



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

ROBOTIN OHJAUSJÄRJESTELMÄ

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikka
Tietokone-elektronikka
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Vladimir Ochkin

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka

OCHKIN, VLADIMIR:

Robotin ohjausjärjestelmä

Tietokone-elektroniikan opinnäytetyö, 42 sivua, 12 liitesivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa Lahden ammattikorkeakoulun Tekniikan alan laboratoriossa sijaitsevalle kaljakopparobotille uusi ohjausjärjestelmä. Kyseinen robotti on tietokone-elektroniikan vuonna 2004 opiskelunsa aloittaneiden opiskelijoiden suunnittelema ja rakentama robotti, joka oli lakannut toimimasta. Tavoitteena oli saada robotti taas toimimaan. Valmiin robotin oli tarkoitus olla kauko-ohjattava, pystyvä liikkumaan sekä mittaamaan ympäristön laatua esimerkiksi kosteuden ja lämpötilan antureiden avulla.

Työ sisältää teoreettisen ja käytännöllisen osan. Teoreettisella puolella perehdytään robotin yleisrakenteeseen ja moottoreiden toimintaan, selvitetään kauko-ohjauksen perusteet sekä ohjausjärjestelmän mikrokontrollerin toiminta. Käytännön osiossa testattiin kauko-ohjauksen toimintaa yleisellä tasolla, piirrettiin kaukosäätimen piirilevy ja testattiin sen toimintaa koekytkentäalustalla. Sen jälkeen jyrtsittiin piirilevy tietokone-elektroniikan laboratorion jyrsimellä. Suunniteltiin myös piirilevy robotin ohjausjärjestelmälle. Sen lisäksi käsiteltiin ohjausjärjestelmässä sekä kaukosäätimessä käytettyjen mikrokontrollereiden toimintaa ja ohjelmointia. Opinnäytetyö myös kuvaa mahdollisten antureiden asentamista ja toimintaa.

Riittävien ohjelmointitaitojen puuttuessa moottoriohjaimen piirilevy ei pystynyt reagoimaan kaukosäätimen lähettämiin signaaleihin halutulla tavalla. Tämän takia vain osa työssä asetetuista tavoitteista on toteutettu.

Asiasanat: kauko-ohjaus, robotti, kaukosäädin, mikrokontrolleri, piirilevy

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

OCHKIN, VLADIMIR:

Control system for a robot

Bachelor's Thesis in Computer Electronics, 42 pages, 12 pages of appendices

Spring 2012

ABSTRACT

The purpose of this study was to design and build a new control system for the beer box-robot in the electronic laboratory of Lahti University of Applied Sciences. This robot, which had stopped working for an unknown reason, was designed and built by computer-electronics students, who had their studies in the year 2004. The goal was to get the robot to operate once again. The finished robot was meant to be remotely controlled, be able to move as well as to measure air quality, for example humidity and temperature, using sensors.

The work consists of a theoretical and a practical part. The theoretical part was focused on the general structure of the robot and the working process of its motors; the basics of remote control as well as the microcontroller used in the control system were examined. In the practical part the working process of remote operation in general was tested, and circuit board of the remote control was drawn and tested using a protoboard. After this, the circuit board was milled on the milling machine in the computer electronics laboratory. Also, a circuit board for the control system of the robot was designed. In addition, the working process and programming of microcontrollers used in the remote control and the control system were investigated. The study also describes the working process and installation of possible sensors.

Because of lack of sufficient skills in programming, the circuit board of the motor controller was not able to react in the desired way to signals that are sent by remote control. For this reason, only a part of the aims set in the study were met.

Key words: remote control, robot, microcontroller, circuit board

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KAUKO-OHJAUKSEN PERUSTEET	2
3	INFRAPUNAKAUKO-OHJAUS	4
3.1	IR-signaalin dekoodaus	6
3.2	IR-signaalin protokollat	7
4	MIKROKONTROLLERI MBED NXP LPC1768	9
5	MBEDIN TESTAUS KOEKYTKENTÄALUSTALLA	11
5.1	LCD-näytön testaus	11
5.2	IR-valodiodin ja valovastaanottimen testaus	12
5.3	IR-toiminnan testaus erilaisten kaukosäätimien avulla	15
6	ROBOTIN KAUKOSÄÄDIN	16
6.1	Komponenttien esitys ja yleisasettelun kuvaus	16
6.2	IR-valodiodin taajuuden selvittäminen	17
6.3	ATtiny45-mikrokontrollerin ohjelmointi	18
6.4	Kaukosäätimen yleistoiminnan kuvaus	19
6.5	Kaukosäätimen testaus koekytkentäalustalla	20
6.6	Kaukosäätimen piirilevyn tekeminen	25
7	ROBOTIN TOIMINTA	26
7.1	Robotin moottorit	27
7.2	Robotin moottoriohjainkortti	28
7.3	Robotin jänniteregulaattorikortti	31
8	MITTAUSANTURIT	33
8.1	Lämpötila-anturi	33
8.2	Ilmankosteusanturi	34
8.3	Ilmanpaineanturi	34
9	ROBOTIN OHJAUSJÄRJESTELMÄ	35
9.1	TSOP1738	35
9.2	SHT15	35
9.3	SCP1000-D01	35
9.4	MCL D01 94V0 LCD -näyttö	36
9.5	Moottoriohjainkortin kytkeminen	36

10 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	39
LIITTEET	43

1 JOHDANTO

Tämä tietokone-elektroniikan opinnäytetyö kuvaa Lahden ammattikorkeakoulun Tekniikan alan laboratorion kaljakopparobottia ja sen ohjausmenetelmää kaukosäätimen avulla. Kauko-ohjaustavaksi valitaan IR- eli infrapuna-kauko-ohjaus. Työssä selitetään, miksi on valittu juuri kyseinen tapa, sekä tutkitaan sen toiminta teoriassa ja käytännössä. Opinnäytetyössä perehdytään myös robotin moottoriohjaimen rakenteeseen ja ohjausjärjestelmässä käytetyn mikrokontrollerin toimintaan.

Projektiin valittu IR-kaukosäädin suunnitellaan ja piirretään Eagle Professional -piirilevysuunnitteluohjelman avulla, minkä jälkeen sen toiminta testataan koekytkentäalustalla ja myöhemmin jyrsitään tietokone-elektroniikan laboratorion jyrsimellä. Kaukosäätimen mikrokontrollerina toimiva Atmelin ATtiny45 ohjelmoidaan Atmelin Avr Starter Kit STK500 -kitin avulla. IR-toimintaa eli datan lähetystä ja vastaanottoa tutkittaessa käytetään mikrokontrolleria mbed NXP LPC1768. Työssä kuvataan sen rakennetta ja toimintaa, testataan sen toimivuutta ja tutustutaan sen ohjelmointiin. Kyseistä mikrokontrolleria on tarkoitus käyttää moottoreiden ohjauksessa eli robotin ohjauspiirinä. Opinnäytetyössä pohditaan myös moottoriohjaimen toimintaa ja mahdollisten ilmanlaatua mittaavien antureiden toimintaehtoja ja kytkentätapoja mbed NXP LPC1768 -mikrokontrolleriin.

Yhteenvedossa käsitellään opinnäytetyön alussa asetettujen tavoitteiden saavuttamista ja työn aikana saatuja tuloksia sekä uusia ammatillisia tietoja ja taitoja. Myös pohditaan mahdollisia jatkotutkimushaasteita.

2 KAUKO-OHJAUKSEN PERUSTEET

Kauko-ohjattavat laitteet ovat nykyään osa ihmisen jokapäiväistä elämää. Viihde ja kodinelektroniikka, autojen lukitusjärjestelmät, lasten lelut, tietoliikennelaitteet, kodin valaistus ja ilmastointi sekä teollisuusrobotit toimivat yhä useammin kauko-ohjauksella.

Kauko-ohjaus on menetelmä, jonka avulla kauko-ohjaimen avulla voidaan ohjata toista laitetta etäältä. Kauko-ohjaus voi tapahtua joko langallisesti tai langattomasti, jolloin kauko-ohjain ei ole yhteydessä säädettävään laitteeseen, vaan ohjaus tapahtuu joko infrapuna- tai radiosignaalin välityksellä.

Radiosignaali välitetään radioaaltojen avulla, jotka ovat sähkömagneettista säteilyä taajuudeltaan noin 3 Hz – 300 GHz (Wikipedia 2012d). Jokaisella RF-tekniikalla (radio frequency) toimivalla laitteella on sille ominainen toimintataajuus, joka on määritetty yleisien standardien mukaan. Esimerkiksi langaton näppäimistö ja hiiri vastaanottavat radiosignaalin 27 MHz:n tai 2,4 GHz:n taajuudella, matkapuhelimet toimivat 900 MHz:llä ja autotallien ovet sekä jotkut kodinkoneet – 315 – 434 MHz:llä (HowStuffWorks, Inc 2012).

Toimiakseen jokainen RF-laite tarvitsee vastaanottimen sekä lähettimen.

Esimerkiksi tavallinen radiotaajuudella toimiva langaton hiiri sisältää lähettimen, joka lähettää sähkömagneettisia aaltoja joka kerta, kun hiiren asento muuttuu tai kun jokin sen näppäimistä on ollut painettuna. Vastaanotin, joka tavallisesti kytketään tietokoneen porttiin, vastaanottaa lähettimen enkoodattua signaalia, dekodaa sitä ja lähettää eteenpäin tietokoneen hiiren toiminnasta vastaavalle ajurille.

Infrapunakauko-ohjauksessa käytetään signaalina infrapunasäteilyä. Se on sähkömagneettista säteilyä, ja sen aallonpituus on näkyvää valoa suurempi, mutta mikroaaltoja pienempi eli väliltä 700 nm - 1 mm (Wikipedia 2012a). Yleisin tunnettu infrapunavalolla toteutettu kauko-ohjausjärjestelmä on television tai stereon kaukosäädin. IR-tekniikka vaatii toimiakseen infrapuna-valodiodin eli IR-LEDin (Light Emitting Diode) sekä vastaanottimen. Infrapunavaloa lähetetään binäärijärjestelmällä ("1" tai "0") muodostetulla pulssijonolla LEDin avulla. Painonapin painettaessa kaukosäätimen ohjauspiiri saa sähkösignaalin ja lähettää

valodiodille pulssijonon niin, että välillä virta kulkee ja välillä ei. Diodi alkaa vilkkua, laitteen sulautettuun järjestelmään kiinnitetty vastaanotin dekodaa tulevien ykkösten ja nollien pulssit digitaaliseksi signaaliksi ja lähettää dekodatun datan eteenpäin piirin mikrokontrollerille. Mikrokontrollerin prosessori tunnistaa jokaisen dekodatun pulssijonon erilaiseksi koodiksi ja aktivoi juuri kyseiselle pulssijonolle ominaisen toiminnan, esimerkiksi vaihtaa television kanavaa tai muuttaa äänen voimakkuutta. Tarkemmin IR-toimintaan tutustutaan opinnäytetyön seuraavassa luvussa.

Suurin ero radio- ja infrapunakauko-ohjausjärjestelmien välillä on toimintaetäisyys. RF-laitteita voi ohjata jopa 30 metrin etäisyydeltä, IR-laitteiden maksimi toimintaetäisyys on ainoastaan noin 9,14 metriä (Conjecture Corporation 2012). Tärkeä ero on myös näköyhteys. Infrapuna-kaukosäädin vaatii toimiakseen suoran näköyhteyden vastaanottimeen, RF-järjestelmässä radiosignaali ei vaadi suoraa näköyhteyttä laitteeseen ja voi läpäistä huoneiden seiniä helposti. Sekä IR- että RF-kauko-ohjausjärjestelmien kaukosäätimillä on alhainen virrankulutus, eli ne pystyvät toimimaan kauan tavallisten pattereiden varassa: infraledille ominainen virrankulutus on 20 - 150 mA (joskus kuitenkin 500 mA piikit) lähetyksen aikana, radiotaajuudelle 5 - 20 mA (Gotschlich 2012). IR ei kuitenkaan vaadi mitään standardeja verrattuna RF:een, jonka toiminta on säädelty esimerkiksi ETSI- tai FCC-standardien mukaan. IR-järjestelmän rakentamiseen myös tarvitaan vähemmän komponentteja sekä lähetys- että vastaanottopuolella.

Koska kaljakopparobottia on ollut tarkoitus käyttää sisätiloissa sekä sen ohjaajan olla lähellä, niin kauko-ohjaustavaksi valitaan infrapunasiignaali. Kyseinen tapa liittyy myös enemmän digitaaliseen elektroniikkaan kuin RF eli siitä on enemmän hyötyä nykyelektroniikan kannalta.

3 INFRAPUNAKAUKO-OHJAUS

Tässä luvussa käsitellään infrapunakauko-ohjausta tarkemmin eli sitä, miten datan siirto tapahtuu, miten lähetin ja vastaanotin toimivat.

Kuten on jo mainittu edellisessä luvussa, IR:n toiminta perustuu valodiodin lähettämään infrapunavaloon. Se on näkymätöntä valoa, jota ihmisen silmä ei pysty näkemään. Voidaan kuitenkin käyttää joko matkapuhelin-, web- tai tavallista kameraa, koska niiden sensorit pystyvät huomioimaan infrapunavaloa. Tässä työssä käytetään matkapuhelimen kameraa.

IR-valodiodi on tavallisen diodin näköinen kaksijalkainen komponentti. IR-LEDin lisäksi kaukosäädin sisältää mikrokontrollerin, jonka ulostulojen määrä riippuu sovelluksessa käytettävien nappien määrästä, oskillaattorin, jos mikrokontrollerissa ei ole sisäistä oskillaattoria, sekä tilaa tavallisille AA- tai AAA-pattereille.

Projektissa kaukosäätimen mikrokontrollerina käytetään Atmelin AVR-perheen ATtiny45-mikrokontrolleria, joka on kuviossa 1.



(C) HWTech, 2007

KUVIO 1. Atmelin AVR-perheen mikrokontrolleri ATtiny45 (Solarbotics Ltd 2010)

Se on hyvin pieni ja halpa 8-bittinen mikrokontrolleri, joka on kuitenkin riittävän tehokas eikä kuluta paljon virtaa. Se sisältää riittävästi muistia: 4 kilotavua flash-, 256 tavua eeprom- ja 256 tavua SRAM-muistia (Atmel 2011), mikä on riittävä määrä projektin sovellukseen. Se tarvitsee vain 2,7 – 5,5 V:n jännitteen toimiakseen (Atmel 2010) eli toimii jopa kahdella AA paristoilla.

Sen ohjelmointiin on olemassa hyvät ilmaiset ohjelmistot kirjastoineen. Mikrokontrollerin kuusi input/output-porttia mahdollistavat jopa kuuden kytkimen käyttämisen.

Vastaanotto puolella sijaitsee infrapuna-vastaanotin, joka on liitetty sovelluksen mikrokontrolleriin. Se on kolmijalkainen komponentti, jonka kaksi jalkaa ovat käyttöjännitejalat eli Vcc ja GND (maa) ja kolmas on ulostulojalka. Tavallinen vastaanotin sisältää valotransistorin, joka toimii, kun sen hilalle tuodaan infrapunavaloa. Nykyiset vastaanottimet sisältävät transistorin lisäksi myös demodulaattorin sekä signaalin vahvistuspiirin. Vastaanotin tunnistaa IR-LEDiltä tulevia pulsseja ja muokkaa niitä demodulaattorin sekä vahvistuspiirin avulla, jolloin ulostulona on valmis digitaalinen bittisignaali, jota mikrokontrolleri pystyy helposti käsittelemään. Tyypillisimmät vastaanottimet ovat esimerkiksi TSOP1736/TSOP1738, SFH506/SFH5110.

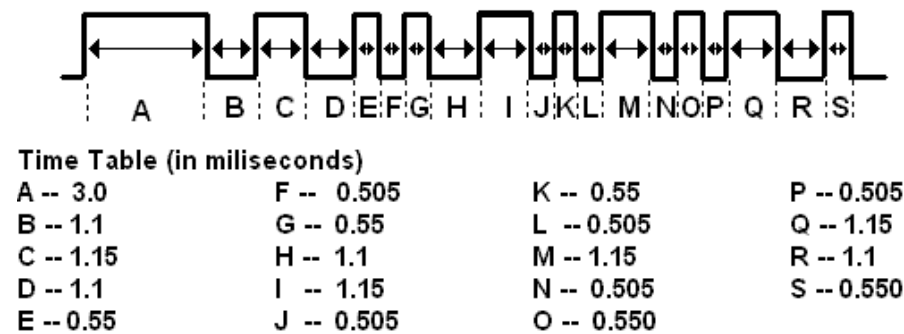
Välttääkseen mahdollisia ulkopuolisia häiriöitä eli muiden laitteiden (esimerkiksi jotkut elektroniset liitännälaitteet tai loistelamput) säteilemää infrapunavaloa, IR-LED valmistetaan toimimaan tietyllä toimintataajuudella. Tyypillisimmät IR-valodiodin taajuudet ovat 33 - 40 kHz tai 50 – 60 kHz, mikä vastaa noin 870 – 950 nm aallonpituutta (Wikipedia 2011). Vastaanottimen on tunnistettava vain kyseisellä taajuudella lähetetyt pulssit. Sen valotransistorilla on tästä syystä myös olemassa toimintataajuus, jonka tarkoitus on olla sama kuin valodiodillakin. Projektissa käytetään 38 kHz:lla toimivaa lähetintä ja vastaanotinta, jotka voi nähdä kuvioista 2.



KUVIO 2. 38 kHz:lla toimivat IR-valodiodi ja TSOP1738-vastaanotin

3.1 IR-signaalin dekoodaus

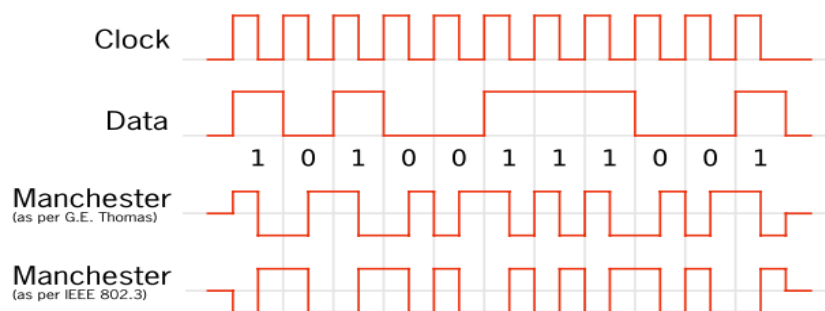
On olemassa kaksi tapaa tunnistaa IR-valodiodilta tulevat pulssit. Ensimmäinen tapa on pulssinleveyden mukaan, jolloin lasketaan pulssien ja pulssien välisten etäisyyksien ajat ja näin tuleva signaali tunnistetaan. Satunnaisen signaalin koodi on esitetty kuviossa 3.



KUVIO 3. Esimerkki 10-bittisestä signaalin dekoodaamisesta (PyroElectro 2012)

Kuviosta nähdään, että signaali koostuu kymmenestä pulssista ja jokaisella on oma pituus. Myös pulssien väliset etäisyydet ovat erilaiset. Näin voidaan päätellä, että jokaisella kaukosäätimen painetulla näppäimellä on sille ominainen 10-bittinen koodi, jota IR-LED lähettää eripituisina 10-bittisinä pulsseina vastaanotinpiirille, jolloin mikrokontrollerin ajastin pystyy niitä helposti käsittelemään.

Toinen dekoodausmenetelmä on nimeltä Manchester-koodaus. Sille on ominaista, että "1" esitellään laskevana tilamuutoksena ja "0" nousevana tilamuutoksena. Kuviosta 4 voi nähdä, että lähettimen lähettäessä ykkösen, jännitetaso laskee, kun taas nolllalla se nousee.



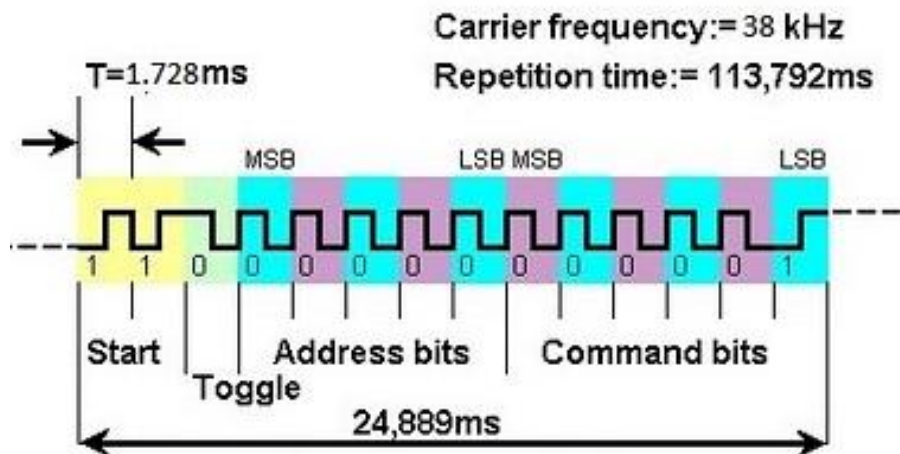
KUVIO 4. Manchester-koodauksen esimerkki (Wikipedia 2012c)

3.2 IR-signaalin protokollat

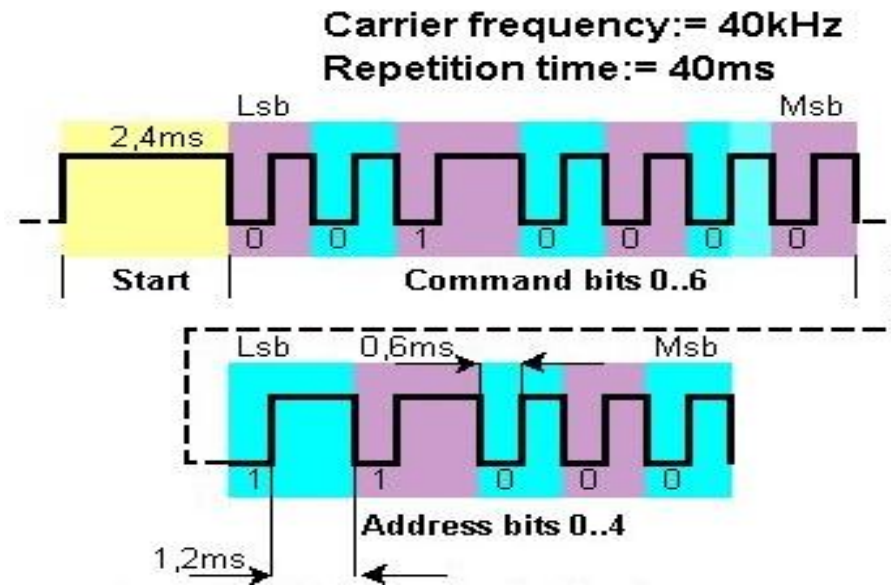
Tyypillisimmät IR-lähetyksessä käyttämät protokollat ovat Philipsin määrittämä RC5-protokolla sekä Sonyn SIRC-protokolla. RC5-protokollan perustana on Manchester-koodaus, silloin kun SIRC:ssä on käytössä pulssinleveyskoodaus.

RC5-protokollan datapaketti, joka on kuviossa 5, koostuu 14 bitistä: kaksi start-bittiä (S1, S0), ohjausbitti (C), viisi osoitebittiä (A4-A0) ja kuusi käskybittiä (C5-C0). Koko paketin lähetys tapahtuu noin 25 ms:ssä. Startti-bitit ovat lähetysten aikana ykkösiä, ohjausbitin tila muuttuu, jos sama näppäin on ollut painettu uudestaan, osoitebittien perustella valitaan oikea laite, jolle signaali lähetetään ja käsky-bitit siirtävät käskyjä eli dataa.

SIRC- eli Serial Infra-Red Control-protokolla käyttää joko 12-, 15- tai 20-bittisiä paketteja lähetyksessään. Tyypillinen 12-bittinen paketti koostuu otsikosta, 7-bittisestä käsky-osasta sekä 5-bittisestä osoite-osasta. Jokaisen paketin jälkeen on 45 ms viiveaikaa ennen seuraavan paketin lähetystä. Kokonaisen paketin lähetys kestää myös noin 25 ms:a. Kuviossa 6 on SIRC-datapaketti.



KUVIO 5. RC5-protokollan datapaketti (Arifuddin Inc 2010)

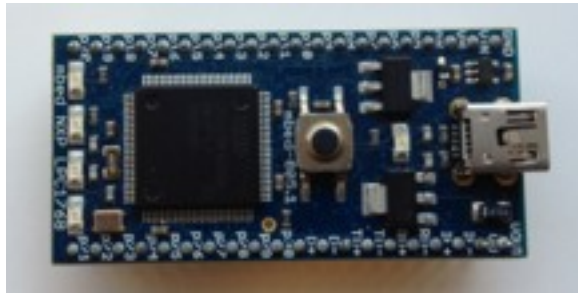


KUVIO 6. SIRC-protokollan datapaketti (Arifuddin Inc 2010)

4 MIKROKONTROLLERI MBED NXP LPC1768

Robotin ohjauspiiri olisi mahdollista toteuttaa jollakin elektroniikka-laboratorion Alteran FPGA-kiteistä: DE0-Nano Development and Education Board, Cyclone II FPGA Starter Development Kit tai Nios II Embedded Evaluation Kit. Kaikki kolme ovat erittäin tehokkaita ja monipuolisia alustoja, jotka sopivat jopa hyvin vaativien tehtävien ja sovellusten toteuttamiseen. Esimerkiksi Nios II-kitti sisältää jopa 800 x 480 kosketusnäytön, 32 megatavua DDR SDRAM muistia ja 16 megatavua flash-muistia. Kuitenkin lisäominaisuudet vaativat syvällistä tutustumista FPGA-maailmaan ja VHDL-koodaamiseen, jolla kyseiset alustat ohjelmoidaan.

Projektin aloitushetkellä kuitenkin löytyi vaihtoehto FPGA-kiteille. Se on mbed mikrokontrolleri NXP LPC1768 (Kuviossa 7).



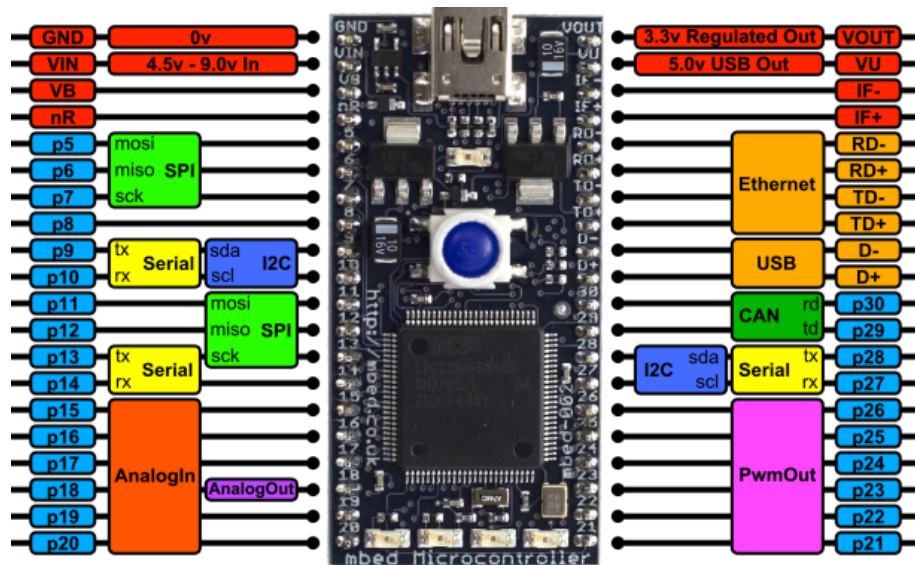
KUVIO 7. Mbed NXP LPC1768 (Mbed 2012c)

Kyseinen mikrokontrolleri kuuluu mbed mikrokontrollerien kehitysalustasarjaan, joka perustuu NXP Semiconductorsin kehittämään LPC-perheen mikrokontrolleriin. Sen etuna FPGA-kitteihin nähden on pieni koko sekä mahdollisuus ohjelmoida sitä suoraan Windows-, Linux- ja Mac -käyttöjärjestelmän Internet-selaimen kautta eli ilman ylimääräistä ohjelmistoa. Ohjelmointi tapahtuu C-kielellä suoraan mbed.org Internet-sivulla olevan kääntäjän avulla. Apuna on hyvin paljon erilaisia kirjastoja sekä muiden käyttäjien valmiita sovelluksia, jotka auttavat oman ohjelman kirjoittamisessa ja mbedin toimintaan tutustumisessa. Mikrokontrollerin kytkeminen tietokoneeseen tapahtuu ”drag ’n’ drop”-periaatteella USB-porttin avulla.

Mbed NXP LPC1768 sisältää tehokkaan ARM-arkkitehtuurin Cortex-M3 32-bittisen mikroprosessorin, jota käytetään erilaisissa automaattisissa ja teollisuuden

ohjausjärjestelmissä, antureissa sekä mikrokontrollereissa. Se sopii sovelluksiin, jotka vaativat suurta suorituskykyä sekä reaaliaikaista toimintaa. Se sisältää 512 kilotavua flash- ja 32 kilotavua RAM-mustia (ARM Ltd 2012).

Mbed NXP LPC1768 sisältää sisäänrakennetut Ethernet- ja USB-liitännät, portit SPI-, I2C-, UART- ja CAN-väyliä varten, kuusi jalkaa ADC-muunninta ja kuusi jalkaa PWM (pulssinleveysmodulaatio) -ohjausta varten. Mikrokontrollerin jalkoja 5 - 30 voidaan myös käyttää tavallisina digitaalisina tulo/lähtö portteina. Tarkemmin mikrokontrollerin rakenne on esitetty kuviossa 8.



KUVIO 8. Mbed NXP LPC1768 mikrokontrollerin jalat (Mbed 2012c)

Kuten kuvioista nähdään, mikrokontrolleri toimii joko suoraan USB-portin tuottaman jännitteen avulla tai siihen voidaan kytkeä 4,5 – 9,0 V:n ulkoinen jännitelähde. Ulostulona on 3,3 V:n säädetty jännite tai 5,0 V:n USB-jännite, jota on mahdollista käyttää vain, kun mikrokontrolleri on kytketty USB-väylällä tietokoneeseen.

Mikrokontrolleri sisältää myös yhden näppäimen nollausta varten sekä neljä LEDia, joista voi esimerkiksi tarkistaa ohjelman kulkua.

5 MBEDIN TESTAUS KOEKYTKENTÄALUSTALLA

Mbed NXP LPC1768 -mikrokontrollerin toiminta testataan tietokone-elektroniikan laboratorion koekytkentäalustalla.

5.1 LCD-näytön testaus

Ensin mikrokontrolleriin oli kytketty GTC-16026 LCD-näyttö. Se on 16x2-merkkinen, eli sillä voi tulostaa kaksi riviä tekstiä, 16 kirjainta jokaisessa rivissä. Sen kytkeminen oli ensin tehty mbed-sivuilta löytyvän valmiin kytkentäratkaisun avulla (Text LCD 2012). Samalla sivulla on myös valmis koodi LCD-näytön toiminnan testausta varten. Koodin oli tarkoitus tulostaa LCD:lle ”Hello World!”-teksti.

Koska valmiin kytkentäratkaisun avulla tehty kytkentä ei toiminut, LCD:n käyttöjännite oli nostettu 5 V:iin, sen Vo:n eli kontrastijalan ja maan välillä oleva 1 k Ω :n vastus oli poistettu. Samalla ohjelman TextLCD.cpp:n valmiin kirjaston viiveajat muutetaan käyttäen LCD:n datasivun tietoja (Hebei Gem-Tech Electronics Co., LTD. 1997) kaksinkertaisiksi. Valmis tulos nähdään kuviossa 9.

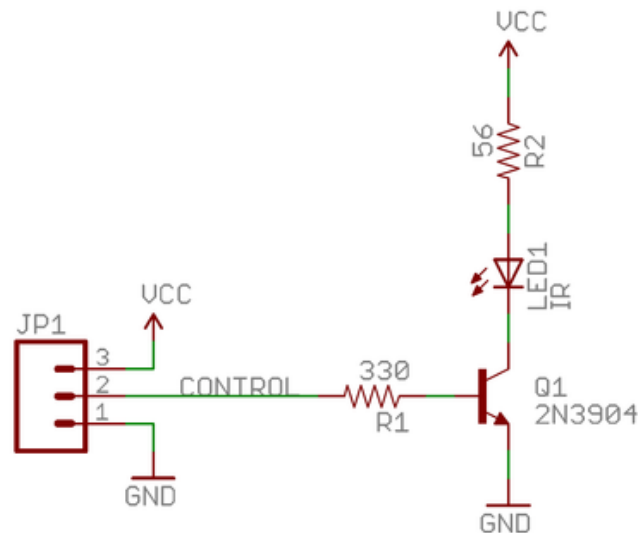


KUVIO 9. LCD-näytön testaus mbed NXP LPC1768:n avulla

5.2 IR-valodiodin ja valovastaanottimen testaus

Seuraavaksi tarkastellaan lähettimen ja vastaanottimen toimintaa. Sekä IR-LED-että TSOP 1738 -vastaanotin kytketään samaan koekytkentäalustaan. Kytkentä on hyvin yksinkertainen. Vastaanottimen datajalka on kytketty mikrokontrollerin RX-jalkaan 14. Sen muut jalat on kytketty maahan tai käyttöjännitteeseen.

IR-valodiodi on kytketty transistorin ja vastuksen kautta jalkaan 21, joka on PWM-ohjausjalka. Piirikaavio on kuviossa 10. Transistori toimii, kun sen kannalle tuodaan PWM-ohjaussignaali. Silloin se aukeaa ja sulkeutuu noin 38 kHz:n taajuudella mahdollistaen näin IR-LEDin toiminnan.



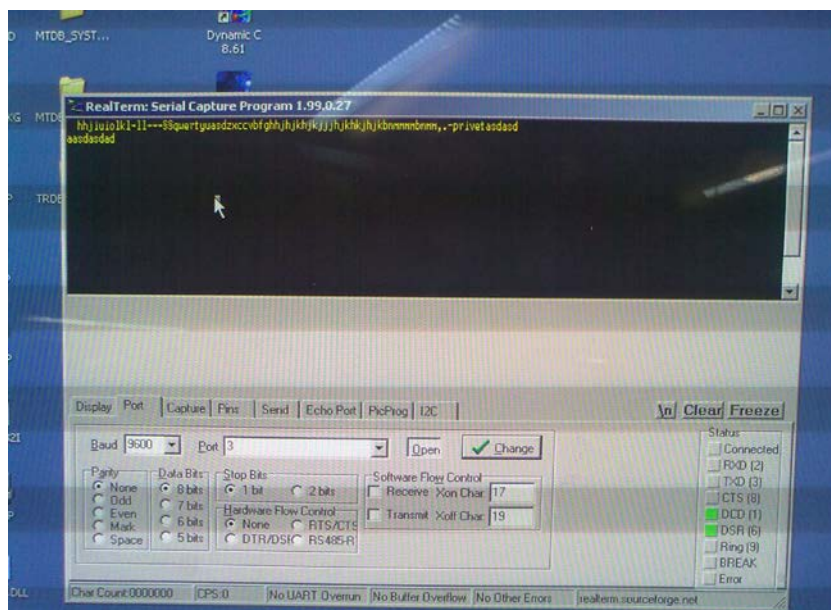
KUVIO 10. IR-valodiodin kytkeminen mikrokontrolleriin (Mbed 2012a)

Huomioidaan, että kuviossa 10 transistorin emitteri on kytketty maahan, mutta meidän tapauksessa sitä kytketään mikrokontrollerin TX-jalkaan 13.

Testausta varten tarvitaan myös pääte-emulaattori, jonka avulla luodaan yhteyksiä muihin samassa verkossa sijaitseviin tietokoneisiin tai laitteisiin. Tässä käytetään Real Term: Serial Capture Program -ohjelmaa. Se ei kuitenkaan pysty näkemään mbed-mikrokontrolleria tietokoneen sarjaporttina, jos käyttäjärjestelmänä on Windows. Sitä varten tarvitaan ajuri, joka ladataan ja asennetaan ilmaiseksi mbed-sivuilta (Mbed 2012d).

Testausta varten ohjelmoidaan mbed NXP LPC1768 koodiesimerkillä, joka löytyy mbed-sivuilta (IR and RF remote controls). Koodin on tarkoitus tulostaa tietokoneen näytölle painetut kirjaimet Real Term -ohjelman avulla.

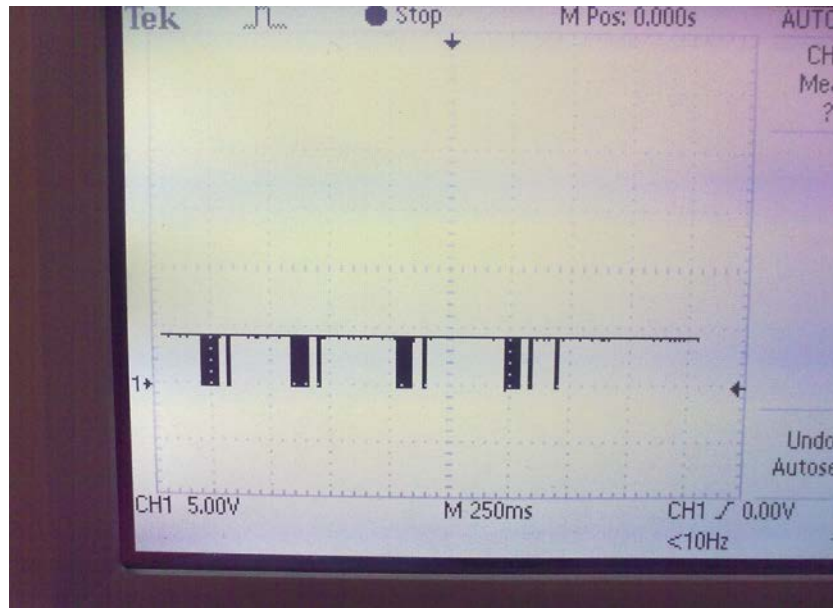
Jos kaikki komponentit on asennettu oikein, valittu oikea lähetysnopeus (9600 baud) sekä valittu oikea COM-portti, mikrokontrolleri tunnistaa näppäimistöllä painetun merkin. Se lähetetään sitä IR-LEDin avulla, vastaanotetaan TSOP 1738:n avulla ja lähetetään takaisin tietokoneelle, jonka pääte-emulaattori tulostaa kyseisen merkin näytölle. Kuviossa 11 todetaan IR-järjestelmä sekä koodi toimiviksi tässä testauksessa.



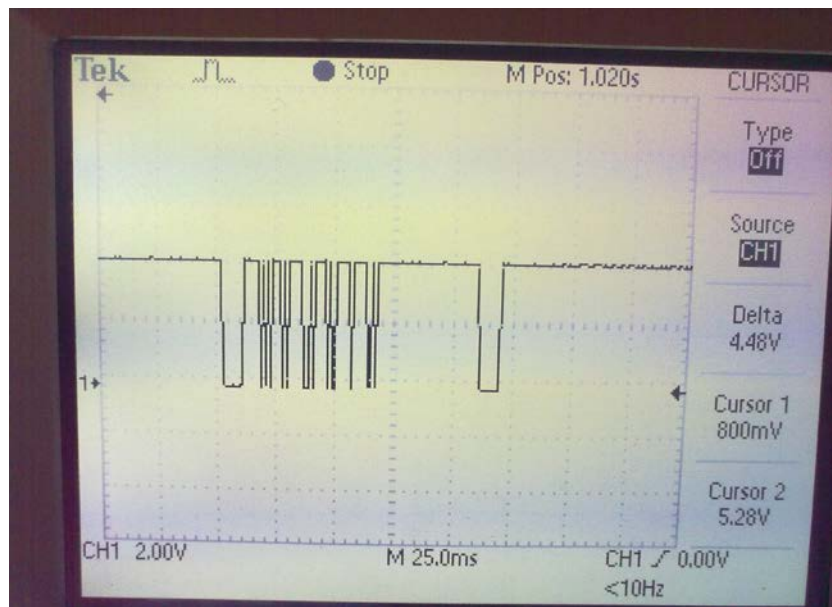
KUVIO 11. Real Term -ohjelman asetukset sekä merkkien tulostus

Huomioidaan, että TX ja RX status -valot vilkkuvat datan lähetyksen ja vastaanoton yhteydessä, jos molemmat IR-puolet toimivat hyvin.

Tektronix TDS1002 -oskilloskoopin avulla tarkistetaan, mitä dataa vastaanotin vastaanottaa, kun jokin merkki on ollut painettu. Kuviossa 12 nähdään, että data on X-bittinen signaali. Neljää erilaista näppäintä on painettu peräkkäin. Jokaisesta merkistä IR-LED on lähettänyt signaalin. Kuviossa 13 nähdään, että kyseinen signaali on 8-bittinen eli tavallisen tietokoneen merkin pituinen.



KUVIO 12. TSOP 1738:n vastaanottama data oskilloskoopin avulla mitattuna

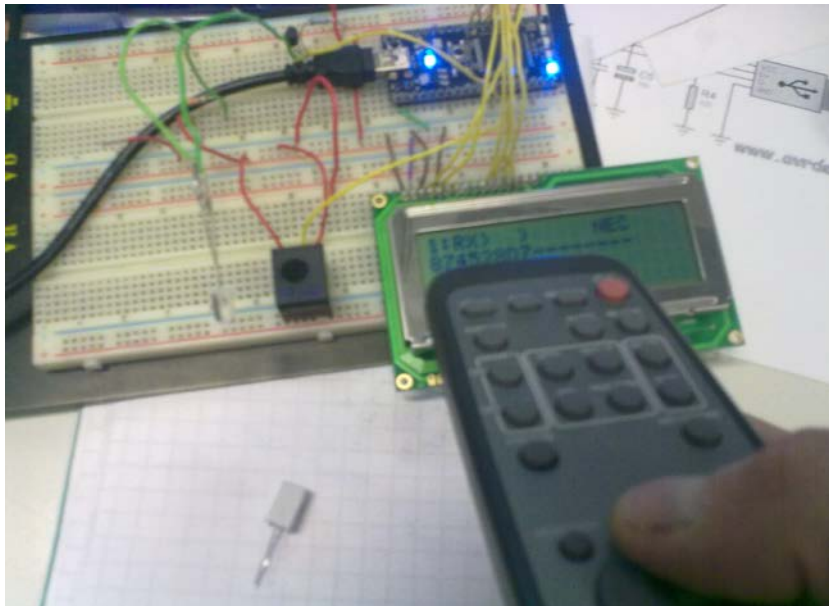


KUVIO 13. TSOP 1738:n vastaanottama yksittäinen datapaketti

5.3 IR-toiminnan testaus erilaisten kaukosäätimien avulla

Viimeistä testausta varten tarvitaan edellisten esimerkkien komponentit sekä koodit kirjastoineen. Erona on uusi LCD-näyttö MCL D01 94V0, jonka käyttämiseen ei tarvitse muuttaa kirjastojen viiveaikoja. Tässä osiossa tarkistetaan, miten mbed NXP LPC1768 -mikrokontrolleri pystyy tunnistamaan ja vastaanottamaan IR-signaalin.

Kytkeä on sama kuin luvussa 5.2. Koodina käytetään mbed-sivuilta löytyvää valmista testauskoodia (IR 2012). Testaus on onnistunut hyvin, sillä mikrokontrolleri on pystynyt tunnistamaan sekä kuviossa 14 käytetyn Hitachin kaukosäätimen että toisen Sonyn kaukosäätimen lähettämät signaalit hyvin.



KUVIO 14. Hitachin kaukosäätimen toiminnan testaus

Testauksessa todetaan, että jokainen näppäin lähettää oman datapaketin käyttäen omaa protokollaa, jonka mbed NXP LPC1768 pystyy tunnistamaan. Tässä ohjelmassa mikrokontrolleri tunnistaa kolme erilaista protokollaa: SONY, NEC (Hitachin protokolla) ja AEHA (Panasonicin protokolla).

6 ROBOTIN KAUKOSÄÄDIN

Robotin kauko-ohjaus tapahtuu IR-tekniologialla toteutetun kaukosäätimen avulla. Ohjaus tapahtuu Atmelin AVR-perheen ATtiny45 -mikrokontrollerilla, kuten on jo mainittu Infrapunakauko-ohjaus luvussa. Kaukosäätimen piirikaavio on liitteessä 1. Se on piirretty Eagle Cad Professional -piirilevy-suunnitteluohjelmalla.

6.1 Komponenttien esitys ja yleisasettelun kuvaus

Kaukosäädin sisältää neljä näppäintä, jotka on kytketty mikrokontrollerin I/O-jalkoihin 2, 3, 6 ja 7. Jokaiseen neljästä jalasta on kytketty yksi nopea diodi 1N4148. Nopea diodi toimii tavallisen diodin tapaan eli sisältää np-puolijohdeliitoksen. Se päästää virtaa vain yhteen suuntaan ja estää sen kulun toiseen. Erona tavalliseen diodiin on sen nopea elpymisaika. Kun näppäin päästetään irti, myötäjännite muuttuu estosuuntaiseksi ja samalla myötävirran kulku katkeaa. Silloin diodin rajapinta tyhjenee varauksenkuljettajista jo 4 ns:n jälkeen (NXP Semiconductors 2004). Diodi pystyy päästämään läpi 200 mA:n virtaa ja toimii jopa 100 V:n jännitteellä (NXP Semiconductors 2004). Tämä diodi voi siis toimia kytkimenä nopeissa mikropiireissä tai suurilla taajuuksilla hakkurin tehonlähteissä. Diodi johtaa, kun sen yli oleva jännite ylittää diodin kynnysjännitteen. 1N4148-diodin kynnysjännite on noin 0,66 V (NXP Semiconductors 2004). Siis ilman riittävän suurta ulkoista jännitettä se estää kaikkien varauksenkuljettajien liikkumisen diodin rajapinnan yli.

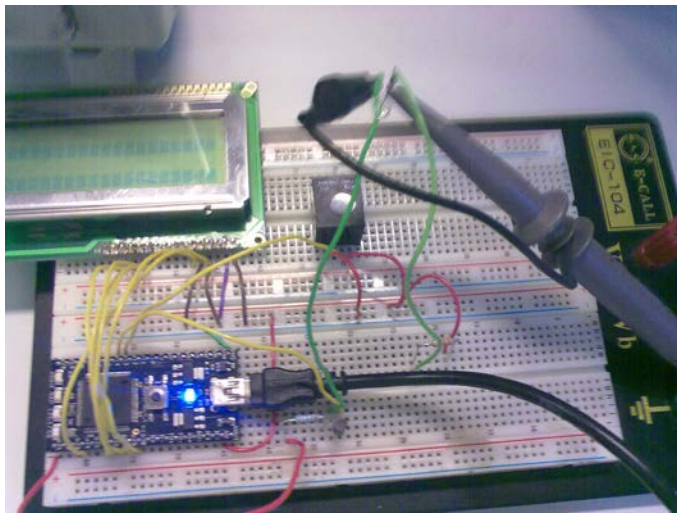
Mikrokontrollerin jalka 5 on kytketty transistorin kantaan 4,7 k Ω :n vastuksen kautta. Transistoriksi valitaan elektroniikka-laboratoriosta löytyvä BC337-25 NPN-transistori. Sen kollektori-emitteri jännite voi maksimissaan olla 45 V, kanta-emitteri jännite – 5.0 V (Semiconductor Components Industries, LLC 2004), mikä tekee siitä sopivan kyseiseen kaukosäätimeen, jossa käytetään kolmea AA-paristoa käyttöjännitteenä. Mikrokontrolleri saa virtaa sen Vcc-jalkaan kytketystä jännitelähteestä.

IR-valodiodi on kytketty suoraan käyttöjännitteeseen sekä 20 Ω :n vastuksen kautta transistorin kollektorille. Jalka 1 jää käyttämättä, se on kytketty 10 k Ω :n

vastuksen kautta käyttöjännitteeseen. Jalat 2, 3, 6, 7 on myös kytketty 10 k Ω :n vastusten kautta käyttöjännitteeseen.

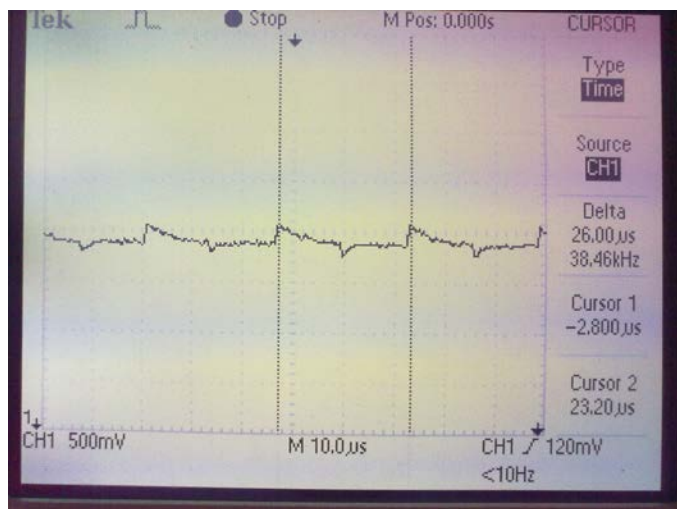
6.2 IR-valodiodin taajuuden selvittäminen

Koska diodin toimintataajuus ei ollut tiedossa, se selvitetään Tektronix TDS1002 -oskilloskoopin sekä mbed NXP LPC1768 -mikrokontrollerin avulla rakennetulla testauskytkennällä, joka on kuviossa 15.



KUVIO 15. IR-valodiodin taajuuden selvittäminen oskilloskoopin avulla

Oskilloskoopin mittapäät kytketään IR-ledin molempiin jalkoihin. Cursorien avulla taajuudeksi saadaan noin 38.5 kHz kuten kuviossa 16 nähdään.



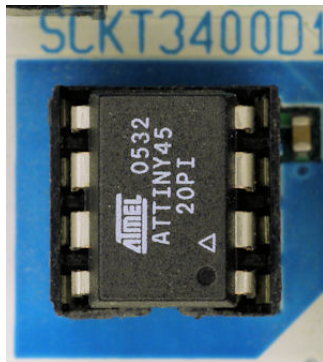
KUVIO 16. IR-valodiodin taajuus oskilloskoopin avulla mitattuna

6.3 ATtiny45-mikrokontrollerin ohjelmointi

Mikrokontrollerin ohjelmointi tapahtui Atmelin AVRStarter Kit STK500 -kitin avulla. Sen avulla voi kehittää ja suunnitella sovelluksia, jotka käyttävät Atmelin AVR-perheen mikrokontrollereita.

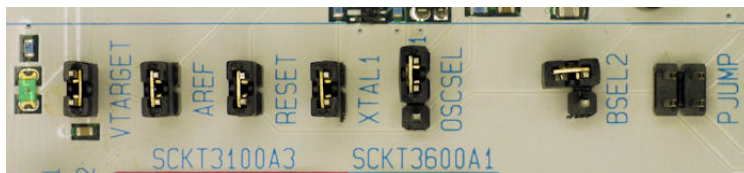
Mikrokontrollerin ohjelmointi tapahtuu ilmaisen AVR Studio -ohjelmiston avulla. Seuraavaksi tarkastellaan, miten asennetaan ja ohjelmoidaan projektissa käytetty ATtiny45 STK500-kitin avulla.

Kytetään STK500-kitin muunnin jännitelähteeseen, RS232 -sarjaväylä tietokoneen COM-porttiin. Asetetaan ATtiny45-mikrokontrolleri oikeaan paikkaan STK500:n 8-jalkaiseen SCKT3400D1-nimiseen kantaan. Tarkistetaan, että mikrokontrollerin jalka 1 on lovetussa kulmassa niin kuin kuviossa 17 nähdään (oikealla alhaalla). Jos se on asetettu väärin, se saattaa vaurioitua, koska muu kuin Vcc-jalka on silloin kytketty jännitteeseen.



KUVIO 17. ATtiny45-mikrokontrollerin oikea asettaminen (Robotroom 2012)

Ohjelmointia varten tarvitaan ISP-väylä, joka kytketään liittimien ISP6PIN ja SPROG1 väliin. Tämän lisäksi asetetaan hyppyjohtimet (kuvio 18).



KUVIO 18. STK500-jumppereiden asettaminen 8-jalkaisen mikrokontrollerin ohjelmointia varten käyttäen ISP-väylää (Robotroom 2012)

Tärkeimmät näistä ovat Vtarget, joka vastaa mikrokontrollerin jännitteestä, RESET, joka on mikrokontrollerin nollausta varten, sekä XTAL1 ja OSCSEL, jotka vastaavat kellotaajuuden valinnasta.

Koska projektissa käytetään ATtiny45:n sisäistä RC-oskillaattoria, STK500:n kello ja nollaus voidaan jättää kytkemättä. Oletuksena kanta SCKT3400D1 ei ole kytketty STK500 kelloon eikä nollaukseen.

Kun kaikki on valmiina ohjelmointia varten, avataan AVR Studio. Tarkistetaan, että AVR Studio pystyy tunnistamaan STK500-kitin. Valitaan Tools -> Program AVR -> Connect Menu, valitaan STK500-kitti sekä tietokoneen sarjaportti, johon STK500 on kytketty. Valitaan ATtiny45 mikrokontrolleri, painetaan "Read Signature"-kytkintä ja tarkistetaan, onko tullut teksti "Signature matches selected device" näkyviin. Se tarkoittaa, että AVR Studio on tunnistanut mikrokontrollerin. Viimeisenä asetetaan ISP-taajuudeksi 1/4 mikrokontrollerin taajuudesta, joka on oletuksena tässä tapauksessa 1 MHz (8 MHz, jakaja 8), ohjelmointia varten.

Mikrokontrolleri ohjelmoidaan assembler-kielellä. Käytetään mikrokontrollerin sisäistä 8 MHz:n kelloa, joka asetetaan kohdassa "Fuses". Jakajan 8 avulla saadaan kellotaajuudeksi 1 MHz. Koodi löytyy liitteestä 4. Ohjelmointi tapahtuu "Program"-kohdasta, kun oikean koodin hex-tiedosto on lisätty.

6.4 Kaukosäätimen yleistoiminnan kuvaus

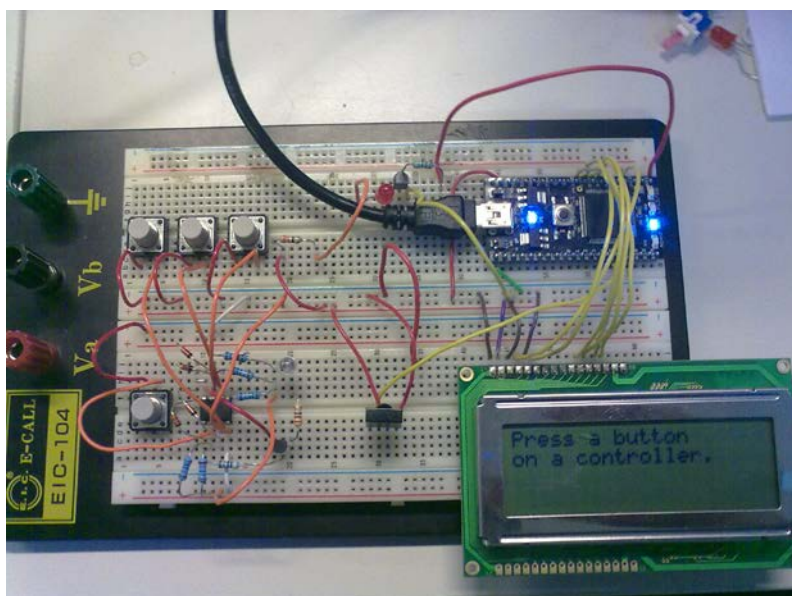
Kun käyttöjännite on kytketty, kaukosäädin pysyy valmiustilassa koko ajan ja on valmis kytkimen painallukseen millä hetkellä tahansa. Valmiustilan toiminta perustuu transistoriin, joka päästää virtaa läpi vain, kun sen hila-emitterijännite on riittävän korkea, sekä diodin kynnyksjännitteeseen, josta kerrottiin komponenttien esityksen yhteydessä.

Kun nappia painetaan, yhden mikrokontrollerin jaloista 2, 3, 6 tai 7 jännitetaso muuttuu, koska virta alkaa kulkea virtalähteestä vastuksen ja kytkimen kautta. Samalla hetkellä jalka 5 lähettää signaalin transistorin kannalle avatakseen transistorin. Transistori aukeaa, virta alkaa kulkea IR-valodiodin, tavallisen diodin ja vastuksen kautta mikrokontrollerin jalkoihin 2, 3, 6 tai 7 riippuen siitä, mikä kytkin on ollut painettuna sekä sen GND-jalkaan. Silloin mikrokontrolleri lähettää

Manchester-koodauksella koodatun datapaketin, joka kulkee IR-LEDin kautta. Heti sen jälkeen, kun kytkin päästetään irti, jalkojen 2, 3, 6 tai 7 jännitetaso laskee, transistori sulkeutuu ja IR-LEDin toiminta lakkaa.

6.5 Kaukosäätimen testaus koekytkentäalustalla

Ennen kuin kaukosäätimen piirilevy jyrsitään, sen toiminta testataan samalla koekytkentäalustalla, jolla mbed NXP LPC1768 -mikrokontrollerin ja TSOP 1738 -vastaanottimen toiminta on testattu. Valmis koekytkentä on kuviossa 19. Ohjelmoitu mikrokontrolleri ATtiny45 sekä muut kytkennässä käytetyt komponentit asetetaan paikalleen. 5 V:n jännite on johdettu suoraan mikrokontrollerilta.



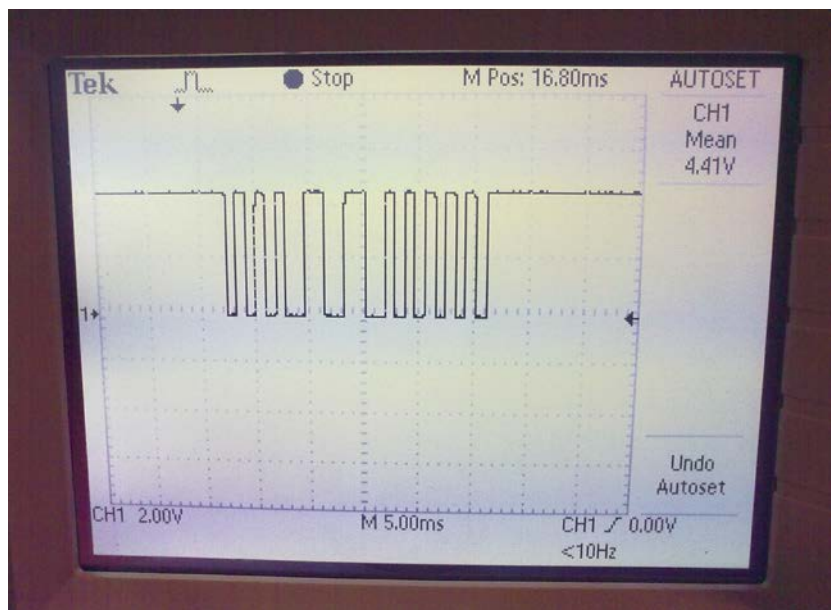
KUVIO 19. Kaukosäätimen testaus koekytkentäalustalla

mbed NXP LPC1768 ohjelmoidaan samalla ohjelmalla, jota on käytetty IR-LEDin ja TSOPin toiminnan testauksessa (IR 2012). Tarkistaakseen, että kaukosäädin toimii kunnolla painamalla sen kytkimiä ja tarkistetaan, että infrapunajärjestelmä toimii.

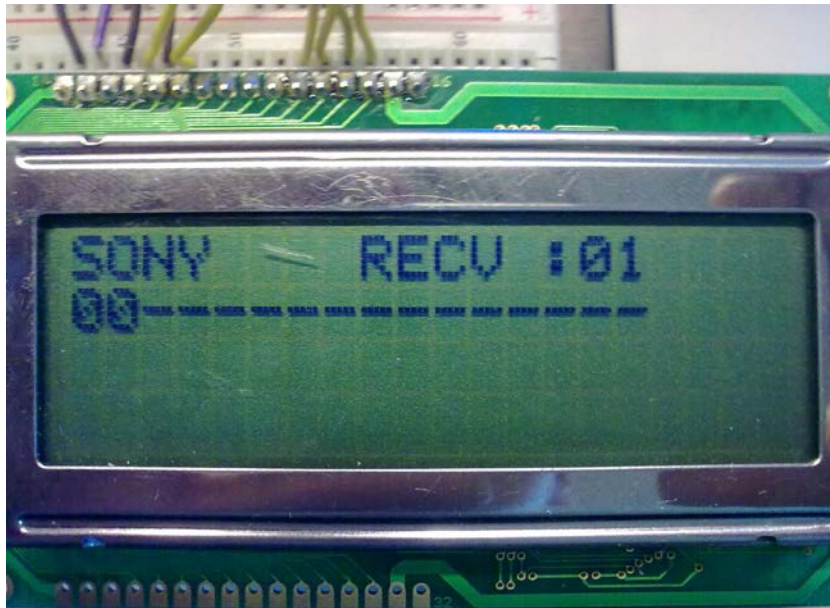
LCD-näytön avulla tarkistetaan, että data on vastaanotettu ja mikrokontrolleri pystyy käsittelemään datan. Tarkistetaan myös Tektronix TDS1002 -oskilloskoopin avulla, miltä TSOP 1738:n vastaanottama data näyttää. Seuraavaksi on esitetty kuvat jokaisesta kytkimestä erikseen.



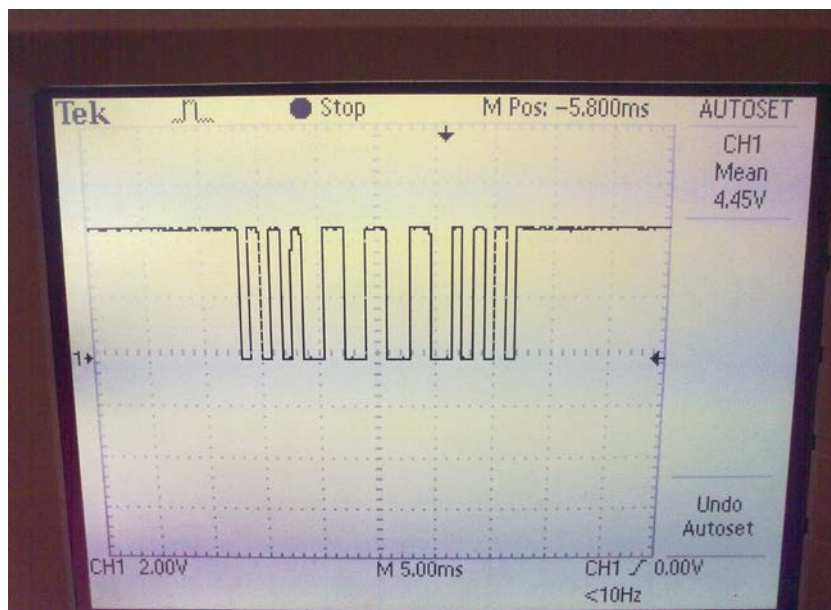
KUVIO 20. Mikrokontrollerin vastaanottama data, kun on painettu kytkintä 1



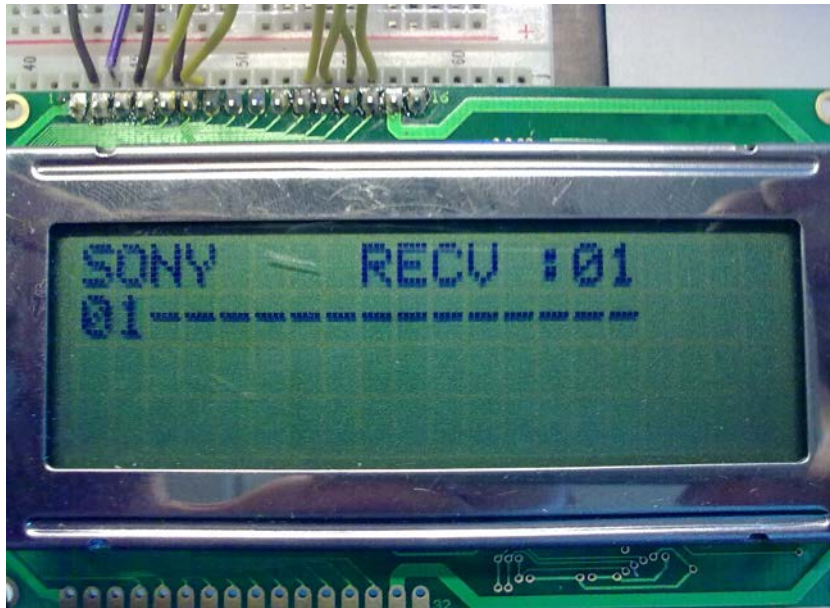
KUVIO 21. TSOP 1738:n vastaanottama data oskilloskoopin avulla mitattuna, kun on painettu kytkintä 1



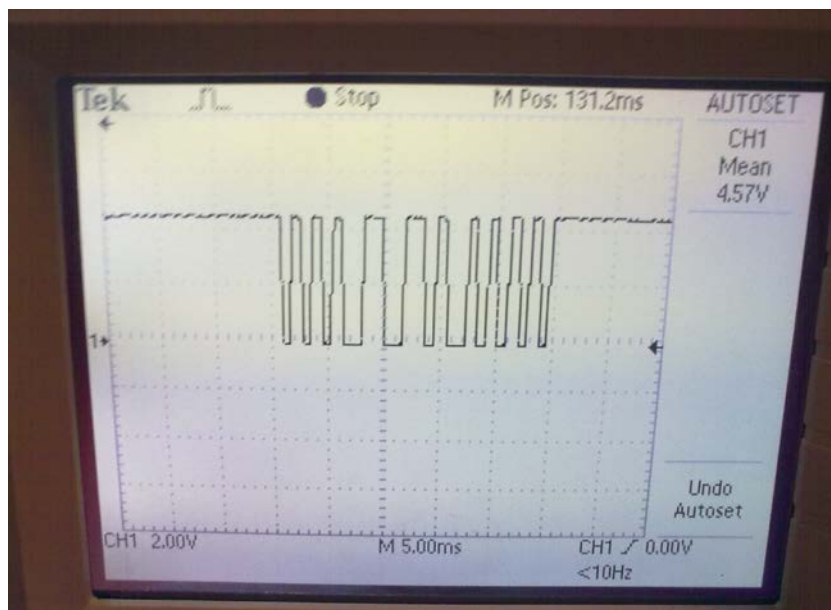
KUVIO 22. Mikrokontrollerin vastaanottama data, kun on painettu kytkintä 2



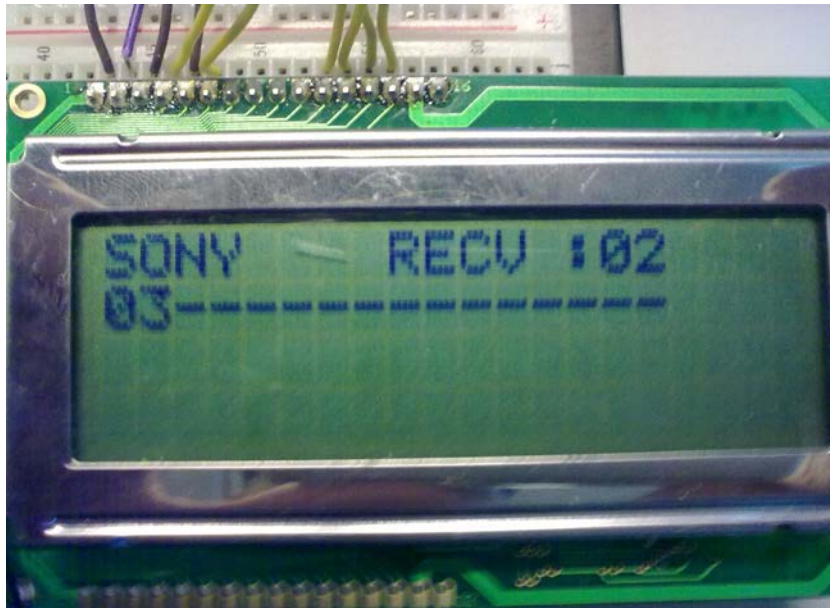
KUVIO 23. TSOP 1738:n vastaanottama data oskilloskoopin avulla mitattuna, kun on painettu kytkintä 2



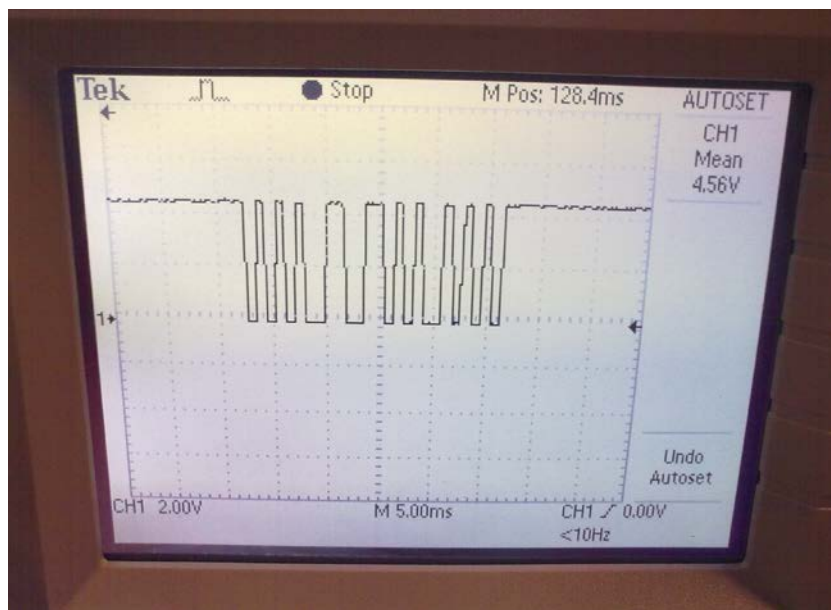
KUVIO 24. Mikrokontrollerin vastaanottama data, kun on painettu kytkintä 3



KUVIO 25. TSOP 1738:n vastaanottama data oskilloskoopin avulla mitattuna, kun on painettu kytkintä 3



KUVIO 26. Mikrokontrollerin vastaanottama data, kun on painettu kytkintä 4



KUVIO 27. TSOP 1738:n vastaanottama data oskilloskoopin avulla mitattuna, kun on painettu kytkintä 4

Kuten nähdään edellä esitetyistä Kuvioista 20 - 27, jokaisella kytkimellä on sille ominainen koodi. Vastaanotin vastaanottaa 11 bittiä: viisi osoite- ja kuusi käskybittiä. Kaukosäätimen mikrokontrolleri on ohjelmoitu lähettämään 14 bittiä Manchester-koodauksella. Ensimmäiset kolme bittiä eli kaksi startbittiä ja yksi ohjausbitti eivät näy, koska ne ovat ykkösiä lähetyksen aikana, eikä niiden tila muutu.

6.6 Kaukosäätimen piirilevyn tekeminen

Kuten edellä on mainittu, kaukosäätimen piirilevy on tehty Eagle Cad Professional -piirilevysuunnitteluohjelmalla elektroniikka-laboratoriossa. Alussa suunniteltiin ja tehtiin piirilevy, jonka piirikaavio löytyy liitteestä 1. Sen jälkeen piirroksessa asetettiin komponentit niin, että jokaisen kytkimen painaminen onnistuisi mahdollisimman helposti. Piirroksen lopullinen versio 1.1 löytyy liitteestä 2. Koska sovelluksessa ei ollut kriittisiä kello- tai käyttöjännitesignaaleja, muut komponentit asetetaan vapaasti.

Vaikka komponenttien määrä kyseisessä projektissa ei ollut suuri, niiden asettelu ainoastaan piirilevyn yhdelle puolelle niin, ettei yksikään johdin osuisi toiseen, ei onnistunut. Tästä syystä päätettiin tehdä kaksipuolinen levy. Tämä onnistui laboratorion jyrsimellä tekemällä kaksi erillistä levyä ja liittämällä ne toisiinsa ruuvien avulla.

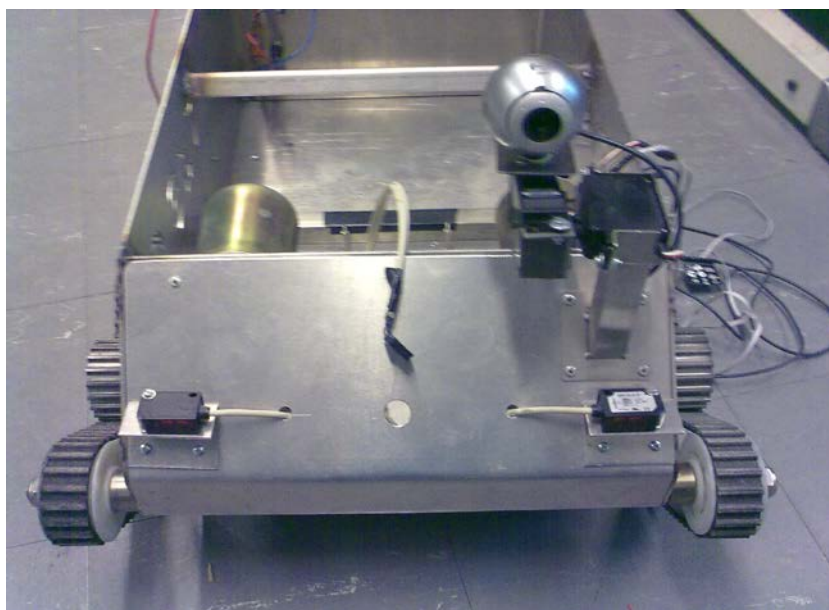
Piirilevyn jrsintä tapahtuu WinPC-NC-ohjelmiston avulla GRV-3000-jyrsimellä. Ennen jrsimistä tutustutaan laitteiston käyttöohjeisiin sekä sen käyttöön liittyviin turvallisuusohjeisiin (Prototyypijyrsin GRV-3000 2010). WinPC-NC-ohjelmaa varten pohjapiirustuksesta Eagle Cadin avulla saadaan ylä- sekä alapuoli HPGL-muotoon.

Ensimmäinen jrsitty testausversio 1.0, joka löytyy liitteestä 3, ei ollut riittävän hyvä. Huomataan, että vastuksille on valittu väärä pituus sekä yläosan teksti ei näy kunnolla. Useiden muutosten ja jrsintäyritysten jälkeen saatiin jrsittyä lopulliset versiot ylä- ja alapuolesta, jotka löytyvät liitteistä 5 ja 6.

Edellisen jälkeen porataan reiät 5 mm kuusioruuveja varten ja asetetaan komponentit paikalleen. Levyn ulkopuolelle jätetään tarkoituksella tilaa kolmen AA-patterin telinettä varten. Liitteestä 7 nähdään kaukosäätimen valmis versio 1.1. Sen toimivuutta testataan koekytkentälaudalla kuvion 19 esittämällä tavalla. Painetaan kaukosäätimen kytkimiä ja tarkistetaan, että mbed NXP LPC1768 on vastaanottanut signaalin ja tulostanut sen LCD-näytölle.

7 ROBOTIN TOIMINTA

Kaljakopparobotti on tietokone-elektroniikan vuonna 2004 opiskelunsa aloittaneiden opiskelijoiden suunnittelema ja rakentama robotti. Kuviossa 28 nähdään, että se sisältää kaksi infrapuna-anturia, joiden avulla robotti on pystynyt liikkumaan.



KUVIO 28. Kaljakopparobotin etuosa

Liikkuminen perustuu antureilla mitattavaan etäisyyteen. Infrapuna-anturit mittaavat etäisyyttä, prosessorikortti käsittelee saatua dataa ja lähettää signaalin moottoriohjaimelle, joka puolestaan käynnistää moottorit. Jos robotin edessä ei ole mitään estettä, molemmat moottorit pyörivät samaan suuntaan samalla nopeudella eteenpäin ja robotti liikkuu. Kun se lähestyy estettä, anturit lähettävät tietoa prosessorille tarvittavasta tilamuutoksesta. Moottorit alkavat pyöriä toiseen suuntaan, robotti liikkuu vähän taaksepäin, minkä jälkeen yksi moottoreista alkaa pyöriä ja toinen sammuu. Se mahdollistaa käännöksen. Tämän jälkeen molemmat moottorit alkavat jälleen pyöriä samalla nopeudella alkusuuntaan ja robotti pystyy taas liikkumaan eteenpäin.

Robotti siis sisältää infrapuna-antureiden lisäksi kaksi moottoria, moottoriohjainkortin, jänniteregulaattorikortin sekä ohjaus- eli prosessorikortin. Kuviossa 28 nähdään myös web-kamera, jota ei kuitenkaan ole kiinnitetty

ohjausjärjestelmään. Robotin sisällä on riittävästi tilaa myös kahdelle 12 V:n akulle sekä tarvittaville mittausantureille.

Uudessa projektissa käytetään vain moottoriohjain- ja jänniteregulaattorikortteja, joiden rakenteeseen tutustutaan seuraavaksi. Prosessorikortti jää käyttämättä, koska sen tilalle rakennetaan uusi ohjausjärjestelmä käyttäen mbed NXP LPC1768 -mikrokontrolleria ja IR-kaukosäädintä.

7.1 Robotin moottorit

Robotin moottorit ovat auton tuulilasin pyyhkimien moottoreita. Ne ovat DC-moottoreita ja toimivat 24 V:n jännitteellä. Yksi moottori nähdään kuviossa 29.

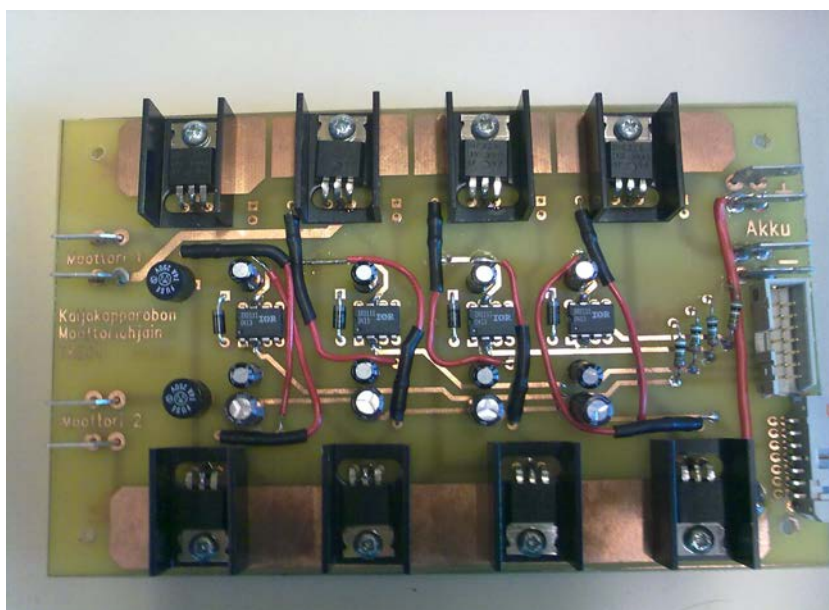


KUVIO 29. Robotin moottori

Ne on kiinnitetty robotin sisäseinien molemmin puolin niin, että jokainen ohjaa yhtä telaketjua. Moottorit ovat kaksisuuntaiset eli pystyvät pyörimään kahteen suuntaan. Ne ovat toisistaan riippumattomia eli jokainen pystyy toimimaan erikseen. Robotti pystyy siis liikkumaan eteenpäin, taaksepäin sekä tekemään käännökset vasemmalle ja oikealle.

7.2 Robotin moottoriohjainkortti

Moottoreiden toiminnasta vastaa moottoriohjainkortti, joka on kuviossa 30.



KUVIO 30. Kalkakopparobotin moottoriohjainkortti

Kortista on ensin tehty piirikaavio, joka löytyy liitteestä 9. Sen jälkeen komponenttien asettelupiirros on piirretty PADS-piirilevy suunnitteluohjelman avulla. Pohjapiirustus löytyy liitteestä 8. Näiden kahden liitteen sekä kuvion 30 perusteella tutkitaan kyseisen moottoriohjainkortin rakennetta ja toimintaa.

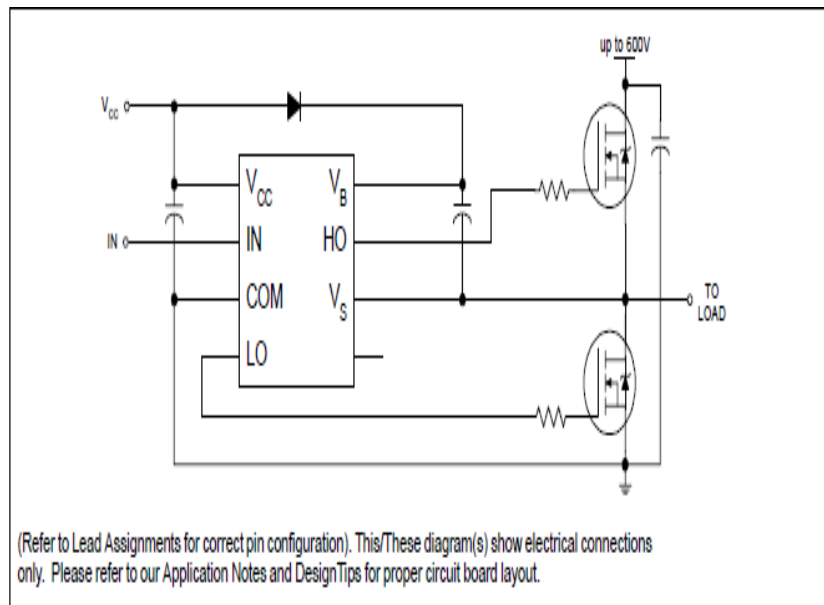
Ohjaimen toiminta perustuu PWM-ohjaukseen (Pulse-width modulation) eli pulssinleveysmodulaatioon. Se on modulointitapa, joka perustuu tulevan jännitesignaalin pulssisuhteen muuttamiseen niin, että kuormaan lähtävä signaali on muodoltaan kantiaalto. Moduloitu signaali yhden pulssin värähtelyjakson ajalta laskettuna on keskiarvoltaan sama kuin tulevan jännitesignaalin arvo. PWM-ohjauksen etuna on laitteen korkea hyötysuhde eli tehokkuus. Se on mahdollista sen takia, että PWM-komponentti on suurimman osan ajasta joko johto- tai estotilassa. Suuria tehohäviöitä ei silloin ole.

Moottorien pyöriminen kahteen suuntaan onnistuu neljän IR2111 H-puolisillan avulla. IR2111 on 8-jalkainen pieni komponentti, jonka avulla voidaan ohjata IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) sekä MOSFET tehotransistoreja. Se

pystyy säätämään jopa 600 V:n suuruisen transistorin yli olevan jännitteen. IR2111:n ulostulona on 10 - 20 V:n jännite (International Rectifier 2003).

Transistoreina toimivat IRFZ24 teho-MOSFET:t. Niiden lähde-nielujännite voi maksimissaan olla 60 V (Vishay Siliconix 2011), mikä ei ylitä IR2111:n toimintajännitettä.

Moottoriohjaimen rakenne perustuu kuviossa 31 esitettyyn kytkentään. Niitä on tässä sovelluksessa yhteensä neljä.



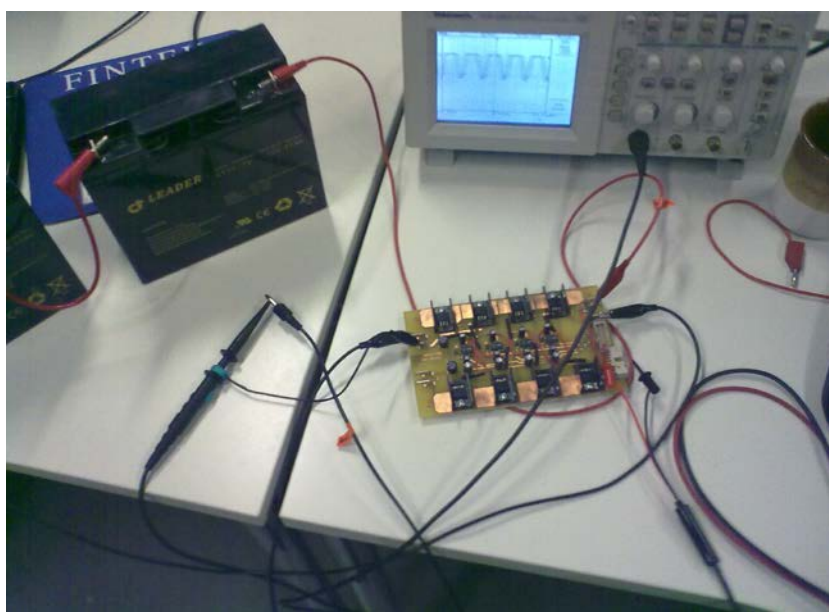
KUVIO 31. Tyypillinen sovelluksissa käytetty IR2111-puolisillan kytkentäkaavio (International Rectifier 2003)

IR2111 puolisiltakomponentti saa mikrokontrollerilta ohjaussignaalin IN-jalkaan. Kyseinen signaali on joko looginen "0" tai "1". Transistoreja ohjataan LO- ja HO-jalkojen avulla. IN-jalka on HO-jalan kanssa samassa vaiheessa eli ohjaussignaali ohjataan suoraan yhden transistorin toimintaa. Toisen transistorin hilalle tuodaan signaali LO-jalasta, joka on invertoitu HO-signaali. IR2111 toimii 12 V:n jännitteellä, joka on tuotu piirille Vcc-jalan kautta ja suodatettu kahdella kondensaattorilla. Transistorille on tuotu 24 V:n jännite, joka on ohjattu suoraan maahan, kun transistori on kiinni. Pulssinleveysmodulaation perusteella tehdyn IN-signaalin avulla transistorit aukeavat tai sulkeutuvat nopeasti. Moottorin yksi puoli saa näin jatkuvasti positiivista tai negatiivista

jännitettä riippuen IN-signaalin logiikasta. Jokainen moottorista lähtevistä kahdesta johtimesta on kytketty omaan H-puolisiltaan. Moottori pyörii eteenpäin, kun yhdelle sen johtimista tuodaan positiivista ja toiselle negatiivista jännitettä. Toiseen suuntaan pyöräminen onnistuu, kun vaihdetaan johtimien jännitetasot keskenään.

IN-signaalien avulla ohjataan siis molempien moottoreiden toimintaa. Moottori voi joko pyöriä eteenpäin, taaksepäin tai olla paikallaan riippuen IN-signaalin modulaatiosta.

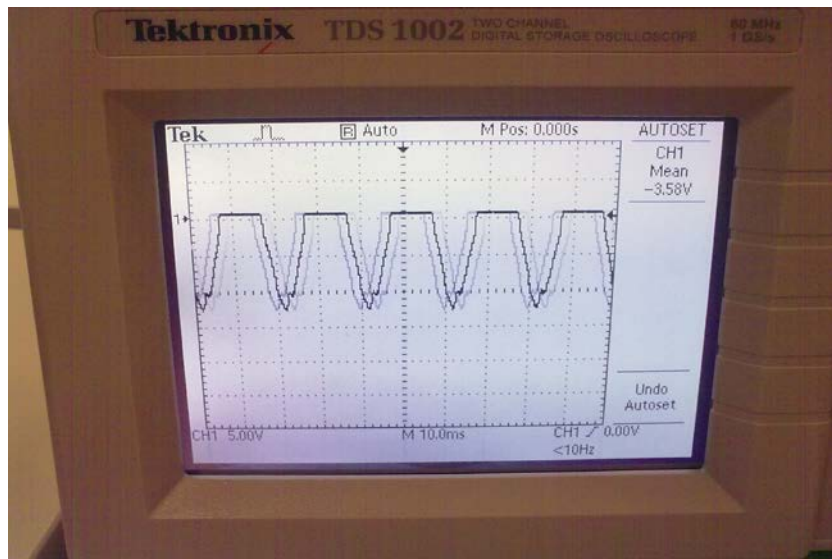
Moottoriohjainkortti on suojattu kahdella 250 V:n sulakkeella, jotka suojaavat kortin herkäät komponentit (H-sillat, kondensaattorit, diodit) mahdolliselta ylijännitteeltä. Sulakkeet on asennettu 24 V:n tulojännitteen ja transistorin nielun väliin. Moottoriohjainkortin toimivuus testattiin Tektronix TDS1002 -oskilloskoopin avulla kuten nähdään kuviossa 32.



KUVIO 32. Moottoriohjaimen moottorin toiminnan selvittäminen oskilloskoopin avulla

Kytetään kaksi 12 V:n akkua sarjaan ja moottoriohjainkorttiin kiinni. Moottori alkaa pyöriä heti kun yhdelle IN-jalalle tuodaan pieni jännitesignaali. Silloin yhden moottorin plus-puoli alkaa toimia ja tämä voidaan nähdä kuviossa 33.

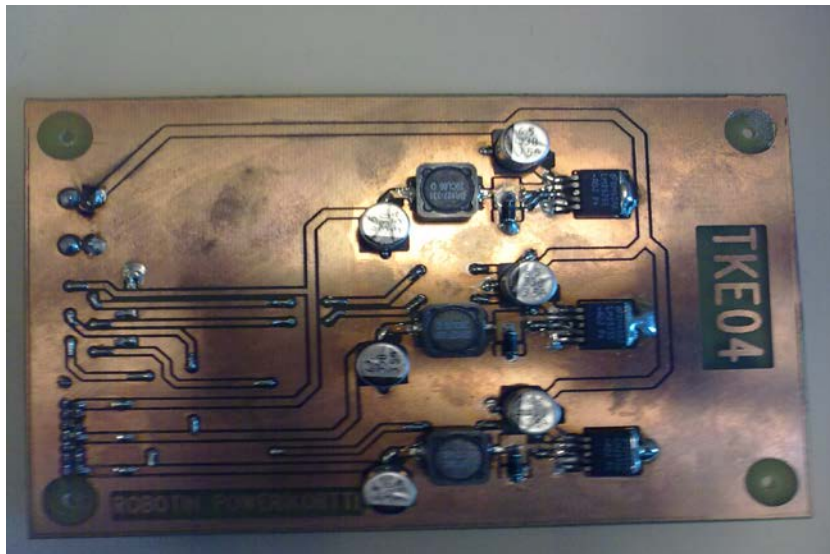
Jännitetaso on 3,58 V:n suuruinen. Kuva ei näytä kanttiaallolta, koska sitä varten tarvitaan toista ja negatiivista signaalia, jota tuodaan toiselle IN-jalalle.



KUVIO 33. Robotin yhden moottorin plus-puolen lähtöjännite oskilloskoopin avulla mitattuna

7.3 Robotin jänniteregulaattorikortti

Jänniteregulaattorikortti (kuvio 34) säätelee akkujen 24 V:n jännitteen 3,3, 5,0 ja 12 V:n jännitetasoiksi.



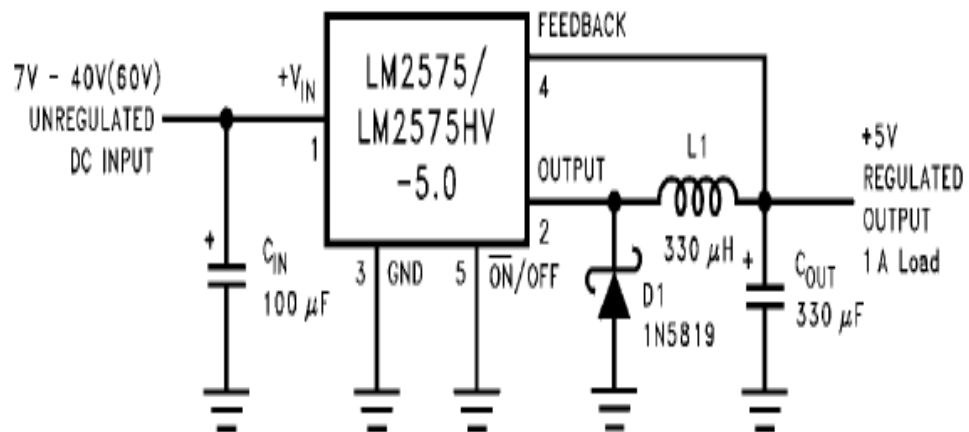
KUVIO 34. Kaljakopparobotin jänniteregulaattorikortti

12 V:n jännitettä käytetään edellisessä osiossa kuvatussa moottoriohjainkortissa H-puolisiltojen käyttöjännitteenä. 5,0 V:n jännitettä käytetään TSOP-vastaanottimen, LCD-näytön, mbed NXP LPC1768:n ja tarvittaessa antureiden käyttöjännitteenä. Regulaattorin 3,3 V:n jännite jää käyttämättä, koska se saadaan tarvittaessa suoraan mikrokontrollerilta.

Tämän kortin toiminta perustuu LM2575-regulaattorin toimintaan. Se on 5-jalkainen komponentti, joka pystyy muuntamaan 7 – 40 V:n tulojännitteen 1,23 – 37 V:n lähtöjännitteeksi (National Semiconductor Corporation 2007).

Regulaattorin sisällä olevan vastuksen avulla se on säädetty antamaan suoraan 3,3, 5,0 ja 12 V:n jännitteet.

Jänniteregulaattorikortin rakenne perustuu kuvion 35 kytkentään. Se sisältää kelaa, diodia ja kaksi kondensaattoria (100 μF ja 330 μF).



KUVIO 35. Tyypillisissä sovelluksissa käytetty LM2575-regulaattorin kytkentäkaavio (National Semiconductor Corporation 2007)

8 MITTAUSANTURIT

Tässä opinnäytetyön osiossa kuvataan mahdollisten antureiden kiinnittäminen robottiin. Tarkoituksena on ollut suunnitella ja pohtia antureiden käyttöä, jotka mittaisivat joitakin ympäristön laatuun liittyviä tekijöitä.

Tunnetuimmat ympäristötekijät, jotka ovat helposti mitattavissa tavallisten antureiden avulla, ovat lämpötila, ilmankosteus ja ilmanpaine. Muut hyvin tunnetut tekijät ovat UV-säteily ja saaste, mutta niiden mittaaminen vaatii kalliin laitteiston käyttöä (Sper Scientific 2009). Tästä syystä mittauservoiksi valittiin ainoastaan lämpötila, ilmankosteus ja ilmanpaine.

8.1 Lämpötila-anturi

Lämpötilan mittaamista varten tarvitaan lämpötila-anturi. Vaihtoehtoina on ollut Texas Instrumentsin valmistamat TMP102 ja TMP175 anturit tai Sensirionin SHT15. TMP102 pystyy mittaamaan lämpötilaa $-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$ – toiminta-alueella noin $\pm 0,5\text{ °C}$:n tarkkuudella, toimii $1,4 - 3,6\text{ V}$:n jännitteellä, eikä vaadi mitään ulkopuolisia komponentteja toimiakseen (Texas Instruments 2008). TMP175:n ero edelliseen on sen toiminta-alue, joka on vähän laajempi $-40\text{ °C} - +125\text{ °C}$ tarkkuudella $\pm 1,5\text{ °C} - 2,0\text{ °C}$. Se kuitenkin vaatii suuremman käyttöjännitteen, joka on $2,7 - 5,5\text{ V}$ (Texas Instruments 2008). Viimeisenä on SHT15, jonka toiminta-alue on melko samanlainen TMP175:een verrattuna $-40\text{ °C} - +123,8\text{ °C}$ tarkkuudella $0,3\text{ °C}$. Käyttöjännite on $2,4 - 5,5\text{ V}$ (Sensirion 2010).

Kaikki kolme anturia ovat hyvin pieniä, kuluttavat vähän virtaa, käyttävät I²C-väylää datan siirtämiseen ja sopivat kyseiseen sovellukseen. Hintaero näiden välillä on kuitenkin vaikuttava. Farnell-elektroniikkakomponentti verkkokaupassa TMP102 maksaa 3,41 euroa, TMP175 2,12 euroa, SHT15 25,90 euroa. Ero johtuu siitä, että SHT15-anturi sisältää lämpötila-anturin lisäksi kosteusanturin.

8.2 Ilmankosteusanturi

Robotin ilmankosteusanturiksi valittiin SHT15-anturi. Se pystyy mittaamaan kosteutta $\pm 2,0$ % RH (Relative humidity) tarkkuudella.

Toisena vaihtoehtona on ollut yksi Multicorpin anturista, jonka hinta Farnellin mukaan ei ylitä kolmea euroa: esimerkiksi HCZ-D5-A, HCZ-D5-B, HCZ-H8-A, HCZ-J3-A tai HCZ-J3-B. Nämä anturit pystyvät kuitenkin vain suhteellisen ilmankosteusarvon mittaamiseen, kun taas SHT15 anturilla voidaan mitata absoluuttista ilmankosteutta.

8.3 Ilmanpaineanturi

Ilmanpaineanturiksi valittiin pieni SCP1000-D01 tai SCP1000-D11 anturi. Molemmat pystyvät mittaamaan 30 kPa – 120 kPa ilmapainetta -20 °C - $+75$ °C lämpötila-alueella (VTI Technologies 2012). Molemmat toimivat samalla käyttöjännitteellä eli 2,4 V – 3,3 V.

SCP1000-D01-anturin kommunikointi tapahtuu SPI-väylän kautta. Anturissa on sitä varten MOSI-, MISO-, SCK- ja CSB-jalat. SCP1000-D11 mahdollistaa datan siirron I²C-väylän kautta. Tätä varten käytetään anturin jalkoja SDA ja SCL. Kyseiseen projektiin valittiin SCP1000-D01-anturi.

Kaikki edellä kuvatut anturit on helppo liittää robotin ohjausjärjestelmän mikrokontrolleriin eli mbed NXP LPC1768:een. Mikrokontrollerissa on sitä varten riittävästi digitaalisia I/O-jalkoja, kuten nähdään myös kuviosta 8. Kaikki anturit pystyvät toimimaan suoraan mbed NXP LPC1768 Vout-jalan tuottamalla 3,3 V:n jännitteellä. Antureiden ohjelmointi onnistuu mikrokontrollerin kotisivulta mbed.org löytyvien valmiiden kirjastojen avulla.

9 ROBOTIN OHJAUSJÄRJESTELMÄ

Robotin ohjausjärjestelmän on ollut tarkoitus ohjata robotin toimintaa eli moottoreiden pyörimistä ja antureiden toimintaa. Ohjausjärjestelmän mikrokontrollerina on mbed NXP LPC1768, kuten on jo edellä mainittu.

Ohjausjärjestelmän piirilevy sisältää mikrokontrollerin lisäksi TSOP1738 vastaanottimen, SHT15 – lämpötila-kosteusanturin, SCP1000-D01 – ilmanpaineanturin, LCD-näytön sekä johtimia moottorihjainkorttia varten. Piirikaavio löytyy Liitteestä 10. Käsitellään seuraavaksi jokaisen osan kytkemistä mbed NXP LPC1768:een erikseen.

9.1 TSOP1738

Komponentti toimii 5 V:n jännitteellä, joka saadaan jänniteregulaattorikortista. Gnd-jalka kytketään maahan ja datajalka mikrokontrollerin jalkaan 15, joka on tässä tapauksessa digitaalinen tulojalka. Suodatusta varten käytetään 4,7 μF kondensaattoria sekä 100 Ω :n vastusta.

9.2 SHT15

Neljä anturin jalkaa jää kytkemättä. Loput neljä eli SDA, SCK, VDD ja GND kytketään seuraavalla tavalla. VDD mikrokontrollerin säädettävään 3,3 V:n jännitteeseen, GND maahan, SDA jalkaan 9 ja SCK jalkaan 10. Jalat 9 ja 10 ovat mikrokontrollerin I²C-väylän data- ja kellojalat. Suodatusta varten on käytössä 100 nF:n kondensaattori.

9.3 SCP1000-D01

Tämä ilmanpaineanturi on 16-jalkainen komponentti. Tärkeimmät jalat ovat SPI-väylän jalat eli MISO, MOSI, SCK, mitkä kytketään vastaaviin mikrokontrollerin jalkoihin 5,6 ja 7. MISO ja MOSI ovat datan lähetystä ja vastaanottamista varten, SCK on kellojalka. Datan lähetys tapahtuu, kun anturin jalan CSB arvo on looginen "0". CSB on kytketty mikrokontrollerin jalkaan 8. Piirikaaviosta myös nähdään, että anturin käyttöjännitteenä on mbed NXP LPC1768:n 3,3 V:n

lähtöjännite. Se on suodatettu 100 nF sekä 4,7 μ F:n kondensaattoreiden avulla. Huomioidaan, että kytkennässä on pari käyttämätöntä jalkaa DRDY ja CLK, jalat PD ja TRIG kytketään maahan 10 k Ω :n vastusten kautta komponentin datasivun mukaan (VTI Technologies OY 2012).

9.4 MCL D01 94V0 LCD -näyttö

LCD-näyttö on 16-jalkainen. Se toimii TSOP1738:n tapaan 5 V:n jännitteellä. Vo-jalka vastaa näytön kontrastista. Kirkkaamman kuvan saamiseksi se voidaan kytkeä suoraan, ilman vastusta, maahan. Myös LCD:n R/W-jalka menee maahan, koska LCD lukee mikrokontrollerilta dataa. Jalka Rs valitsee, lähetetäänkö dataa vai käskyjä, ja se on kytketty mbedin jalkaan 25. Jalka E on Enable-jalka, joka on kytketty jalkaan 26 ja jonka on tarkoitus olla päällä, jos halutaan nähdä tuleva data. Varsinaisen datan lähetys tapahtuu LCD:n jalkojen 11,12,13 ja 14 avulla. Ne ovat kytketty vastaavasti mikrokontrollerin jalkoihin 27,28,29 ja 30. Kaikki mbed NXP LPC1768 mainitut jalat 25 – 30 ovat tässä tapauksessa digitaalisia I/O-jalkoja.

9.5 Moottoriohjainkortin kytkeminen

Moottoriohjainkortille on jätetty 4 johdinta. Ne lähtevät mikrokontrollerin jaloista 21 – 24. Nämä ovat PWM-ohjauksen jalat eli niiden avulla onnistuu moottoreiden ohjaus. Johtimet kytketään H-puolisiltojen IN-jalkoihin kiinni. Sitä varten moottoriohjainkortissa on valmis väylä. Se voidaan nähdä kuviosta 30 piirilevyn oikealla puolella keskeltä.

Mbed NXP LPC1768 mikrokontrollerin ohjelmointi tapahtuu työn osassa 4 kuvatulla tavalla eli mbed.org Internet-sivulla. Koodi on C-kielinen. Osa tarvittavista kirjastoista antureita, LCD-näyttöä ja TSOP-vastaanotinta varten löytyy valmiina versioina. Näiden kirjastojen lisäksi valmiin koodin täytyy sisältää menetelmä, jonka avulla se tunnistaa kaukosäätimen IR-valodiodin lähettämät pulssit. Pulssien perusteella mikrokontrolleri lähettää moottoriohjainkortin IN-jalkoihin ohjaussignaaleita, jolloin robotti liikkuu eteenpäin, taaksepäin, oikealle ja vasemmalle. Samalla robotti mittaa paikan lämpötilaa, kosteutta sekä ilmanpainetta ja tulostaa tulokset LCD-näytölle.

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätavoitteena oli uuden ohjausjärjestelmän rakentaminen Tekniikan alan elektroniikka-laboratoriossa sijaitsevalle kaljakopparobotille. Ohjausjärjestelmän on ollut tarkoitus ohjata robotin liikkumista sekä mitata huoneen ilmanlaatua. Liikkuminen on pitänyt tapahtua kaukosäätimen avulla ja ilmanlaadun mittaaminen antureiden avulla.

Työn aikana tutustuttiin robotin yleisrakenteeseen, sen moottoriohjainkortin sekä jänniteregulaattorikortin toimintaan tutkimalla molempien korttien piirilevyt ja piirikaaviot. Työssä on pohdittu kauko-ohjaustavan valintaa ja kauko-ohjauksen perusteita elektronista kirjallisuutta tutkimalla. Projektiin valittu infrapunakauko-ohjaus on ollut perustana kaukosäätimen toiminnalle. Kaukosäätimen piirikaavio suunniteltiin ja piirrettiin piirilevysuunnitteluohjelman avulla, minkä jälkeen se jysrittiin elektroniikka-laboration jysrimellä. Kaukosäätimen mikrokontrolleri ATtiny45, joka on ollut ohjelmoitu assembler-kielellä, ohjaa infrapunadiodin ja neljän kytkimen toimintaa. Ohjausjärjestelmän piirikaavio suunniteltiin ja piirrettiin kaukosäätimen piirikaavion tapaan piirilevysuunnitteluohjelmalla. Ohjausjärjestelmän komponenttien toiminta selitettiin. Ohjausjärjestelmän mikrokontrolleri mbed NXP LPC1768 tutkittiin ja sen toimintaan tutustuttiin erilaisten esimerkkiohjelmien avulla. Työssä on kuvattu myös lämpötila-kosteus- sekä ilmanpaineanturin toiminta ja valinta.

Opinnäytetyön päätavoite ei toteutunut täysin. Infrapuna-kaukosäädin tehtiin, mutta ohjausjärjestelmä, joka rakennettiin koekytkentälaudalle, ei pystynyt pyörittämään robotin moottoreita lähetettyjen infrapuna-pulssien perusteella. Ohjausjärjestelmän mikrokontrollerin ohjelmointi on toteutettu C-kielellä.

Opinnäytetyö on ollut hyvin vaativa. Työn aikana olen tutustunut Eagle CAD Professional -piirilevysuunnitteluohjelman perusteisiin, piirikaavion tekemiseen sekä komponenttien valintaan ja asetteluun piirroksessa. Olen myös tutustunut elektroniikka-laboration jysinkoneen toimintaan sekä kaksipuoleisen piirilevyn jysrimiseen. Olen parantanut assembler- ja C-koodaamisen taitojani merkittävästi. Olen tutustunut kahden mikrokontrollerin toimintaan, robotin moottoreiden sekä erilaisten antureiden toimintaan.

Työtä on mahdollista kehittää jyrsimällä ohjausjärjestelmän piirilevyä ja kirjoittamalla järjestelmän moottoriohjainkortille ohjauskoodia.

LÄHTEET

Elektroniset lähteet

Arifuddin Inc. 2010. IR decoder Circuit [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: <http://arif-ece.blogspot.com/2010/05/circuit-for-controlling-8-appliances.html>

ARM Ltd. 2012. Cortex-M3 Processor [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: <http://www.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m3.php>

Atmel. 2011. 8-bit Microcontroller with 2/4/8K Bytes In-System Programmable Flash ATtiny25/V ATtiny45/V ATtiny85/V [viitattu 22.3.2012]. Saatavissa: <http://www.atmel.com/Images/doc2586.pdf>

Conjecture Corporation. 2012. How Do Remote Controls Work [viitattu 21.3.2012]. Saatavissa: <http://www.wisegeek.com/how-do-remote-controls-work.htm>

Gotschlich, M. 2012. Remote Controls – Radio Frequency or Infrared. Infineon Technologies AG [viitattu 21.3.2012]. Saatavissa: <http://www.infineon.com/dgdl/RF2ir+WhitePaper+V1.0.pdf?folderId=db3a3043191a246301192dd3ee2c2ae4&fileId=db3a30432b57a660012b5c16272c2e81>

Hebei Gem-Tech Electronics Co., LTD. 1997. S P E C I F I C A T I O N S Description LCM Model name GTC-16026-TS6L2C. Datasheetarchive [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa: <http://www.datasheetarchive.com/GTC-16026-datasheet.html>

HowStuffWorks, Inc. 2012. How computer mice work [viitattu 21.3.2012]. Saatavissa: <http://computer.howstuffworks.com/mouse6.htm>

International Rectifier. 2003. IR2111(S) Half-Bridge Driver. Datasheetcatalog [viitattu 3.4.2012]. Saatavissa: http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/I/R/2/1/IR2111.shtml

Mbed. 2012a. IR [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa: <http://mbed.org/cookbook/IR>

Mbed. 2012b. IR and RF remote controls [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa:
http://mbed.org/users/4180_1/notebook/ir-and-rf-remote-controls/

Mbed. 2012c. Mbed [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa:
<http://mbed.org/handbook/mbed-NXP-LPC1768>

Mbed. 2012d. Serial PC [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa:
<http://mbed.org/handbook/SerialPC>

Mbed. 2012e. Text LCD [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa:
<http://mbed.org/cookbook/Text-LCD>

National Semiconductor Corporation. 2007. LM1575/LM2575/LM2575HV SIMPLE SWITCHER 1A Step-Down Voltage Regulator. Texas Instruments [viitattu 3.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1575.pdf>

NXP Semiconductors. 2004. 1N4148; 1N4448 High-speed diodes [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa:
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/1N4148_1N4448.pdf

PyroElectro. 2012. Infrared IR Receiver [viitattu 22.3.2012]. Saatavissa:
http://www.pyroelectro.com/tutorials/infrared_ir_receiver/ir_theory_2.html

Robotroom. 2012. Programming an ATtiny Microcontroller with AVR Studio and Atmel STK500 [viitattu 28.3.2012]. Saatavissa:
<http://www.robotroom.com/Atmel-ATtiny-STK500-Programming.html>

Semiconductor Components Industries, LLC. 2004. Amplifier Transistors [viitattu 27.3.2012]. Saatavissa: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/BC337-D.PDF

Sensirion. 2010. Datasheet SHT1x. Sparkfun [viitattu 4.4.2012]. Saatavissa:
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf>

Solarbotics Ltd. 2010. Attiny45 [viitattu 22.3.2012]. Saatavissa:
http://www.hvwtech.com/products_view.asp?ProductID=634

Sper Scientific. 2009. Radiometer – UV Lights Meters [viitattu 4.4.2012].

Saatavissa: <http://www.sperdirect.com/cgi-bin/category/Radiometers>

Texas Instruments. 2007. TMP175 TMP75 Digital Temperature Sensor with Two-Wire Interface [viitattu 4.4.2012]. Saatavissa:

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tmp175.pdf>

Texas Instruments. 2008. TMP102 Digital Low Power Digital Temperature Sensor With SMBus/Two-Wire Serial Interface in SOT563 [viitattu 4.4.2012].

Saatavissa: <http://www.ti.com/lit/ds/sbos397b/sbos397b.pdf>

Vishay Siliconix. 2011. IRFZ24, SiHFZ24 Power MOSFET [viitattu 3.4.2012].

Saatavissa: <http://www.vishay.com/docs/91406/sihfz24.pdf>

VTI Technologies OY. 2012. SCP1000 SERIES (120 kPa) ABSOLUTE PRESSURE SENSOR [viitattu 10.4.2012]. Saatavissa:

http://www.vti.fi/sites/default/files/uploads/scp1000-d01_-d11_pressure_sensor_datasheet_28-08-2007.pdf

Wikipedia. 2011. Consumer IR [viitattu 3.4.2012]. Saatavissa:

http://en.wikipedia.org/wiki/Consumer_IR

Wikipedia. 2012a. Infrapunasäteily [viitattu 21.3.2012]. Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Infrapuna>

Wikipedia. 2012b. Kaukosäädin [viitattu 21.3.2012]. Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kaukos%C3%A4%C3%A4din>

Wikipedia. 2012c. Manchester code [viitattu 22.3.2012]. Saatavissa:

http://en.wikipedia.org/wiki/Manchester_code

Wikipedia. 2012d. Radioaallot [viitattu 21.3.2012]. Saatavissa:

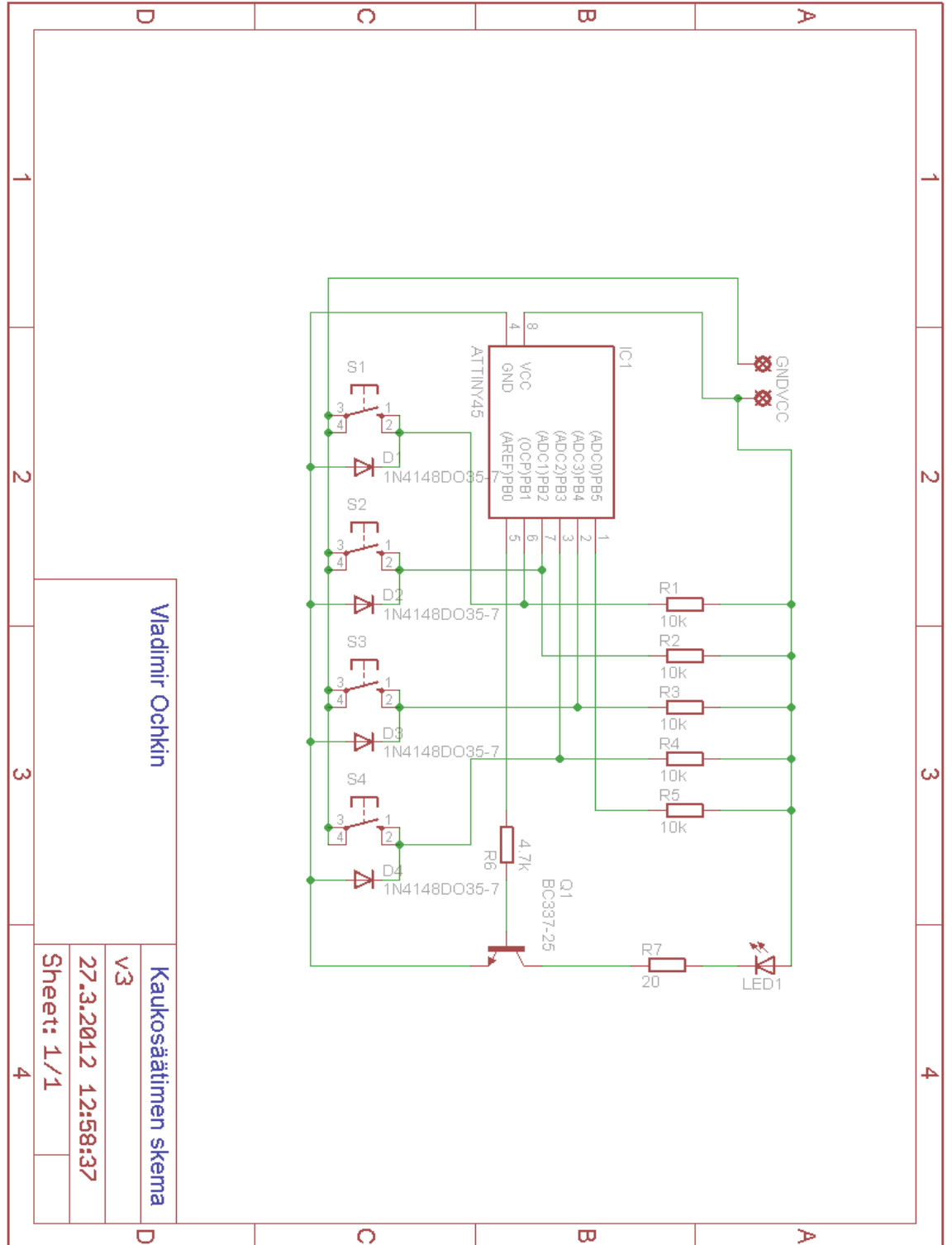
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Radioaallot>

Muut lähteet

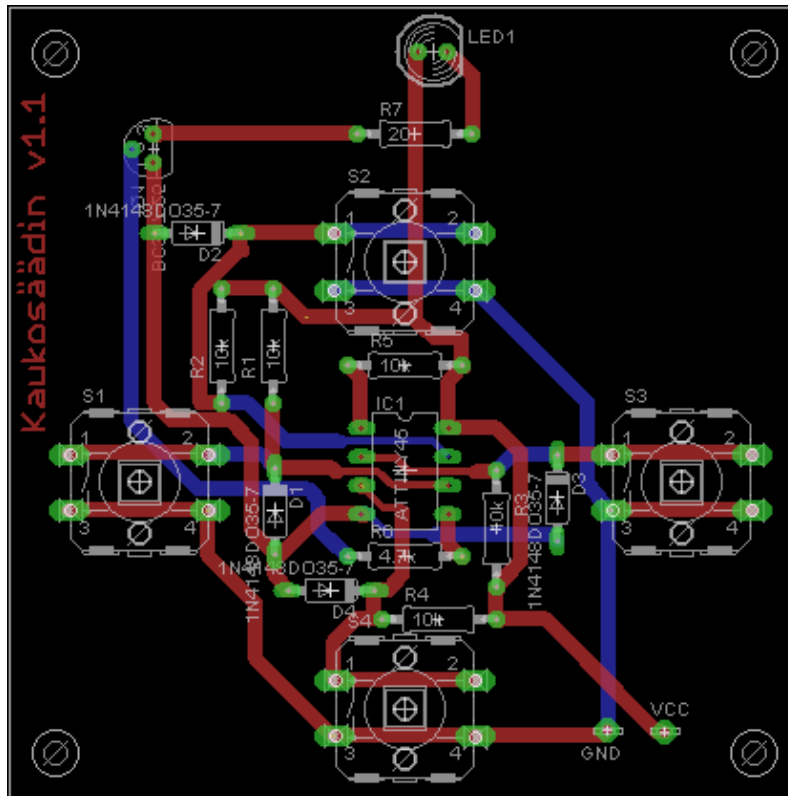
Holmberg, K., Ochkin, V., Oinonen, A., Sulaiman, Hafal, Sulaiman, Hajar & Rintala, J. 2010. Prototyypijyrsin GRV-3000. Käyttöohje. Saatavissa: Lahden ammattikorkeakoulun sisäverkosta X:\LAMK\TL\TKE\TKE07\grv-3000 projekti

LIITTEET

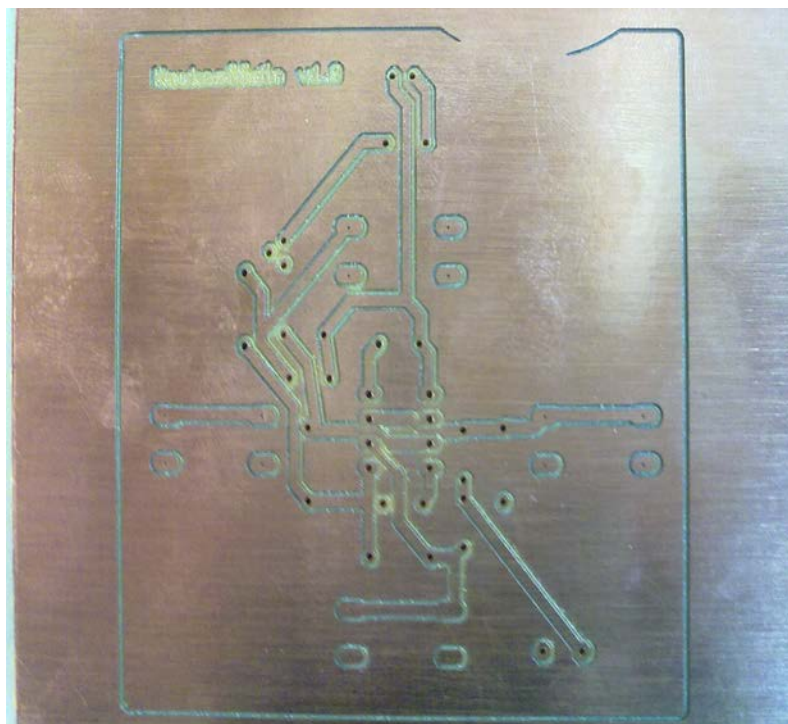
LIITE 1. Kaukosäätimen piirikaavio



LIITE 2. Kaukosäätimen piirilevy



LIITE 3. Kaukosäätimen piirilevy versio 1.0 jyritynä



LIITE 4/1. ATtiny45-mikrokontrollerin assembler-koodi

```
.include "tn45def.inc"

        .def          Temp1=R16
        .def          Temp2=R17
        .def          Temp3=R18
        .def          Temp4=R19
        .def          Temp=R20
        .def          LowData=R21
        .def          HighData=R22
        .def          i=R23
        .equ          Const=249

.cseg
.org 0

rjmp RESET          // Reset Handler
NOP                // rjmp EXT_INT0 ; IRQ0 Handler
NOP                // rjmp PCINT0 ; PCINT0 Handler
NOP                // rjmp TIM1_COMPA ; Timer1 CompareA Handler
NOP                // rjmp TIM1_OVF ; Timer1 Overflow Handler
NOP                // rjmp TIM0_OVF ; Timer0 Overflow Handler
NOP                // rjmp EE_RDY ; EEPROM Ready Handler
NOP                // rjmp ANA_COMP ; Analog Comparator Handler
NOP                // rjmp ADC ; ADC Conversion Handler
NOP                // rjmp TIM1_COMPB ; Timer1 CompareB Handler
NOP                // rjmp TIM0_COMPA ; Timer0 CompareA Handler
NOP                // rjmp TIM0_COMPB ; Timer0 CompareB Handler
NOP                // rjmp WDT
NOP                // rjmp USI_START
NOP                // rjmp USI_OVF

RESET:

ldi Temp,High(RamEnd) ; alustetaan pino
out SPH,Temp
```

LIITE 4/2.

```
ldi Temp,Low(RamEnd)
out SPL,Temp
SBI DDRB,0
```

Begin:

```
SBIS PINB,1
rcall Send_code1
SBIS PINB,2
rcall Send_code2
SBIS PINB,3
rcall Send_code3
SBIS PINB,4
rcall Send_code4
rcall LongDelay
Rjmp Begin
```

PWM_ON:

```
ldi temp,13
out OCR0A,temp
ldi temp,0b01000010
out TCCR0A,temp
ldi temp,0b10000001
out TCCR0B,temp
```

ret

PWM_OFF:

```
clr temp
out TCCR0B,temp
out TCNT0,temp
out TCCR0A,temp
out OCR0A,temp
```

ret

Send_code1:

```
ldi ZH,High(code1*2)
```

LIITE 4/3.

ldi ZL,Low(code1*2)

Rcall LoadData

Rcall Send_data

ret

Send_code2:

ldi ZH,High(code2*2)

ldi ZL,Low(code2*2)

Rcall LoadData

Rcall Send_data

ret

Send_code3:

ldi ZH,High(code3*2)

ldi ZL,Low(code3*2)

Rcall LoadData

Rcall Send_data

ret

Send_code4:

ldi ZH,High(code4*2)

ldi ZL,Low(code4*2)

Rcall LoadData

Rcall Send_data

ret

// DATAN LÄHETYS

Send_data:

ldi i,0 // lähetetään 8 MSB-bittiä, nollataan laskuri

BeginSending:

sbrc HighData,7

rjmp label1

// ->> "0"

rcall Send_log0

rjmp label2

```

LIITE 4/4.
label1:
// ->> "1"
rcall Send_log1
label2:
lsl HighData
inc i
cpi i,8
brne BeginSending
// lähetetään LSB bitit
ldi i,0 // lähetetään 6 LSB-bittiä, nollataan laskuri
BeginSendingLow:
sbrc LowData,7
rjmp label12
// ->> "0"
rcall Send_log0
rjmp label22
label12:
// ->> "1"
rcall Send_log1
label22:
lsl LowData
inc i
cpi i,6
brne BeginSendingLow
rcall PWM_OFF
ret
Send_log1:
rcall PWM_OFF
rcall Delay
rcall PWM_ON
rcall Delay
ret

```

```

LIITE 4/5.
Send_log0:
rcall PWM_ON
rcall Delay
rcall PWM_OFF
rcall Delay
ret
// 889 us delay
Delay:
in temp,sreg
push temp
    ldi R17, $02
WGLOOP02: ldi R18, $93
WGLOOP12: dec R18
    brne WGLOOP12
    dec R17
    brne WGLOOP02
pop temp
out sreg,temp
ret
// Uusi data
LoadData:
in temp,sreg
push temp
lpm
mov HighData,R0
ldi temp,1
ldi temp1,0
add ZL,Temp
adc ZH,Temp1
lpm
mov LowData,R0
pop temp

```

LIITE 4/6

out sreg,temp

ret

// Kaukosäätimen koodaus

// SS T AAAAA CCCCCC - 14 bittinen

koodi

code1:

.db 0b11110101, 0b00000000

code2:

.db 0b11110101, 0b01000000

code3:

.db 0b11110101, 0b10000000

code4:

.db 0b11110101, 0b11000000

LongDelay:

Push R17

Push R18

Push R19

// =====

// delay loop generator

// 300000 cycles:

// -----

// delaying 299997 cycles:

ldi R17, \$09

WGLOOP0: ldi R18, \$37

WGLOOP1: ldi R19, \$C9

WGLOOP2: dec R19

brne WGLOOP2

dec R18

brne WGLOOP1

dec R17

brne WGLOOP0

; -----

LIITE 4/7.

; delaying 3 cycles:

 ldi R17, \$01

WGLOOP3: dec R17

 bne WGLOOP3

; =====

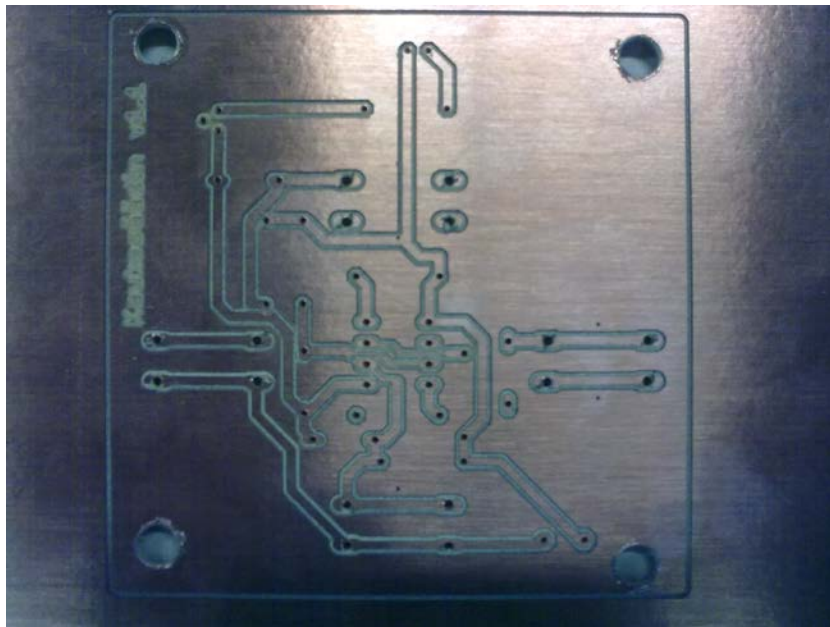
pop R19

pop R18

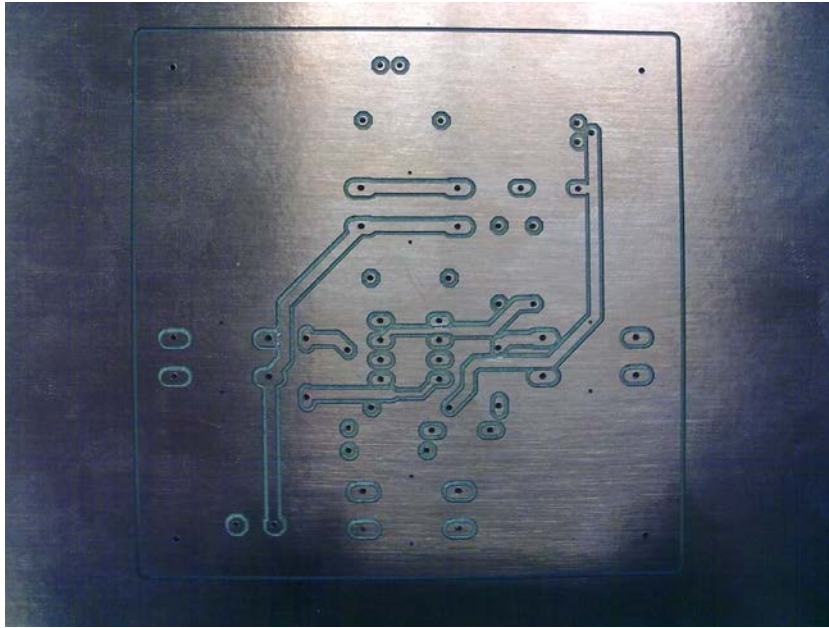
pop R17

ret

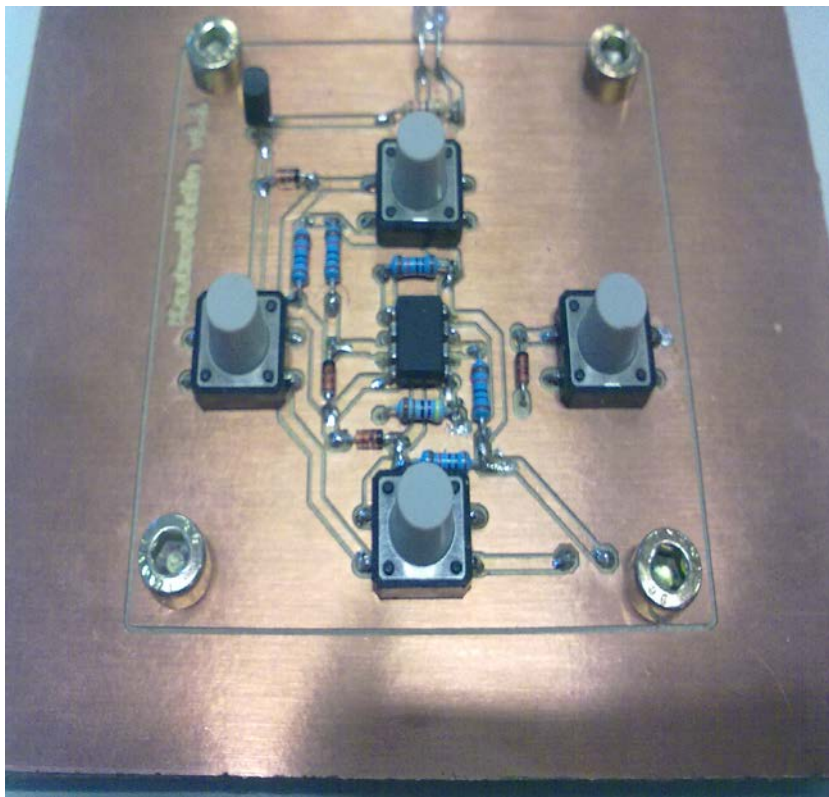
LIITE 5. Kaukosäätimen piirilevyn yläpuolen lopullinen versio 1.1 jyrksittynä



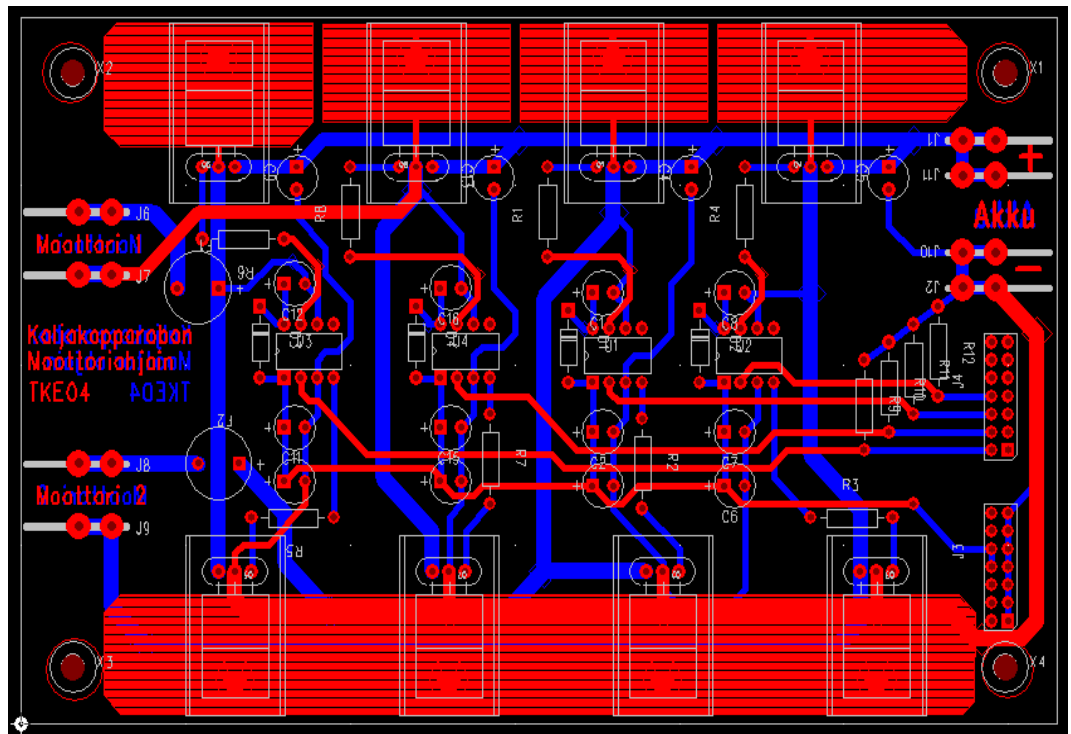
LIITE 6. Kaukosäätimen piirilevyn alapuolen lopullinen versio 1.1 jyrstytynä



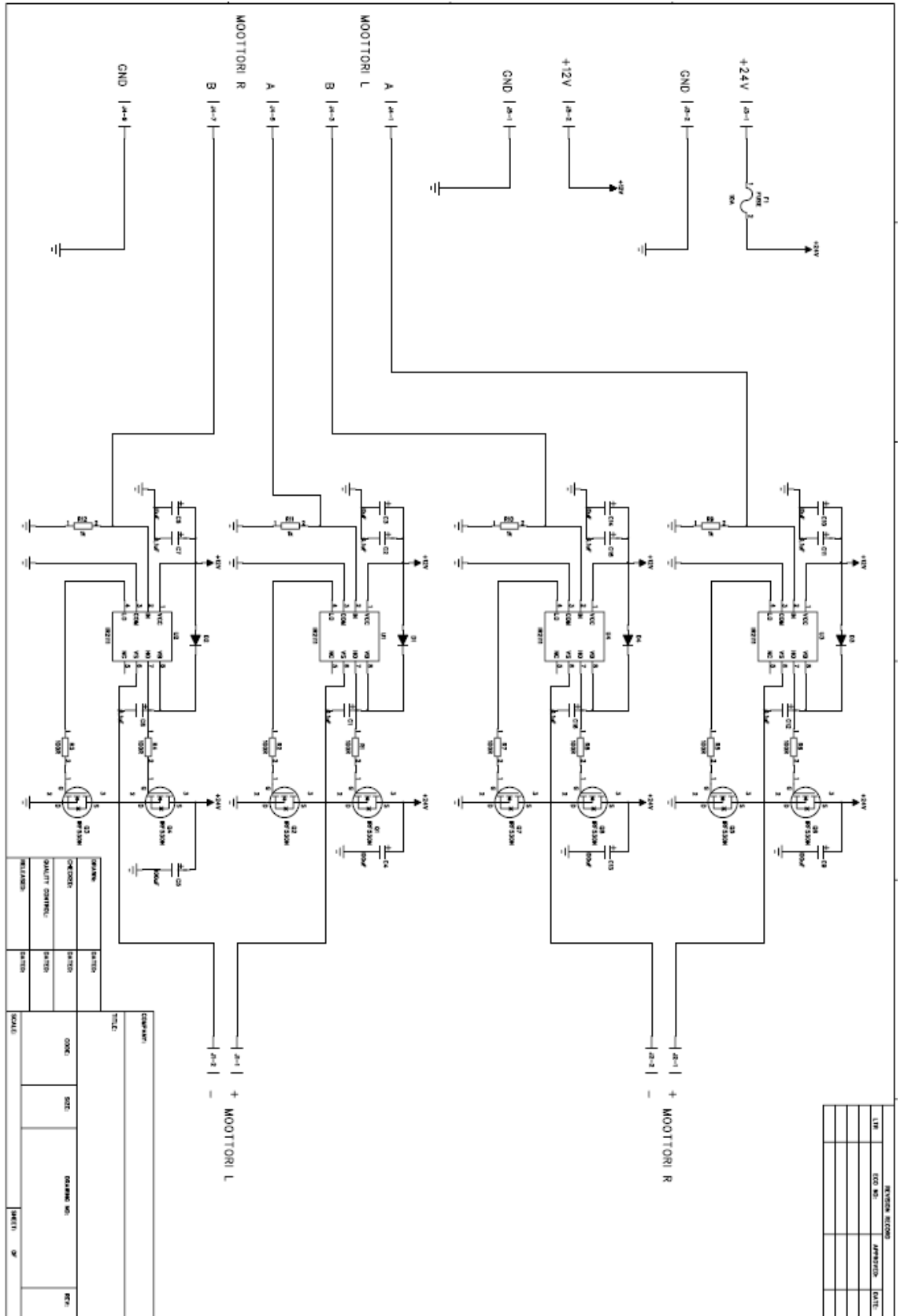
LIITE 7. Valmiin kaukosäätimen versio 1.1



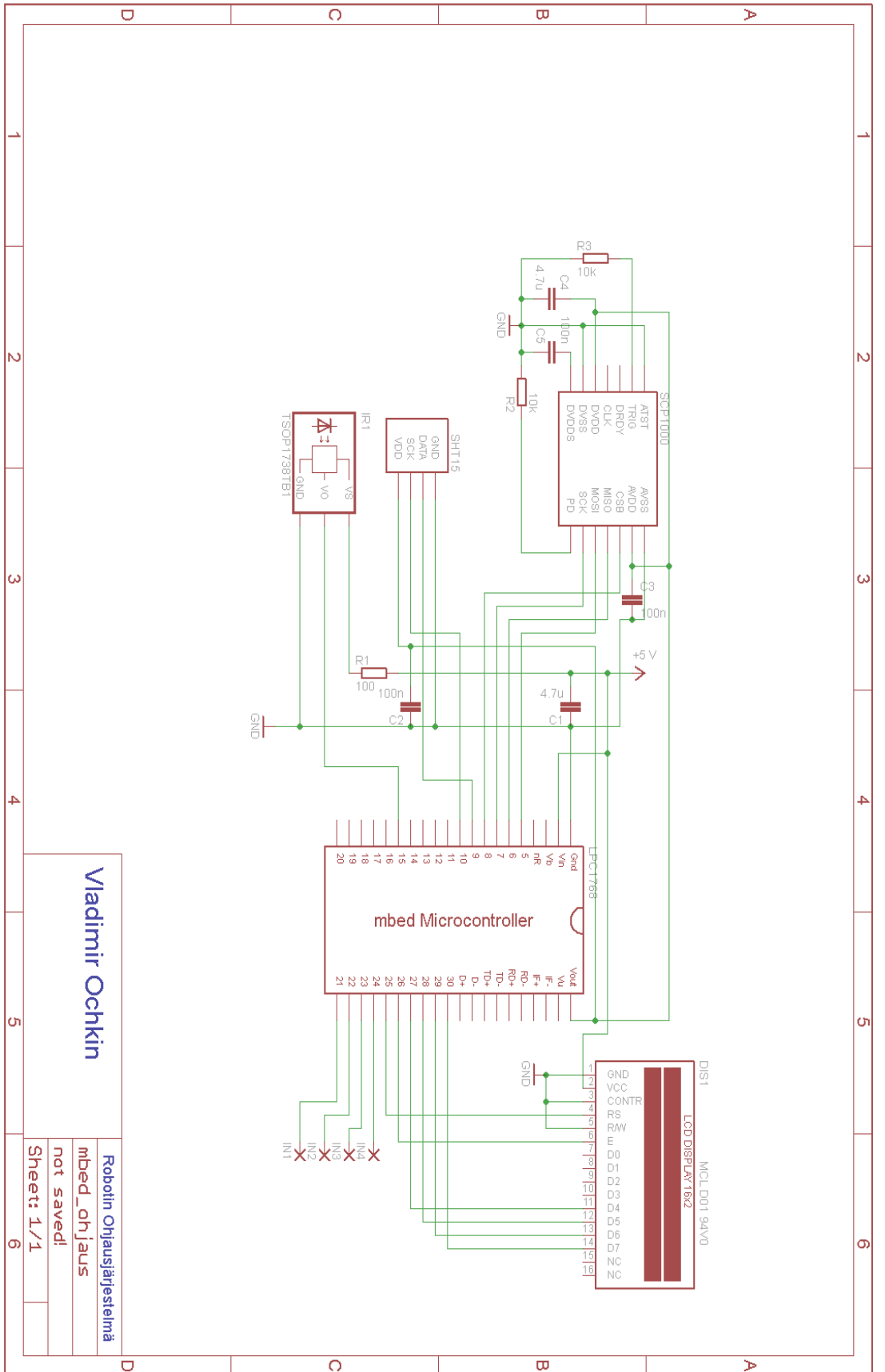
LIITE 8. Moottoriohjainkortin komponenttien asettelupiirros



LIITE 9. Robotin moottoriohjaimen piirikaavio



LIITE 10. Ohjausjärjestelmän piirikaavio



Vladimir Ochkin

Robotin Ohjausjärjestelmä

mbed_ohjaus

not saved!

Sheet: 1/1