

SÄÄASEMA

Tallennusominaisuudella

Ari Salopää

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014

Ohjelmistotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Salopää, Ari	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 26.05.2014
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi SÄÄASEMA - TALLENNUSOMINAISUUDELLA		
Koulutusohjelma Ohjelmistotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Mieskolainen, Matti Kotkansalo, Jouko		
Toimeksiantaja(t) Kinnunen, Veijo		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja rakentaa säätietoja tallentava laite. Laite tulee yksityisasiakkaalle yksityiskäyttöön. Laitteella pyritään tallentamaan luotettavasti säätä asuinympäristössä. Laite tallentaa ilmanlämpötilaa, ilman-kosteutta ja ilmanpainetta. Laitteen tallentamilla tiedoilla pyritään seuraamaan sään kehitystä pitkällä aikavälillä sekä valvomaan asunnon sisäistä lämpötilaa talvisin.</p> <p>Sisälämpötilan seurannalla voidaan havaita mahdolliset häiriöt lämmitysjärjestelmässä, lämmityksen riittämättömyys kovilla pakkasilla sekä seurata lämmityksen tuottamaa lämpövaihtelua.</p> <p>Laite toteutettiin kahdessa osassa, jotka toimivat yhdessä. Laite jaettiin osiin, jotta laiteen olennaiset osat voitaisiin varmentaa paristoilla mahdollisten sähkökatkoksiensa varalta. Laitetta tullaan vielä kehittämään ennen asiakkaalle luovuttamista.</p>		
Avainsanat (asiasanat) sulautettu elektroniikka, elektroniikka		
Muut tiedot		



Author(s) Salopää, Ari	Type of publication Bachelor´s Thesis	Date 26052014
	Pages 40	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title WEATHER STATION - WITH OPTION FOR SAVING		
Degree Programme Software Engineering		
Tutor(s) Mieskolainen, Matti Kotkansalo, Jouko		
Assigned by Kinnunen, Veijo		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to develop and build a weather recording device. The device is built for a private customer and it will be in private use. The device is aimed to record different weather measures in residential environment. The device records air temperature, air humidity and air pressure. The information recorded by the device can be used to follow long-term weather development and monitor the inside temperature of a house in winter.</p> <p>From the temperature records measured inside the house possible failures in heating system can be monitored as well as too small a heating system in very cold winters and temperature variation created by the heating system.</p> <p>The device is created from two parts working together. It is divided into two parts so that the core system electricity can be supported with batteries in case of a blackout. The device development will be continued before the device is handed to customer.</p>		
Keywords embedded devices, electronics		
Miscellaneous		

Sisältö

Sanasto.....	3
1 Työn lähtökohdat.....	5
1.1 Tehtävät ja tavoitteet.....	5
1.2 Asiakasvaatimukset.....	5
1.3 Taustatutkimus.....	7
2 Laitteen toiminta.....	8
2.1 Anturit.....	8
2.1.1 Lämpötila-anturit.....	8
2.1.2 Ilmankosteusanturit.....	9
2.1.3 Ilmanpaineanturit.....	11
2.2 Kellopiirit.....	12
2.3 Mikrokontrollerit.....	14
3 Suunnittelu.....	16
3.1 Yleistä.....	16
3.2 Käyttöliittymän suunnittelu.....	16
3.3 Virrankulutuksen minimointi.....	18
3.4 Paristovarmennus.....	19
4 Toteutus.....	21
4.1 Piirilevyn valmistus.....	21
4.2 Laitteen ohjelmointi.....	22
4.3 Virheiden etsintä ja korjaus.....	25
4.4 Uuden piirilevyn valmistus ja testaus.....	26
4.5 Toteutunut laite.....	27
5 Yhteenveto.....	30
5.1 Tulosten arviointi.....	30
5.2 Jatkokehitys.....	30
Lähteet.....	32
Liitteet.....	33

Liite 1. Loggeri-osuuden kytkentäkaavio.....	33
Liite 2. Näyttö-osuuden kytkentäkaavio.....	34
Liite 3. ATmega328 sisäinen lohko-kaavio.....	35
Liite 4. Loggeri-osuuden ohjelman vuokaavio.....	36
Liite 5. Näyttö-osuuden toimintaa kuvaava tilakaavio.....	37

Kuviot

Kuvio 1. DHT11-ilmankosteusanturi.....	10
Kuvio 2. DHT22-ilmankosteusanturi.....	11
Kuvio 3. Ilmanpaineanturi juotettuna.....	12
Kuvio 4. Kellopiiri päältä kuvattuna.....	13
Kuvio 5. Kellopiiri pohjasta kuvattuna.....	13
Kuvio 6. ATmega328-AU-mikrokontrolleri juotettuna.....	15
Kuvio 7. Näyttö-osuuden alustava suunnitelma.....	17
Kuvio 8. Loggeri-osuuden alustava suunnitelma.....	18
Kuvio 9. Pocket AVR -ohjelmointilaite.....	23
Kuvio 10. Loggeri-osuuden koodin esimerkki.....	25
Kuvio 11. Loggeri-osuuden versio 2, päältä kuvattuna.....	27
Kuvio 12. Loggeri-osuuden versio 2, pohjasta kuvattuna.....	28
Kuvio 13. Näyttö-osuus päältä kuvattuna.....	28
Kuvio 14. Näyttö-osuus pohjasta kuvattuna.....	29

Sanasto

ADC-muunnin

Analog to Digital, muuntaa analogisia signaaleja digitaalisiksi signaaleiksi.

Arduino

Italiasta lähtöisin oleva avoimen lähdekoodin protoilulaite, joka perustuu Atmelin ATmega-tuotesarjan mikrokontrollereihin.

Arduino IDE

Italiasta lähtöisin olevan Arduino protoilulautojen ohjelmointityökalu. Ohjelma on tehty Java-ympäristön päälle ja perustuu Atmelin julkaisemaan Avrdude-ohjelmointiohjelmaan sekä kustomoituihin kirjastoihin. Ohjelma on open source GPL- ja LGPL-lisenssin alainen ja saatavana ilmaiseksi kaikkiin tietokonekäyttöjärjestelmiin lähdekoodeineen.

ATmega

On osa Atmelin mikrokontrolleriperhettä, jossa on laaja valikoima 8-bittisiä mikrokontrollereita.

Brown-out detection

Tunnistaa liian matalan jännitteen ja käynnistää uudelleen mikrokontrollerin.

DIP28

Elektroniikan komponenttien kotelotyyppi, joka on läpijuotettava, kaksirivinen ja yhteensopiva koekytkentälevyjen (breadboard, eng.) kanssa.

I/O-pinni

Generaalinen sisääntulo/ulostulopinni laitteissa

I²C-väylä

Kahden dataväylän muodostama väylä, johon voidaan liittää useita laitteita rinnan. Laitteet voivat keskustella toistensa kanssa väylän avulla. Väylä perustuu master- slave-periaatteeseen. Laitteet voivat olla master- tai slave-tilassa, mutta vain yksi voi olla vuorollaan master.

OneWire

Nimitys kytkennälle, jossa anturi kytketään vain yhdellä väylällä laitteeseen ja jossa tieto liikkuu kumpaankin suuntaan.

UV-valo

Ultraviolettisäteily, joka on sähkömagneettista säteilyä. Sen aallonpituus on lyhyempi kuin näkyvän valon, mutta pidempi kuin röntgensäteilyn.

Watchdog

"Vahtikoira", Valvoo mikrokontrollerin tilaa ja reagoi siihen.

1 Työn lähtökohdat

1.1 Tehtävät ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää säätietoja tallentava laite, joka tulee yksityisasiakkaalle yksityiskäyttöön. Laitteen on tarkoitus seurata sään muutoksia asuinympäristössä. Laitteella pyritään tallentamaan lämpötiloja asunnon sisä- ja ulkopuolella sekä muita säätietoja.

1.2 Asiakasvaatimukset

Asiakasvaatimukset kerättiin asiakkaan kanssa puhelimen ja sähköpostin välityksellä. Asiakasvaatimuksiin tehtiin tarkennuksia projektin edetessä. Alkuperäiset asiakasvaatimukset olivat seuraavat:

- Laitteen on osattava hyödyntää Dallas DS1820-sarjan lämpötila-antureita onewire-kytkennällä kytkettynä
- Laitteessa on oltava virtakytkin laitteen sammuttamiseen
- Laitteen on kyettävä luotettavasti tallentamaan mitatut lämpötila-arvot ja mittausaika
- Laite tulee toimimaan verkkovirralla
- Laitteen on kyettävä toimimaan myös sähkökatkon aikana
- Laitteessa tulee olla vähintään 15 mm korkea numeronäyttö

- Laitteesta pitää saada luettua nykyinen, pienin ja suurin lämpötila sekä kellonaika
- Pienin ja suurin lämpötilalukema pitää pystyä nollaamaan
- Tiedon tallentamiseen voidaan käyttää SD-muistikorttia
- Laitteessa saisi olla myös ledejä näyttämässä laitteen tilaa
- Laitteessa saisi olla myös painonappeja laitteen ohjaamiseen
- Laitteen näytön kirkkautta haluttiin pystyä säätämään
- Laitteen tallentamat tiedot ovat helposti tuotavissa taulukkolaskentaohjelmaan.

Asiakasvaatimuksia tarkennettiin myöhemmin seuraavasti:

- Laitteen virtakytkin tulee olla mallia kiikku
- Kellopiiri erotetaan päälevyistä mahdollista vaihtoa varten
- Laitteen kaikki anturit tulee olla vaihdettavissa
- Ilmankosteusanturi tulee pystyä kytkemään joko sisä- tai ulko käyttöön
- Virtaliittimenä saa toimia usb-mini, kunhan tarvittavat osat verkkovirtaan kytkemiseksi toimitetaan mukana
- Laitteen näytön kirkkautta ei tarvitse säätää, koska himmeäksi säädettyä laitetta ei pystyisi lukemaan auringon valossa.

1.3 Taustatutkimus

Maailmalla on jo paljon erilaisia antureita ja mittareita sään havainnointiin ja mittaamiseen, mutta suurimmalta osalta näistä puuttuu mahdollisuus tallentaa mittausarvoja. On tietysti myös olemassa paljon antureita liitettäväksi tietokoneeseen, mutta näiden ongelmana tulee tietokoneen pitäminen jatkuvasti käynnissä, varsinkin maaseudulla, jossa sähkön jakelussa voi esiintyä paljonkin häiriöitä. Tietokoneen virrankulutuskin on turhan suuri tehtyyn työhön nähden, jolloin tietokoneen käyttäminen ei ole taloudellista. Valmiita sääasemia katsottiin, ja niiden ongelmaksi muodostui, että tiedontallennus tapahtui laitteen sisäiseen muistiin ja sitä ei saanut laitteesta sähköisesti purettua tietokoneelle. Valmiiden sääasemien hinnatkin lähtevät useista sadoista euroista.

Näistä syistä tulee halvemmaksi valmistaa oma laite, jonka virrankulutus on pieni ja pystyy tästä syystä toimimaan myös paristoilla. Tiedon tallennus ja varastointi voidaan myös tehdä asiakkaalle mieluisalla tavalla ja tietokoneen kanssa yhteensopivaksi.

2 Laitteen toiminta

Laitteen on tarkoitus lukea erilaisia säähän ja ilmastoon liittyviä antureita, tallentaa tiedot tilastollista kirjanpitoa varten ja esittää osa tiedoista reaaliajassa.

Laitteen toiminta voidaan näin ollen jakaa kolmeen pääosaan:

1. Antureiden luku
2. Tiedon tallennus
3. Tiedon näyttäminen.

2.1 Anturit

2.1.1 Lämpötila-anturit

Lämpötila-antureiden valintaan on vaikuttanut erittäin voimakkaasti asiakas itse jo omistamalla joitakin lämpötila-antureita. Näin ollen lämpötila-antureiksi valittiin asiakkaan pyynnöstä Dallasin DS1820-sarjoihin kuuluvat lämpötila-anturit. Valintaan vaikutti myös se, että anturit tulevat langallisiksi.

Anturit käyttävät OneWire-kommunikaatiota, joka vaatii vain yhden datalinjan. Anturit kytketään niin, että ne ottavat tarvitsemansa virran dataväylästä, joka vähentää tarvittavien johtimien määrän kahteen. Tämä on sekä taloudellista että käytännöllistä, koska anturit voidaan kytkeä laitteeseen käyttäen ainoastaan parikaapelia.

Anturit kykenevät puolen celsiusasteen tarkkuuteen ja osa malleista vieläkin tarkempaan. Anturit mittaavat lämpötilaa sisäisellä lämpötila-anturilla, joka muunnetaan 9-bittisellä ADC-muuntimella digitaaliseksi. Anturit kuitenkin pystyvät antamaan lämpötilan myös 12-bittisenä arvona, jossa mittaustulosta on tarkennettu ottamalla useampi mittaustulos ja laskemalla näiden keskiarvo. Antureissa on myös pieni kondensaattori, jota käytetään, kun anturi ottaa virtansa dataväylästä. Antureissa on myös muistia ja hälytysominaisuus, jolla antureihin voitaisiin asettaa hälytysrajat (Maxim Integrated Products 2010.) Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan käytetty tässä työssä.

2.1.2 Ilmankosteusanturit

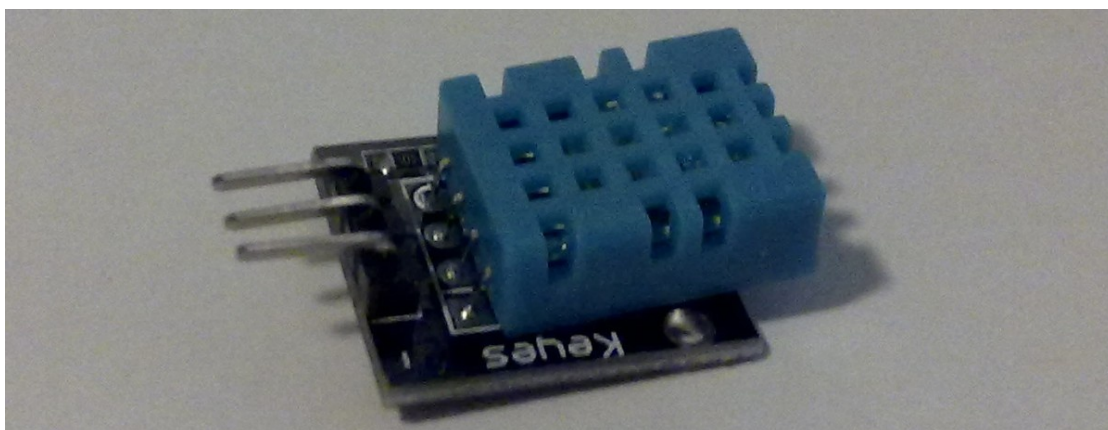
Ilmankosteusanturi lisättiin tekijän toiveesta lisäämään projektin haastetta. Anturin valintaan on vaikuttanut eniten anturin hinta, koska anturin tarkkuudella ei asiakkaalle ole merkitystä. Anturi löytyi DealExtreme-verkkokaupasta, joka toimittaa halpaa pientavaraa Kiinasta maailmalle ja mm. Suomeen.

Anturiksi valittiin DHT11 halvan hintansa takia. Anturista on saatavana tarkempi versio DHT22, jonka hankintaa laitteeseen voidaan harkita myöhemmin. Anturi sisältää myös valmiin testilevyn kytkemiseen 5 voltin järjestelmiin ja sisäisen lämpötila-anturin.

Ilmankosteusanturi DHT11

DHT11 on erittäin halpa ilmankosteusanturi sisäisellä lämpötila-anturilla. Anturi kytketään OneWire-väylällä haluttuun laitteeseen. Anturi mittaa suhteellista ilmankosteutta 5 %:n tarkkuudella ja lämpötilaa kahden celsiusasteen tarkkuudella. Laitteen kytkentä tarvitsee valmiin kehityslevyn takia vain kolme johdinta. (Ks. kuvio 1.)

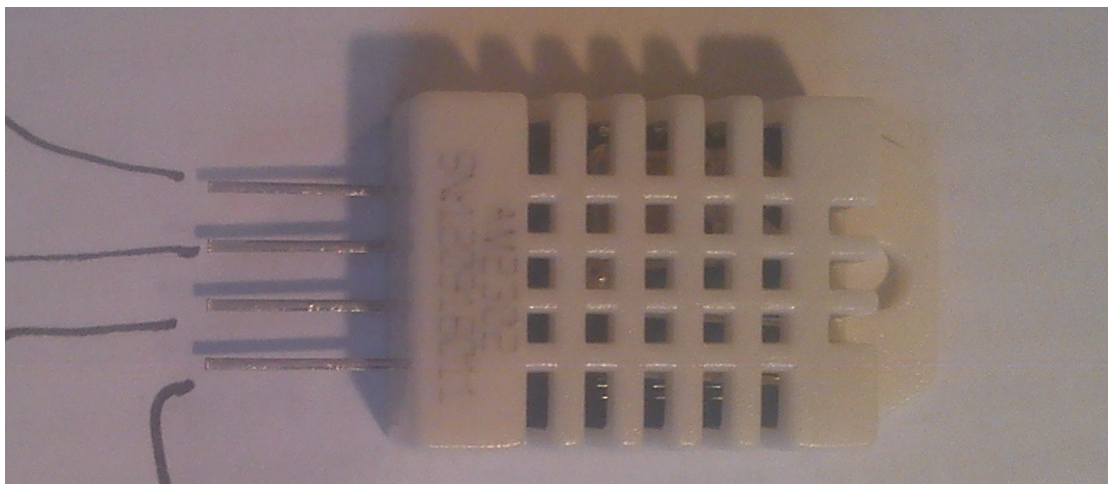
DHT11 sisältää resistiivisesti toimivan ilmankosteusanturin, jossa ilmankosteus muuttaa anturin resistanssia. DHT11 sisältää myös NTC-tyyppisen lämpötila-anturin, jossa anturin resistanssi pienenee lämpötilan noustessa. (D-Robotics UK 2010.)



Kuvio 1. DHT11-ilmankosteusanturi

Ilmankosteusanturi DHT22

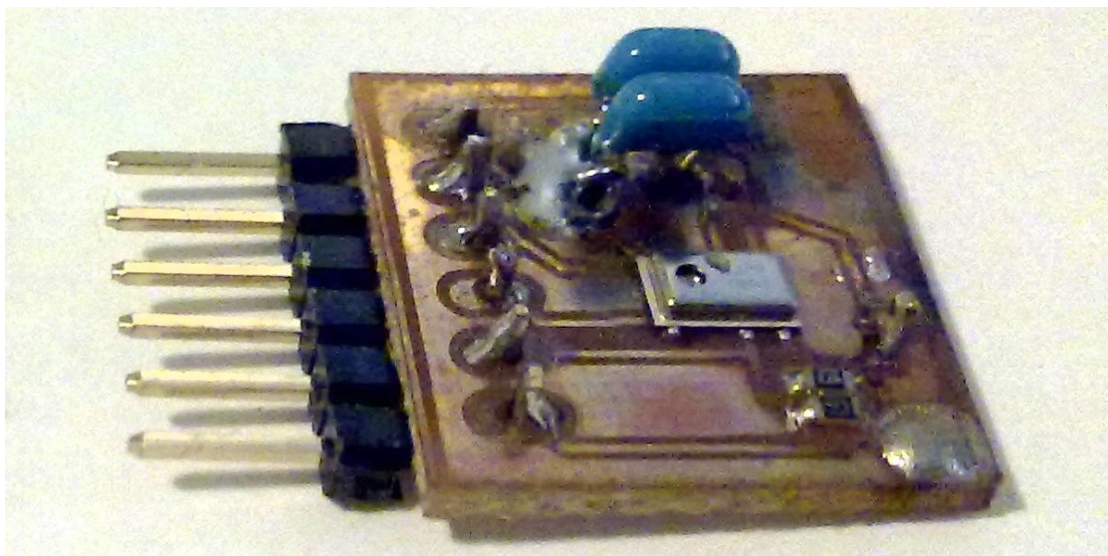
DHT22 (ks. kuvio 2) on hyvin saman kaltainen halvemmän DHT11-anturin kanssa, mutta huomattavasti tarkempi. Anturi kytketään OneWire-väylällä haluttuun laitteeseen. Laitteen kytkentä vaatii valmiilla testilevyllä kolme johdinta ja ilman testilevyä neljä johdinta. Anturi mittaa suhteellista ilmankosteutta 2 %:n tarkkuudella ja lämpötilaa puolen celsiusasteen tarkkuudella (Liu 1970.) Toisin kuin DHT11, DHT22 mittaa ilmankosteutta kapasitiivisesti saavuttaen näin paremman mittaustarkkuuden.



Kuvio 2. DHT22-ilmankosteusanturi
(Tomasz Przechlewski 2013, muokattu)

2.1.3 Ilmanpaineanturit

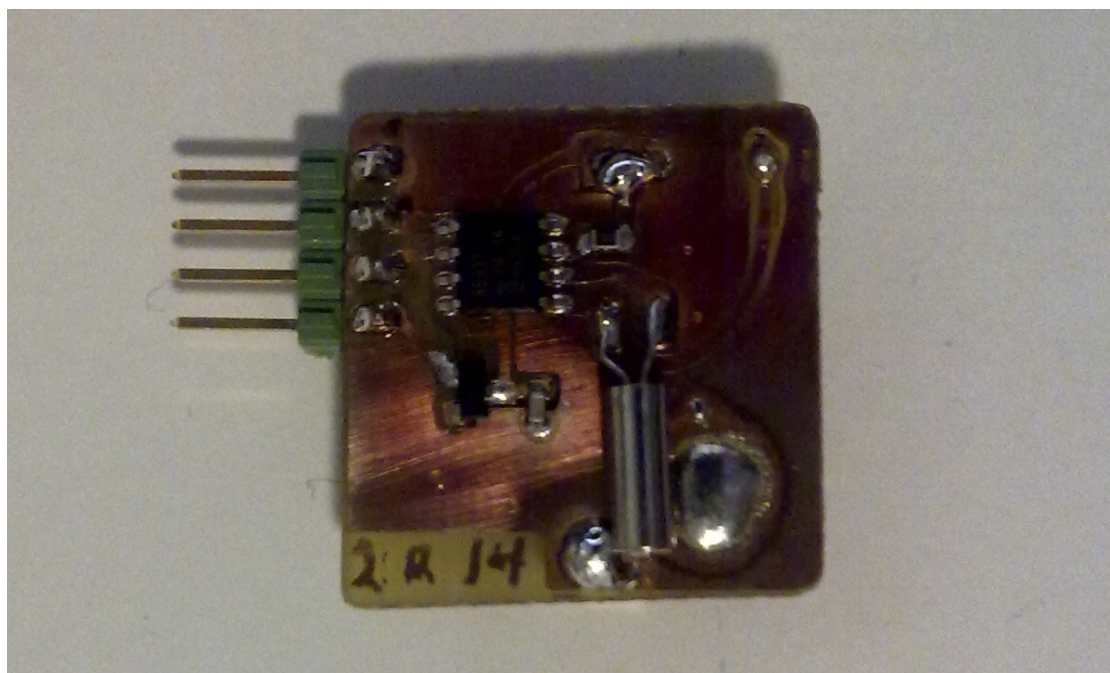
Myös ilmanpaineanturit (ks. kuvio 3) lisättiin tekijän toiveesta lisäämään projektin haastetta. Anturin valintaan on vaikuttanut eniten anturin hinta, koska anturin tarkkuudella ei asiakkaalle ole merkitystä. Ilmanpaineantureiden valintaan vaikutti myös saatavuus. Anturit tilattiin Farnell element14-verkkokaupasta (Farnell element14 2013). Anturiksi valittiin MPL1152A2-ilmanpaineanturi, joka kytketään I²C-väylään ja on valmiiksi tehdaskalibroitu sekä sisältää myös lämpötila-anturin ilmanpaineen kalibrointiin (Freescale Semiconductor 2012).



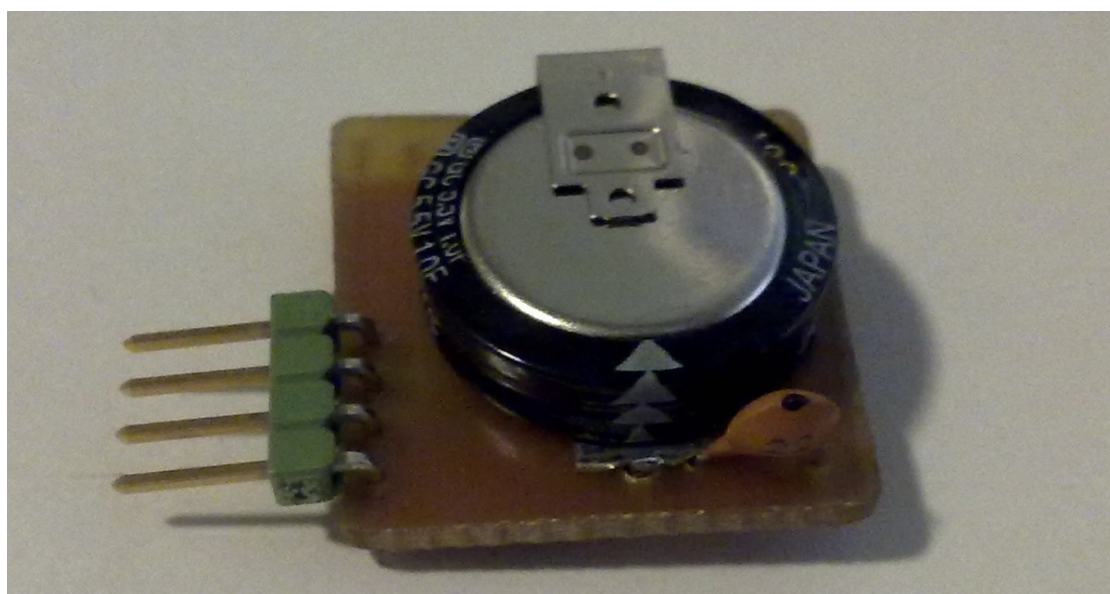
Kuvio 3. Ilmanpaineanturi juotettuna

2.2 Kellopiirit

Kellopiiri rakennettiin, jotta kello olisi mahdollista vaihtaa tai korjata mahdollisten valmistus- tai käsittelyvirheiden takia (ks. kuvat 4 ja 5). Kellopiiriksi tuli PCF8593-piiri, jota oli tilattu jo valmiiksi varsinaista piirilevyä varten. Kellopiirin valintaan vaikutti myös helppo saatavuus ja valmiiden kirjastojen olemassaolo. Kellopiirille laitettiin yhden faradin superkondensaattori pitämään kelloa ajassa. Superkondensaattori pitää kuukauden kestäneen testimittauksen mukaan kellon ajassa noin 2 kuukautta virran pois kytkemisen jälkeen. Testissä mitattiin myös kellon heittoa. Testin tuloksena oli, että kellopiiri heittää noin 41 sekuntia kuukautta kohti. Tällä laskettuna kello heittäisi vuoden aikana hiukan yli 8 minuuttia. Tämä heitto on käyttötarkoitukseen nähden siedettävä ja olettaen, että kelloa tullaan siirtämään kesä- /talviaikaan, jää kellon heitto paljon tätä pienemmäksi.



Kuvio 4. Kellopiiri päältä kuvattuna



Kuvio 5. Kellopiiri pohjasta kuvattuna

Philips PCF8593-kellopiiri

PCF8593-kellopiiri toimii lähes samalla tavalla kuin PCF8563. Piirien välisiä eroja ovat mm. hinta, pinnien toiminnot, pinnien sijainti, käyttöjännite ja virrankulutus. Piirejä voidaan käyttää samalla kirjastolla

niiden saman samankaltaisuuden vuoksi. Tämä piiri on hiukan paremmin varusteltu kuin PCF8563 (Farnell element14 2013).

Philips PCF8563-kellopiiri

PCF8563 on lähes sama kuin PCF8593. Tämä piiri on saanut paljon suosiota halvan hintansa ja helpon käytettävyytensä takia. Kellopiiriä löytyi myös Jyväskylän ammattikorkeakoulun varastosta, jolloin kellopiiriä pystyttiin testaamaan jo ennen varsinaisen piirilevyjen tekoa.

MCP7940M-kellopiiri

MCP7940M oli suunnitteilla ostaa valmiina piirilevynä, jossa olisi paristovarmennus. Pariston eliniäksi luvattiin 1 vuosi (DXcom 2014). Kellon tarkkuudesta ei ollut tietoa, joten piirin vertaaminen itse tehtyyn piirilevyyn ei ole tiedossa, mutta luultavasti piiri olisi itse tehtyä piiriä parempi. Kellopiiri hylättiin korkeamman hintansa ja saatavuutensa puolesta.

2.3 Mikrokontrollerit

Mikrokontrolleri valittiin tekijän mieltymyksien ja kokemusten pohjalta, myös ohjelmointilaitteen helppo saatavuus vaikutti asiaan.

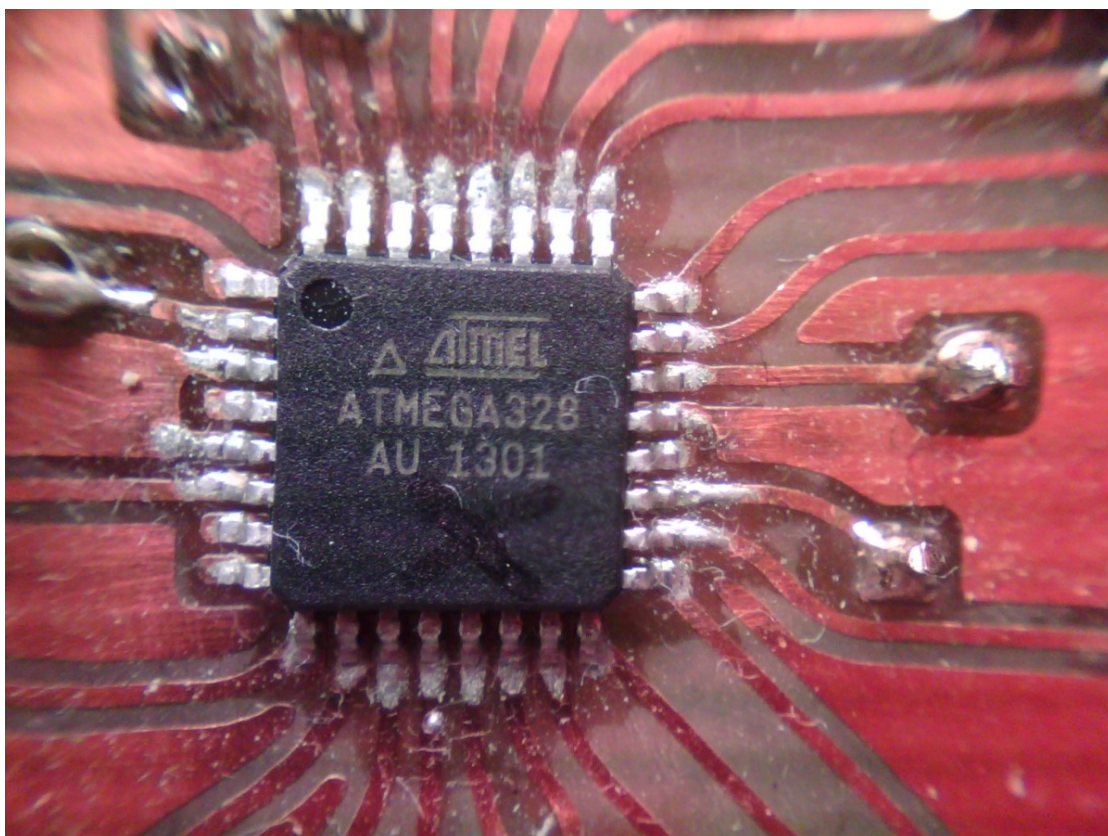
ATmega328P

ATmega328P on Arduinostakin tuttu. Atmega328P on DIP28-kotelolla valmistettu suhteellisen halpa mikrokontrolleri. Mikrokontrollerissa

on 20 ohjelmitavaa I/O-pinniä, joista osassa on erityisiä ominaisuuksia. Mikrokontrolleri sisältää muutamia tälle projektille tärkeitä ominaisuuksia, joita voidaan havaita liitteestä 3. Esimerkkinä SPI-väylä, jota käytetään muistikortin kanssa kommunikointiin. (Atmel Corporation 2012.)

ATmega328-AU

On lähes sama kuin Atmega328P mutta vain pintaliitettävällä kotelolla. Kotelo tuo myös käyttöön 2 I/O-pinniä lisää, jotka on DIP-kotelossa poistettu käytöstä. (Atmel Corporation 2012.) (Ks. kuvio 6.)



Kuvio 6. ATmega328-AU-mikrokontrolleri juotettuna

3 Suunnittelu

3.1 Yleistä

Suunnittelu aloitettiin keräämällä asiakasvaatimuksia ja miettimällä laitteen yleistä toimintaa. Samalla tutustuttiin antureihin ja testattiin niiden toimintaa. Laitteen olennaisia ominaisuuksia oli, että laite toimisi mahdollisimman pitkään paristoilla, vaikka laite kytkettäisiinkin normaalisti verkkovirtaan. Laitteen virrankulutusta päätettiin pienentää jakamalla laite kahteen osaan. Jakoperusteena on, että laite pysyy ylläpitämään datan tallennusta paristoilla mahdollisimman pitkään ja muut laitteen toiminnot tehtäisiin omaksi osakseen. Laite jakautui datan keruusuuteen (lempinimi loggeri) ja datan esitys/muutosuuteen (lempinimi näyttö).

Loggeri-osuuden suunnittelu aloitettiin tutustumalla antureihin ja niiden vaatimiin lisäkomponentteihin.

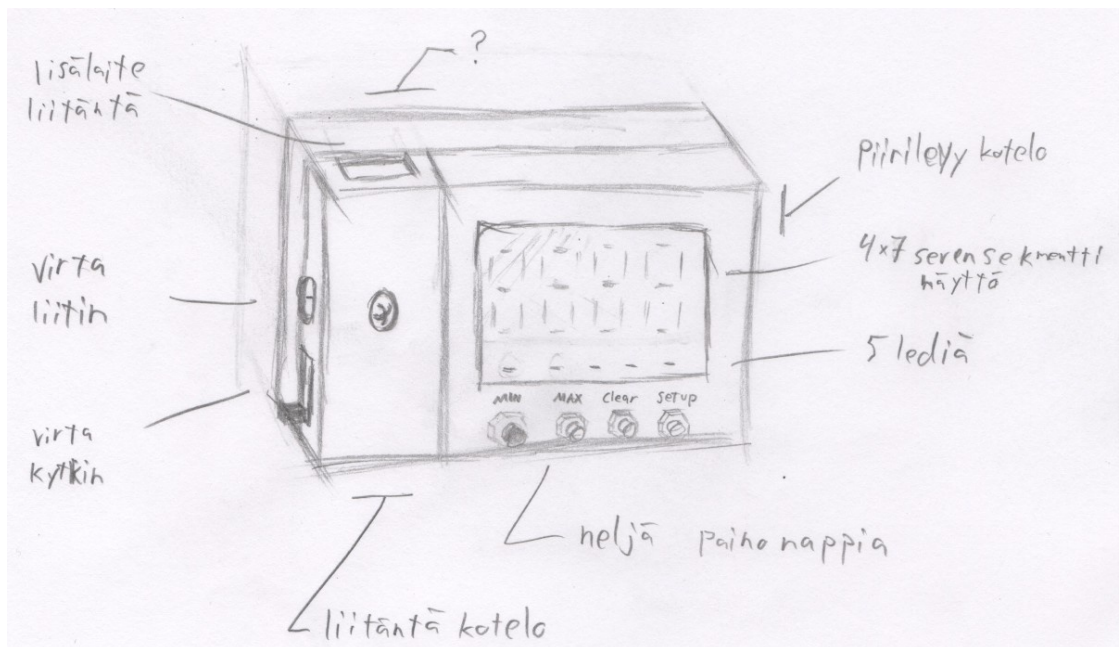
Näyttö-osuus suunniteltiin näyttämään nykyinen kellonaika ja lämpötila sekä toimimaan vain, kun verkkovirtaa on saatavilla.

3.2 Käyttöliittymän suunnittelu

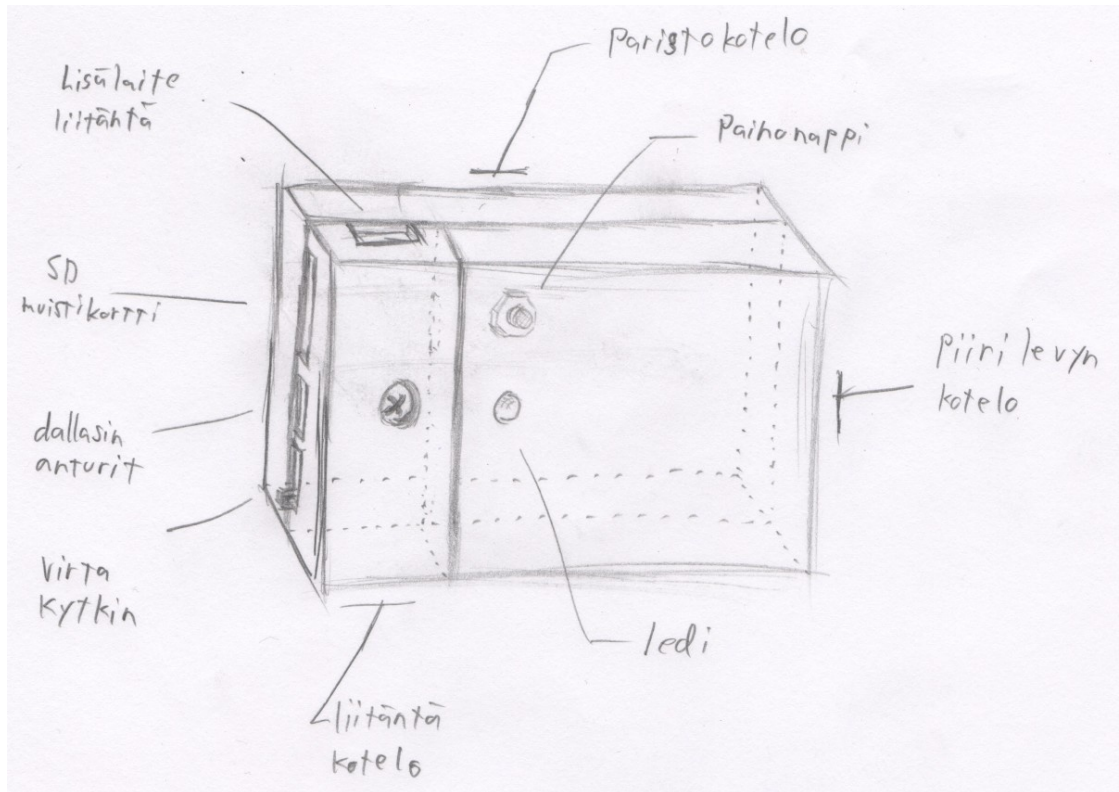
Käyttöliittymän suunnittelu aloitettiin varsinaisen piirilevyn suunnittelun ohessa. Käyttöliittymän suunnittelussa tuli ottaa huomioon myös mikrokontrollerien porttien riittävyys. Käyttöliittymä suunniteltiin alusta lähtien kahdelle laitteelle jolloin, laitteen kumpaakin

osuutta voitaisiin käyttää yhdessä tai erikseen. Alustavat suunnitelmat näyttö-osuudelle (ks. kuvio 7) ja loggeri-osuudelle (ks. kuvio 8) tehtiin noin työn puolella välissä, ja lopullinen käyttöliittymä on suunniteltu näiden suunnitelmien pohjalta.

Näyttö-osuuden käyttöliittymäksi tuli 4 painonappia, 1 säätövastus, 9 lediä ja 4 8-segmenttinäyttöä. Loggeri-osuuden käyttöliittymäksi tuli 2 lediä, 1 kiikkukytin, 1 usb-minivirtaliitin, 1 SD-korttipaikka, 5 ruuviliitintä ja 1 painonappi.



Kuvio 7. Näyttö-osuuden alustava suunnitelma



Kuvio 8. Loggeri-osuuden alustava suunnitelma

3.3 Virrankulutuksen minimointi

Virrankulutuksen minimoinnissa on otettu huomioon eri anturien ominaispiirteitä, mikrokontrollerin ominaisuuksia sekä ohjelmallisesti toteutettavissa olevia virransäästötoimenpiteitä.

Ilmanpaineanturin ominaisuuksiin kuuluu unitila, jossa anturin kulutus laskee huomattavasti. Tätä ominaisuutta on hyödynnetty vain ilmanpaineanturissa. Muissa antureissa virrankulutusta on laskettu katkaisemalla dataväylien ja itse antureiden virta. Tämä virran katkaisu tuo omat ongelmansa. Koska väylä suljetaan, joudutaan kom-

munikaatio anturiin uusimaan jokaisella kerralla, kun antureita tarvitaan.

Mikrokontrollerin virran kulutusta on pienennetty laittamalla mikrokontrolleri syvään unitilaan (Atmel Corporation 2012), josta se voidaan herättää vain sisäisellä keskeytyspulssilla tai ulkoisella herätteellä. Mikrokontrollerin virrankulutusta on myös laskettu yrittämällä poistaa turhia sisäisiä piirejä pois käytöstä (Gammon 2013). Näihin piireihin kuuluvat muun muassa ADC-muunnin, watchdog, brown-out detection sekä I/O-pinnien lähdöt. Mikrokontrollerin virrankulutusta on myös laskettu alentamalla mikrokontrollerin kellotaajuutta. Mikrokontrollerin virrankulutusta on myös yritetty laskea ohjelmallisesti muuttamalla mikrokontrollerin päälläoloaika mahdollisimman pieneksi.

3.4 Paristovarmennus

Loggeri-osuus on paristovarmennettu. Tämän tarkoituksena on, että jos verkkovirta häviää esimerkiksi sähkökatkon tai muuntajan palamisen takia, laite kerää silti säätietoja talteen muistikortille. Sähköjen palatessa laite jatkaa normaalia toimintaansa. Paristovarmennuksen tekeminen osoittautui oletettua haastavammaksi.

Paristovarmennus yritettiin toteuttaa loogisella NOT-piirillä ja transistorilla. Toimintaperiaatteena on, että looginen NOT-piiri ohjaa transistorin johtavaan tilaan, kun verkkovirran jännite putoaa nolnaan. Tämä menetelmä toimi, mutta osoittautui käyttökelvottomaksi. Kokeilu käytännössä osoitti, että looginen NOT-piiri ei anna tarpeeksi virtaa transistorille, että tämä antaisi tarpeeksi virtaa koko laitteelle.

Paristovarmennus toteutettiin releellä, mutta releiden ollessa suhteellisen kookkaita tämä ei ollut tekijän mieluisin tapa toteuttaa sitä, vaikka onkin varmasti toimintavarmin ratkaisu. Releiden huonona puolena ovat myös sen pitämä ääni koskettimien asentoa vaihdettaessa sekä koskettimien kulumisen ajan myötä.

4 Toteutus

4.1 Piirilevyn valmistus

Piirilevyt valmistettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun tiloissa koulun tarjoamilla välineillä. Piirilevyjä kehitettiin valotukseen, kehitykseen ja syövytykseen perustuvien menetelmin.

Valotuksessa tulostetaan läpinäkyvälle kalvolle piirilevyn osat, joita ei haluta syövyttää. Tämän jälkeen otetaan valmiiksi valonherkällä kalvolla varustettu kupari/komposiittilevy, joka asetetaan valotuslaitteeseen kalvon kanssa. Tässä yhteydessä kannattaa vielä tarkistaa, että kalvo on oikein päin, jotta piirilevystä ei tule peilikuvaa. Kalvojen asettamisen jälkeen valotuslaite voidaan kytkeä päälle. Laite valottaa piirilevyn UV-valolla, joka hajottaa valonherkkää kalvoa seuraavaa vaihetta varten.

Piirilevyn valottamisen jälkeen kalvot poistetaan ja piirilevyn reunaan porataan reikä kiinnitysnarua varten. Kiinnitysnaruna käytetään useasti myös sähköjohtoa helpon saatavuutensa takia. Narun tarkoitus on auttaa piirilevyn käsittelyä hapoissa.

Narun kiinnityksen jälkeen piirilevy voidaan upottaa seuraavan vaiheen kehitehappoon. Tämä happo syövyttää valonherkkää kalvoa pois piirilevyn päältä. Valotuksen ansiosta valonherkkä kerros liukee nopeammin valotetuilta alueilta. Tämänkin vaiheen kanssa on oltava tarkkana tai voi vahingossa syövyttää liikaa kalvoa pois, jolloin johdinvedot voivat katketa seuraavassa vaiheessa. Kehitteen jälkeen piirilevy huuhdotaan runsaalla vedellä, jotta levyä voidaan tarkastella paremmin ja hapot eivät sekoittuisi keskenään.

Huuhtelun jälkeen voidaan tarkastaa, pitääkö piirilevyä vielä kehittää lisää tai korjata ennen syövytystä. Tässä vaiheessa, jos huomataan yhden tai kahden johtimen katkenneen levyllä, voidaan levyä korjata pienikärkisellä pysyvällä tussilla.

Korjausten ja tarkastusten jälkeen voidaan aloittaa kolmas vaihe eli kuparin syövytys. Tässä vaiheessa piirilevy upotetaan happoon, joka syövyttää paljasta kuparipintaa pois piirilevyiltä. Syövytystä voidaan nopeuttaa lämmittämällä happo noin 50 celsiusasteeseen. Syövytystä voidaan tehostaa lisää liikuttamalla happoa tai piirilevyä. Yksi suosituista tavoista on puhaltaa ilmaa happoon, jolloin ilmakuplat laittavat hapon liikkeelle.

4.2 Laitteen ohjelmointi

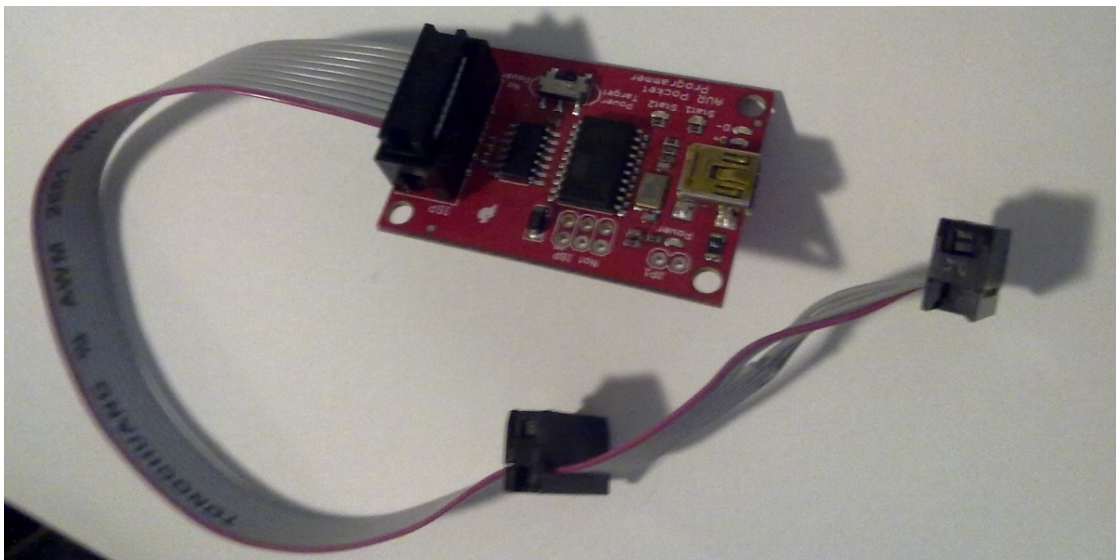
Laitteiden ohjelmointiin käytettiin Arduino IDE -nimistä ohjelmaa, jolla voidaan ohjelmoida normaalisti tiettyjä Atmelin valmistamia mikrokontrollereita. Ohjelma kykenee ohjelmoimaan tarvittaessa lähes kaikkia Atmelin mikrokontrollereita.

Ohjelman hyötyinä ovat valmiit kirjastot mikrokontrollerin ominaisuuksien hyödyntämiseksi, ohjelman helppokäyttöisyys, yhteisötuki sekä tuki Windows-, Linux- ja Mac OS X -järjestelmille. Ohjelman haittapuolina voidaan luetella, että ohjelma syö hieman mikrokontrollerin muistia ja tiettyjen erikoisten toimintojen hyödyntäminen voi osoittautua hankalaksi kirjastojen dokumentaation puuttuessa.

Vaihtoehtoinen ohjelmointiohjelmisto on Atmel Studio (ennen AVR Studio), joka on saatavana Atmelin omilta sivuilta ilmaiseksi Windowsille. Atmel tarjoaa myös Linux-käyttäjille työkaluja mikrokontrollerien ohjelmointiin mutta ei kehitysympäristöä.

Ohjelmointilaite

Ohjelmointiin käytettiin Robomaa.com-verkkokaupasta ostettua Pocket AVR Programmer -ohjelmointilaite (ks. kuvio 9.). Jyväskylän ammattikorkeakoululta löytyi STK500-kehitysalustoja, joilla voidaan ohjelmoida ja polttaa Arduinon ohjelma mikrokontrollereihin. Jyväskylän ammattikorkeakoulusta löytyi myös Arduino Duemilanove -kehitysalustoja, joilla on mahdollista ohjelmoida ATMegon mikrokontrollereita, joihin on valmiiksi poltettu Arduinon ohjelmisto sisään. Kokonsa puolesta Pocket AVR -ohjelmointilaite oli mukavin kuljettaa mukana.



Kuvio 9. Pocket AVR -ohjelmointilaite

Ohjelmankirjoitus laitteelle

Laitteen molempiin osaan kirjoitettiin oma ohjelmansa. Ohjelmaa kirjoittaessa tuli loggeri-osuudessa ongelmia laitteen muistin kanssa, mikä kävi vähiin useiden antureiden kirjastojen takia. Ongelma ratkaistiin poistamalla kirjastoista tarpeettomia ominaisuuksia ja poistamalla kehitysvaiheessa tarvittua testauskoodia.

Loggeri-osuuden logiikan toteutuksessa piti huomioida eri anturien tarvitsema käynnistymisaika, jonka anturi tarvitsee käynnistyäkseen kunnolla, kun siltä on otettu virrat pois. Lisäksi piti huomioida, että mikrokontrollerin pisin mahdollinen nukkumisaika on 8 sekuntia. (Atmel Corporation 2012). Laitteen nukkumisaikaa pidennettiin muuttujalla, joka laskee, kuinka monta 8 sekunnin nukkumista tarvitaan, ennen kuin laite on nukkunut tarpeeksi ja on aika ottaa uusi mittausulos. Toteutuneen loggeri-osuuden ohjelman vuokaavio on katsottavissa liitteestä 4.

Esimerkki loggeri-osuuden koodista on kuviossa 10. Kuviossa on tallennusfunktio muistikortille. Koodi tallentaa aikaleiman ja antureista luetut arvot tekstitiedostoon, josta se voidaan myöhemmin lukea Libreofficella taulukkolaskentaohjelmaan. Koodissa on myös varmuuksia erilaisia muistikorttivirheitä varten, jotka tallennetaan muuttujaan käyttäjäpalautetta varten.

Lämpötila-antureiden lukumäärä on vaihteleva, joten ulkoiset lämpötila-anturit on laitettu tästä syystä viimeiseksi. Laittamalla lämpötila-anturit viimeiseksi voidaan antureita kytkeä laitteeseen yhdestä lähes äärettömään. Valitettavasti väylä ei anna antureita aina samassa järjestyksessä, joten lämpötila-antureiden järjestys saattaa muuttua antureita lisättäessä.

```

if (sdError == 0){
  // date; time; baro_temp; baro_presu; dht_temp; dht_humi; dht_dew; dallas1; dallas2; dallas3;
  SD.begin(sdpin); //Needed after sleep and power cut or card remove
  File rootFile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
  // if the file is available, write to it:
  if (rootFile) {
    if ( rootFile.print(rtc.formatDate(RTCC_DATE_ASIA)) == 0 ){
      sdError = 2;
    }else{
      rootFile.print("T");
      rootFile.print(rtc.formatTime());
      rootFile.print(";");
      rootFile.print(saveBarometerTempature());
      rootFile.print(";");
      rootFile.print(saveBarometerPressure());
      rootFile.print(";");
      rootFile.print(saveHumiditySensorTemperature());
      rootFile.print(";");
      rootFile.print(saveHumiditySensorHumidity());
      rootFile.print(";");
      rootFile.print(saveHumiditySensorDewPoint());
      rootFile.print(";");
      for(int i=0;i<numberOfDevices; i++){
        rootFile.print(saveTemperature(i));
        rootFile.print(";");
      }
      rootFile.println(";");
    }
  }else { // if the file isn't open, pop up an error:
    //Serial.println("error opening file for writing");
    sdError = 3;
  }
  rootFile.close();
}

```

Kuvio 10. Loggeri-osuuden koodin esimerkki

Näyttö-osuuden ohjelma tehtiin käyttäen tilakonetta, jonka uudistettu kaavio löytyy liitteestä 5. Liitteessä olevasta tilakaaviosta puuttuu sarjaportin lukeminen, joka on toteutettu tilakoneen ulkopuolella. Ulkopuolella olemisen ansiosta ohjelma pystyy lukemaan sarjaporttiin tulleeseen datan lähes heti, kun se tulee, ja jatkamaan sitten tilakoneen normaalia toimintaa.

4.3 Virheiden etsintä ja korjaus

Ensimmäisestä loggeri-osuuden piirilevyistä löytyi huomattava määrä virheitä. Suurin osa virheistä oli maakontakteja, joita syntyi huonolaatuisen syövytyksen ja kolvaamisen johdosta. Kytkennällisiäkin

virheitä löytyi, josta muistikortin kytkentä oli pahin. Muistikortin kiinnitys oli omassa piirilevyssään, joten korjaus saatiin tehtyä tähän levyyn. Se helpotti korjauksen tekemistä huomattavasti.

Kun pahimmat virheet oli korjattu, voitiin aloittaa laitteen ohjelman kirjoittaminen. Valitettavasti testattaessa pysyvään muistiin liittyvää koodia laitteen mikrokontrolleri otti virtapiikin, joka poltti tulovirrassa olevan diodin. Tämän vian löytämisen ja korjaamisen jälkeen mikrokontrolleri hajosi. Syy mikrokontrollerin hajoamiseen on vieläkin mysteeri ja koodi, joka saattoi sen hajottaa, on jo kadonnut. Mikrokontrollerin hajoamisen jälkeen ei ollut muuta vaihtoehtoa kuin rakentaa koko laite uudestaan, koska mikrokontrollerin vaihtaminen piirilevyllä olisi ollut todella työlästä ellei jopa mahdotonta.

4.4 Uuden piirilevyn valmistus ja testaus

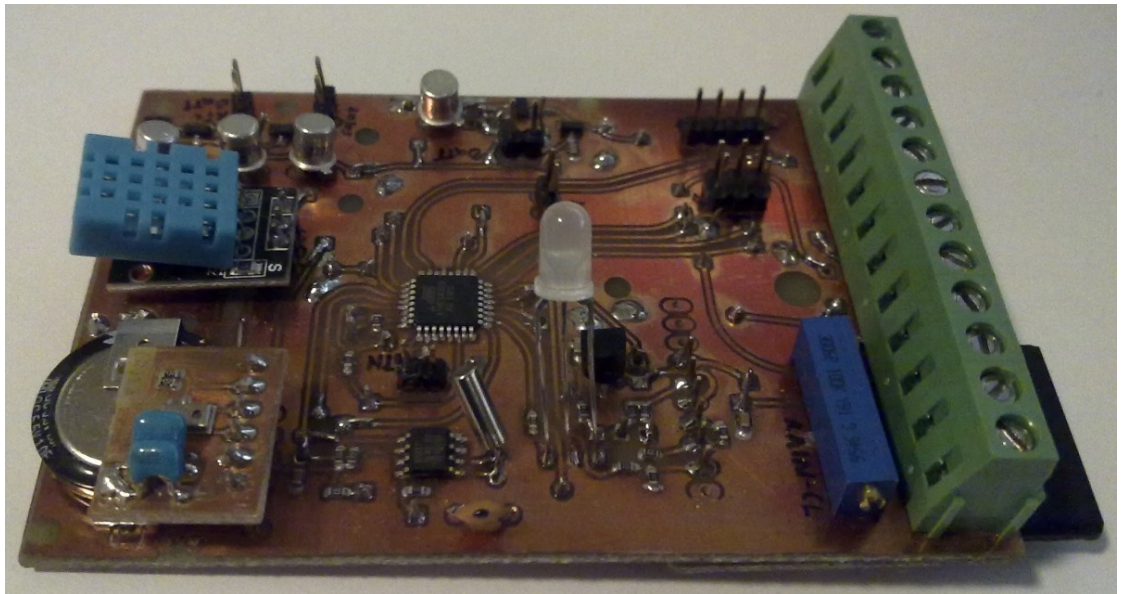
Koska vanha loggeri-osuuden piirilevy hajosi, oli tehtävä uusi. Tähän levyyn korjattiin muistikortin kytkentä sekä lisättiin muutama kondensaattori estämään aiemmassa levyssä esiintynyt virtapiikki.

Uusi levy valmistui nopeasti, ja osa läpijuotettavista komponenteista siirrettiin uuteen piirilevyyn. Uuteen piirilevyyn siirrettiin muun muassa ilmankosteusanturi, ilmanpaineanturi ja ruuviliitäntöjä.

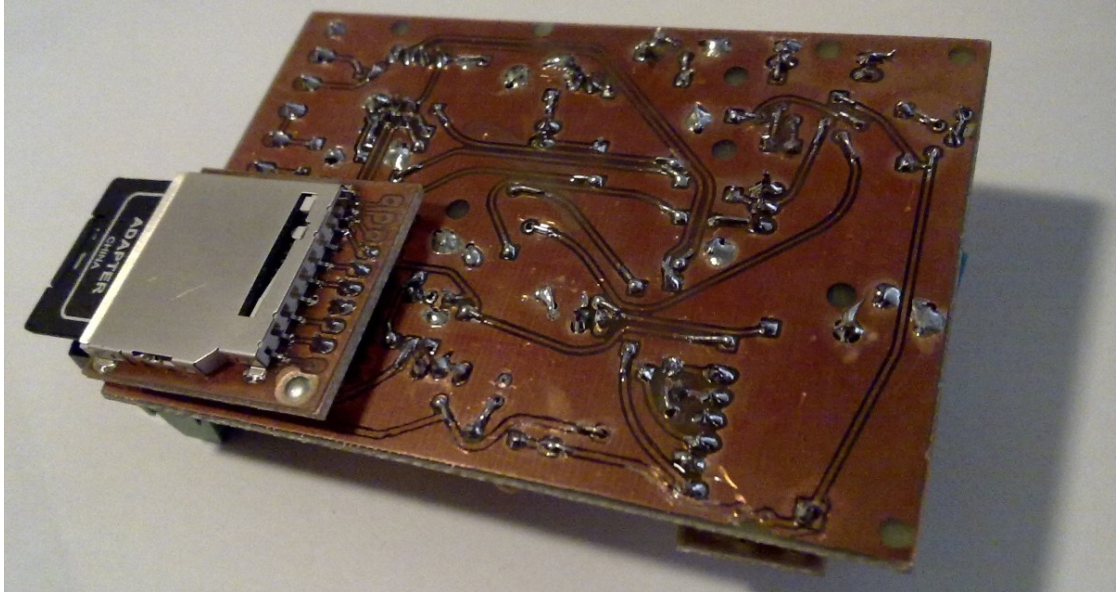
Uudesta levystä paljastui kuitenkin kytkennällisiä ja komponenttinvirheitä. Kytkennällisiä virheitä paljastui, kun piiriä yritettiin käyttää paristoilla. Piirin paristovarmennus ei toiminut alkuunkaan.

4.5 Toteutunut laite

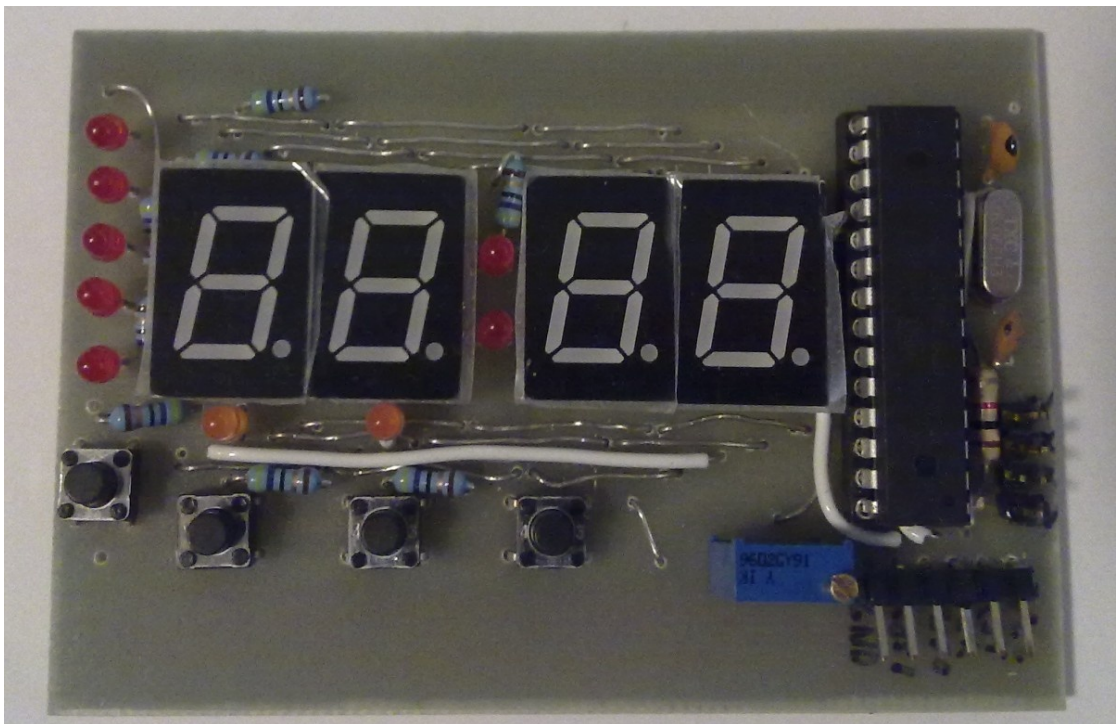
Toteutunut laite (ks. kuviot 11, 12, 13 ja 14) toimii, mutta jää toiminnallisuudeltaan asiakastavoitteista. Toiminnallisia puutteita on paristovarmennuksessa, kellossa ja ohjelmistossa. Laite kuitenkin kykenee osoittamaan, että tällainen laite on mahdollista rakentaa kyseisillä antureilla ja piireillä. Liitteissä 1 on loggeri-osuuden kytkentäkaavio virheineen ja liitteessä 2 on näyttö-osuuden kytkentäkaavio.



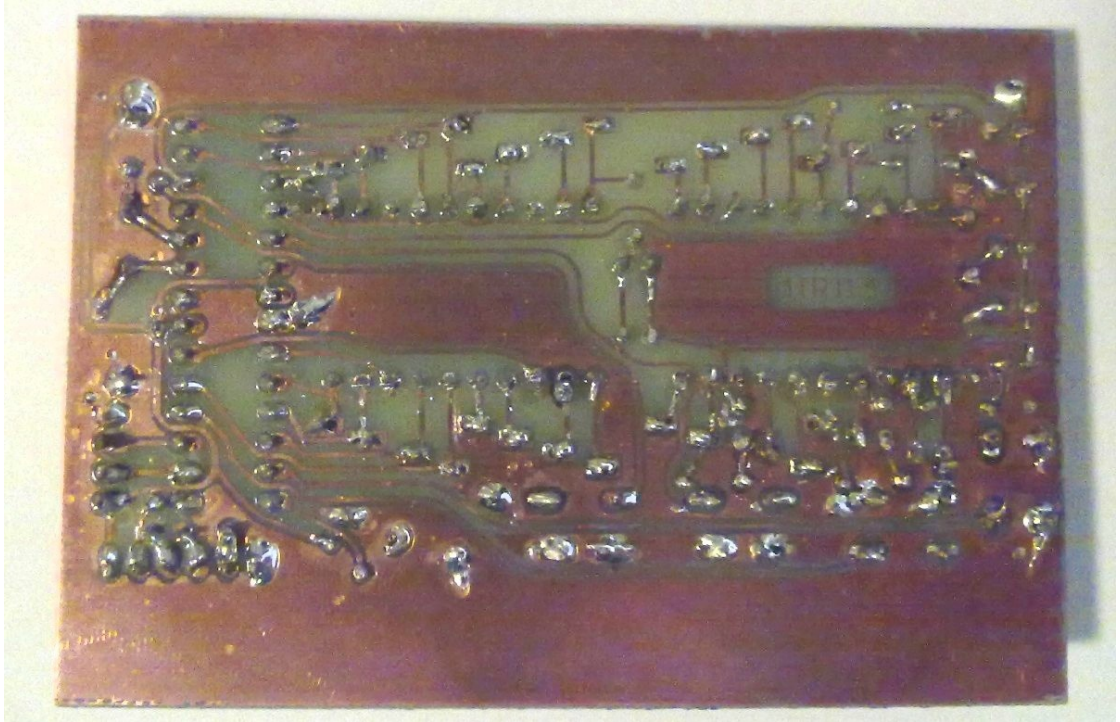
Kuvio 11. Loggeri-osuuden versio 2, päältä kuvattuna



Kuvio 12. Loggeri-osuuden versio 2, pohjasta kuvattuna



Kuvio 13. Näyttö-osuus päältä kuvattuna



Kuvio 14. Näyttö-osuus pohjasta kuvattuna

5 Yhteenveto

5.1 Tulosten arviointi

Vaikka tehty laite osoittautui hiukan vajaaksi asiakasvaatimusten osalta, on laite silti osoitus, että tällainen laite voidaan rakentaa. Laitteen virrankulutuksen minimointi osoittautui todella haastavaksi ja tätä tullaan vielä tutkimaan lisää. Asiakas oli osittain tyytyväinen tuotteeseen, mutta laitteen toimintavarmuutta ja muita osa-alueita pitää parantaa ennen tuotteen luovuttamista asiakkaalle. Laitteen olisi voinut rakentaa myös valmiiden kehityslevyjien päälle, jolloin laitteen kehittämiseen kuluva aika olisi pienentynyt, mutta tällöin laitteen toiminta-aika paristoilla olisi varmasti jäänyt lyhyemmäksi. Asiakas ei kuitenkaan halunnut käyttää valmiita ratkaisuja mahdollista markkinointia varten, joten laite suunniteltiin alusta alkaen itse.

Tämän työn tekeminen on opettanut, että laitteen suunnittelussa huomioon otettavia asioita on valtavasti ja varsinkin suunnittelussa pitää tehdä säännöllisiä tarkastuksia vähentämään virheiden määrää jo työn alusta lähtien.

5.2 Jatkokehitys

Laitetta sellaisenaan ei tulla asiakkaalle luovuttamaan, vaan laitetta jatkokehittäään vastaamaan paremmin asiakkaan vaatimuksia. Loggeri-osuutta parannellaan käytettävyyden ja virransäästön osalta

erittäin paljon. Varsinkin virransäästön osalta tutkitaan, olisiko käyttöjännitteen alentaminen 3,3 volttiin loggeri-osuudessa kannattavaa. Laitteen toimintavarmuuttakin testataan ja parannetaan varsinkin paristoilla toimiessa. Lopullinen laite koteloidaan ennen asiakkaalle luovuttamista. Laitteeseen voidaan vielä tehdä muitakin muutoksia, jos asiakas niitä haluaa. Lopullisten laitteiden piirilevyt voitaisiin myös valmistuttaa kolmannella osapuolella. Näin valmistettujen piirilevyjen toimintavarmuus ja ulkonäkö olisivat paremmat.

Lähteet

Atmel Corporation. 2012. ATmega328- mikrokontrollerin datalehti. Viitattu 1.4.2014.

http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet.pdf

D-Robotics UK. 2010. DHT11-ilmankosteusanturin datalehti. Viitattu 1.4.2014. www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf

DX.com (Dealextreme). 2014. Vaihtoehtoisten keloppiirien tietoja. Viitattu 1.4.2014. www.dx.com

Farnell element14. 2013. Komponenttejä, komponenttien hintoja, komponenttien kirjastoja ja datalehtien välittäjä. Viitattu 1.4.2014. www.farnell.com

Freescale Semiconductor. 2012. MPL115A2-ilmanpaineanturin datalehti. Viitattu 1.4.2014. www.farnell.com/datasheets/1670766.pdf

Gammon, N. 2013. Virransäästövinkkejä mikrokontrollereille. Viitattu 1.4.2014. <http://gammon.com.au/power>

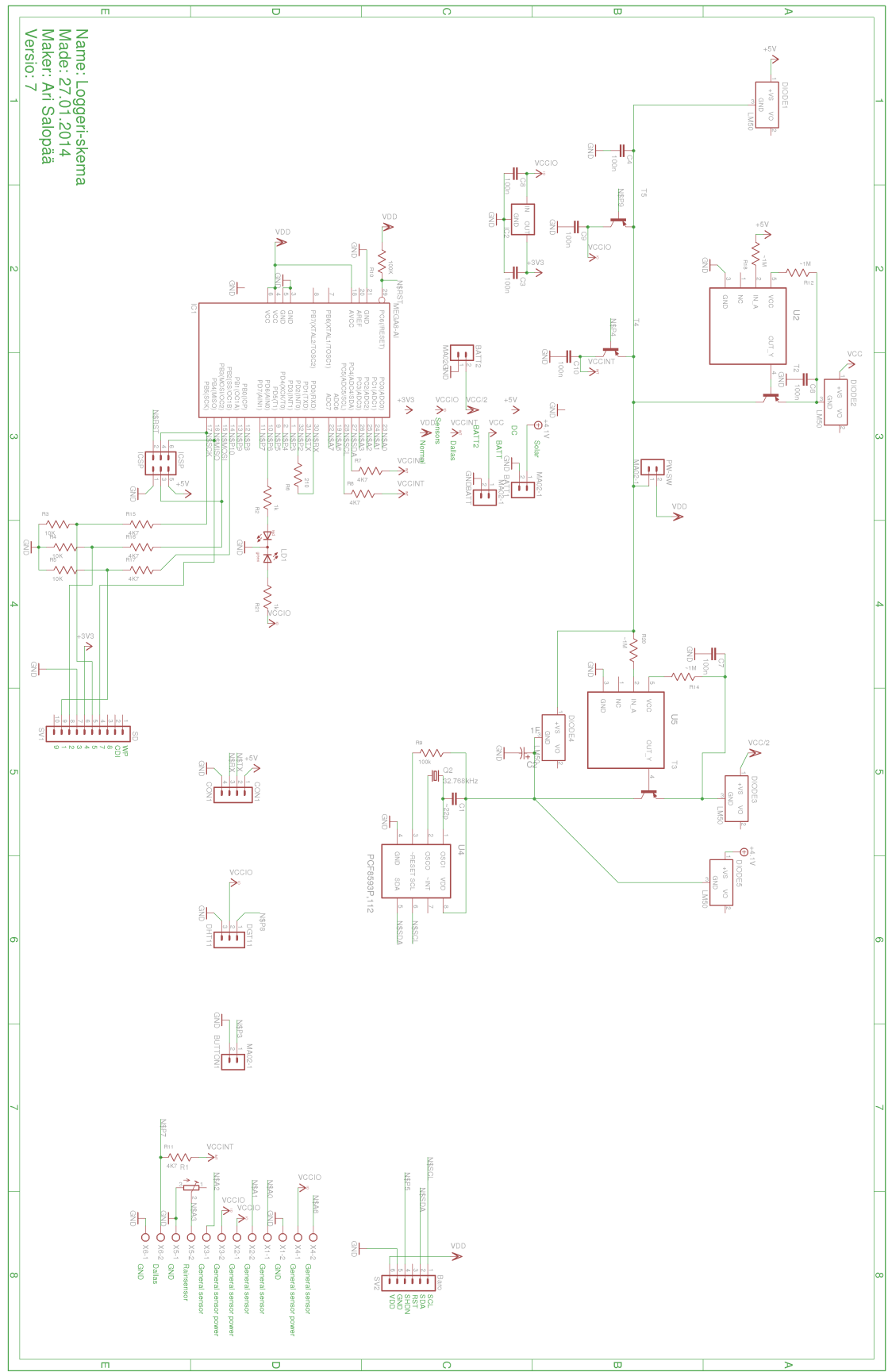
Liu, T. 1970. DHT22-ilmankosteusanturin teknisiä tietoja. Viitattu 5.5.2014. <http://www.adafruit.com/datasheets/Digital%20humidity%20and%20temperature%20sensor%20AM2302.pdf>

Maxim Integrated Products. 2010. DS18S20-lämpötila-anturin datalehti. Viitattu 1.4.2014. <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18S20.pdf>

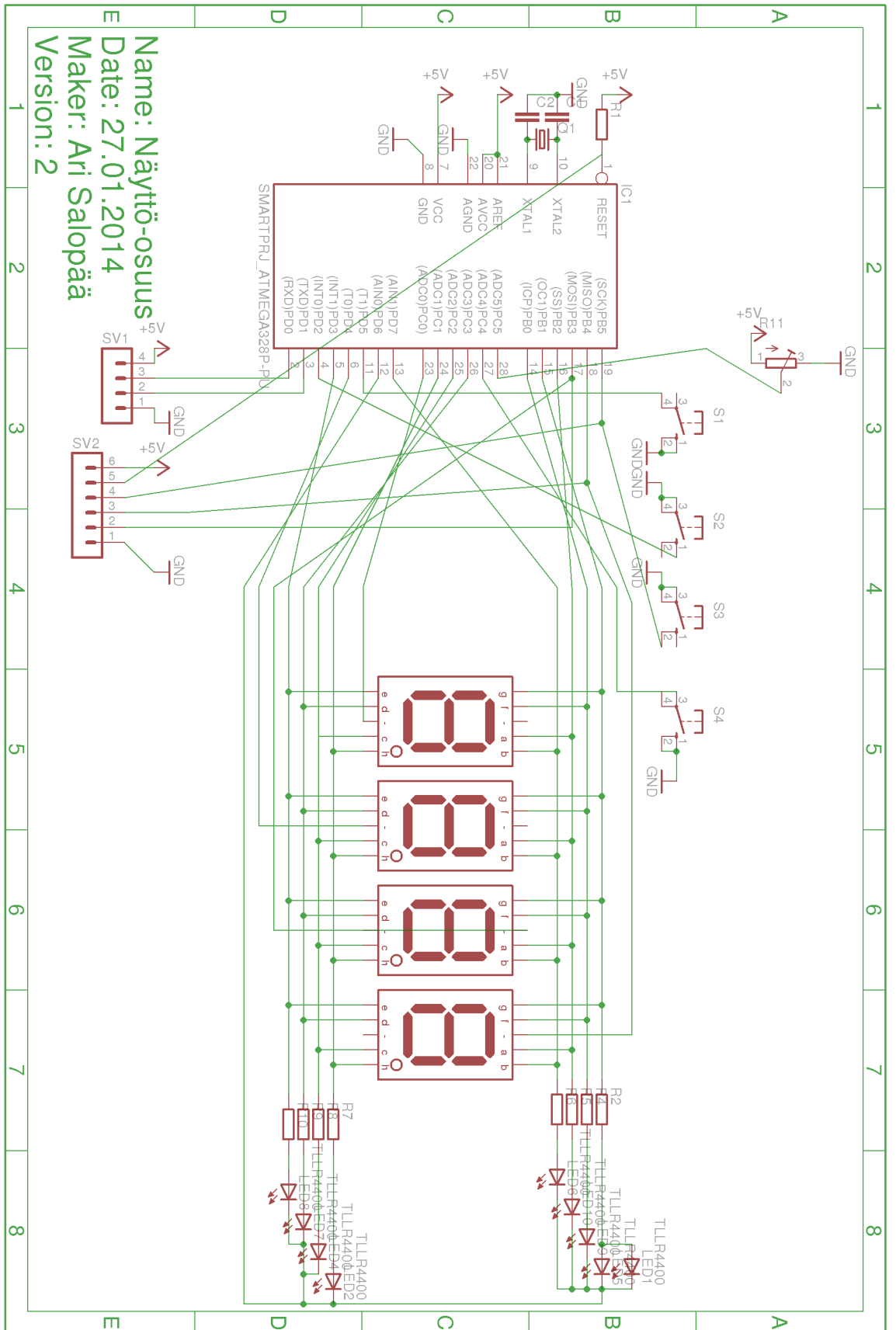
Tomasz Przechlewski. 2013. Kuva DHT22-ilmankosteusanturista muokattuna. Kuva on lisensoitu ja jaettu CC2.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>) lisenssin alaisuudella. Viitattu 1.4.2014. <https://flic.kr/p/dteAeF>

Liitteet

Liite 1. Loggeri-osuuden kytkentäkaavio



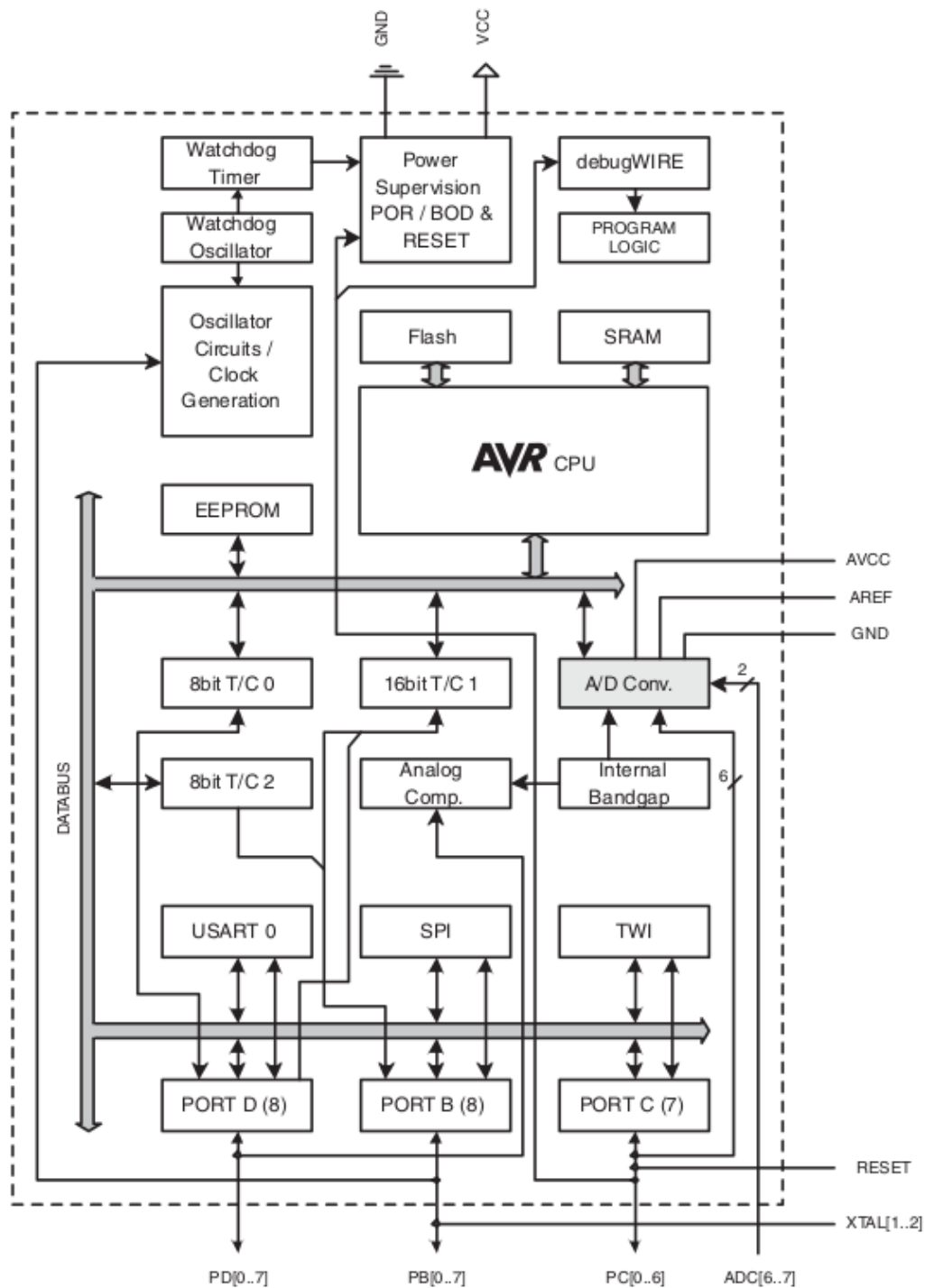
Liite 2. Näyttö-osuuden kytkentäkaavio

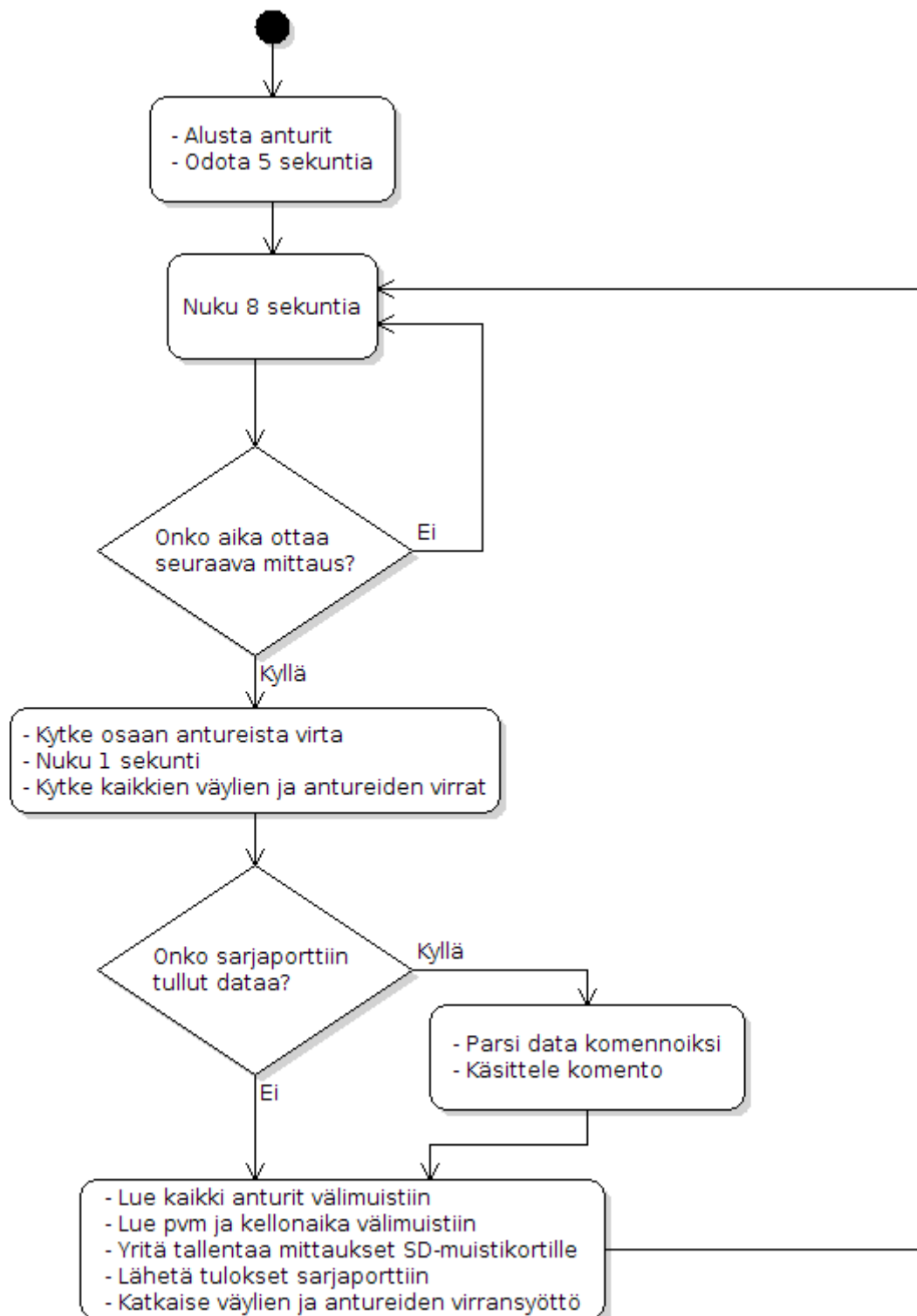


Liite 3. ATmega328 sisäinen lohkokaavio

(Atmel Corporation 2012, 5)

Block Diagram



Liite 4. Loggeri-osuuden ohjelman vuokaavio

Liite 5. Näyttö-osuuden toimintaa kuvaava tilakaavio

