ja kondenssaattori on eristettävä linjasta PDI-väylän käytön ajaksi (ks. kuvio 17). Kytkenä toteutettiin Atmelin AVR1012 dokumentin suositusten mukaisesti.



Kuvio 17 Prossessorin erilliset reset painikkeet

6.9 RGB - anturi

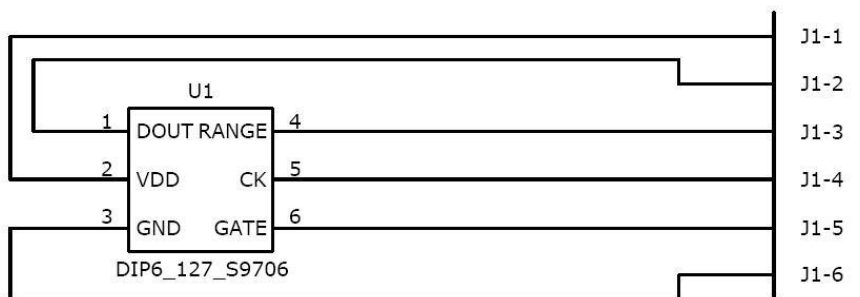
Piirilevylle toteutettiin RGB - anturi, jonka tyyppi on Hamamatsu S9706. Pääkortilla on rj-45 6p6c liitântä ja polttimella sijaitsee piirilevy, jossa on varsinainen anturi. Anturin sovitin valmistettiin ruostumattomasta teräsputkesta ja pellistä hitsaamalla sekä sorvaamalla. Linssi kokoa liekin valon anturille ja linssin valinnassa on tärkeää oikea polttoväli.



Kuvio 18 RGB anturin sovitinadapteri

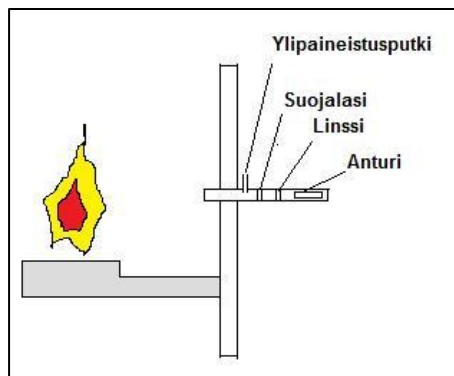
Anturi toimii SPI-väylän tyyppisesti ja antaa pyynnöstä tuloksena punaisen, vihreän ja sinisen värin arvoissa 1-4096 (3 x 12 bittiä). Ohjauksen periaate on se, että ohjau-

pinnin ohjausajan pituudella ja herkkyysvalinnalla säädellään anturin saamaa valon määrää. Kun ohjauspinni ohjataan ylätilaan ja kellopulssi ohjataan piirille, voi piirin lähdöstä lukea 3 x 12 bitin jaksoissa punaisen, vihreä ja sinisen arvot (Hamamatsu S9706 datalehti. 2011). Liekin väri on keltainen ja suurin muutos tapahtuu ilmeisesti sinisessä värissä. Oikean valotusajan määrittämiseksi voi käyttää lisäksi LDR – vastuksen arvoa, koska se on kytketty AD muuntimeen. Anturilla pyritään jatkossa säätämään kokeellisena projektina polttimen palamista liekin värin perusteella. Laitteen asentamiseksi kattilaan anturille oli tehtävä sovitinputki, josta linssin kautta valokuitu välittää valon suoraan anturille. Lukulaite on ulkopuolella palamisprosessia ja lukee liekin väriä kattilan valvontaputken kautta. Puun palamisessa tulee aina jonkin verran nokea ja tuhkaa. Mittausanturin lukemat vääristyvät mikäli suojalasi nokeentuu. Nokeentumisen estämiseksi piirikortilla on ohjaus erilliselle ylipainepuhaltimelle, joka ylipaineistaa muun muassa RGB - anturin mittausputken nokeentumisen estämiseksi. Anturin kehittämisessä on omat haasteensa esimerkiksi kalibroinnissa sekä polttoaineen vaihteluista aiheutuvassa mittaustulosten muutoksessa.



Kuvio 19 RGB anturin kytkentä

Paremmen asennuksen anturille saa, kun huomioi jo polttimen suunnitteluvaiheessa



Kuvio 20 RGB - anturin paikka

anturin paikan. Polttimissa, joissa on kunnollinen kiinnityslaippa, on yleensä tilaa pienelle putkelle, josta linssin näköyhteys polttimeen on esteetön. Rakenteen tulee olla siinäkin tapauk-

nessa samantyyppinen, eli suojaava lasi syvällä putkessa ja lasiputken etupuolelle järjestetään ylipaineistus nokeentumisen estämiseksi (ks. kuvio 20). Putkimallisissa polttimissa, joissa liekki suuntautuu eteenpäin ja on samalla putken sisällä, anturin luonnollisin sijoituspaikka on polttoputki. Palamistapahtuma syntyy polttoputkessa. Jokaisessa poltinmallissa on harkittava tapauskohtaisesti anturiputken oikea paikka, koska samantyyppisessä rakenteessakin voi olla suuria eroja toteutuksessa.

6.10 Infrapunalähetin ja vastaanotin

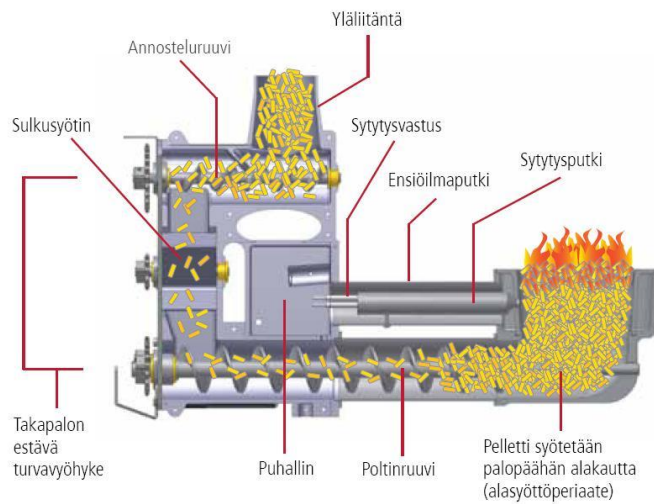
Pääkortille rakennettiin infrapunalähetin ja fototransistori valvomaan pellettipolttimessa olevan etusäiliön pintaa. Fototransistorin kanta toimii tietyn aallonpituuden omaavalla valolla. Valon tullessa riittävän voimakkaana transistorille alkaa kollektori-emitteri rajapinta johtamaan elektroneja. Fotodiodi lähettää samanpituudella olevaa valoa fototransistorille.



Kuvio 21 Fototransistori 850nm

Fototransistorit ovat yleensä npn-tyyppin rajapinnalla olevia ja aallonpituus on infrapuna-alueella. Prosessorin jalka on normaalisti alatilassa ja transistorin alkaessa johtaa, tulee jalkaan ylätila, joka aiheuttaa täyttöruuvien ohjauksen käynnistymisen.

Fotodiodilla ja transistorilla pystytään toteuttamaan erittäin edullinen pintarajavahti. Huonoina puolina on staattisen sähkön aiheuttaman pölyn kerääntyminen lähettimen ja vastaanottimen pinnoille sekä rajattu käyttömatka, joka riippuu myös valon saapumiskulmasta sekä fotodiodin lähetystehosta. Poltin on rakenteeltaan sellainen, että siinä on etusäiliö, johon mahtuu muutama sata grammaa pellettiä (ks. kuvio 22). Etusäiliöstä pelletti anostellaan pienen ruuvien avulla sulkusyöttimeen, joka koostuu neljästä läpystä, joiden tarkoitus on sulkea ilmatila polttimen ja ulkomaailman välillä. Sulkusyöttimeltä pelletti annostellaan polttimen pääruuville, joka syöttää pelletin alapäin palopäähän.

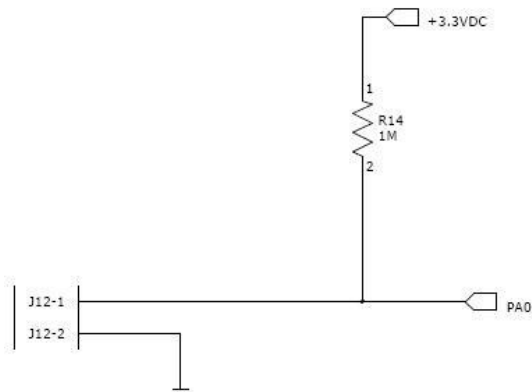


Kuvio 22 Bequem polttimen halkileikkaus (Ariterm 2011)

Etusäiliössä on aina pellettiä pintarajavahdin tasolle. Pelletin pinnan alittaessa pintarajavahdin prosessori ohjaa täyttömoottorin päälle ja täyttää etusäiliön pelletillä ohjauksen mukaisesti.

6.11 LDR - vastus

LDR - vastukseen perustuva valoisuuden tarkkailu tehtiin palotapahtuman päälläolon valvontaan (ks. kuvio 20). LDR - vastus, eli valovastus toimii siten, että vastuksen resistanssi muuttuu valoisuuden mukaan. Valovastus on kiinni kattilassa olevassa erillisessä putkessa. Vastus on rakennettu umpinaisen lasiputken sisään. Lasiputki suojaa vastusta noelta, tuhkalta ja lämmön vaikutuksilta. Lasiputki on likaantuessaan myös helppo puhdistaa.

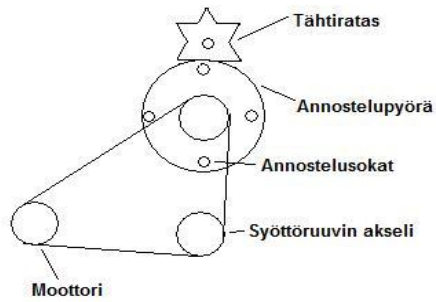


Kuvio 23 LDR vastuksen kytkentä

Valovastus mitattiin ja sille säädettiin oikean kokoinen etuvastus. Jännitteen muutos toteutettiin jännitteen jaolla, josta tuleva jännite ohjattiin prosessorin AD - muuntimelle. Vastuksen arvo vaihteli noin 3000 ohmista (palotapahtuma käynnissä) yli 10 Megaohmiin (liekki sammunut).

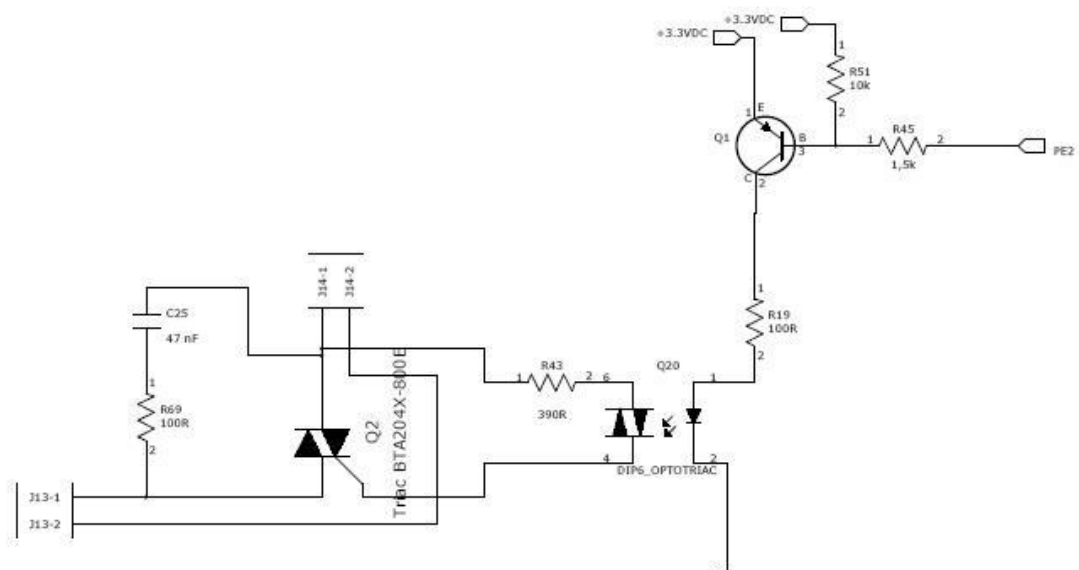
6.12 Päämoottorin ohjaus

Polttimessa on vaihteistolla varustettu 235 voltin vaihtovirralla toimiva moottori, jonka tehtävänä on kolmen akselin pyörittäminen. Vaihteistolla on sovitettu moottorin pyörimisnopeus vastaamaan pelletin syötölle oikeaa pyörimisnopeutta. Alimmalla akselilla oleva spiraali syöttää pelletin polttotapahtumaan alakautta. Moottorin voima välittyy rattaiden ja ketjun välityksellä eri akseleille. Ylin etuannostelija toimii keskimmaisessä akselissa olevan annostelupyörän ja rataan sekä ylimmässä akselissa olevan tähtipyörän avulla.



Kuvio 24 Päämoottori ja akselit

Päämoottorin ohjaus toteutettiin triac komponentilla. Triac-kytkintä ohjataan optotriacilla, jossa on 5kV eristyskyky. Optotriac ohjataan päälle pnp transistorilla maadoittamalla prosessorin nasta.



Kuvio 25 Päämoottorin ohjaus

6.12.1 Triacin rakenne ja toiminta

Triac on rakenteeltaan kaksisuuntainen tyristori. Tyristoria kutsutaan kaksisuuntaiseksi diodiksi, koska se muodostuu estosuuntaisesta diodista joka pystytään liipaisemaan hilalta johtavaksi eli myötäsuuntaiseksi. Hilapulsiksi riittää lyhytaikainen pulssi,

riittää kunhan hilan kynnyksjännite ylittyy. Tyristorilla on niinsanottu pitovirta, jonka ylittyessä tyristori pysyy johtavassa tilassa kunnes pitovirran arvo alittuu. Tämän raja-arvon alittuessa ollaan jälleen alkutilanteessa ja tyristori lakkaa johtamasta. Tyristori koostuu anodista, katodista ja hilasta sekä liipaistuu johtavaksi muutaman ehdon täytyessä. Hilan jännitteen pitää olla hilan kynnyksjännitteen verran korkeampi kuin katodin jännite ja samaan aikaan anodin jännitteen pitää olla katodin jännitettä korkeampi. (Koskinen, M. 2002. Analogiasuunnittelu. s.67-70).

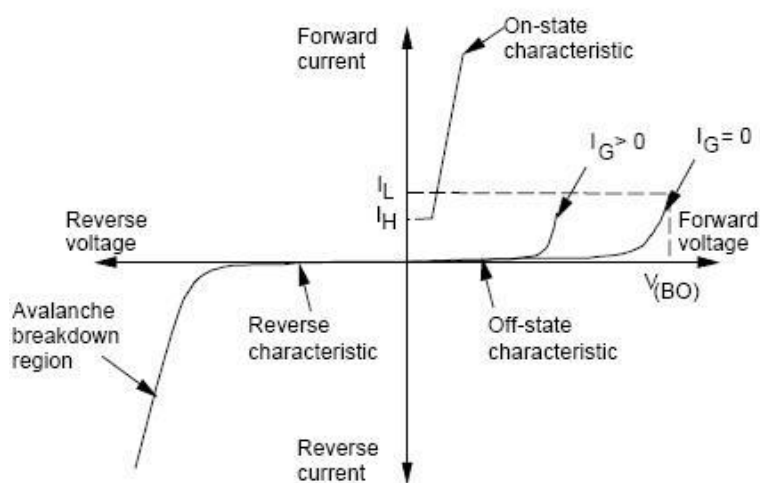
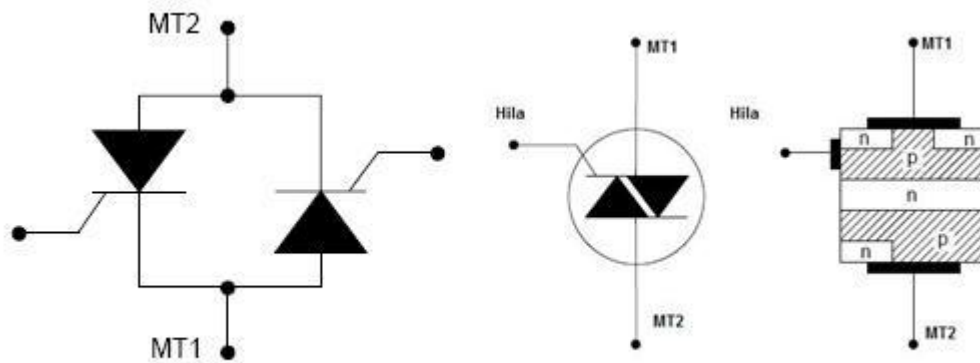


Fig. 1 Thyristor static characteristic

Kuvio 26 Tyristorin toiminta

Tyristorin puute on siinä, että sillä voidaan ohjata ainoastaan toista puolijaksoa vaihtojännitteestä, mutta yhdistämällä kaksi tyristoria vastakkain saadaan komponentti, jolla voidaan ohjata molempia puolijaksoja. Tämän komponentin nimi on triac.



Kuvio 27 Triac kuvattuna kahtena tyristorina sekä n-p alueet suhteessa jalkoihin

6.12.2 Triacin ohjaus päämoottorilla

Päämoottorin ohjausta tulee pystyä säätämään tietyissä rajoissa. Riippuen pelletin kovuudesta alasyöttöruuvien pyörintävastus saattaa olla huomattavan suuri ja tästä syystä jännitteen puolijaksojen katkominen ei ole paras ratkaisu. Jännitteen puolijaksojen katkaisu saa aikaan tehollisen jännitteen laskemisen moottorin käämeissä ja sitä kautta moottorin väntömomentin laskun. Moottorin väntömomentin säilyttäminen on tärkeää, jotta moottori jaksaa pyörittää myös kovempaa pellettiä. Tästä syystä ohjauksessa on parempi käyttää kokonaisia jaksoja. Ohjauksen jakson pituudeksi valittiin 2s ja moottoria ohjataan päälle ainoastaan jännitteen nollakohdassa. Moottorin tehoa voidaan säätää 2 sekunnin jakson sisällä käynnin ja lepoajan välillä suhteella.

6.12.3 Triacin suojaus

Induktiivisilla kuormilla on varmistuttava, että triac ei liipaistu päälle tahattomasti. Aina kun sähkölankaa pyöritetään rullalle ja sen läpi johdetaan sähkövirta, syntyy pyöritetyn sähkölangan ympärille energiakenttä, niin myös moottorin tapauksessa. Mitä nopeammin sähkökentän katkaisee, sitä suuremman jännitepiikin pyöritetty johtorulla eli kela muodostaa jännitteen vastakkaiselle puolelle. Purkautuvat energiat lisäävät jännitteen nousunopeutta suhteessa aikayksikköön. Triacin ominaisuuksiin kuuluu, että se voidaan liipaista johtavaksi sekä hilalle tuotavalla pulssilla että riittä-

vän nopealla jännitteen nousulla MT1 ja MT2 jalkojen välillä. Jännitteen nousulla tapahtuva liipaisu on tässä tapauksessa epätoivottu ominaisuus. Toisaalta triaccia on pystyttävä kontrolloimaan kaikilla neljällä neljänneksellä. Komponentit, jotka toimivat luotettavasti kaikilla alueilla omaavat melko alhaisen dV/dS – arvon. Arvo kuvaa jännitteen muutosta ajan muutoksen suhteen. Päämoottorilla käytetty triac kestää minimissään $30 \text{ V}/\mu\text{S}$ jännitteen nousun. Normaalilla 235 voltin vaihtojännitteellä jännite nousee alle $100 \text{ mV}/\mu\text{S}$. Triacin tarkoituksenmukaisen toiminnan ja kommutoinnin vuoksi käytettiin triacin rinnalla lisäksi RC suodinta, jonka arvot saatiin Fairchild Semiconductor MOC3052 datalehdeltä. MOC3052 komponentti on optotriac, joka liipaistaa johtavaksi komponentin matalajännitepuolella olevalla led valolla. Mikäli ohjausta käytettäisiin erittäin häiriöisessä ympäristössä, esimerkiksi teollisuudessa, kytkentään voisi lisätä vielä piikkienergiaita vähentävän varistorin triacin ja RC suotimen rinnalle (MOC3052 datalehti. 2011).

6.13 Pelletin syöttömoottorin ohjaus

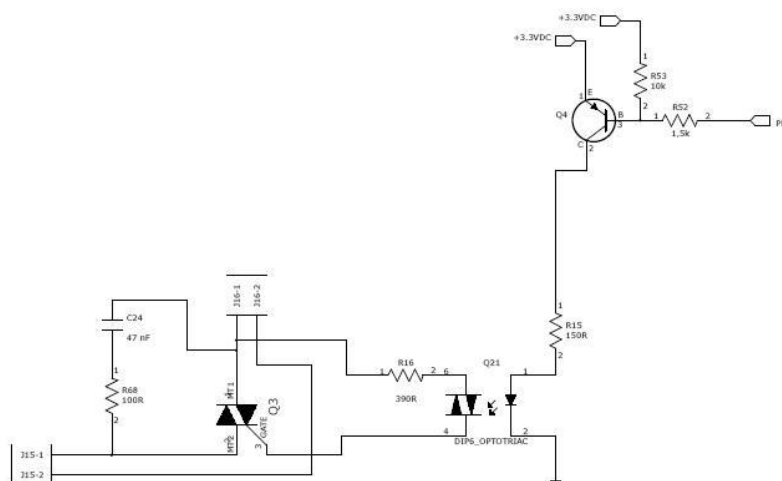
Polttoaineen syöttö on hoidettu spiraaliruuvilla, joka on jousiteräksestä valmistettu pitkä jousi. Ruuvin toinen pää on pellettivarastossa ja toiseen päähän kiinnittyy syöttömoottori alennusvaihteistoinen. Syöttöruuvin yläpäässä olevasta aukosta pelletti tippuu polttimen etusäiliöön. Pelletin annostelua ohjaa pintarajavahti (ks. IR lähetin ja vastaanotin 6.9).



Kuvio 28 Syöttöruuvin rakenne (Pellettilämmitysjärjestelmät. n.d.)

Moottoria ohjataan päälle tai pois fototansistorilta tulevan tiedon perusteella. Kun pelletin pinta saavuttaa IR-pintarajavahdin toimintarajan moottori kytketään pois päältä. Syötössä on otettava huomioon myös tilanne, jossa pudotusputki ei ole asennettuna ja pelletti ei putoa polttimen etusäiliöön, vaan polttimen ohi. Tällaisia tilanteita varten moottorin ohjaukselle määriteltiin ohjelmalliset aikarajat, joiden sisällä pelletin on saavutettava IR antureiden toimintaraja. Moottorin suojauksen kannalta myös pyörintätiedon, sekä virtatiedon saaminen prosessorille parantaisi toimintaa virhetilanteissa ehkäisemällä tarpeettoman moottorin ohjauksen.

Ohjaus kytketään päälle jännitteen nollakohdassa ja triacilla on RC-piiri suojaamassa tahattomilta liipasuilta.



Kuvio 29 Pelletin ruuvisyöttömoottorin ohjaus

6.14 Puhaltimen ohjaus

Polttimen toiminnan kannalta puhallin on erittäin merkittävässä asemassa. Pelletti on polttoaineena niin tiivistä, ettei sitä saa palamaan kunnolla polttimessa ilman lisäilmaa. Puhaltimen tarkoituksena on puhaltaa lisäilmaa palotapahtumaan. Puhaltimelle tehtiin kortille samanlainen triacsäätö kuin syöttömoottorille. Puhaltimen jännite on 235 voltin vaihtojännitettä ja polttoaineen puhtaan palamistapahtuman saa-

vuttamiseksi puhaltimelle suunniteltiin jännitteen nollakohdan tunnistuksella toimiva liipaisuhetken määrittäminen. Puhaltimen pyörintänopeutta ohjataan katkomalla triacin avulla vaihtojännitteen jaksoja, jolloin jännite muuttuu moottorin käänteillä ja siitä seuraa puhallinnopeuden muutos.

6.14.1 Tehonsäätö

Polttimen tehonsäätö tapahtuu puhaltimen ja päämoottorin ohjauksella. Ohjausprosessiin kuuluu myös RGB-anturi ja palopäässä sijaitseva termopari, joilta prosessori saa tietoa polttoprosessin tilasta. Värianturin tieto käsitellään prosessorissa ja ohjelmallisen algoritmin perusteella prosessori ohjaa puhallinta pyrkien säätämään palamisen parhaaseen tilaan. Mikäli palotapahtumaa ei pystytä ohjaamaan riittävän lähelle haluttua arvoa, prosessori valitsee esiasetetut arvot ja toimii niiden mukaan. Tehonsäätö tapahtuu päämoottorin käynnin säädöllä ja puhallin pyrkii säätämään valitulle pellettimäärälle sopivan puhalluksen. Toteutusratkaisut mahdollistavat myös säätämisen toisinpäin. Puhallus voidaan pitää vakiona ja säätää pelletin syöttöä ihanteellisen palamisen aikaansaamiseksi. Tällaista tekniikkaa käytetään esimerkiksi ruotsalaisessa Biona Active -polttimessa. Säädön aikavakio on sen verran hidaskäyttöinen, että muutokset näkyvät kymmenien sekuntien kuluttua ja esimerkiksi sytyttämisestä päästä täydelle teholla vasta useiden minuuttien kuluttua. Reagointiaikaa voisi nopeuttaa sillä, että pelletti murskattaisiin pienemmiksi hiutaleiksi ennen polttoa, jolloin reaktiopintaa samaan massaan olisi enemmän.

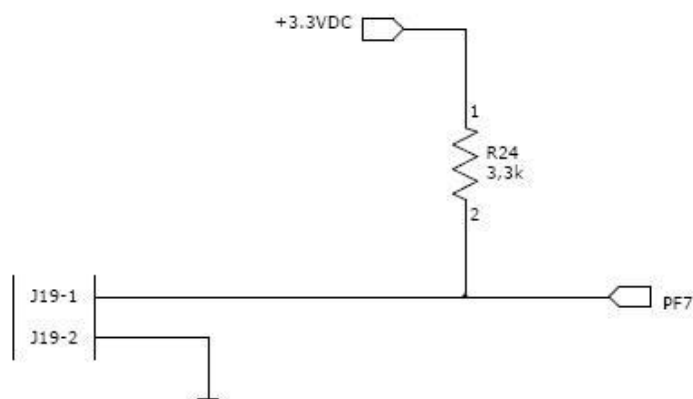
6.14.2 Ensiö- ja toisioilma

Pelletin poltto perinteisessä maljapolttimessa tapahtuu siten, että kaasutetaan polttoaine ensioilmalla ja palokaasujen irrotessa puhalletaan toisioilmaa palamiskaasuihin, jolloin ne palavat kokonaan. Kaikissa pellettipolttimissa on esisäädetty ensiö- ja toisioilman suhde palopäässä tai maljassa olevien ilmareikien pinta-alojen suhteilla. Käytännössä pelletin tiheys vaihtelee jopa 150 kg/m^3 ja tämä vaihtelu aiheuttaa muutoksia kaasuuntumisessa muodostuvien kaasujen määrissä ja kaasuuntumisno-

peudessa. Itsesäätyvä poltin reagoi näihinkin muutoksiin ja pyrkii säätämään palamista tavoitealueelle.

6.15 1-Wire liitäntä

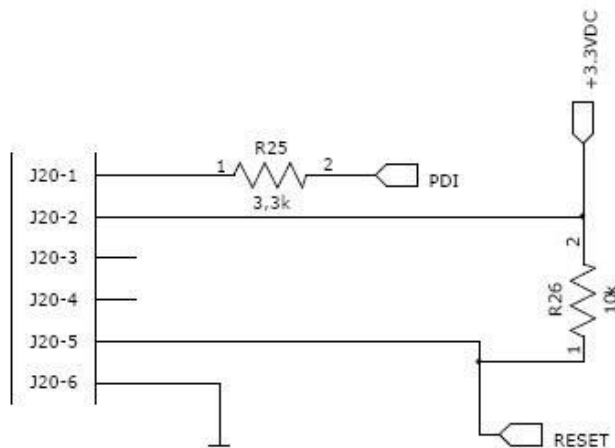
Prossessorille haluttiin tieto kattilan lämpötilasta sekä lähtevän ja tulevan lämmitysveden lämpötiloista. Mittauksien lukeminen toteutettiin 1-wire tekniikalla ja siinä käytettiin Maxim DS1820 lämpöantureita. Kattilan lämpötila on erittäin kriittinen mittausta ja tämän vuoksi mittauksen varmuutta lisättiin laittamalla vesisäiliöön 2 kpl antureita. 1-wire tekniikka toteutettiin parasiittina, jossa anturien tarvitsema jännite syötetään datakaapelia pitkin laitteille (DS1820 datalehti. 2011).



Kuvio 30 1-Wire liitäntä

6.16 PDI - liitäntä

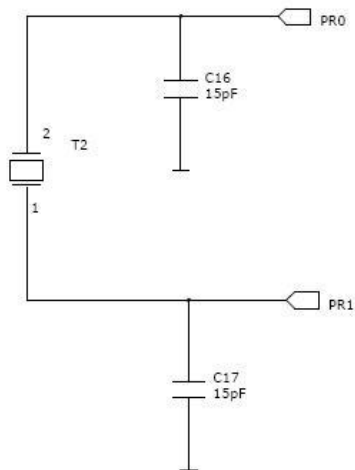
Piirilevylle suunniteltiin Atmelin uusi PDI-liitäntä. Atmel Xmega prosessorit käyttävät uutta PDI (Program and Debug Interface) ohjelmointiliitäntää. PDI - liitäntä toimii esimerkiksi JTAG ICE mkII ja ISP mkII ohjelmointi- ja debug-laitteiden kanssa. Liitäntä tarvitsee ainoastaan data ja clk pinnit normaalien jännitteen ja maan lisäksi. Liitäntän on kuitenkin sovittava edellisten ohjelmointilaitteiden kanssa ja kortille tehtiin ISP mkII liittimeen yhteensopiva PDI-liitäntä.



Kuvio 31 PDI-liitäntä

6.17 Oskillaattori

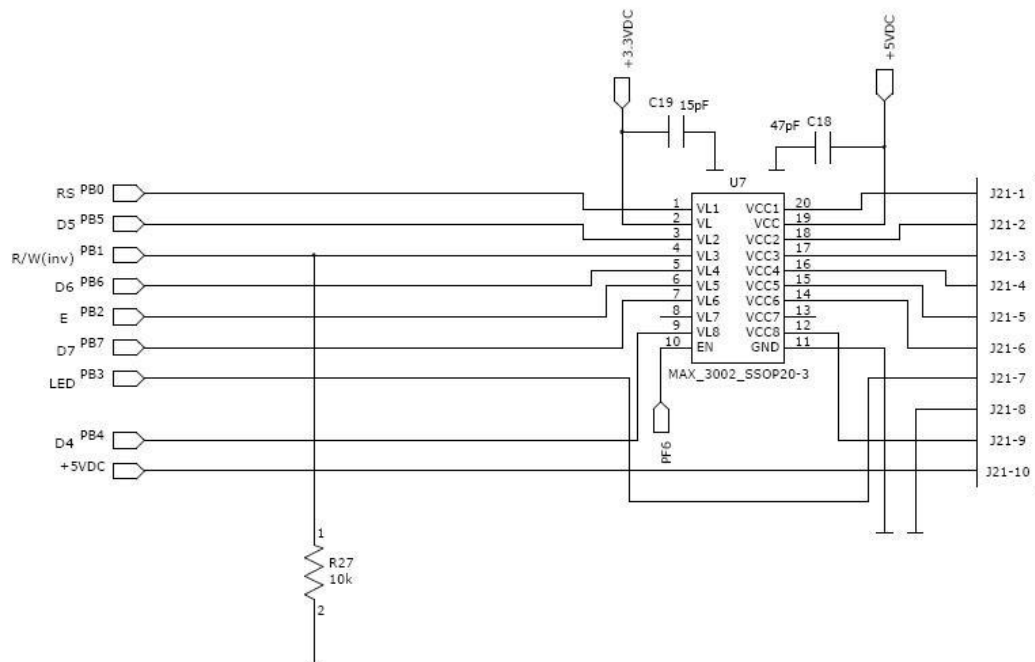
Piirilevylle lisättiin 8 Mhz ulkoinen oskillaattori. Oskillaattorin tarkkuus on ± 30 ppm. Atmel Xmega 256 A3 sisältää erittäin monipuoliset sisäänrakennetut oskillaattorit. Ulkoinen värähtelypiiri lisättiin mielenkiinnon vuoksi. Polttimen toiminnot onnistuivat ilman ulkoista kidettä neljällä sisäisellä oskillaattorilla. Tarkkuus on esimerkiksi 32 MHz kiteellä $\pm 1,5\%$. 8 MHz taajuudella käytettynä heitto olisi ± 120000 ppm. Xmega sisältää erilliset oskillaattoreiden kalibroitirekisterit, joilla sisäiset kiteet voidaan kalibroida hyvinkin tarkasti. Ulkoisella kiteellä pääsee tarkempaan lopputulokseen ilman ylimääräisiä kalibrointeja, mutta toisaalta ylimääräiset osat maksavat ja vievät tilaa piirilevyltä. Kaupallisessa versiossa kannattaisi käyttää sisäistä oskillaattoria ja kalibroitintia.



Kuvio 32 Ulkoinen 8 MHz kite

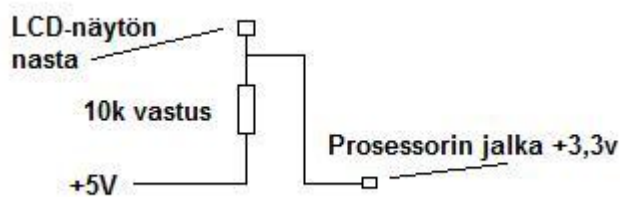
6.18 LCD näytön ohjaus

Prossessorin käyttöjännite on +3,3 voltia DC ja LCD näytön vaatima jännite on +5 voltia DC. Näyttö toimii valmistajan ilmoituksen perusteella +4,25 voltin DC jännitteellä. Piirilevyllä suunniteltiin tasonmuunnin sovittamaan prosessorin ja näytön jännite-eroja (MAX3002 datalehti. 2011). Tasomuuntimeksi valittiin Maxim Integrated Productsin MAX3002 piiri, joka on 8-kanavainen muunninpiiri. Piirin kytkentä saatiin valmistajan datalehdeltä.



Kuvio 33 LCD näytön ohjaus

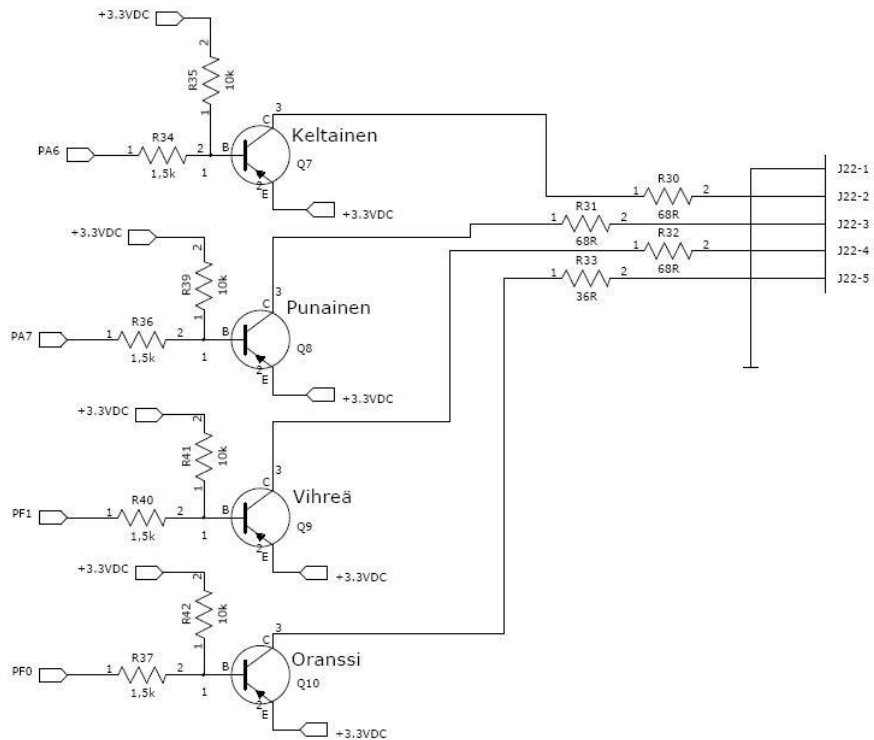
LCD- näytön ohjauksen olisi pystynyt suunnittelemaan yksinkertaisemminkin. Lisäämällä 5 voltin syöttölinjaan 10 kilo-ohmin ylösvetovastukset voidaan ohjata lcd näytön datapinnejä maadoittamalla prosessorin jalka (ks. kuvio 34). Prosessorin sisäiset suojausdiodit estävät ylijännitteistä tulevia vaurioita, kun virta on pienempi kuin 1 milliampeeria.



Kuvio 34 LCD näytön yksinkertainen ohjaus

6.19 Tilaledit

Ohjausyksikön kanteen sijoitettiin 4 kpl erivärisiä ledejä kertomaan polttimen tilaa ja toimintoja. Ledien ohjaukset saadaan päälle ohjelmallisesti ja niitä ohjataan transistoreilla.



Kuvio 35 tilaledien kytkentä

Asennusympäristö huomioiden ledeillä on kunnollinen suojalasi ja kumitiivisteet. Ledit toimivat yksinkertaisena informaationa. Kirkkaasta ledistä on helpompi lukea polttimen tila, kuin LCD-näytöstä. Neljällä ledillä on mahdollista ilmoittaa eri yhdistelminä 16 eri tilaa. Jos yhdistetään esimerkiksi hidas ja nopea vilkkuminen, voi sama ledi saada neljä tilaa ja neljä lediä yhteensä 256 eri yhdistelmää. Tarkoituksena ei ole tehdä ledin lukemisesta hankalaa, vaan helpottaa polttimen tilan seuraamista.

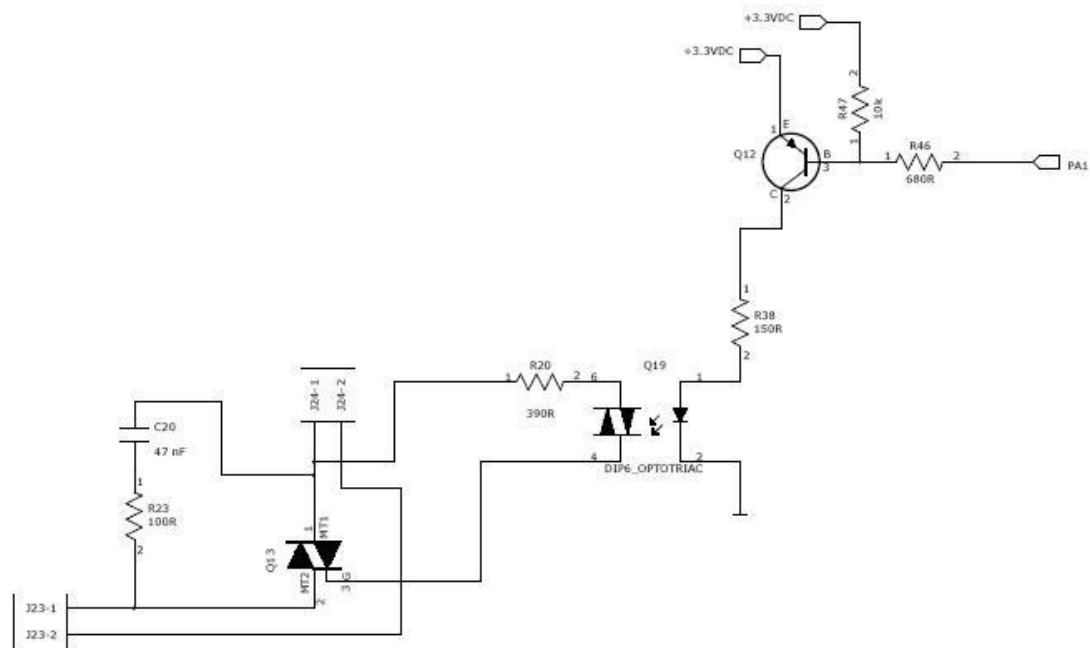


Kuvio 36 Led-valo ja suojakotelo

6.20 Sytytysvastus

Sytytysvastuksen tehtävänä on sytyttää pelletin alkupanos automaattisesti ja kytkeytyä tämän jälkeen pois päältä. Vastuksen teho on 400 W ja sitä ohjataan verkkojännitteellä. Sytytysvastus on pellettipolttimen ohjauksista suuritehoisin. Vastuksen kytkentä tehtiin samaan tyyliin kuin moottorien kytkentä. Vastukselle olisi riittänyt normaali triac-piiri ilman RC-suodinta, koska vastus on puhtaasti resistiivinen kuorma eikä muodosta siksi sulkeutumishetkellä ylimääräisiä jännitepiikkejä. Sytytys toimii siten, että alkupanoksen syötön jälkeen kytkeytyy puhallus sekä vastus päälle. Ilma kuumenee satoihin asteisiin kulkiessaan kapeassa putkessa kuumen lämpövastuksen ohi. Kuuma ilma purkautuu pienestä reiästä palopäässä olevaan alkupanokseen, joka syttyy tuleen muutaman minuutin kuluttua.

Sytytysvastuksen ohjauksessa käytettiin NXP:n BT139-600 triaccia, jossa on 16A jatkuva virrankesto (BT-139 datalehti. 2011). Lämpövastus ottaa noin 1,7 ampeeria jatkuvaa virtaa päällä ollessaan, joten triacin kuumeneminen on huomioitava jäähdytys- ja mitoituksessa.



Kuvio 37 Sytytysvastuksen kytkentä

Sytytysvastuksen jäähdytyksen mitoitus

Laskukaavat saatiin NXP:n julkaisemasta dokumentista, joka käsittelee triacin ja tyristorin jäähdytyksen mitoitusta (How to calculate power and predict Tjmax. n.d.).

Jäähdytysiili mitoitettiin siten, että huomioitiin kotelon lämpötilan nousevan 70°C:een, joka on käytännössä hyvin epätodennäköistä normaaliolosuhteissa.

Triacin tehohäviö:

$$P = V_o \times I_{T(AVE)} + R_S * I_{T(RMS)}^2 \quad (7)$$

$$P = 1,06V \times 1,54A + 0,0304\Omega * 1,71A^2 \approx 1,73W$$

Keskimääräisen tehon laskeminen:

$$I_{T(AVE)} = \frac{2 \times \sqrt{2} \times I_{T(RMS)}}{\pi} \quad (8)$$

$$I_{T(AVE)} = \frac{2 \times \sqrt{2} \times 1,71A}{\pi} \approx 1,54A$$

Seuraavaksi lasketaan Maksimi-arvo komponentin lämpötilalle ilman lisjäähdytystä:

$$T_J = T_a + P \times R_{thj-a} \quad (9)$$

$$T_J = 70^\circ\text{C} + 1,71\text{W} \times 60^\circ\text{C}/\text{W} \approx 172,6^\circ\text{C}$$

Lopputuloksesta nähdään, että komponentti käy liian kuumana. Halutun maksimilämpötilan saamiseksi valitaan T_J -arvoksi 125°C , joka on komponentin maksimilämpötila. Tieto saatiin komponentin datalehdeltä. Tämän lämpötilan perusteella lasketaan (j-a, junction to ambient) terminen vastus:

$$\frac{T_J - T_a}{P} = R_{thj-a} \quad (10)$$

$$\frac{125^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}}{1,71\text{W}} = 32,16^\circ\text{C}/\text{W}$$

Triacin datalehdeltä saatiin kotelon ja jäähdytyslevyn välinen liitos (mb-hs, mount-base-heatsink), joka on $0,5\text{K}/\text{W}$. Näillä tiedoilla saamme laskettua komponentin (hs-a, heatsink-ambient) arvon, joka kertoo jäähdytyslevyn tehon.

$$R_{THJ-A} - R_{THJ-MB} - R_{THMB-HS} = R_{THHS-A} \quad (11)$$

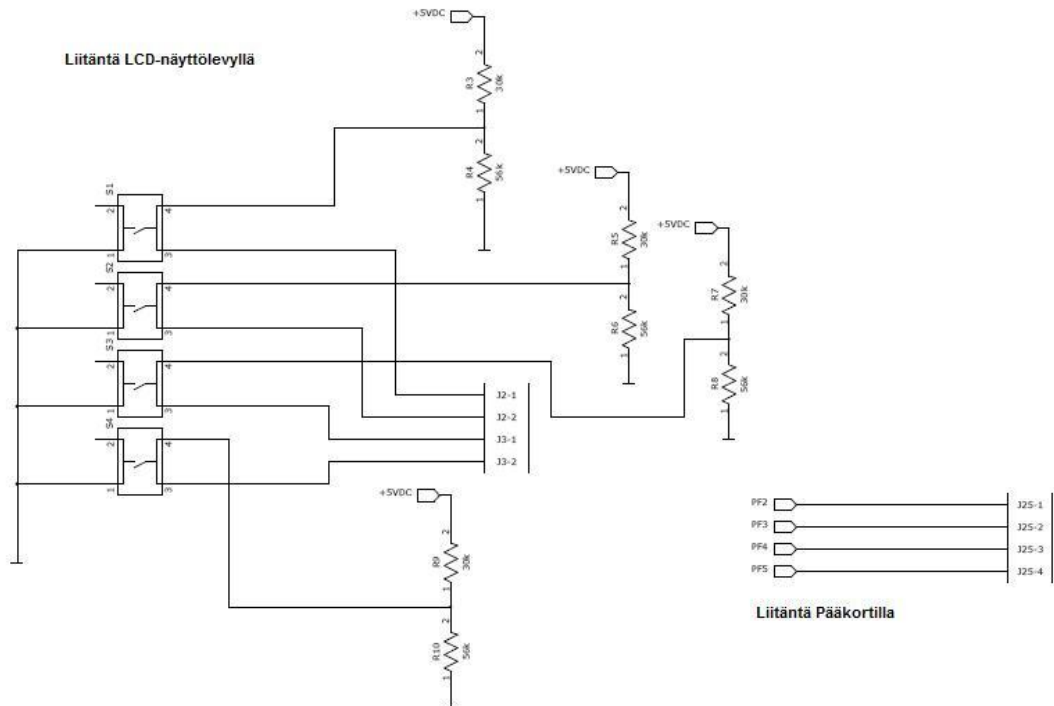
$$32,16^\circ\text{C}/\text{W} - 1,2^\circ\text{C}/\text{W} - 0,5^\circ\text{C}/\text{W} \approx 30,46^\circ\text{C}/\text{W}$$

Terminen vastus jäähdytyslevyllä pitää olla $30,46^\circ\text{C}/\text{W}$ tai pienempi. Valittiin Farnellin valikoimasta Abl Heatsinkin valmistama jäähdytyslevy tyyppiä LS205. Jäähdytyslevyn terminen resistanssi on $30^\circ\text{C}/\text{W}$ (Abl Heatsinks datalehti. 2011).

6.21 Painikkeet

Poltinta ohjataan neljällä painikkeella. Jokaisella painikkeilla on prosessorilla oma jalka ja normaalitilassa jalalle tulee $3,3\text{V}$ jännite. Painikkeen painaminen kytkee jalan maapotentiaaliin ja aiheuttaa nollatason prosessorin pinnissä. LCD piirikortilla on ainoastaan 5V jännite ja siksi painikkeiden jännite on 5V . Asian olisi voinut hoitaa järkevämminkin ottamalla ylösvetovastukset vasta pääkortilla, josta löytyy $3,3\text{V}$ jän-

nite. Samalla olisi voinut poistaa jännitteenjaon, joka on käytännössä tarpeeton. Pelkkä virranrajoitusvastus riittää, koska prosessorilla on suojadiodit ja rajoittamalla virta alle 1 mA on suurempikin jännitetaso turvallinen prosessorille.

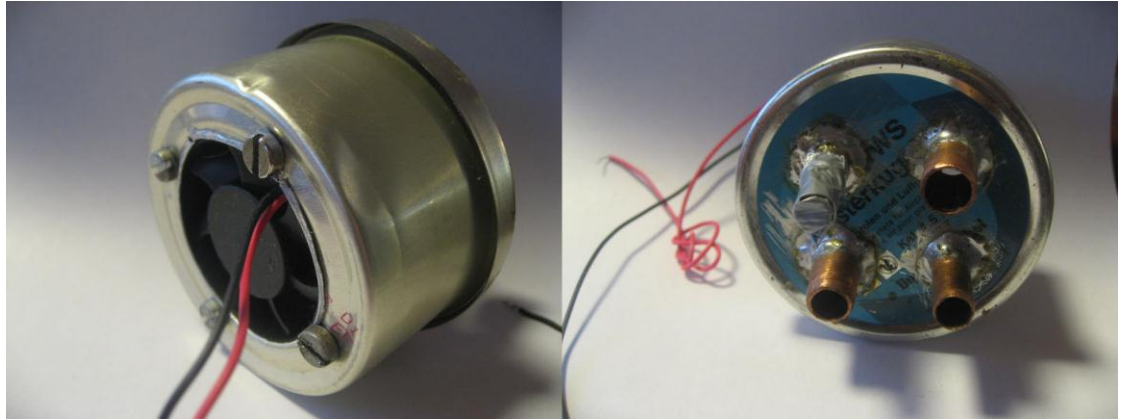


Kuvio 38 Painikkeiden kytkennät piirilevyillä

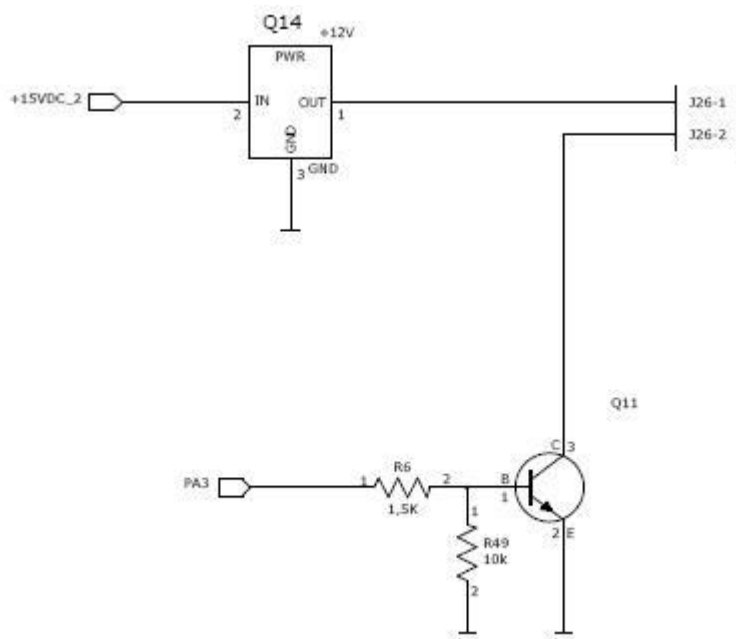
6.22 Ylipainepuhallin

Kokeellisen projektin ollessa kysymyksessä kokeiltiin uusia tapoja hallita palamista eri keinoin. Yksi tällainen vaihtoehto oli RGB – anturi, joka lukee liekin väriä. Anturi sijaitsee erillisessä putkessa, joka toimii normaalisti liekintarkastusputkena. Puun palossa syntyy tuhkaa, nokea ja muita epäpuhtauksia ja nämä hiukkaset mustaavat anturin lasipintaa estäen lopulta luotettavien väriarvojen lukemisen. Luotettavan toiminnan ja pitkän puhdistusvälin varmistamiseksi polttimeen suunniteltiin ylipainepuhallin, joka puhaltaa ilmaa mittausputkeen. Ilman puhallus aiheuttaa putkeen pienen ylipaineen ja epäpuhtauksien pääsy anturin lasipinnalle estyy. Piirilevyille lisättiin puhallinta varten 12 voltin regulaattori, jota syötetään 15 V tasajännitteellä. Puhalti-

meen lisättiin 4 lähtöä, joita voi käyttää tarpeen mukaan. Puhallin varmistaa lasin puhtaana pysymisen pitkään. Prototyyppi tehtiin peltirasiaan ja siinä käytettiin 12 V laitepuhallinta.



Kuvio 39 Ylipainepuhallin



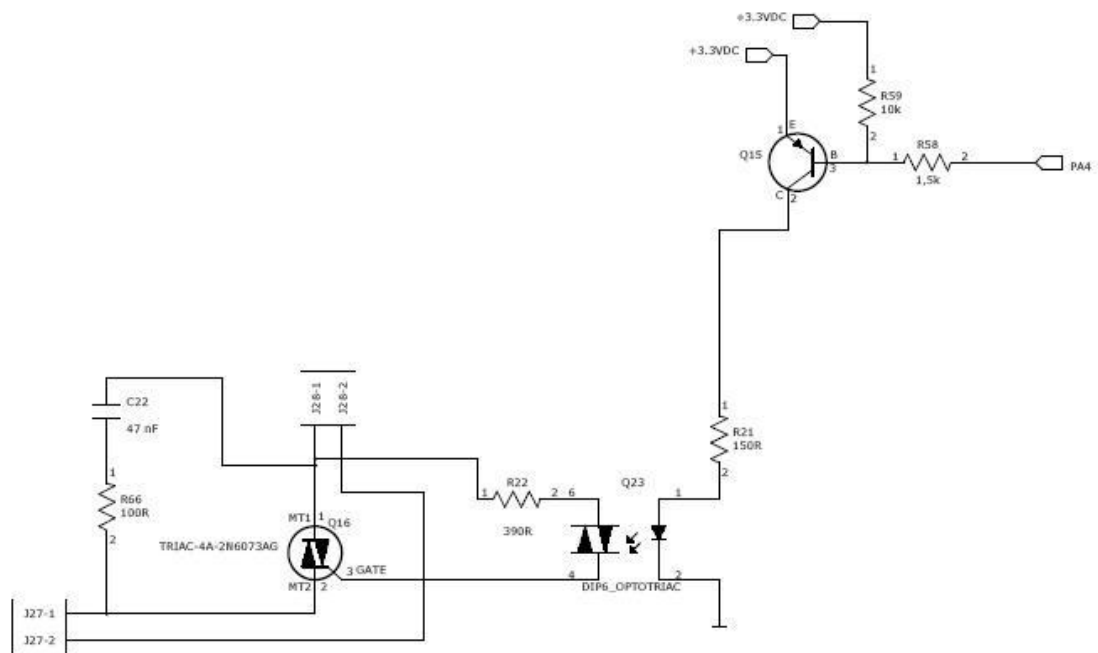
Kuvio 40 Ylipainepuhaltimen kytkentä

6.23 Triac ohjaukset

Piirikortille suunniteltiin 2 kpl triac ohjauksia, joita voi kuormittaa tarvittaessa sadan watin teholla ilma jäähdytyslevyä. Savukaasuimuri on yksi sovellus, jota usein tarvi-

taan asennuskohteissa. Triacit ovat ns. 4-mode tyyppisiä, eli ne voidaan kytkeä johtavaksi jokaisen neljänneksen aikana. Savukaasuimurin pyörimisnopeutta voi ohjata suoraan prosessorilta tarvitsematta hankkia erillisiä triac-säätimiä. Mikäli savukaasuimurin teho ylittää 100 wattia, on jäähdytyslevyn asentaminen triac – komponenttiin välttämätöntä.

Triac lähtöjä voi kuormittaa teoriassa jopa 900 W teholla, mutta siinä tapauksessa suuri jäähdytyslevy on välttämätön komponentin ylikuumentumisen ehkäisemiseksi. Piirikortin tila ei mahdollista niin isoja jäähdytyslementtejä, se ole järkevääkään, koska triaceissa kasvaa häviöteho jyrkemmässä kulmassa maksimivirtarajaa lähestyttäessä. Käytännössä 2 ampeerin kuorma eli 470 watin jatkuva kuorma on maksimi. Kortille on asennettavissa 9,3 °C/W jäähdytyslevy, esimerkiksi AAVID THERMALLOY PF185G, joka on 8,8 °C/W (Aavid Thermalloy PF185G datalehti. 2011). 200 watin kuormalle riittää 36 °C/W, johon voi valita esimerkiksi Abl Heatsinks LS205 jäähdytyslevyn, jolla päästään turvallisesti noin 280 watin tehoon. Jäähdytyslevyjen teho on laskettu komponentin 110 asteen lämpötilalla ja kotelon 70 asteen sisälämpötilalla.



Kuvio 41 Triac ohjauksen kytkentä

7 POHDINTAA

Pellettipolttimen ohjauksen suunnittelu on hyvin monitahoinen tehtävä. Jos ei tiedetä asennusympäristön kokoonpanoa, nousee ohjauksen joustava muokaaminen erittäin tärkeään asemaan. Ohjauksen on taivuttava monenlaisen kokoonpanoon helposti. Pelkkä ohjauksen suunnittelu ei riitä. On tiedettävä lämmitysjärjestelmästä, pelletin varastoinnista, kattiloiden ominaisuuksista, pellettipolttimien erilaisesta rakenteesta ja niin edelleen. Paras ratkaisu hyvän lopputuloksen varmistamiseksi olisi mahdollisimman laaja ympäristömuuttujien vakiointi. Koko lämpöyksikön suunnittelu, johon kuuluu poltin, kattila, polttoainejärjestelmä ja savukaasuimuri, varmistaisi parhaan lopputuloksen. Monet keskieurooppalaiset valmistajat ovatkin päätyneet tähän kokonaisratkaisun tarjoamiseen. Esimerkiksi Viessmann tarjoaa tällaista ratkaisua.

Kortin suunnittelu

Ohjaukortin perustoimintojen suunnittelussa pidin tärkeänä, että alusta on joustava eikä aseta tiukkoja rajoituksia laajentamisen suhteen. Muuntaja mitoitettiin tarkoituksellisesti suureksi, jotta virranantokyky ei muodostu esteeksi uusien toimintojen lisäämisen kanssa. Kortilla on 3,3 voltin, 5 voltin ja 12 voltin tasajännitteet. Jatkoa ajatellen myös 24 voltin tasajännite kannattaa lisätä, koska monet automaatiolaitteet tarvitsevat sitä jännitettä. Toimintojen lisääminen onnistuu helposti 1-wire ja spi väylään. Spi-väylässä on 4 ylimääräistä slave select-pinniä, joihin voi lisätä laitteita.

I/O paikkojen lisääminen

Myös erilaisten tilatietojen tuominen liittimille olisi tarpeellinen ominaisuus monissa ympäristöissä. Tilatietojen tuominen voisi hoitaa esimerkiksi I²C-väylän avulla toimivalla I/O laajennuspiirillä. Piirejä on saatavana esimerkiksi 8 tai 16 bittisenä. Toinen vaihtoehto olisi käyttää 100-kohtioista prosessoria 64 kohtioisen sijaan. Jännitejärjestelmän pinneille voisi rakentaa kytkimet esimerkiksi mosfet-tyyppisillä transistoreilla, joiden drain – source kestää yli 30 voltia ja jännitteen voisi valita transistoreille yksinkertaisesti jumbpereilla.

Vaihtoehtona moduulirakenne

Euro 1 – kokoiselle kortille mahtuu valtavan paljon toimintoja, kun valitsee järkevästi komponentteja. Verkkojänniteohjaukset kannattaa mielestäni erottaa turvallisuussyistä kortilta erilliseksi kortiksi. Nykyisessä prototyypissä kortti on lappeellaan laikon pohjalla ja verkkojänniteohjaukset on eroteltu omalle puolelleen korttia. Jotta vapaa laajennettavuus tulisi parhaiten oikeuksiinsa, kortit kannattaisi suunnitella moduulirakenteisiksi ja vakiokokoisiksi korteiksi, joita voi asentaa pystyasentoon kehikkoon. Moduulirakenteella voi laajentaa järjestelmää tehokkaasti ja erottaa verkkojänniteohjaukset pienijännitteisistä osista. Mekaanisista releistä pitäisi mahdolli-

suuksien mukaan luopua kokonaan ja korvata puolijohteilla, koska puolijohteissa ei ole kuluvia ja liikkuvia osia.

Prossessorin kiinnitys kannattaa muuttaa korttiin siten, että prosessori on irroitettavissa ilman juotostyökaluja. Pieneen piirilevyyn juotettu prosessori, joka on piikkiriemoilla kiinni päälevyssä olisi toimiva ratkaisu. Pääkortilta vapautuisi lisää tilaa ja prosessorin vaihtaminen onnistuisi helpommin.

Ohjauksen toiminta

Polttimen ohjauksessa tarvittava logiikka on ohjelmitava prosessoriin. Ennen ohjelmoimista on järkevää suunnitella ohjaus ja siihen liittyvät toiminnot periaatekaaviona. Ohjaus suunniteltiin tilakone-periaatteella ja tiettyjen ehtojen täytyessä tilakone muuttaa tilaa ja polttimen ohjausta annettujen ohjeiden mukaisesti.

Testialustan kehitys

Testialustan kehittäminen jatkuu opinnäytetyön jälkeen. Suunnittelun ja toteutuksen aikana tulleista ongelmista suurin oli monimutkaisen ja pienillä eristeväleillä toteutetun levyn tekeminen käsin. Myös huolimattomuusvirheet komponenttien teossa riskitienmenneiden jalkojen osalta aiheutti jonkin verran ongelmia. PADS – ohjelmassa on mahdollista tehdä johdinveto schematic – puolella siten, että johto näyttää olevan kontaktissa, mutta jääkin ilmaan. Tällaisia virheitä oli muutama levyllä. Kaikenkaikkiaan ohjauksen suunnittelu on ollut erittäin haastava ja monitahoinen tehtävä. Haasteita on riittänyt ja tulee riittämään vielä opinnäytetyön valmistumisen jälkeenkin.

LÄHTEET

Abl Heatsinks datalehti. 2011. Farnell Ltd. internetsivusto. Viitattu 17.3.2011
<http://www.farnell.com/datasheets/46513.pdf>

Aavid Thermalloy PF185G datalehti. 2011. Farnell Ltd. internetsivusto. Viitattu 17.3.2011
<http://www.farnell.com/datasheets/94182.pdf>

Atmel Xmega 256A3 datalehti. 2011. Atmel Ltd. Internetsivusto. Viitattu 15.3.2011
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8068.pdf

BT-139 datalehti. 2011. NXP internetsivusto. Viitattu 15.8.2010
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BT139_SERIES.pdf

DS1820 datalehti. 2011. Maxim Integrated Products internetsivusto. Viitattu 10.3.2011
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>

Ecotec. n.d. Internet - sivuston tuote-esite. Viitattu 20.4.2011
http://www.ecotec.net/pdf/Engelska/BioLine_20E.pdf

Esala, M. Piirilevyn valmistus valotusmenetelmällä. n.d. Valmistusohje. Viitattu 15.3.2011
http://www.kolumbus.fi/mikko.esala/piirilevyn_valmistusohje.pdf

FT232R datalehti. 2011. Future Technology Devices Ltd. Viitattu 4.2.2011
http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf

Hamamatsu S9706 datalehti. 2011. Hamamatsu Ltd. Viitattu 10.1.2011
http://jp.hamamatsu.com/resources/products/ssd/pdf/s9706_kpic1060e09.pdf

How to calculate power and predict Tjmax. n.d. NXP internetsivusto. Viitattu 4.4.2011
http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10384.pdf

Knuuttila, K. 2003. Puuenergia. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Koskinen, M. 2002. Analogiasuunnittelu. Juva: Sanoma Magazines.

MAX3002 datalehti. 2011. Maxim Integrated Products internetsivusto. Viitattu 10.3.2011
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX3000E-MAX3012.pdf>

MAX6675 datasheet. 2002. Maxim Integrated Products internetsivusto. Viitattu 3.2.2011
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MOC3052 datalehti. 2011. Datasheet Catalog internetsivusto. Viitattu 17.1.2011
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/MOC3052-M.pdf>

Multiheat n.d. Tuote-esittely Janfire Flex-a. Viitattu 20.4.2011.
http://www.multiheat.fi/suomeksi/janfire_flex-a.htm

Pellettienergiayhdistys. 06.08.2009. Pelletin vienti, tuonti ja kulutus, tilasto. Viitattu 11.4.2010.
http://www.pellettienergia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=76

Pellettilämmitysjärjestelmät. n.d. www.rakentaja.fi internetsivusto. Viitattu 1.5.2011
<http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/kuluttaja/Thermia/thermia.htm>

Port expansion using spi. 6.3.2010. Myamicus internetsivusto. Viitattu 28.4.2011
<http://www.myamicus.co.uk/content.php?246-Port-Expansion-using-SPI>

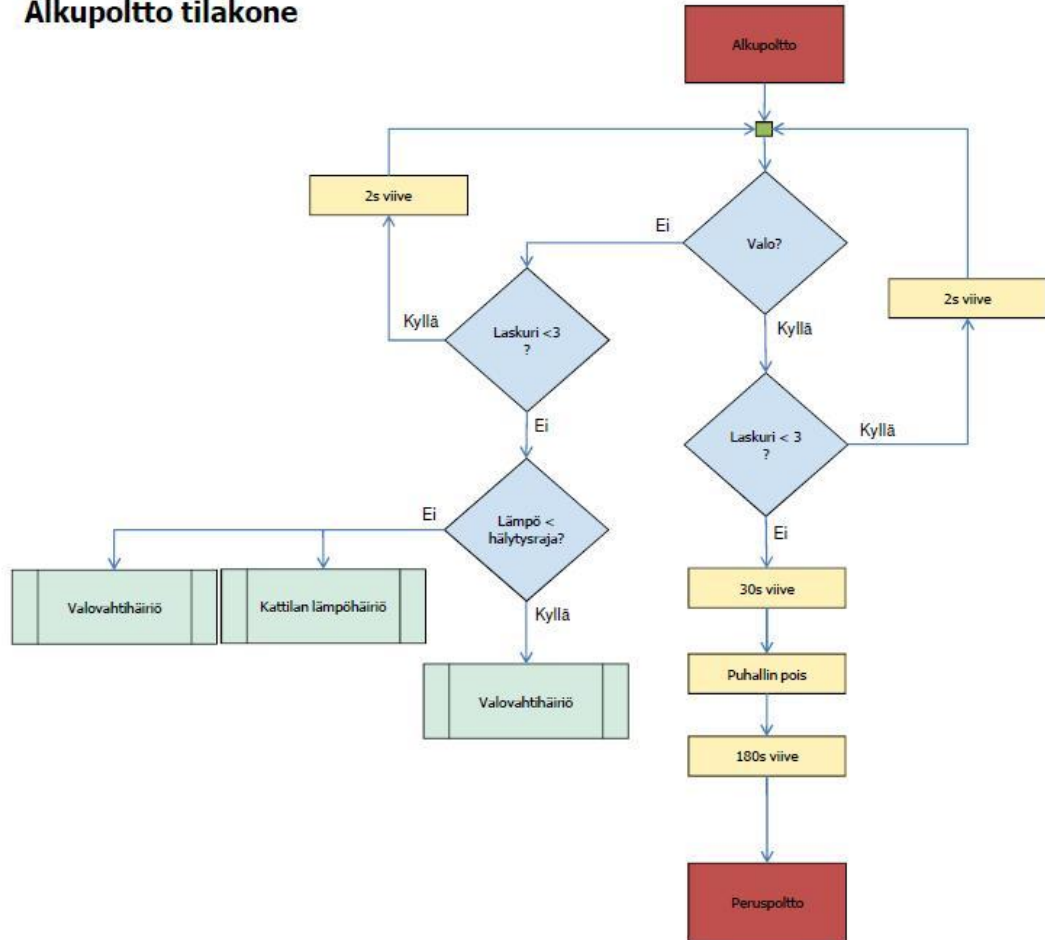
Power Control with Thyristors and Triacs. n.d. NXP Ltd. App. note. Viitattu 19.1.2011
http://www.nxp.com/documents/application_note/APPCHP6.pdf

Prinel n.d. Tuotekehityspiirilevyn valmistaminen. Internetsivusto. Viitattu 17.3.2011
<http://www.prinel.fi/tuotekehityslevyt>

XMEGA A Schematic Checklist. 2011. Atmel Ltd. Internetsivusto. Viitattu 15.3.2011
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8278.pdf

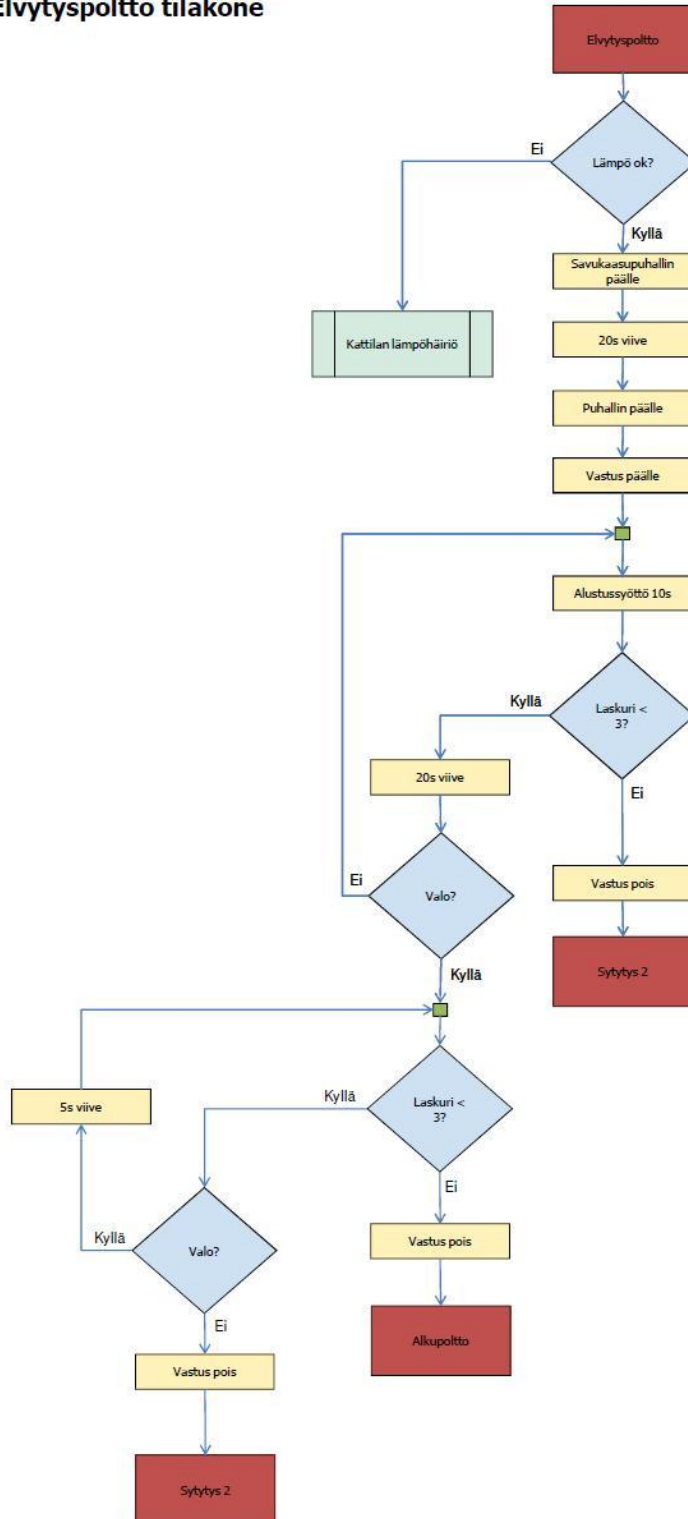
Zero cross detector AVR 182. 2002. Atmel Ltd. Internetsivusto. Viitattu 15.11.2010
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2508.pdf

Liite 2. Alkupalto-tilakone

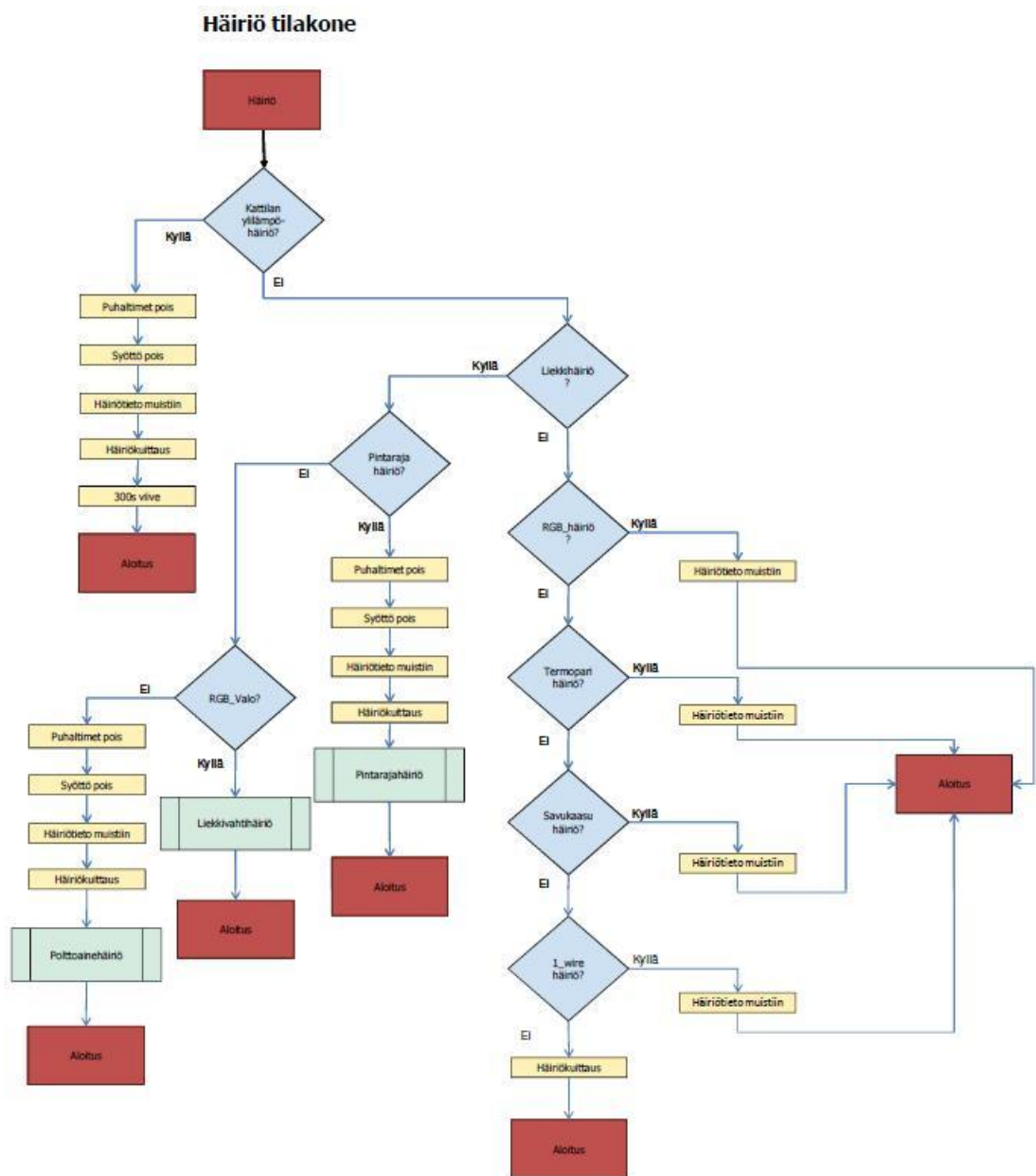
Alkupalto tilakone

Liite 3. Elvytyspoltto-tilakone

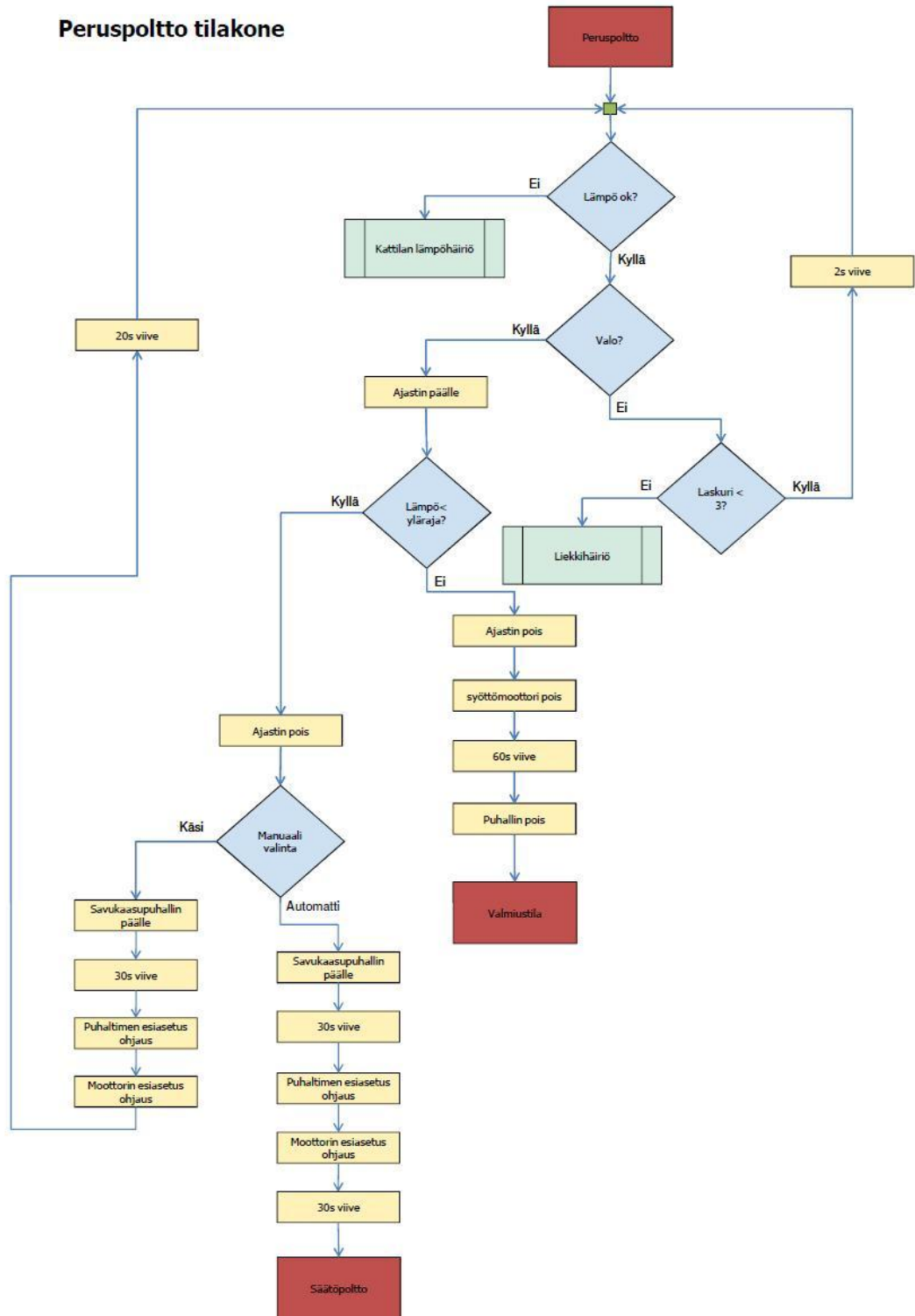
Elvytyspoltto tilakone



Liite 4. Häiriö-tilakone

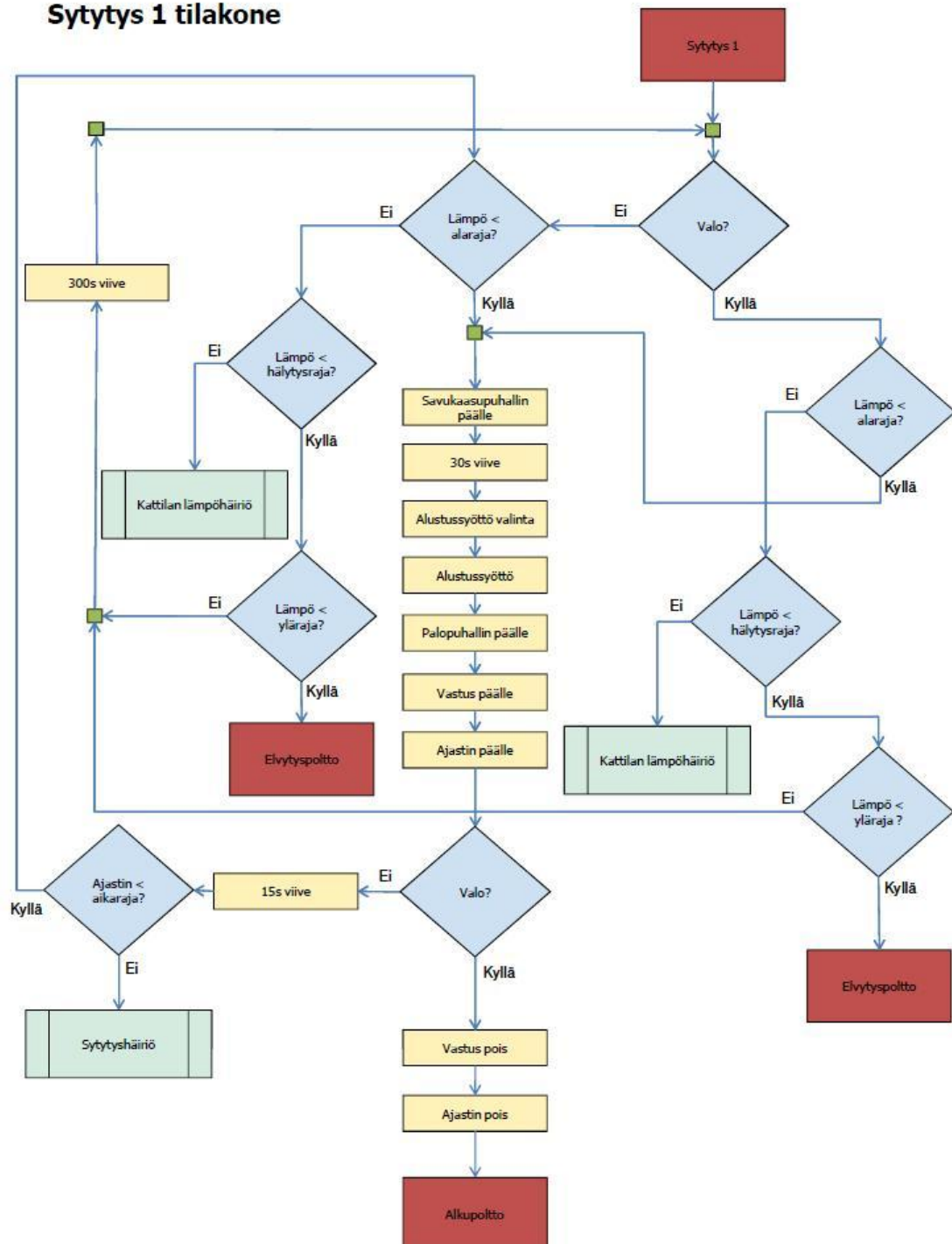


Liite 5. Peruspoltto-tilakone



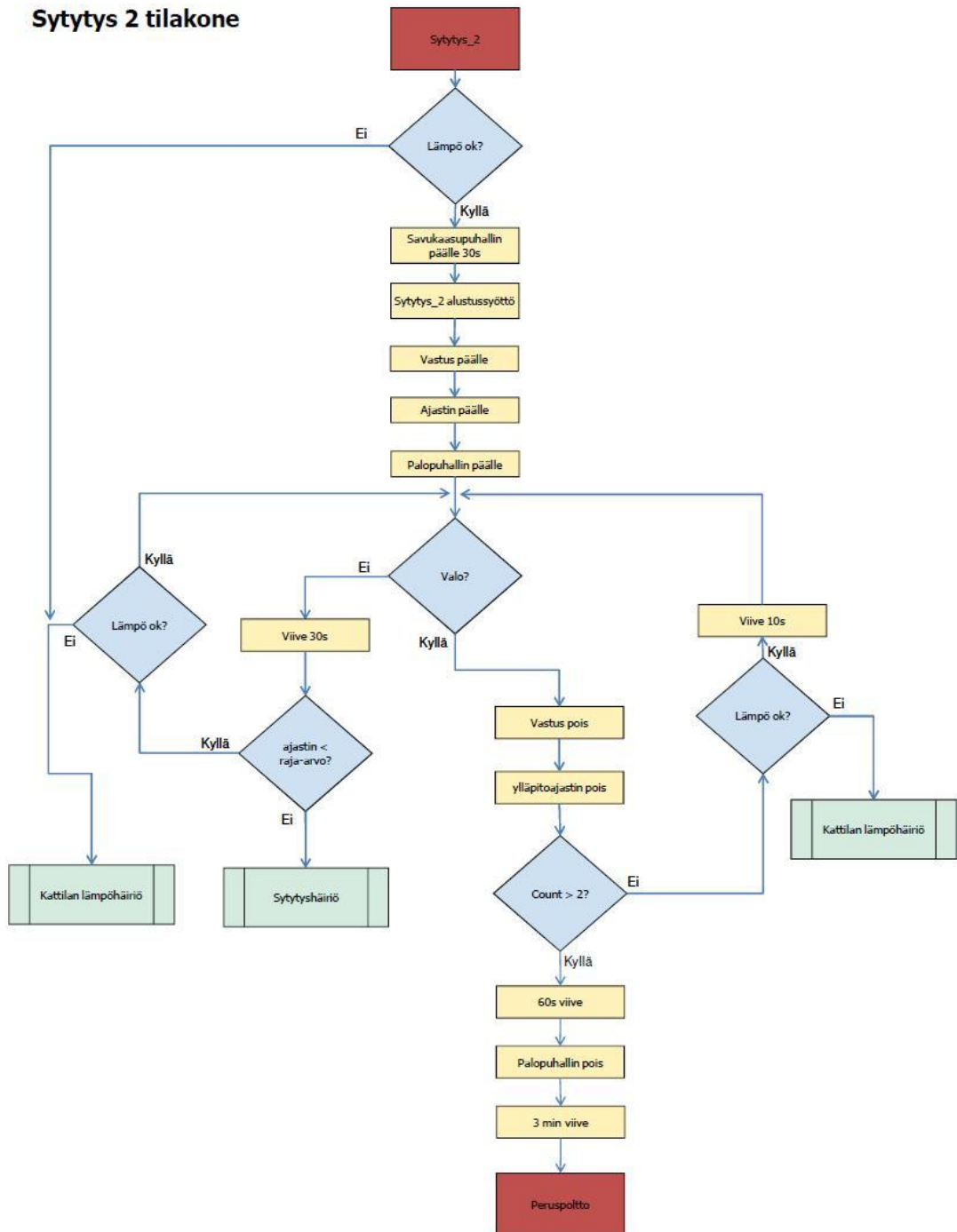
Liite 6. Sytytys 1-tilakone

Sytytys 1 tilakone



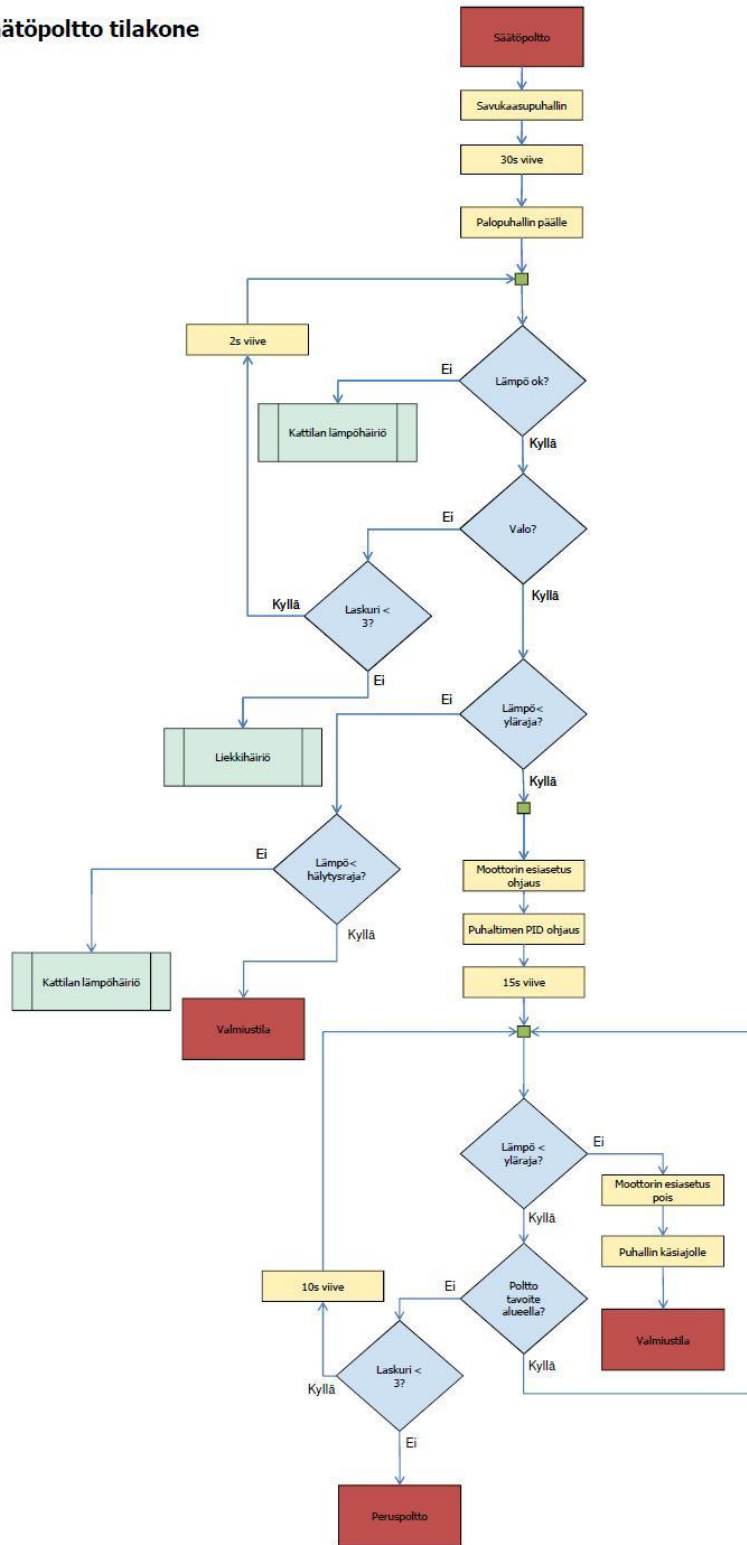
Liite 7. Sytytys 2 - tilakone

Sytytys 2 tilakone



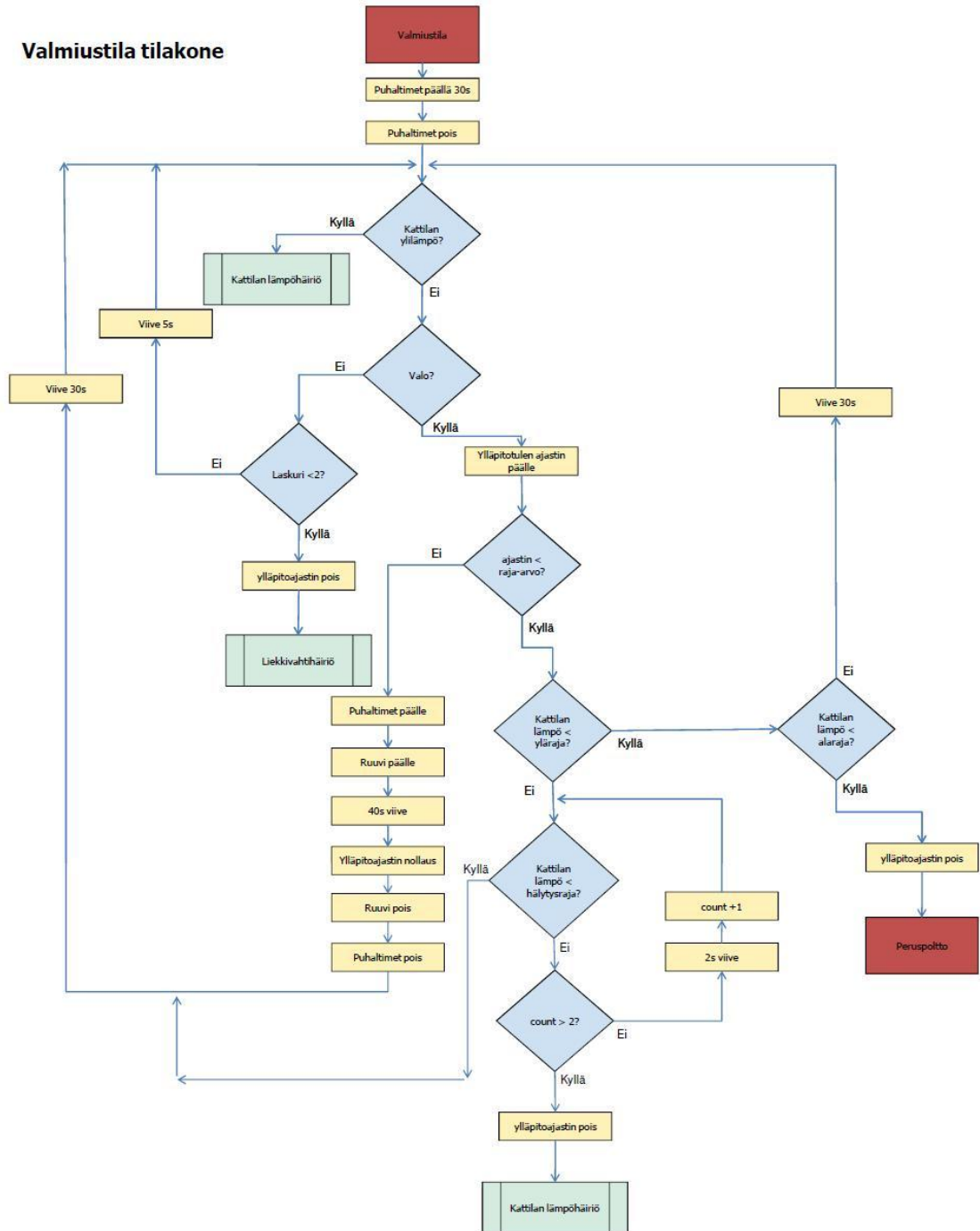
Liite 8. Säätopolttu - tilakone

Säätopolttu tilakone

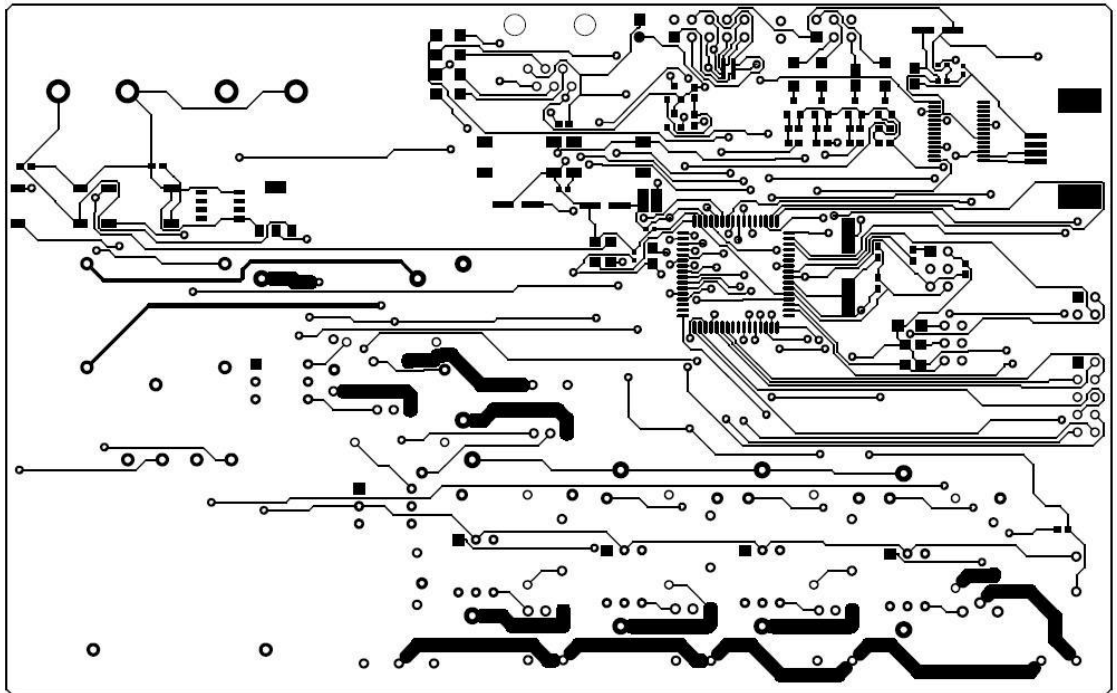


Liite 9. Valmiustila - tilakone

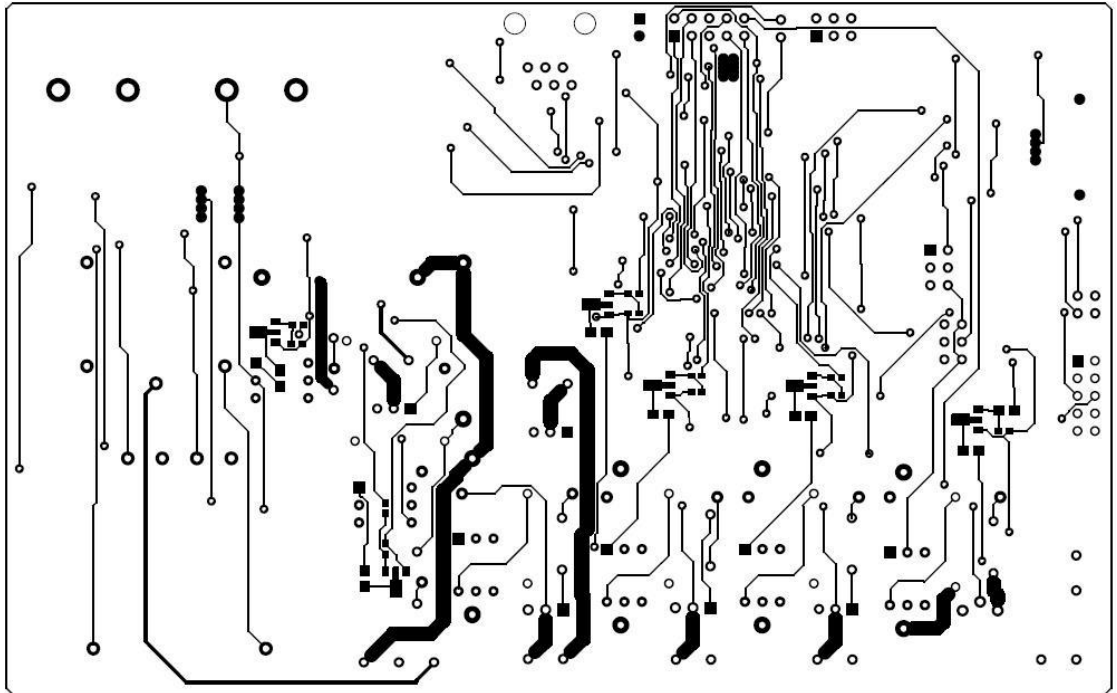
Valmiustila tilakone



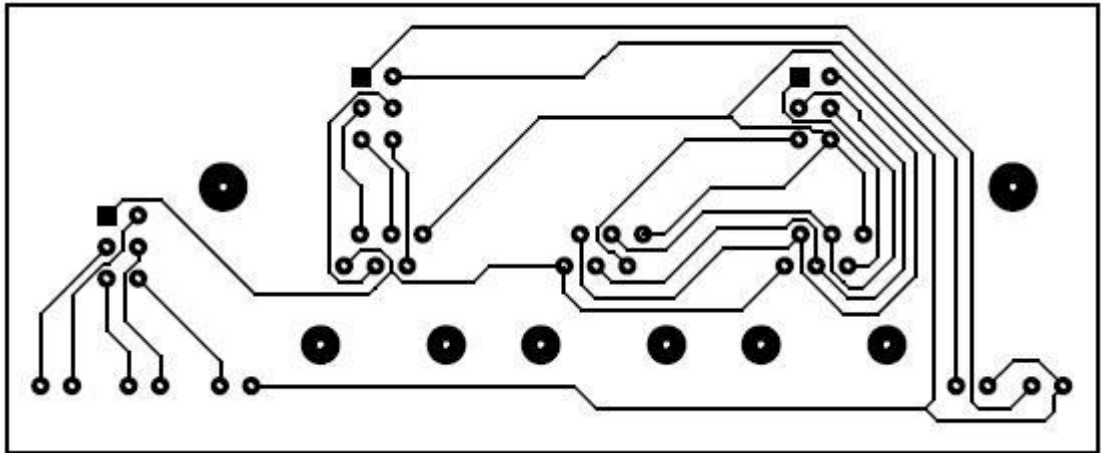
Liite 10. Pääkortin yläpuolen johdinkuvio



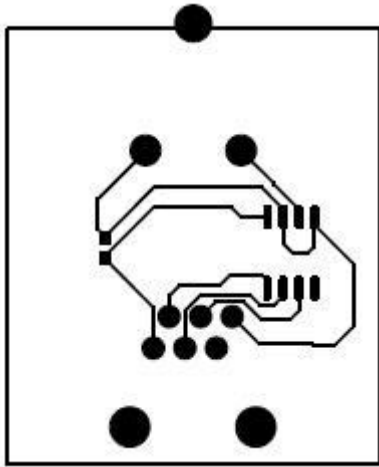
Liite 11. Pääkortin alapuolen johdinkuvio



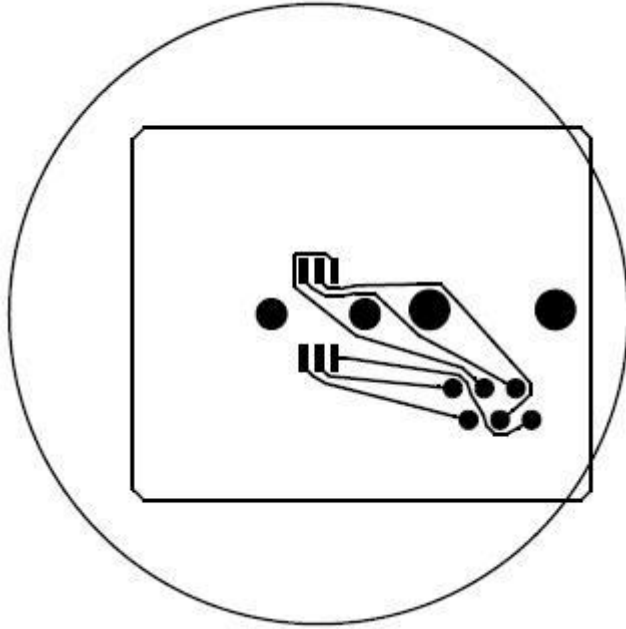
Liite 12. Keräilykortin johdinkuvio



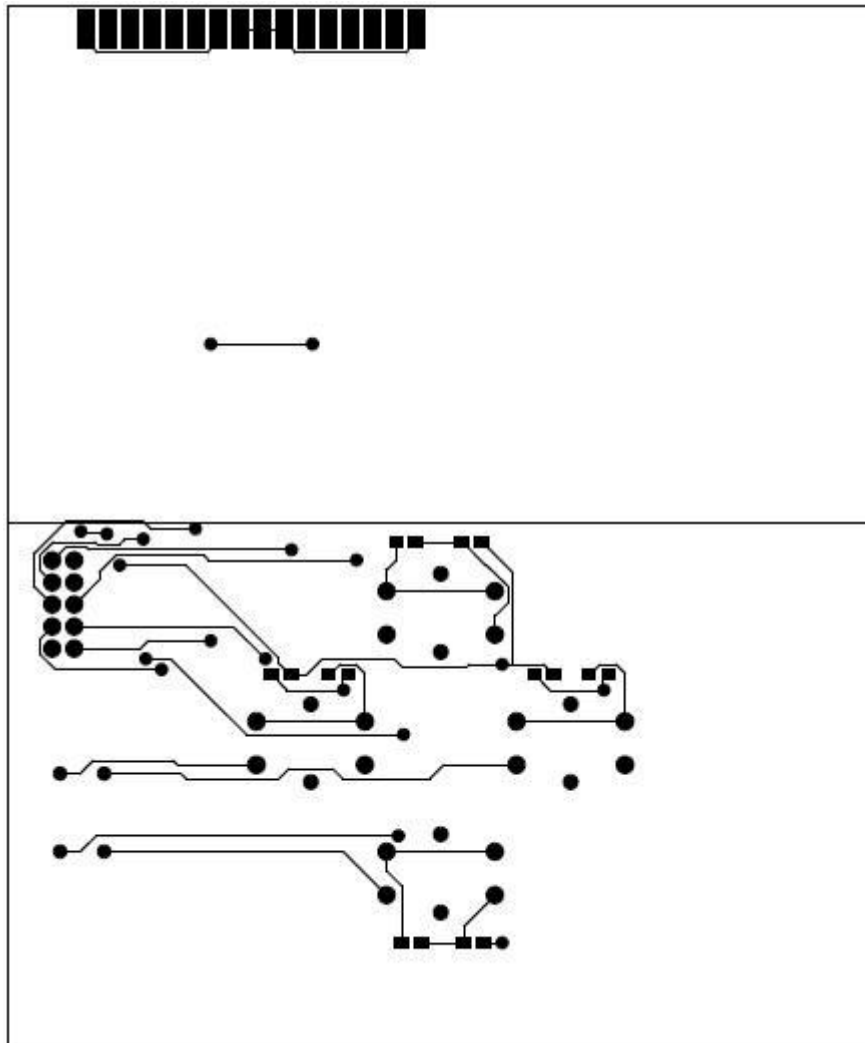
Liite 13. Termoparikortin johdinkuvio



Liite 14. RGB-anturikortin johdinkuvio



Liite 15. Lcd-näyttökortin yläpuolen johdinkuvio



Liite 16. Lcd-näytön alapuolen johdinkuvio

