

Tuomo Moilanen

INFRAPUNASÄTEILYN TULOSUUNNAN ILMAISIN

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Tietotekniikka
Kevät 2009



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

| | |
|--|---|
| Koulutusala Tekniikka ja liikenne | Koulutusohjelma Tietotekniikka |
| Tekijä(t) Tuomo Moilanen | |
| Työn nimi Infrapunasäteilyn tulosuunnan ilmaisin | |
| Vaihtoehtoiset ammattipinnot Konenäkö ja mittaustekniikka | Ohjaaja(t) Tuomo Rantala Toimeksiantaja Kajaanin ammattikorkeakoulu Ismo Talus |
| Aika Kevät 2009 | Sivumäärä ja liitteet 26 + 2 |
| <p>Insinööriyön tarkoituksena oli rakentaa laite, jolla voitaisiin havaita infrapunasäteilyn tulosuuntaa. Työ oli tutkimus- ja suunnittelutyötä. Laitteen tunnistuksessa lämpösäteilyä, tunnistus suunta ilmaistaan lcd-näytöllä. Laite koostuu kahdesta osiosta. Ensimmäinen osio koostuu tunnistimista, multiplekseripiiristä, AD-muuntimesta, mikroprosessorista sekä lcd-näytöstä. Toinen osio laitteen tunnistuksen parantamiseksi suunnitellusta infrapunavalaisuksesta, jolla saatiin laitteelle lisää havaintoetäisyyttä. Lisäksi laitteen olennaisten toimintojen kannalta työssä ohjelmoitiin mikroprosessoria, jolla ohjattiin kaikkia laitteen osa-alueita valaistusta lukuun ottamatta.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käsitellään sähkömagneettista säteilyä, jota infrapuna- eli lämpösäteilykin on. Lisäksi on hieman kerrottu tunnistimista ja sovelluksista, joihin infrapunaa käytetään. Käytännön osuudessa on kerrottu elektroniikkasuunnittelusta, ohjelmoinnista sekä piirilevyn valmistuksesta ja laitteen testauksesta.</p> <p>Laite koostuu vastaanottimista, jotka ovat infrapunatunnistimia. Infrapunaledeillä valaistaan laitteen etupuolta, jolloin kohteen osuessa valokeilaan infrapunasäteily heijastuu ja palaa laitteelle. Tunnistimet tarkkailevat tulevaa säteilyä ja tunnistavat sen, jos se on riittävän voimakasta. Vastaanottimelta saatu informaatio siirretään multiplekseripiiriin kautta AD-muunnokseen, jossa tieto muunnetaan mikroprosessorin ymmärtämään muotoon. Mikroprosessorilla käsitellään tieto ja tulostetaan lcd-näytölle tunnistamista vastaava merkki sekä tulosuunta, jossa havainto tehtiin. Lisäksi mikroprosessori ohjaa multiplekserin toimintaa ja näin ollen myös tunnistimia, mikä milloinkin on valittuna. Tunnistimia käsitellään yksittäisinä komponentteina, jotta tulosuunta saadaan osoitettua.</p> <p>Toiminnallisuus saatiin suunnitellun kaltaiseksi ja laitteen periaatteellinen toiminta saatiin todettua kytkentää rakentaessa. Aivan alussa suunniteltu lediketju, jolla oli tarkoitus osoittaa tulosuuntaa, koettiin tarpeettomaksi. Tähän tehtävään käytettiin lcd-näyttöä, joka datan tarkkailun vuoksi oli jo liitettyä mikroprosessoriin.</p> | |
| Kieli | Suomi |
| Asiasanat | IR-säteilyn tunnistaminen |
| Säilytyspaikka | <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto |

| | |
|---|--|
| School School of Engineering | Degree Programme Information Technology |
| Author(s) Tuomo Moilanen | |
| Title An Incoming Infrared Direction Indicator | |
| Optional Professional Studies Machine Vision and Measurement Technology | Instructor(s) Mr Tuomo Rantala |
| | Commissioned by Mr Ismo Talus |
| Date April 2, 2009 | Total Number of Pages and Appendices 26 + 2 |
| <p>Abstract</p> <p>The goal of this Bachelor's thesis was to design and build an infrared detecting device which indicates the direction of radiation. The work was researching and designing work. When the device detected thermal radiation it was shown on an LCD display. The device itself consists of two separate sections. The first section includes all the components which are necessary for work and display. The second just includes infrared lighting. There was also programming included in this thesis to create the functions of the device, except lighting which needed no code to work.</p> <p>The thesis includes both theory and the practical part. In the theoretical part electromagnetic radiation and its features are presented. There are also some examples of using infrared in today's electronics and, additionally, information about the detectors. In the practical part it is explained how this device was designed and built. Some programming and testing the device is also included.</p> <p>The device contains infrared detectors and their front is lit with infrared LEDs. When the target human or some other solid object is passing the LED beam, it mirrors back. The detectors detect the target if the light is reflected. The data which is now in a voltage form moves to the AD conversion and from there to the microprocessor. The processor analyzes the data and prints the mark (black square) on the LCD display. The direction of radiation is shown by analyzing each of the detectors. When two separate detectors are both detecting the target, it is shown on the display by printing several marks.</p> <p>The device was proven functional on a wiring platform and most of the goals were achieved. The main goals were that the device is quite simple and cheap and it detects a human from ten to fifteen centimeters of the sensors. The most challenging task was coding and there were some problems with the AD conversion. Also the schedule was tight in the end.</p> | |
| Language of Thesis | Finnish |
| Keywords | Infrared radiation detecting |
| Deposited at | <input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences |

ALKUSANAT

Tämä insinööri työ tehtiin Kajaanin ammattikorkeakoulun opettajan Ismo Taluksen toimeksiannosta. Työn idea syntyi, kun keskustelimme infrapunasäteilystä, jota kaikki elollinen tuottaa ja kuinka sen tulosuuntaa voisi ilmaista.

Haluan kiittää työn tilaajaa ja idean keksijää Ismo Talusta sekä ohjaaja Tuomo Rantalaa. Työn kielellisen ohjauksen osalta kiitän Eero Soinista sekä Kaisu Korhosta.

Kajaanissa 9.4.2009

Tuomo Moilanen

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 1 |
| 2 TEOREETTISTA TAUSTAA | 2 |
| 2.1 Sähkömagneettinen säteily | 2 |
| 2.1.1 Sähkömagneettisen säteilyn spektri | 4 |
| 2.1.2 Infrapuna-aallot, IR-säteily | 6 |
| 2.2 Tunnistimet | 7 |
| 3 ELEKTRONIIKKASUUNNITTELU | 9 |
| 3.1 Kytkennän suunnittelu | 9 |
| 3.1.1 Vastaanottimen kytkennän suunnittelu | 9 |
| 3.1.2 Lähettimen kytkennän suunnittelu | 12 |
| 3.2 Kytkentäalustalle rakennettu kytkentä | 13 |
| 4 MIKROPROSESSORIN OHJELMOINTI | 14 |
| 4.1 Ohjelmointi | 14 |
| 4.1.1 Multiplekserin ohjelmointi mikroprosessorille | 15 |
| 4.1.2 AD-muuntimen ohjelmointi mikroprosessorille | 16 |
| 4.2 Ohjelmien testaus | 16 |
| 5 PIIRILEVYSUUNNITTELU JA VALMISTUS | 17 |
| 5.1 PADS logic | 17 |
| 5.2 PADS layout ja router | 18 |
| 5.3 Piirilevyn jrsintä | 19 |
| 5.4 Piirilevyn kokoonpano | 20 |
| 6 TESTAUS | 21 |
| 7 TULOSTEN KÄSITTELY | 23 |
| 8 YHTEENVETO | 25 |
| LÄHTEET | 26 |
| LIITTEET | |

1 JOHDANTO

Insinööriyön tarkoituksena oli rakentaa laite, joka ilmaisee infrapunasäteilyn tulosuuntaa. Idea syntyi sattuman kautta, ”läheltä piti” hirvikolarin seurauksena. Työn tilaajan Ismo Taluksen kanssa keskustelimme infrapunakameroista sekä ilmaisimista, joita nykyisin käytetään kalliimmissa autoissa juuri ilmaisemaan ennalta valokeilassa näkymättömiä kohteita, kuten hirvet. Idea syntyi tästä keskustelusta ja tilaaja ehdotti, että kehittäisimme laitteen, jolla voitaisiin ilmaista infrapunasäteilyn tulosuuntaa. Olemassa on monia eri keinoja havaita liikettä ja kohteita, mutta oli jo heti työn alussa selvää, että käytettäisiin infrapunasäteilyä. Selvää oli myös jo työn hinnankin kannalta, ettemme käyttäisi kameroita vaan kehittäisimme ja tutkisimme infrapunasäteilyn ilmaisimia hyväksi käytettävää tekniikkaa, josta voidaan kehittää lopullinen laite. Infrapuna on käytössä yleisesti esimerkiksi kaukosäätimissä, pihavalojen ohjauksessa, lämpökameroissa, langattomissa sovelluksissa. Koska infrapuna-alue on lähellä näkyvän valon aluetta, voidaan lähi-infrapuna havaita jopa normaalilla digitaalikameralla.

Tarkoituksena oli tehdä mahdollisimman yksinkertainen laite, jota ehkä voitaisiin käyttää myöhemmin jossain muussa sovelluksessa. Kuitenkin vaatimuksena oli, että laitteeseen kuuluu mikroprosessori ja sitä kautta myös ohjelmointia. Lämpösäteilyä ei missään vaiheessa ollut tarkoituksena tunnistaa, kaukaa vaan laitteeseen riittävä etäisyys oli noin kymmenestä viiteentoista senttimetriä.

Laite koostuu toiminnan kannalta kahdesta osiosta, vastaanottimesta ja lähettimestä. Vastaanotinosio koostuu sensoreista, tiedonkäsittely- ja muokkauskomponenteista, mikroprosessorista sekä havaitsemisen ja datan tarkkailun kannalta olennaisesta lcd-näytöstä. Lähetinosio koostuu yksinkertaisuudessaan infrapunaledeistä, joilla valaistetaan laitteen edestä havaintoaluetta. Tunnistaessaan kohteen laite tulostaa näytölle kyseistä tunnistinta vastaavan merkin (musta neliö), eli jos laite tunnistaa vasemmalla puolellaan kohteen, tulostetaan lcd-näytön vasempaan reunaan merkki. Jos kohde liikkuu, ilmaistaan kohteen asemaa kullakin hetkellä tulostamalla merkkejä sitä mukaa kuin kohde liikkuu tunnistimien ohi. Kohteen ollessa useamman sensorin havaintoalueella tulostetaan kahden erillisen sensoria tarkoittavan merkin välinen alue. Mikroprosessorin tehtävänä on ohjata tunnistimien valintaa (multiplexeripiiriä) sekä lcd-näyttöä, jota tarvitaan AD-muuntimen datan tarkkailuun testivaiheessa ja kohteen sijainnin ilmaisemiseen lopullisessa laitteessa.

2 TEOREETTISTA TAUSTAA

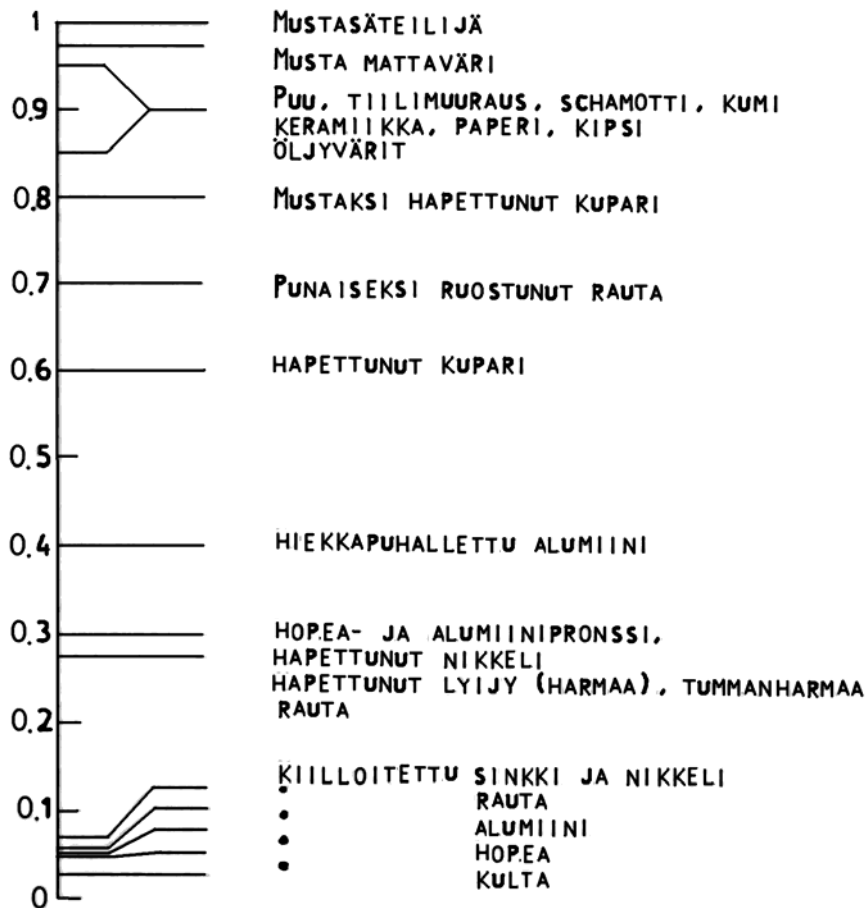
2.1 Sähkömagneettinen säteily

Lämpöenergian siirtyminen voi tapahtua kolmella eri tavalla, konvektiolla eli kuljetuksella, johtumalla ja säteilemällä. Konvektiossa lämpö siis siirtyy jonkin liikkuvan nesteen tai kaasun mukana, eli se tarvitsee väliaineen siirtyäkseen. Lämmön johtumisessa energian siirtyminen tapahtuu atomitasolla. Atomien ja molekyylien värähdellessä värähdysenergia siirtyy viereiselle atomille. Metallit ovat hyviä lämmönjohteita siksi, että niiden elektronitkin osallistuvat lämmönsiirtoon. Kaasut taas ovat huonoja lämmönjohteita, johtuen niiden molekyyli-rakenteesta. Tässäkin tapauksessa tarvitaan siis väliaine. [1.]

Kaikki kappaleet, joiden lämpötila on yli 0 K, lähettävät ympärilleen energiaa, sähkömagneettista säteilyä lämpötilansa perusteella. Energia on peräisin kappaleen atomien ja molekyylien lämpöliikkeestä. Jos säteily sisältää pelkästään kappaleen oman lämpötilansa perusteella tuottamaa säteilyä eli säteilyyn ei sisälly heijastunutta säteilyä, kutsutaan kappaletta mustaksi kappaleeksi. Reaaliset kappaleet kuitenkin lähettävät ympärilleen aina vähemmän lämpösäteilyä kuin musta kappale. Jos kappaleen lämpötila on sopivalla alueella, voidaan säteilyn aallonpituus nähdä silmillä värinä. Alle 500 °C:n lämpöisen kappaleen säteily on infrapuna-alueella ja jos lämpötila ylittää 500 °C, on säteily nähtävissä punaisen värin alueella. Lämpötilassa 1500 °C kappale säteilee kaikkea näkyvää valoa, jolloin kappale voidaan havaita valkoisena. Säteilyteho on voimakkaasti riippuvainen lämpötilasta. Säteilyteho on verrannollinen absoluuttisen lämpötilan neljänteen potenssiin ja riippuu myös pinnanlaadusta. [1, 2.]

Emissiivisyyttä eli kappaleen kykyä säteillä tietyssä lämpötilassa verrattaessa mustaan kappaleeseen samassa tilanteessa, kuvataan emissiokertoimella ϵ . Emissiokerroin riippuu aallonpituudesta, lämpötilasta, säteilyn lähtökulmasta ja säteilyn polarisaatiosta, mutta yleensä käytetään näistä tekijöistä riippumatonta vakioarvoa. [2.]

Kuvassa 1 on esitetty tyypillisiä emissiokertoimen arvoja eri materiaaleille. Kuvasta on nähtävissä, kuinka musta kappale absorboi itseensä tulevan säteilyn ja kiillotetut pinnat taas heijastavat lähes kaiken tulevan säteilyn.



Kuva 1. Emissiokertoimia eri aineille [2.]

Kun tiedetään pinnan pinta-ala A ja lämpötila T , voidaan säteilyteho laskea:

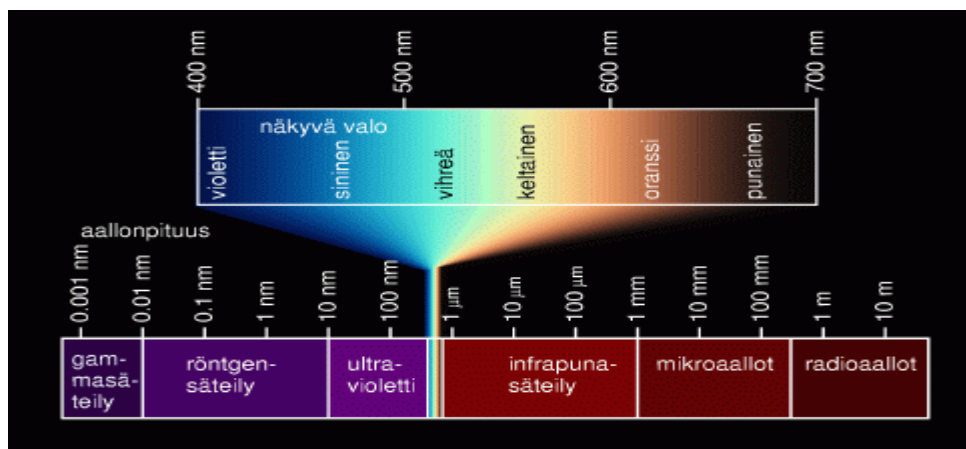
$$P = \epsilon \sigma A T^4, \quad (1)$$

missä σ = Stefan-Boltzmannin vakio = $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

Kun säteily kohtaa kappaleen osa, säteilystä heijastuu, osa absorboituu ja osa menee läpi. Pintaan imeytyneen osuuden ilmaisee absorptiosuhde α . Jos rajoitutaan läpinäkymättömien kappaleiden tilanteeseen, heijastuneen säteilyn osuus on siis $1 - \alpha$, eli kokonaisenergiämäärä vähennettynä imeytyneen energian määrä. Jos kyseessä olisi musta kappale, kokonaisenergiämäärän ja imeytyneen energian määrän erotus olisi nolla, eli mustan kappaleen absorptiosuhde olisi 1. Jos kappaleen absorptiosuhde on suuri, täytyy myös emissiivisyyden olla suuri. Samalla kun kappale emittoi eli säteilee ympäristöönsä, täytyy sen myös absorboida ympäristöstään sähkömagneettista säteilyä. Jos näin ei olisi, kappaleen lämpötila laskisi absoluuttiseen nollapisteeseen, koska se säteilisi pois kaiken energiansa. Kun kappaleen ja ympäristön lämpötilat ovat samat, se emittoi yhtä paljon energiaa kuin mitä se absorboi. Jos kappaleen lämpötila ja ympäristön lämpötila eivät ole samat, tapahtuu energian siirtymistä kuumasta kylmempään.[1, 2.]

2.1.1 Sähkömagneettisen säteilyn spektri

Sähkömagneettisen säteilyn taajuusalue on laaja, ainakin 10^{-3} :sta 10^{24} Hz:n saakka. Tämä alue jaetaan säteilyn syntyvän perusteella eri osa-alueisiin, ja yhdessä ne muodostavat sähkömagneettisen säteilyn spektrin. Tarkkoja rajoja osa-alueille ei ole, vaan ne menevät osittain päällekkäin, mutta kuitenkin niille yhteistä on, että ne kaikki etenevät tyhjiössä samalla nopeudella riippumatta siitä mihin, osa-alueeseen aallot kuuluvat. Kuvasta 2 on nähtävissä sähkömagneettisen säteilyn spektri, sekä näkyvän valon spektri. [3.]



Kuva 2. Sähkömagneettisen säteilyn spektri [4.]

Sähkömagneettinen säteily noudattaa aaltoliikkeen perusyhtälöä

$$v = f \lambda, \quad (2)$$

jossa v on aaltoliikkeen nopeus (vaihenopeus) ja on riippuvainen väliaineen ominaisuuksista, aallonpituus λ on edetty matka jakson ajan T aikana ja f on taajuus (frekvenssi), joka on myös jaksonajan käänteisarvo. [3.]

Sähkömagneettisen säteilyn spektri koostuu radioaalloista, mikroaalloista, infrapunasäteilystä, näkyvän valon aalloista, ultraviolettisäteilystä, röntgensäteilystä ja gammasäteilystä. Radioaallot koostuvat noin $100\text{--}10^9$ Hz taajuuksista. Lisäksi ne jaetaan vielä eri kaistoihin, joita on useita. Mikroaaltojen taajuusalue on noin $10^9\text{--}10^{12}$ Hz, ja niille on ominaista, että ne heijastuvat metallipinnoista, mutta läpäisevät esimerkiksi lasia, muovia ja paperia. Infrapunasäteily käsittää noin $10^{11}\text{--}4,3 \cdot 10^{14}$ Hz:n taajuusalueen ja aallonpituusalue on lähellä näkyvän valon aluetta. [3.]

Näkyvä valo, ainoa spektrin alue jonka voimme nähdä, koostuu taajuusalueen $0,43\text{--}0,75$ PHz aalloista. Se havaitaan eri väreinä ja kuvassa 2 on nähtävissä eri värien aallonpituudet. Tarkemmat arvot värien aallonpituuksille ovat violetti $400\text{--}440$ nm, sininen $440\text{--}480$ nm, vihreä $480\text{--}560$ nm, keltainen $560\text{--}590$ nm, oranssi $590\text{--}630$ nm ja punainen $630\text{--}700$ nm. Ultraviolettisäteilyn taajuusalue on noin $7,5 \cdot 10^{14}\text{--}10^{17}$ Hz. Aallonpituusalue on noin $400\text{--}30$ nm, joka jakaantuu kolmeen, A-($400\text{--}320$ nm), B-($320\text{--}280$ nm) ja C-($280\text{--}30$ nm) luokkaan. Röntgensäteilyn taajuusalue on noin $10^{16}\text{--}10^{21}$ Hz ja gammasäteily sähkömagneettista säteilyä, jonka taajuus yli 10^{18} Hz. [3.]

2.1.2 Infrapuna-aallot, IR-säteily

Infrapunasäteilyn havaitsi Frederick William Herschel, tunnettu myös astronomina ja muusikkona. Vuonna 1800 tutkiessaan auringon säteilyä suodattimilla hän havaitsi, että eri väreillä oli eri lämpötiloja. Suuntaamalla auringon valon prisman läpi, luoden näkyvän valon spektrin, hän mittasi jokaisen värin lämpötilaa. Hän teki havainnon, että lämpötila nousi violetista kohti punaista. Tämän havaitessaan hän mittasi vielä punaisen näkyvän alueen ulkopuolelta ja havaitsi siellä olevan vielä korkeampi lämpötila kuin punaisella alueella. Hän suoritti lisää kokeita ja havaitsi, että silmälle näkymätön valo käyttäytyi kuin näkyvä valo ja näin hän oli löytänyt infrapunasäteilyn. Koe oli tärkeä siksi, että hän oli ensimmäinen, joka todisti olevan muunlaistakin valoa, kuin mitä ihmissilmä erottaa. [3, 5.]

Tämän jälkeen kyseiselle infrapunasäteilylle on keksitty useita eri käyttösovelluksia. Sitä käytetään muun muassa lääketieteessä, jossa sillä voidaan häiritsemättä ja leviämättä ihmiskehoon tutkia kudoksia ja nesteitä. Infrapunatekniikkaa käytetään myös kameroissa, esimerkiksi sotilastekniikassa, valvonnassa ja kadonneiden etsimisessä. Infrapunatekniikkaa hyödynnetään myös rakennustekniikkaa auttavissa sovelluksissa muun muassa lämpövuotojen paikantamisessa, lujuuden mittauksessa ja vaurioiden paikantamisessa. Satelliiteissa infrapunaa käytetään esimerkiksi pilvien koostumuksen tarkkailussa, kun havainnoidaan mahdollisia tuhoisia myrskyjä. Lisäksi infrapunalle on useita sovelluksia niin tähtitieteessä kuin kodintekniikassa, joista kaukosäätimet, cd-asetat (infrapunalaser), valaistuksen ohjaus ja monet langattomat sovellukset lienevät yleisimpiä. [5.]

Infrapunasäteily jakaantuu lisäksi useaan osaan sovelluskohtaisesti, jotka ovat tässä työssä lueteltuna NIR 0,7...1–5 μm (lähi-IR), MIR 5–25...40 μm (keski-IR) ja FIR 25...40–200...300 μm (kauko-IR). NIR-alue on tämän työn kannalta oleellisin ja sijaitsee lähellä näkyvän valon aluetta. Lähi-infrapunatekniikka on käytön kannalta yksinkertaisempaa ja hinnaltaan edullisempaa, ja useimmat näkyvällä valolla toimivat sovellukset toimivat myös lähi-infrapunalla. Lähi-infrapuna vastaa aallonpituudeltaan lämpötilaa, joka on korkeampi kuin normaali ympäristössämme oleva lämpösäteily. Lähteinä voidaan mainita muun muassa aurinko, valaisimet ja tässä tapauksessa (lähi-) infrapunaedit. Kohteet siis heijastavat näiden lähteiden lähettämää säteilyä ja ovat siksi havaittavissa. Erityisesti tätä aallonpituusalueutta hyödynnetään mittaustekniikassa vesipitoisuuden määrittämiseen hyödyntäen veden voima-

kasta absorptiota tietyillä aallonpituusalueilla, eli vesimolekyyli värähtelee sellaisella taajuudella, joka osuu lähi-infrapunan alueelle. [6, 7.]

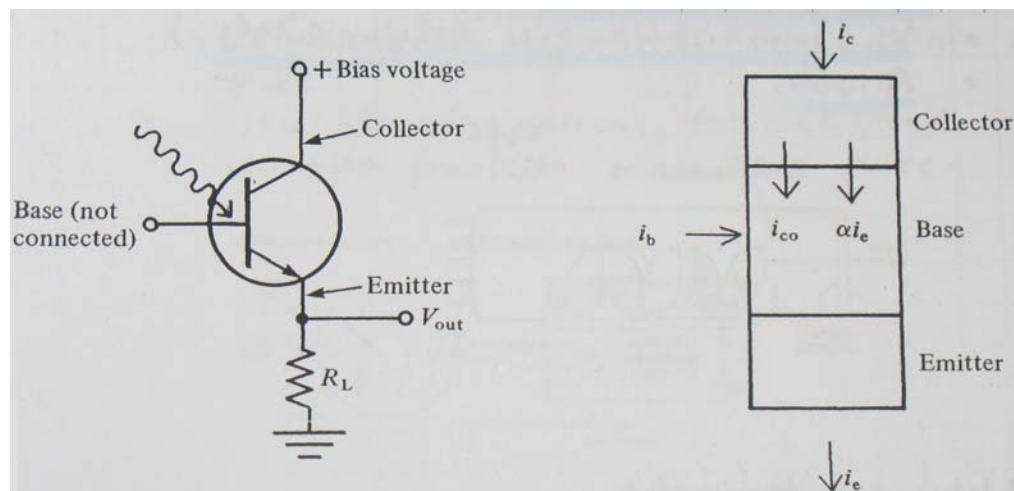
2.2 Tunnistimet

Viimeisen viidentoista vuoden aikana antureiden ja erilaisten tunnistimien käyttö on lisääntynyt räjähdysmäisesti, syynä tietotekniikan kehittyminen. Nykyään antureita ja tunnistimia löydyy useista eri laitteista sekä sovelluksista ja uusia käyttökohteita tulee jatkuvasti lisää. Tunnistin on laite, joka muuntaa fyysikaalisen ilmiön elektroniseksi signaaliksi, esimerkiksi tässä työssä infrapunasäteilyn (lämpösäteilyn) jännitteen muutokseksi. Tunnistin on siis rajapinta fyysisen ympäröivän maailman ja elektronisten laitteiden, kuten tietokoneet ja mikroprosessorit, välillä. Tunnistimien ja niihin liittyvän elektroniikan tuottama signaali siirretään tapauskohtaisesti jatkokäsittelyä, tallennusta, analysointia, tulkintaa, näyttöä varten eteenpäin. Sen jälkeen saadusta signaalista muodostetaan tietoa, jota voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin, kuten ohjaukseen, hälyttämiseen, seurantaan, tai vaikkapa signaalin tulosuunnan ilmaisuun, kuten tässä sovelluksessa. Tunnistinteknologiassa tulevat energiamuodot voidaan jakaa kuuteen eri osaan, jotka ovat säteilyenergia, mekaaninen energia, lämpöenergia, sähköenergia, magneettinen energia ja kemiallinen energia. [8, 9]

Tässä työssä on käytössä tunnistimina valoilmaisimia. Valoilmaisimien on komponentti tai laite, jota käytetään sähkömagneettisen säteilyn mittaamiseen tai havainnointiin näkyvän valon alueella tai sen lähiympäristössä. Englanniksi käytetään yleisnimitystä ”photodetector” ja viitattaessa suoraan esimerkiksi infrapunaan käytetään termiä ”IR-detector”. Fysikaalisena suurena ilmaisimille on teho, joka toimii herätteenä. Vaatimukset mittauksien suhteen (esim. pienet mitattavat tehot) ja laaja aallonpituusalue ovat luoneet laajan valikoiman erilaisia ilmaisimia. Ilmaisimet voidaan kuitenkin jakaa termisiin ja fotoni-ilmaisimiin. Termisissä ilmaisimissa ilmaisimateriaalin jokin sähköisistä ominaisuuksista muuttuu lämpötilan vaikutuksesta. Ne koostuvat yleensä kahden tai kolmen metallin kombinaatiosta ja voivat olla tyyppiltään kahdenlaisia, PTC (”positive temperature coefficient”) ja NTC (”negative temperature coefficient”). Fotoni-ilmaisimissa taas toiminnan periaatteen taustalla on elektronien irtoaminen tai elektroni-aukkoparien muodostuminen sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksesta, joka ilmenee ilmaisimateriaalin sähköisissä ominaisuuksissa. [2, 9.]

Työssä testattiin muun muassa valodiodityyppistä tunnistinta, mutta sen huomattiin olevan herkkä muulle tulevalle valolle, kuten loisteputkivalaisimet, kunnes päädyttiin päivänvalosuodattimella varustettuun valonilmaisimeen, joka oli tyypiltään valotransistori. Valotransistori on liitoskomponentti, jolla on vahvistusta ja ilmaisin on normaalin liitostransistorin kaltainen, jonka kanta on säteilylle alttiina. Normaalisti kanta ei ole kytkettynä ja kantavirta määräytyy ilmaisimelle tulevan säteilyn perusteella. [2.]

Kuvasta 3 on nähtävissä valotransistori ja siihen liittyvät merkinnät.



Kuva 3. Valotransistori [2.]

Yhteiskantakytkennän virtavahvistuskertoimen α ja yhteisemitterikytkennän virtavahvistuskertoimen h_{fe} välillä on riippuvuus [2.]

$$h_{fe} = \alpha / 1 - \alpha \quad (3)$$

Tämä arvo riippuu tulevasta säteilyn tehosta, ja jos kantavirta on i_b , R_L :n kautta kulkeva virta voidaan laskea seuraavasti:

$$i_e = (i_b + i_{co}) \cdot (1 + h_{fe}), \quad (4)$$

jossa i_{co} on kantakollektoriliitoksen vuotovirta.

Kapean taajuusalueensa vuoksi (< 200 kHz) valotransistorin käyttö soveltuu ainoastaan halpoihin kulutussovelluksiin. [2.]

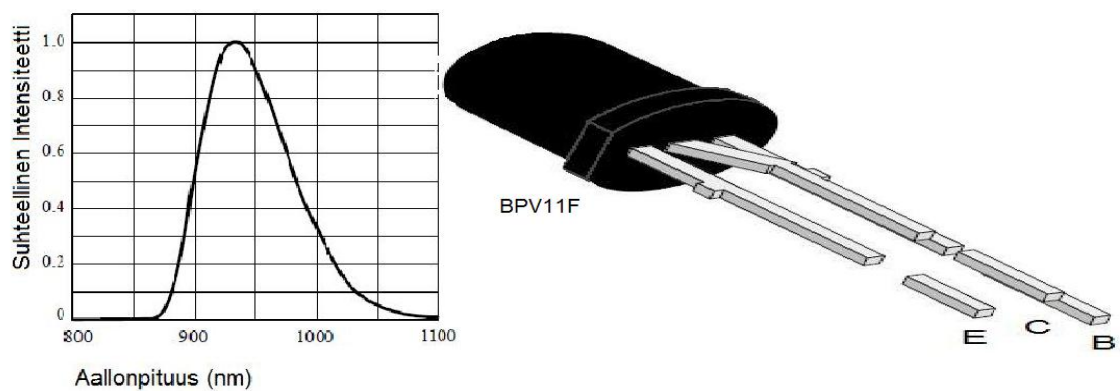
3 ELEKTRONIIKKASUUNNITTELU

3.1 Kytkennän suunnittelu

Työ aloitettiin suunnittelemalla vastaanotinpuolta. Kytkennät rakennettiin kytkentäalustalle ja periaatteellinen toiminta testattiin heti kytkentää rakentaessa. Kytkennöistä tehtiin useita eri kokoonpanoja ja testattiin, toimiiko rakennettu kokoonpano halutulla tavalla ja kyseiseen sovellukseen sopivasti. Kun kytkennän toiminta saatiin halutuksi, jatkettiin seuraavan komponenttikokoonpanon asettamista kytkentään ja sen toiminnan tarkkailua kyseisessä sovelluksessa. Liitteestä 1 on nähtävissä suunniteltu kytkentä.

3.1.1 Vastaanottimen kytkennän suunnittelu

Ensimmäisenä tutustuttiin erityyppisiin infrapunatunnistimiin ja niiden ominaisuuksiin. Useita eri komponentteja kokeiltiin, kunnes päädyttiin BPV11F NPN–tyyppiseen tunnistimeen, jossa oli päivänvalonsuodatin. Kyseinen komponentti oli reagoinniltaan kytkentään hyvin soveltuva ja erillistä vahvistinta ei tarvittu. Kuitenkin todettiin se, että tarvitaan lisäksi infrapunavalaistus, jotta saatiin riittävä havaintoetäisyys. Kytkennässä kokeiltiin myös erityyppisiä infrapunaledejä, joista lopulliseksi tyypiksi valittiin DPE5594A–tyyppinen led. Näin siksi, että kyseisen komponentin lähettämä 940 nm aallonpituus on myös tunnistimen herkkyyden kannalta paras mahdollinen. Kuvassa 4 on nähtävissä tunnistimen koteloointi sekä herkkyyys.

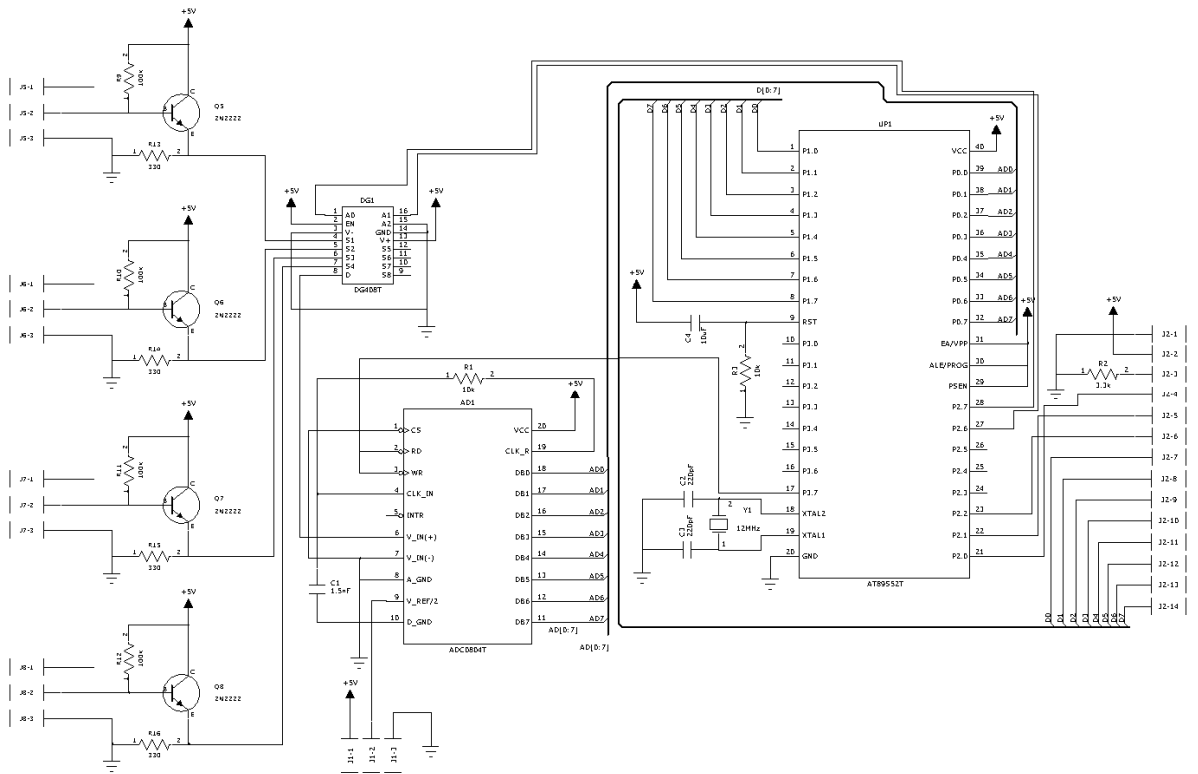


Kuva 4. IR-tunnistimen BPV11F suhteellinen intensiteetti ja kotelointi

Infrapunatunnistimien havaintoa todettiin oskilloskoopilla ja valaistuksen lisääminenkin oli sitä kautta helposti todettavissa tarvittavaksi. Tunnistimet kyllä tunnistivat myös ihmisen lähettämää lämpösäteilyä, mutta havaintoetäisyys ja jännitteen vaihteluväli oli riittämätön kyseiseen sovellukseen. Kun tunnistimet oli testattu ja huomattu niiden toimivan, asetettiin kyseiset tunnistimet DG408-monivalintapiiriin ohjauslinjoihin. Ohjauslinjoja käytettiin ledien sytyttämiseen ja näin ollen myös totuustaulun todentamiseen kyseisessä piirissä. Kun tunnistimilla ohjattiin kyseisiä linjoja, saatiin selville toimintaperiaate ja todettiin linjojen toiminta ja totuustaulun oikeellisuus.

Seuraavaksi kytkentään lisättiin mikroprosessori, joka toimii kytkennän lopullisen version toimintojen ohjaajana. Mikroprosessori muun muassa ohjaa monivalintapiiriin ohjauslinjoja, tarkkailee AD-muuntimelta tulevaa dataa ja reagoi sen mukaan, mikä tunnistin reagoi infrapunasäteilyyn. Lisäksi tässä vaiheessa kytkettiin mikroprosessoriin lcd-näyttö, jotta koodin toimintaa ja dataa saatiin tarkkailtua näytöltä.

Kuvassa 5 on nähtävissä lcd-näyttö liitettynä mikroprosessoriin sekä muut tehdyt kytkennät. Lcd-näyttö liitettiin liittimellä, jotta se tarpeen tullen olisi irrotettavissa. Liitin on nähtävissä kuvan oikeassa alareunassa. Lisäksi kuvassa on nähtävissä kaikki neljä anturia vasemmalla reunalla ja niille rakennettu transistorikytkentä. Myös tunnistimet ovat irrotettavissa ja niiden jalkajärjestys on ylhäältä alaspäin luettavissa kanta, kollektori ja emitteri. AD-muuntimeen liitettiin myös liitin, johon liitettiin herkkyden kohdilleen saamiseen liittyvä potentiometri, jolla säädettiin AD-muuntimen referenssiarvoa.

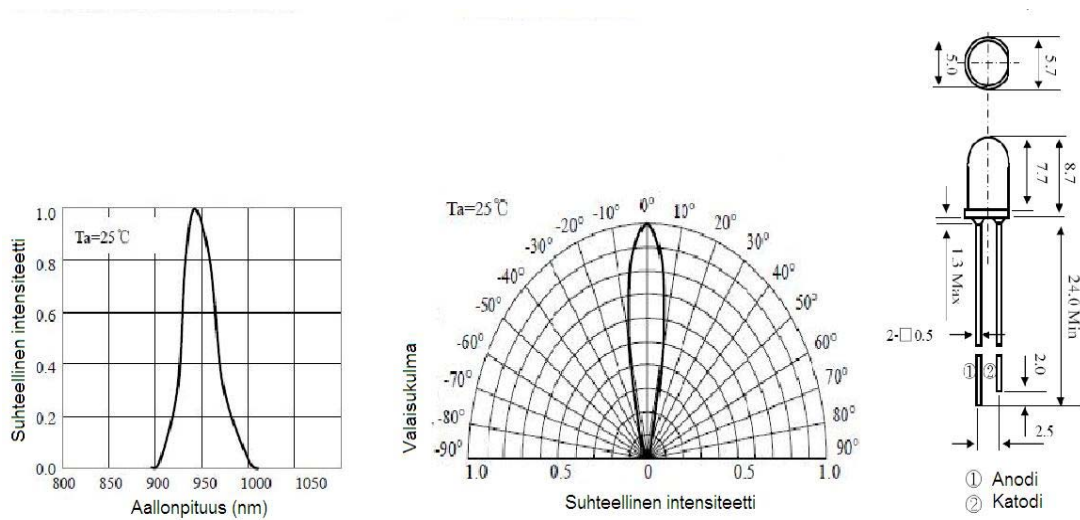


Kuva 5. Suunniteltu infrapunavastaanotin kytkentä

Lopullinen kytkennän vastaanotinpuoli koostuu infrapunatunnistimesta BPV11F, DG408-monivalintapiiristä, ADC0804-AD-muuntimesta sekä AT89S52-mikroprosessorista. Lämpösaiteilyn tulosuuntaa ilmaisee Hitachin yksirivinen lcd-näyttö.

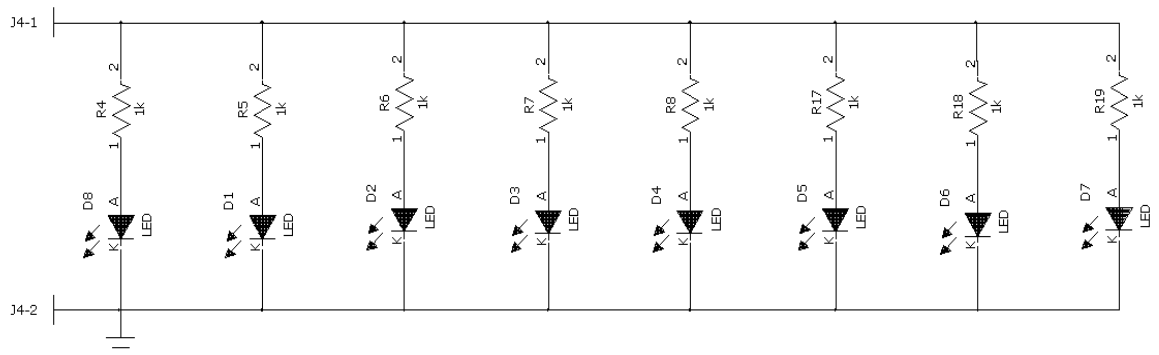
3.1.2 Lähettimen kytkennän suunnittelu

Lähetinosio koostuu infrapunavalaisimista, tyypiltään OPE5594A. Niiden tehtävänä on valaista 940 nm aallonpituudella ja näin ollen parantaa tunnistimien havaintoetäisyyttä. Kuvassa 6 on nähtävissä infrapunavalaisimeen liittyviä tietoja.



Kuva 6. Infrapunavalaisimen suhteellinen intensiteetti ja valaisukulma, sekä kotelointi

Kyseessä oli infrapuna-LED, jolla valaistetaan tunnistimien edustaa, ja kun kohde osuu valokeilaan, se heijastaa takaisin vastaanottimille infrapunavaloa. Käyttämällä tehokkaita infrapunavalaisimia saatiin havaintoetäisyyttä paremmaksi sovellukseen. Koska kyseessä oli LED-tyyppinen komponentti, kytkentä oli yksinkertainen LED-kytkentä. Valmistajan datalehdistä tarkastettiin jännite, joka tarvittiin ledien syyttämiseen ja valittiin sopiva vastuksen arvo.

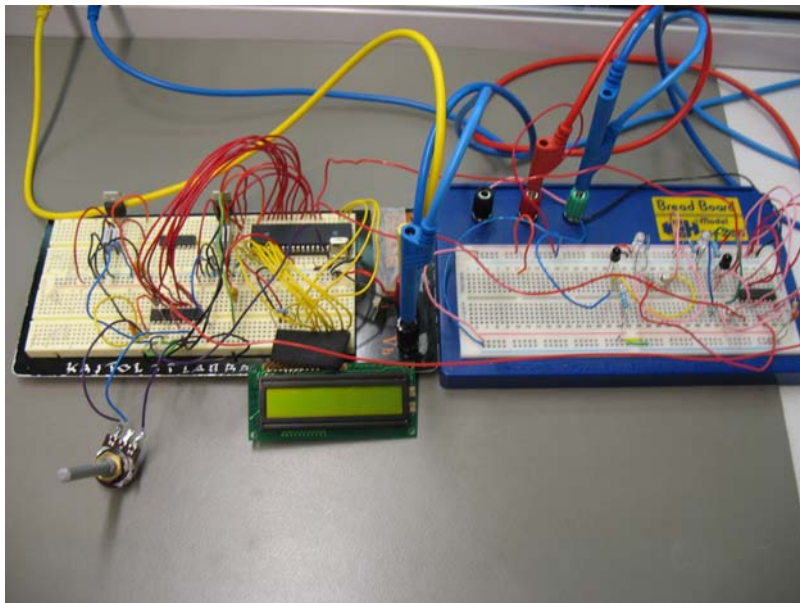


Kuva 7. Infrapunavalaisimien kytkentä

3.2 Kytkeäalustalle rakennettu kytkentä

Alla olevassa kuvassa on nähtävissä infrapunatulosuunnan ilmaisinkytkennän rakenne, joka rakennettiin kytkeäalustalle. Kytkennässä oli kiinnitettynä kaksi tunnistinta niiden toiminnan toteamiseksi. Ohjelmallisesti näin voitiin todeta, toimiiko tulostus oikein, kun molemmat tunnistimista tunnistivat. Lopullisessa laitteessa tunnistimia oli neljä ja niiden keskinäinen toiminta oli ohjelmallisesti sama kuin kahden tunnistimen tapauksessa. Kahden vierekkäisen tunnistimissa tulostettiin tunnistimia vastaavien merkkien lisäksi niiden välinen alue ja yksittäisen tunnistimen tunnistimissa vain kyseistä tunnistinta vastaava merkki. Paristojen jännite oli 9 voltia, joten tarvittiin regulaattori, jolla jännite saatiin laskettua piireille 5 volttiin. Kytkeäalustalla ollessaan kytkennälle syötettiin jännitettä pöydässä olleista jännitelähteistä.

Kuvassa 8 on nähtävissä toiminnan toteamiseksi rakennettu periaatteellinen kytkentä. Ohjelmien testaus suoritettiin seuraamalla lcd-näytölle tulevaa informaatiota ja loppuvaiheessa tulostuvia tunnistinta vastaavia merkkejä.



Kuva 8. Rakennettu periaatteellinen IR-säteilyn tulosuunnan ilmaisimen kytkentä

4 MIKROPROSESSORIN OHJELMOINTI

4.1 Ohjelmointi

Työssä tehtiin myös ohjelmointia, koska mikroprosessori tarvitsee ohjelman toimiakseen. Ohjelmistoympäristönä toimi IAR Embedded WorkBench ja kielenä C-kieli. Ohjelmoinnissa täytyi ohjelmoida monivalintapiirin ohjausta, AD-muuntimen ohjausta sekä lähdöt, joilla ilmaistaan, mikä tunnistin havaitsee infrapunasäteilyä.

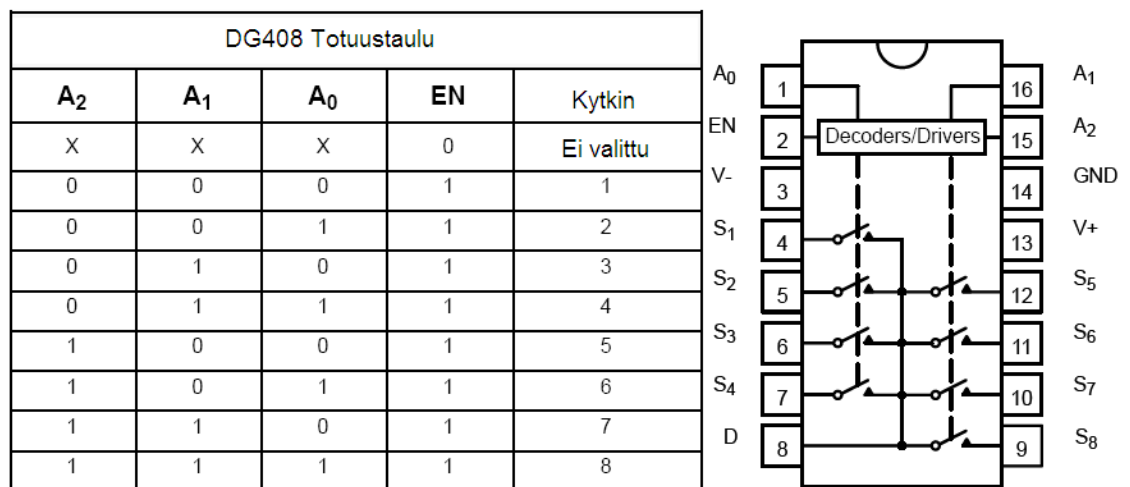
Kuvasta 9 on nähtävissä käytetty työpiste ja ohjelmointilaitteisto. Dataman-ohjelmointilaitteella syötettiin mikroprosessorille tehty koodi ja testattiin koodin toimivuus liittämällä prosessori muuhun kytkentään.



Kuva 9. Työpiste ja ohjelmointilaite

4.1.1 Multiplekserin ohjelmointi mikroprosessorille

Multiplekserin eli monivalintapiirin ohjelmointi perustui siihen, että piirin valintalinjoihin täytyi saada koodattua oikea tila. Piirin kytkentä perustuu totuustauluun, josta voidaan valintalinjojen sekä enable-linjan tilan mukaan aktivoida tietty switch eli kytkin. Tunnistimet liitettiin kyseisiin kytkimiin, jolloin tunnistimen tunnistuessa tiedettiin, mikä tunnistin oli kyseessä ja osattiin ohjata oikeaa tunnistinta vastaavaa lcd-näytön merkkiä. Seuraavassa kuvassa on nähtävissä DG408:n totuustaulu ja piirin kuva.



Kuva 10. Multiplekseripiirin DG408 totuustaulu ja piirin kuva

Yksinkertaisesti ohjelmassa asetettiin kulloisenkin tilanteen mukaan ohjauslinjoja ykköseksi ja nollassi. Enable oli kytkettynä 5 volttiin, joten se oli jatkuvasti valittuna ykköseksi. Lopulliseen kytkentään tuli vain 4 tunnistinta, joten kaikkien kolmen valintalinjan käyttö ei tässä tilanteessa ollut välttämätöntä, vaan A2-linja kytkettiin maihin eli nolnaan.

4.1.2 AD-muuntimen ohjelmointi mikroprosessorille

AD-muuntimen ohjelmoinnissa tarkkailtiin DG408:n tilaa. Ohjelma tutki, tunnistaako jokin tunnistimista edessään mahdollisesti olevaa kohdetta. Jos tunnisti, ohjelma toimi tulostamalla tunnistinta vastaavan merkin viimeisessä osiossa. Tunnistamisen toiminta perustui jännitteiden seuraamiseen. Jos tunnistimet eivät tunnistanee mitään edestään, jännite oli lähellä kolmea volttia ja ohjelmassa siirryttiin seuraavan tunnistimen tiedon tarkkailuun. Jos taas tunnistin tunnisti edessään kohteen, jännite laski kohti nollaa, jolloin ohjelmallisesti ehto jännite pienempi kuin 2,0 volttia toteutui ja ilmaistiin kyseisen tunnistimen tunnistavan.

4.2 Ohjelmien testaus

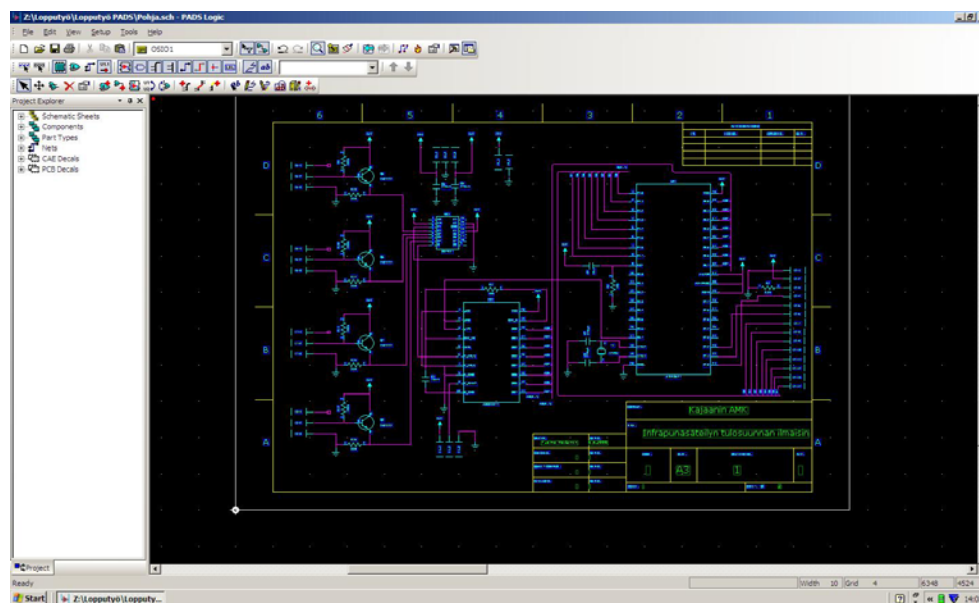
Ohjelmia testattiin niitä koodatessa, ja kun todettiin koodin menevän kääntäjän läpi virheettää, siirrettiin ohjelma mikroprosessorille käyttäen Dataman-ohjelmistoa sekä ohjelmointilaitetta. Lopullinen ohjelman toiminnan testaus ja tarkkailu tehtiin seuraamalla tietoa led-näytöltä. Esimerkiksi monivalintapiirin tapauksessa piirin switch-linjoihin kytkettiin led, jotta nähtiin, oliko kyseinen kytkin valittuna. Kun ohjelma oli ajossa, testattiin tunnistimien toimintaa. Näytölle tulostettiin alkuvaiheessa tekstiä, jolla nähtiin, toimivatko tunnistimet halutulla tavalla. Kun tunnistimet eivät tunnistanee, eli jännite oli yli 2,0 volttia, tulostettiin tekstiä ”yli”. Jos näytöllä luki ”ali”, kun kohde ei ollut tunnistimen edessä, säädettiin potentiometrillä AD-muuntimen referenssijännitettä, kunnes näytölle tulostui jälleen teksti ”yli”. Tämän jälkeen testattiin tunnistimien reagointi ja etäisyys, jolta ne tunnistivat. Myöhemmin kun ohjelmaa muokattiin kohti lopullista versiota, tulostettiin näytölle musta neliö. Jokaiselle tunnistimelle annettiin oma paikkansa näytöllä ja laatikko tulostettiin kunkin tunnistimen kohtaan ja testattiin toimivuus. Myöhemmin lisättiin vielä koodiin toiminto, jolloin kahden vierekkäisen tunnistimen tunnistaessa tulostettiin näytölle kohteen liikkumistulosuunnasta alkaen laatikoita sitä mukaa kuin kohde ohitti tunnistimia. Tämä tulostus onnistui käyttämällä tunnistimien paikkojen välistä aluetta näytöllä, koska tunnistimia oli 4 ja näytössä segmenttejä 16. Näin koko näyttö on käytössä tulostettaessa merkkejä ja äärilaidat vasen ja oikea kuvaavat reunimmaisista tunnistimista. Kun koodi saatiin toimimaan halutusti, siirryttiin piirilevyn suunnitteluun ja valmistukseen.

5 PIIRILEVYSUUNNITTELU JA VALMISTUS

Tässä luvussa esitetty tieto ohjelmistoista on vain pintaraapaisu niistä ja esimerkiksi PADS-ohjelmistoista on kirjoitettu kirjoja (esim. PADS Piirilevy-suunnitteluopas 2), joista on löydettävissä kaikki ohjelmiin liittyvät toiminnot. Lisäksi opintomateriaalina olimme saaneet kattavan tiivistelmän ohjelmistoista ja toimenpiteistä, joita tarvittiin piirilevyjä valmistettaessa. Liitteessä 1 on nähtävissä suunniteltu kytkentä paremmin luettavassa muodossa.

5.1 PADS logic

PADS logic on ohjelma, jolla voidaan piirtää piirikaavioita käyttäen elektroniikassa käytettäviä piirikaaviomerkkejä. Tässä ohjelmassa myös määritellään komponenttien arvot ja toiminnan kannalta olennaiset asiat. Ohjelmassa on valmiiksi luotuja yleisesti käytettyjä komponentteja ja niiden piirikaaviokuvia, mutta ohjelmalla voidaan myös itse luoda komponentti, jos sitä ei ollut jo valmiiksi olemassa ohjelmassa. Tällä ohjelmalla saatiin luotua piirikaaviokuvia selkeitä ja havainnollisia. Logic-ohjelmassa piirrettiin kytkentä Layout-ohjelmalle, jossa luodut vedot tehtiin niin kuin ne piirilevyille tulivat. Kuvassa 11 on nähtävissä käyttöliittymä logic-ohjelmasta ja suunniteltu kytkentä. [10.]

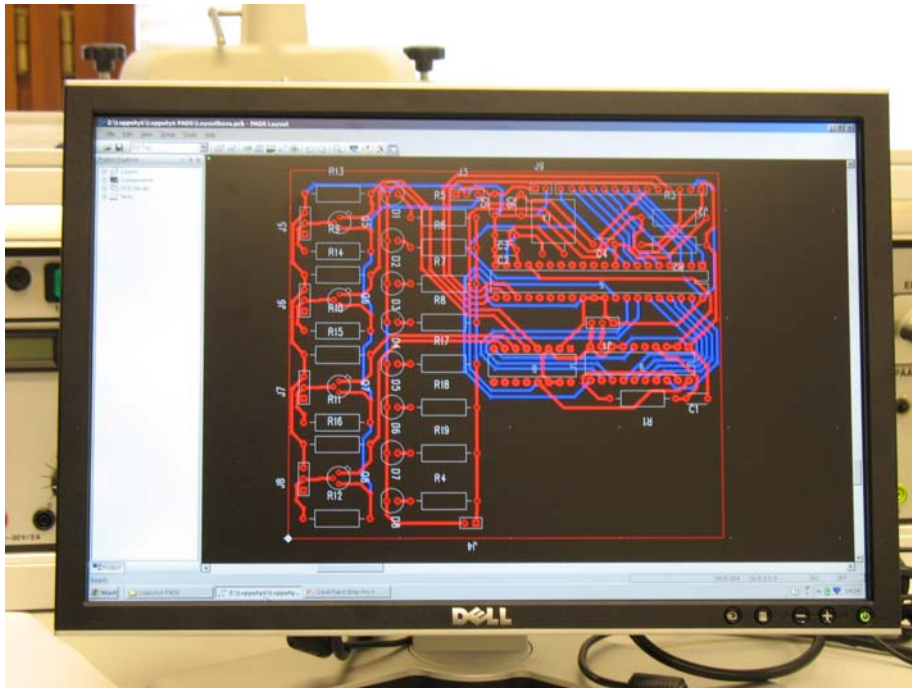


Kuva 11. PADS Logic ja suunniteltu IR-säteilyn tulosuunnan ilmaisinkytkentä

5.2 PADS layout ja router

PADS layout on ohjelma, jolla luotiin piirilevyn vedot. Vedoilla tarkoitetaan linjoja, joilla jännitteet kulkevat komponenteilta toisille. Tässä ohjelmassa luotiin piirilevyn niin sanottu pohjapiirustus, jonka mukaan piirilevyä valmistaessa toimittiin. On olemassa myös ohjelma nimeltään PADS router, jonka etuna oli se, että sillä voitiin tehdä vetoja jopa automaattisesti, mutta tätä ominaisuutta ei käytetty tässä sovelluksessa. Syynä tähän oli, että ohjelma pyrkii ratkaisemaan monet muutenkin ratkaistavissa olevat vedot läpivienneillä, joita ei haluttu tulemaan piirilevyyn.

Kuvassa 12 on nähtävissä PADS layoutin käyttöliittymä ja suunniteltu piirilevy, joka myöhemmin jrsyttiin tässä ohjelmassa tehtyjen jrsintätiedostojen perusteella. [10.]

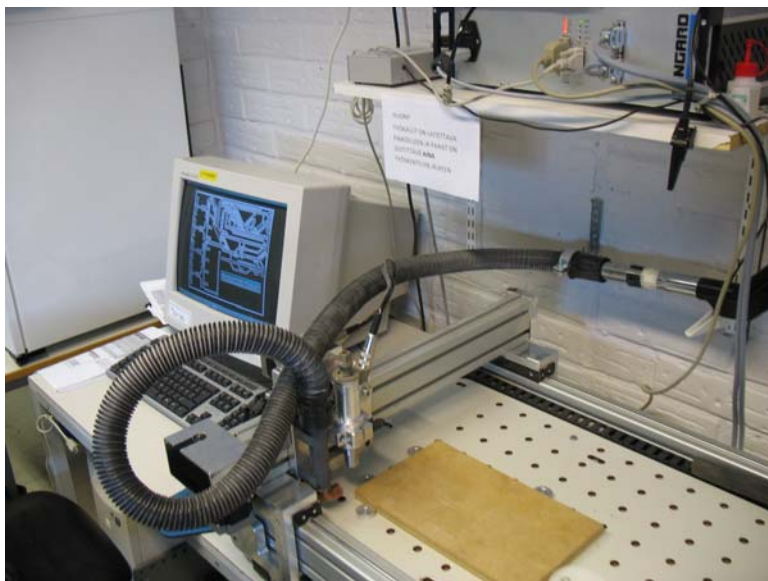


Kuva 12. PADS Layout ja IR-säteilyn tulosuunnan ilmaisimen piirilevykuva

5.3 Piirilevyn jyrshintä

Kun piirilevy oli suunniteltu PADS-ohjelmistoilla, luotiin PADS layoutilla niin kutsutut koneistustiedostot eli CAM-tiedostot. CAM-tiedostoja voidaan käyttää monen eri sovelluksen yhteydessä (ladontakoneet, jyrsimet..), ja ne sisältävät kaiken oleellisen tiedon komponenteista, jotka tässä muodossa ovat laitteiston ymmärrettävissä. Tiedostot luotiin ylä- ja alapuolelta, sekä poraustiedosto komponenttien jalkojen ja kantojen läpiviemiseksi. Tiedostomuotona oli poraukselle Excelon ja jyrinnälle Gerber. IsoCAM-ohjelmistossa määriteltiin käytettävät työkalut ja asetettiin poraustiedostojen muoto samaksi kuin mitä se PADS-ohjelmistossa oli. Koska piirilevystä tuli kaksipuoleinen, tehtiin myös sille kohdistusreiät IsoCAM-ohjelmassa, jotta piirilevyä käännettäessä saatiin asetettua se oikeaan kohti. Lisäksi alapuoli peilattiin, jotta jyrsin teki sen oikein päin. Lisäksi tässä ohjelmistossa voidaan määrittää tehtävät toimenpiteet tapauskohtaisesti, esimerkiksi käytetäänkö useita teriä ja poistetaanko kaikki kupari vaikkapa piiriltä ja jätetään vain vedot. Tästä on hyötyä silloin, jos tarvitaan paljon tilaa vetojen välille. Käyttämällä useampaa terää voidaan parantaa tarkkuutta sekä kasvattaa vetojen väliä, jolloin vältetään esimerkiksi oikosuluilta.

Jyrshintäessä piirilevyä käytettiin tässä työssä Bungard-ohjelmistoa ja piirilevyjyrshintä, joka on nähtävissä kuvassa 13.



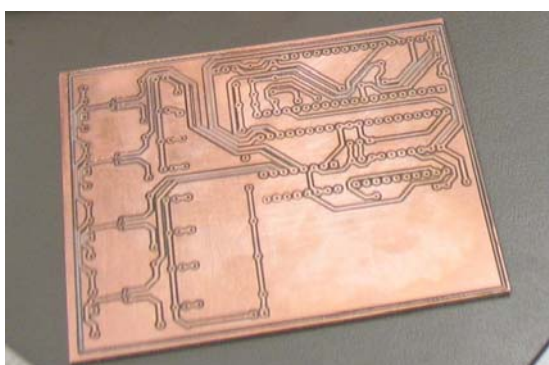
Kuva 13. Bungard-työpiste ja jyrsin

Toimittaessa jyrsimellä seurattiin jyrsimen luona olleita ohjeita jyrsimen asetusten ja käytön oikeellisuuden suhteen. Ohjelmistoon asetettiin piirilevyn valmistuksen kannalta oleelliset asetukset, kuten alustan ja kuparilevyn paksuus. Lisäksi asetettiin porauksille ja jyrsinnälle syvyydet. Asetusten ollessa kohdillaan aloitettiin varsinainen piirilevyn valmistus, jonka jyrsin hoiti automaattisesti ja ainoastaan konetta täytyi tarkkailla ja vaihtaa terä tarvittaessa. Toimenpide tehtiin molemmille puolille ja porattiin tarvittavat kohdistus- ja läpivientireiät.

5.4 Piirilevyn kokoonpano

Kun piirilevy oli valmistettu, aloitettiin komponenttien lisääminen piirilevyyn. Ensimmäiseksi tarkistettiin jyrsimen tekemä työnjälki ja käytiin virtamittarilla läpi kytkennän vedot. Kun oikosulkuja ei ollut, siirryttiin komponenttien liittämiseen levyllä. Kokoonpanossa käytettiin luokkatiloissa ollutta kolvia, jolla komponentit tinattiin levyllä. Piireille, tunnistimille, säätöpotentiometrillemme, lcd-näytölle ja 9 voltin paristojen liitäntöille asennettiin piirilevylle kannat, jotta ne voidaan tarvittaessa vaihtaa ilman, että niitä täytyy juottaa irti. Muut komponentit juotettiin kiinni piirilevyyn.

Kuvassa 14 on nähtävissä piirilevy, johon komponenttien juottaminen aloitettiin. Kyseessä oli kaksipuoleinen piirilevy. Komponentit olivat sijoiteltuna piirilevyn yläpuolelle, mutta koska vetoja oli niin paljon, oli järkevää käyttää piirilevyn alapuolta hyödyksi viemällä osa vedoista siellä.



Kuva 14. Valmistettu IR-säteilyn tulosuunnan ilmaisimen piirilevy

Piirilevyn suunnittelussa sattuneen virheen vuoksi kyseinen piirilevy valmistettiin vielä uudelleen korjattuna ja koottiin myöhempänä ajankohtana.

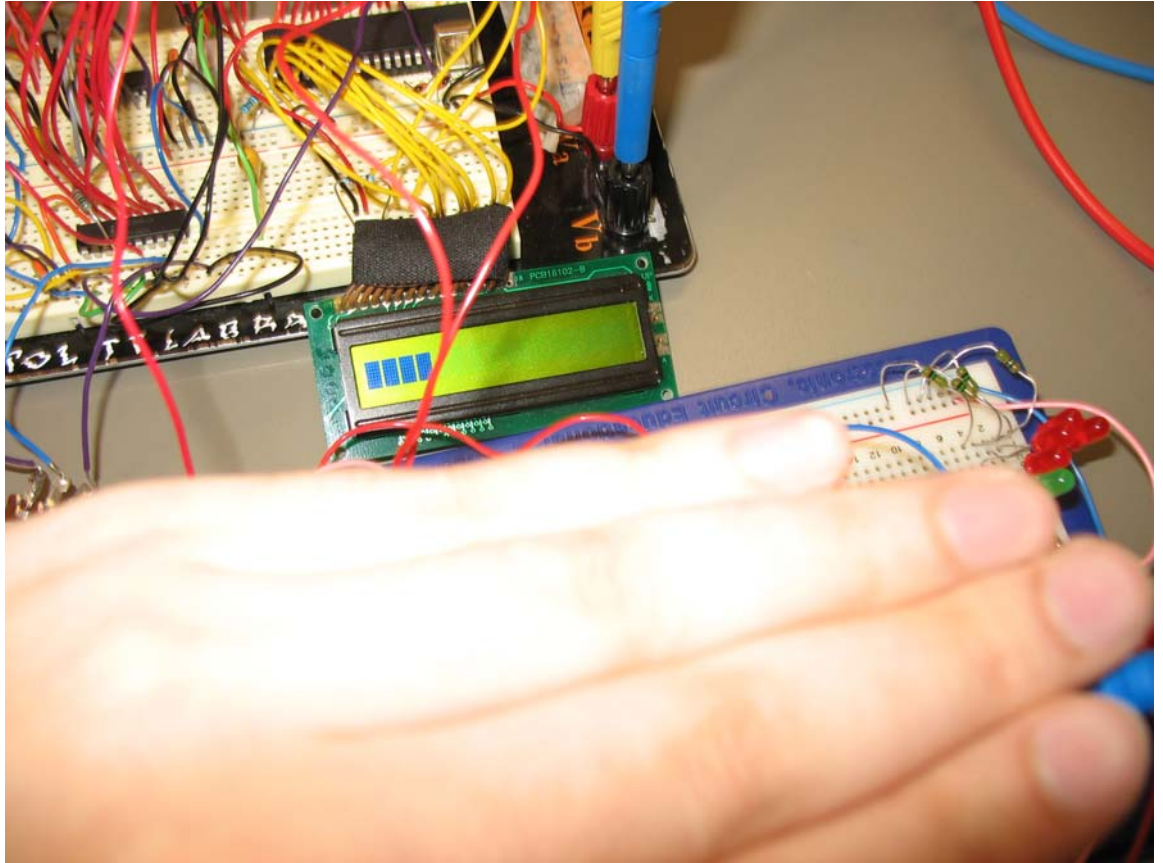
6 TESTAUS

KytKentää testattiin sitä rakentaessa ja koodatessa. Ensimmäiseksi testattiin erilaisia antureita, joita testaamalla huomattiin tarvittavan päivänvalosuodattimella varustetun anturin. Valitulle anturille testattiin erilaisia kytkentöjä, mutta se ei enää toiminut halutulla tavalla ollessaan kytkettynä DG408:n kytkinlinjoihin. Vasta nykyisen transistorikytkennän avulla saatiin tunnistin ja multiplekseripiiri toimimaan yhdessä niin, että tunnistimen havaitessa jännite laskee kohti nollaa ja alle kahden voltin arvolla näytölle tulostetaan tunnistamista vastaava merkki. Aluksi tulostettiin jännitteen tilaa ja ollessaan yli 2,0 voltia näytöllä luki ”yli” ja ilmoitettiin, mitä tunnistinta milloinkin tarkkailtiin. Kun jännite laski alle 2,0 volttiin, tulostettiin ”ali”.

Kun toimintaperiaate oli saatu selville ja todettu koodin toimivan oikein, siirryttiin kohti lopullista versiota, jossa tunnistimille määrättiin merkiksi musta neliö. Ensiksi tarkkailtiin vain yhtä tunnistinta, ja sen tunnistaessa tulostettiin haluttu merkki. Sen jälkeen ohjelmallisesti testattiin näytöllä segmentin vaihtoa ja tulostusta näytöllä eri kohtaan. Kun tämä toiminto oli selvillä, käytettiin kahta tunnistinta, joiden tunnistaessa merkit tulostuivat niitä tarkoittaviin kohtiin näytöllä. Aluksi tunnistimet tulostivat näytölle yksi kerrallaan oman merkkinsä, mutta ohjelmaan lisättiin toiminto, jossa seurattiin viereisen tunnistimen tilaa ja näin oli mahdollista tulostaa näytölle kahden erillisen tunnistimen tila yhtä aikaa. Lisäksi ohjelmallisesti tehtiin niin sanottu ”pitotila”, jolloin merkkiä tulostettiin näytölle niin kauan kuin kohde oli tunnistettuna.

Useamman tunnistimen tunnistaessa ohjelmallisesti ohjattiin näytölle ensimmäisen tunnistimen merkki ja tarkkailtiin viereisiä tunnistimia. Jos viereinenkin tunnistin tunnisti, lähdettiin tulostamaan näytölle merkkejä siitä suunnasta, missä ensimmäiseksi oli havaittu kohde, kohti seuraavaa tunnistinta. Tulostus tapahtui segmentti kerrallaan kohti seuraavan tunnistimen merkkiä, ja sitä mukaa kuin segmenttejä sytytettiin, ne jätettiin pitotilaan. Molempien tunnistaessa näytölle tulostettiin loppuvaiheessa neljä merkkiä kerralla. Tunnistimien tunnistusetaisyttä testattiin, ja todettiin sen olevan noin 10–15 cm ja toiminnan kannalta riittävä.

Kuvassa 15 on nähtävissä tilanne, jossa molemmat tunnistimet tunnistavat kohteen ja tulostavat merkit lcd-näytölle.



Kuva 15. IR-säteilyn tulosuunnan ilmaisimen toiminnan testaus

Piirilevyä ei voitu tässä vaiheessa vielä testata, koska se oli kesken. Piirilevy kuitenkin tullaan valmistamaan ja kokoamaan, sekä lopuksi testaamaan, kunhan siinä esiintyneet pienet virheet saadaan korjattua.

7 TULOSTEN KÄSITTELY

Työssä saatiin rakennettua infrapunasäteilyn tulosuuntaa ilmaiseva laite, jonka periaatteellinen rakenne ja toiminta saatiin selvitettyä. Laitteen tuli ilmaista infrapunasäteilyn tulosuuntaa ja osoittaa säteilyn tulosuuntaa alun perin ledeillä, mutta myöhemmin päädyttiin käyttämään lcd-näyttöä ilmaisimena. Tunnistimen havaitessa kohteen näytölle tulostettiin jokaista tunnistinta vastaava merkki. Yhden tunnistimen havaitessa kohteen tulostettiin yksi merkki, ja kun kaksi vierekkäistä tunnistinta havaitsi kohteen, tulostettiin näytölle kyseisten tunnistimien merkkien välinen alue. Lisäksi suuntaa havainnollistettiin tulostamalla merkkejä näytölle järjestyksessä yksi kerrallaan jättäen merkit näkyviin, kunnes kaikki neljä segmenttiä oli tulostettu. Lisäksi kohteen ollessa tunnistimen edessä paikallaan siirryttiin pitotilaan, jossa näytölle tulostettiin merkki niin pitkään kuin kohde oli havaittavissa.

Työ oli suunnittelu- ja kehitystyötä, jossa tutkittiin kyseiseen sovellukseen sopivia komponentteja ja rakennettiin niille testauskytkentöjä, kunnes päädyttiin lopulliseen kokoonpanoon. Työ koostui elektroniikkasuunnittelusta, ohjelmoinnista ja laitteen rakentamisesta. Työn tilaajalta sain vinkkejä, millaisia komponentteja kannattaisi käyttää, ja saatavilla olleilla tunnistimilla testattua todettiin tarvittavan päivänvalosuodattimella varustettu tunnistin. Valaisimet aiheuttivat häiriötä tunnistimiin, joissa ei ollut päivänvalosuodatinta. Käytetyt piirit olivat opintojen ajalta jo tuttuja, mutta uuden sovelluskohteen vuoksi täytyi tutkia jo valmiita sovelluksia ja sovittaa toiminta tuttujen komponenttien käyttämiseen.

Liitettäessä tunnistimia DG408:aan esiintyi ongelma, jossa jännitetaso ei laskenut riittävän alas tunnistimen tunnistaessa vaan palautui kohti kolmea voltia, vaikka kohde oli tunnistimen edessä. Ongelmaan löytyi kuitenkin ratkaisu valmiista kytkennästä sattuman kautta, ja lisäämällä 2N2222-transistori kytkentään saatiin jännitetaso myös pysymään alhaalla tunnistimen havaitessa. Lisäksi ohjelmointi oli osittain haastavaa ja yllättäen AD-muuntimen lukemisessa esiintyi ongelma, jonka ratkaisemiseksi meni aikaa. Lopulta koodissa tehdyn virheen löydyttyä ongelma saatiin ratkaistua ja laite toimimaan oikein.

Piirilevyn valmistuksessa sattuneen virheen sekä aikataulun tiukkuuden vuoksi suunnitellussa aikataulussa ei ollut mahdollista valmistaa protolaitetta, joka alun perin oli tarkoituksena tehdä. Kuitenkin piirilevy tullaan valmistamaan uudelleen ja suunnittelu on jo käynnissä. Lopulliselle laitteelle tullaan suorittamaan testaus myöhempänä ajankohtana.

Jatkokehityksenä tunnistimet voisi vaihtaa kauemmas tunnistaviin erityyppisiin ja lisätä niille vahvistusta. Tehdyn kytkennän perään näytön tilalle voisi lisätä jonkin muun laitteen sovel-luskohtaisesti, esimerkiksi servomoottorin, jota käännettäisiin havaittuun säteilyn tulosuun-taan kohti. Lisäämällä vielä vaikkapa kameran voitaisiin tehdä IR-säteilyyn reagoiva valvon-takamerajärjestelmä. IR-valaistuksen ollessa riittävän tehokas sopivalla kameralla voitaisiin kuvata pimeässä ja tallentaa materiaali vaikkapa kovalevyille.

8 YHTEENVETO

Insinööriyössä toteutettiin laite, jolla saatiin periaatteellinen toiminta todettua eli laite ilmaisi infrapunasäteilyn tulosuuntaa suunnitellulla tavalla. Tunnistinosio sisälsi tunnistimet ja niiden ohjaamiseen käytetyn multiplekseripiirin. AD-muuntimella multiplekseripiiriltä saatu data muunnettiin mikroprosessorin ymmärtämään muotoon. Mikroprosessori ohjasi kaikkia toimintoja ja ilmaisimena ollutta lcd-näyttöä. Valaisinosio koostui infrapunaledeistä, jotka eivät tarvitseet ohjausta vaan olivat päällä jatkuvasti laitteen ollessa käynnistettynä.

Laitteen toimintaa ohjaa 8-bittinen mikroprosessori AT89S52. Prosessori ohjaa DG408-multiplekseripiiriä, jonka kytkinlinjoihin tunnistimet ovat kytkettynä. Prosessori ohjaa multiplekserin ohjauslinjoja A0 ja A1. A2 ei ollut käytössä, vaan oli kytkettynä maahan eli nollaan ja enable-linja +5 volttiin eli loogiseen yhteen. Totuustaulun tiloja läpikäymällä saatiin valittua tietty kytkin ja tarkkailtua siihen kytkettyä tunnistinta. Jos tunnistin havaitsi kohteen, jännitetaso laski ja saavuttaessaan 2,0 volttia ohjelmallisesti todettiin tunnistimen havainneen kohteen. AD-muuntimella muunnettiin saatu signaali digitaaliseksi ja vietiin mikroprosessorille käsiteltäväksi. Havaitessaan kohteen prosessori tarkkaili kyseistä tunnistinta ja tulosti merkkiä lcd-näytölle niin pitkään, kuin ehto (jännite alle 2,0 volttia) toteutui. Lisäksi siirryttiin tarkkailemaan myös viereisiä tunnistimia ja niiden tilaa. Jos viereinen tunnistin havaitsi kohteen, lähdettiin tulostamaan näytöllä järjestyksessä merkkejä kohti seuraavan tunnistimen merkkiä. Merkit jätettiin näkyviin näytölle ja tila pidettiin päällä niin kauan kuin kohde oli tunnistettavissa. Kohteen siirtyessä pois ensimmäisen tunnistimen havaintoalueelta sammutettiin merkit, ja jos viereinen tunnistin yhä tunnisti kohteen, jatkettiin kyseisen tunnistimen merkin tulostamista ja tarkkailtiin taas viereisiä tunnistimia ja niiden tilaa.

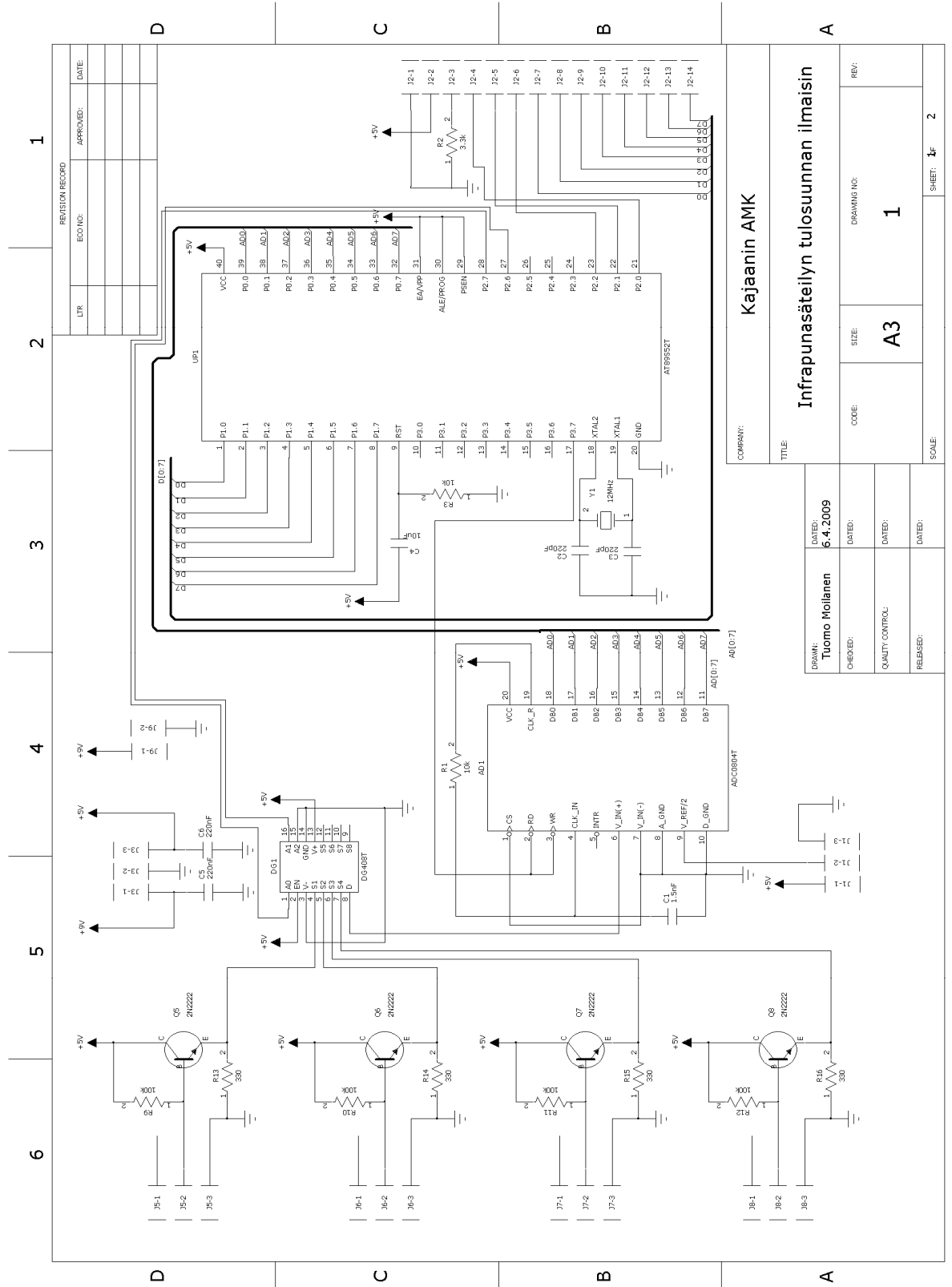
Lüitteinä on rakennetun kytkennän logiikkakuva sekä suunnitellun piirilevyn layout-kuva. Tässä vaiheessa vielä valmista piirilevylle rakennettua laitetta ei ollut, mutta se tullaan valmistamaan myöhemmin tämän insinööriyön ulkopuolella.

LÄHTEET

- 1 Inkinen Pentti, Tuohi Jukka, Momentti 1 Insinöörifysiikka, Otava, ISBN 951-1-16598-4
- 2 Romppainen Pentti, Aaltoanturit, Kajaanin AMK, 2006 opintomateriaali
- 3 Inkinen Pentti, Manninen Reijo, Tuohi Jukka, Momentti 2 Insinöörifysiikka, Otava, ISBN 951-1-18457-1
- 4 Turun yliopisto, Tuorla observatory, Luettu 24.3.2009, <http://www.astro.utu.fi/zubi/radiat/elmag.htm>
- 5 Cool Cosmos at the Infrared Processing and Analysis Center & the SIRTf Science Center, luettu 31.3.2009, http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/classroom_activities/herchel_bio.html
- 6 Vaasan yliopisto, International Conference on Near Infrared / lehdistöiedotemateriaalia, luettu 31.3.2009, <http://lipas.uwasa.fi/~TAU/memos/ICNIRlehdisto/>
- 7 Cool Cosmos at the Infrared Processing and Analysis Center & the SIRTf Science Center, luettu 31.3.2009, http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/ir_tutorial/what_is_ir.html
- 8 Wilson Jon S. , Sensor Technology Handbook, ISBN 0-7506-7723-5
- 9 Romppainen Pentti, Mittaustekniikan Perusteet, Kajaanin AMK, 2006 opintomateriaali
- 10 Hannu Tikkanen, PADS Piirilevysuunnitteluopas 2, ISBN 952-91-6642-7

LIITTEIDEN LUETTELO

Liite 1: INFRAPUNASÄTEILYN TULOSUUNNAN PIIRIKAAVIOKUVAT



Kajaanin AMK

COMPANY:

TITLE:

Infrapunasäteilyn tulosuunnan ilmaisin

DRAWING NO: **1**

SCALE: **1:1**

SHEET: **1** of **2**

| | |
|-----------------------|-----------------|
| DESIGNER: | DATED: |
| Tuomo Mollanen | 6.4.2009 |
| CHECKED: | DATED: |
| | |
| QUALITY CONTROL: | DATED: |
| | |
| RELEASED: | DATED: |
| | |

