

Jari Tissari

MAALILAITTEEN KAUKO-OHJAUS

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2005



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

INSINÖÖRITYÖ TIIVISTELMÄ

Osasto	Koulutusohjelma
Tekniikka	Tietotekniikka
Tekijä(t)	
Jari Tissari	
Työn nimi	
Maalilaitteen kauko-ohjaus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t)
Konenäkö ja mittaustekniikka	Jukka Heino
Aika	Sivumäärä
23.11.2004 – 31.3.2005	27 + 4
Tiivistelmä	
<p>Insinööriyössä tutkittiin, miten voidaan toteuttaa kauko-ohjaus kivääriammuntaan tarkoitettuun maalilaitteeseen. Kauko-ohjauksella ohjataan maalilaitte näkyville tai pois näkyviltä. Lisäksi työssä rakennettiin kauko-ohjauksen prototyyppi.</p> <p>Aluksi kytkennät rakennettiin koekytkentäalustalle. Toimivan koekytkennän jälkeen suunniteltiin PADS-ohjelmistolla tarvittavat piirilevyt. Laitteisto haluttiin mahdollisimman pieneksi, joten kotelot asettivat rajoitukset piirilevyn koolle. Maalilaitteen ohjauksessa hyödynnettiin PMR-radiopuhelinparia.</p> <p>Laitteisto koostuu lähetinpiirilevystä, PMR-radiopuhelinparista ja vastaanotinpiirilevystä. Lähetinpiirillä muodostetaan lähetettävä käsky, PMR-radiopuhelimilla lähetetään ja vastaanotetaan käskyt. Vastaanotinpiirillä tulkitaan vastaanotettu käsky ja se annetaan maalilaitteen ohjausyksikölle.</p> <p>Lähetinpiirilevy toimii kahdella 1,5 V:n paristolla ja vastaanotinpiirilevy ottaa jännitteen maalilaitteen ohjausyksiköstä, joka toimii 12 V:n akulla.</p> <p>Radio-ohjauksen ja maalilaitteen ohjausyksikön prototyypit tehtiin omaan käyttöön. Laitteisto toimi testauksessa odotetulla tavalla.</p>	
Luottamuksellinen	
Kyllä Ei	
Hakusanat	
Maalilaitteen kauko-ohjain	
Säilytyspaikka	



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

Kajaani Polytechnic

**ABSTRACT
Thesis**

Faculty	Degree program
Faculty of Engineering	Information Technology
Author(s)	
Jari Tissari	
Title	
A Remote Control for Target Equipment	
Optional professional studies	Instructor(s) / Supervisor(s)
Machine vision and measurement technology	Jukka Heino
Date	Total number of pages
23 November 2004 – 31 March 2005	27 + 4
Abstract	
<p>This Bachelor's thesis handles the target of rifle shooting and the implementation ideas of a remote control. The target is controlled up or down with the remote control. In addition, a prototype of the remote control was built.</p> <p>First the connections on the test base were built. After that the circuit boards were designed with the PADS program. The equipment is supposed to be very small in the physical size. The equipment puts limits to the size of the circuit board. The remote control makes use of two PMR radio telephones.</p> <p>The equipment consists of the transmitter circuit board, the PMR radio telephones and the receiver circuit board. The transmitter circuit board and the radio telephone send the piece of necessary information. The receiver circuit interprets the piece of the received information and sends it to the motor control unit. The motor control unit was carried out by Markus Huuki.</p> <p>The transmitter circuit board functions with two 1.5 V batteries. The receiver circuit board functions with a 12 V battery, the voltage being taken from the motor control unit.</p> <p>The prototypes of the remote control and the motor control unit were made for own use.</p>	
Confidential	
Yes	
No	
Keywords	
Deposited at	

ALKUSANAT

Tämä insinööryö liittyy Markus Huukin tekemään insinööryöhön. Työn suunnittelu ja toteutus on tehty Kajaanin ammattikorkeakoulun tietotekniikan ja elektroniikan laboratorioissa.

Haluan kiittää tässä työssä mukana ollutta Markus Huukia ja laboratorioinsinööri Ismo Talusta saamastani avusta ja työn valvojana toiminutta tietoliikenteen yliopettajaa Jukka Heinoa työn ohjauksesta. Lisäksi erityiset kiitokset kaikille, jotka omalta osaltaan antoivat ideoita ja avusti työn tekemistä. Kiitän läheisiäni saamastani tuesta, kärsivällisyydestä ja hyvistä neuvoista

Kajaani

Jari Tissari

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	7
2 KAUKO-OHJAUKSEN TOTEUTUSMAHDOLLISUUKSIA	8
2.1 Yhteydenpito mekaanisesti	8
2.2 Yhteydenpito IR-valolla	9
2.3 Yhteydenpito laser-valolla	13
2.4 Yhteydenpito radioaalloilla	13
3 LAITTEEN RAKENNE JA RAKENTAMINEN	18
3.1 Suunnittelu ja koekytkentä	18
3.2 Piirilevyn suunnittelu	19
4 LAITTEISTON TESTAUS JA TULOKSET	21
5 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	23
6 YHTEENVETO.....	25
LÄHDELUETTELO	27

LIITTEET

SYMBOLILUETTELO

IR	Infra Red. Infrapunavalo, jonka aallonpituus on 800 nm - 1000 nm.
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. laite, joka tuottaa kapea-alaisen valosäteen.
LED	Light Emitting Diode. Valoa lähettävä diodi.
PADS	Piirilevysuunnitteluohjelmisto, jolla piirretään kytkennät ja piirilevyt.
PLL	Phase Locked Loop. Vaihelukittu silmukka, joka pyrkii lukitsemaan oskillaattorinsa taajuuden ja vaiheen vertailutaajuuteen.
PMR	Professional Mobile Radio. Lupavapaalla 446 MHz taajuusalueella toimiva radiopuhelin.
PTT	Push-To-Talk. Tangentti (kytkin). Tätä painiketta painetaan, kun radiopuhelimilla lähetetään puhetta.
UHF	Ultra High Frequencies. Taajuus, jonka aaltoalue on 300 MHz - 3 GHz.

1 JOHDANTO

Tämä insinööri työ käsittelee kivääriammuntaan suunnitellun maalilaitteen kauko-ohjauksen eri toteutusmahdollisuuksia.

Insinööri työnsä tavoitteena oli tutkia ja miettiä eri vaihtoehtoja, miten voidaan toteuttaa kauko-ohjaus tarkkuusammuntaan rakennettuun maalilaitteeseen. Kauko-ohjaus oli tarkoitus toteuttaa parhaalla mahdollisella tavalla. Lisäksi tavoitteena oli rakentaa laitteesta prototyyppi.

Laitteiston vaatimuksena oli, että se pystyy ohjaamaan maalilaitteen joko näkyville tai piiloon. Yhteys maalilaitteeseen tulee olla toimiva vielä noin yhden kilometrin päähän ampujasta. Lisäksi laitteiston tulee olla yksinkertainen ja helppo käyttää. Rakennettavan elektroniikan tulee olla vähän virtaa kuluttava sekä fyysiseltä kooltaan mahdollisimman pieni.

Kauko-ohjauksen toteuttamisessa päädyttiin radio-ohjaukseen, jossa hyödynnetään PMR-radiopuhelinparia (Professional Mobile Radio). Radiopuhelimet toimivat lupavapaalla radioaaltoalueella, joten radiolupia ei tarvitse hankkia. Tähän tarkoitukseen rakennettiin sopiva lähetin- ja vastaanotintelektroniikka.

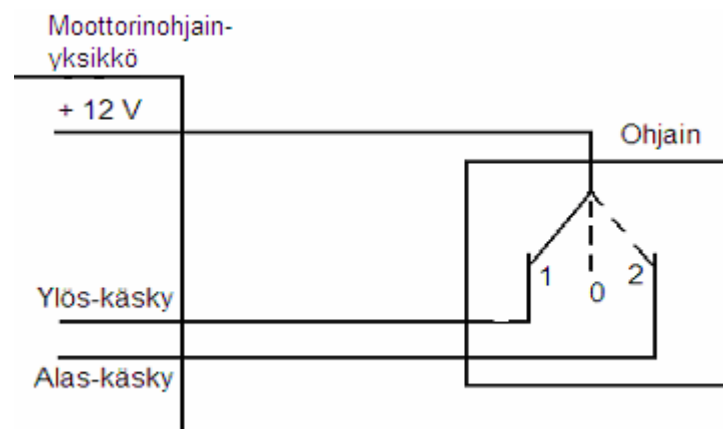
Työn suunnittelussa ja toteutuksessa oli mukana työn tekijän lisäksi Markus Huuki, jonka tekemään maalilaitteeseen kauko-ohjaus rakennettiin. Tämä työ tehtiin omana projektina, joten suurimmat kustannukset maksettiin itse ja osittain kustannuksiin osallistui Kajaanin ammattikorkeakoulu. Työn valvojana toimi Jukka Heino.

2 KAUKO-OHJAUKSEN TOTEUTUSMAHDOLLISUUKSIA

Seuraavaksi on esitetty eri mahdollisuuksia toteuttaa yhteydenpito maalilaitteeseen.

2.1 Yhteydenpito mekaanisesti

Yhtenä vaihtoehtona on toteuttaa ohjaus mekaanisesti. Moottorinohjaimelle annettava käsky valitaan valintakytkimellä, jossa on kolme eri asentoa. Kytkimestä voidaan valita käskyt ylös, alas ja ei toimenpiteitä. Moottorinohjausyksikkö tarvitsee käskytiedon jännitetasona. Jännite ohjaimelle saadaan moottorinohjausyksiköltä. Tämä sitten välitetään takaisin moottorinohjausyksikköön valitun käskyn mukaisesti (kuva 1). Näin moottorinohjausyksikön jännitetasoissa ei tule ongelmia ja käskyt menevät varmasti perille. Yhteydenpidossa tarvitaan vähintään kolminkertainen johto moottorinohjausyksikön ja kauko-ohjaimen välille. Yksi on tulevaa jännitettä varten ja kahdella muulla annetaan valittu käsky. Johtimien paksuutena voidaan käyttää joko $0,75 \text{ mm}^2$ tai $1,5 \text{ mm}^2$. Näillä paksuuksilla ei ole ongelmana sitä, että jännite häviäisi kokonaan johtimiin tai että jännitetaso alenisi liian pieneksi. Kysymyksessä on kuitenkin varsin lyhyt tiedonsiirtomatka. Tämä toteutusajatus on helppo toteuttaa.



Kuva 1. Käskyn välittäminen moottorinohjausyksikölle johtimien avulla

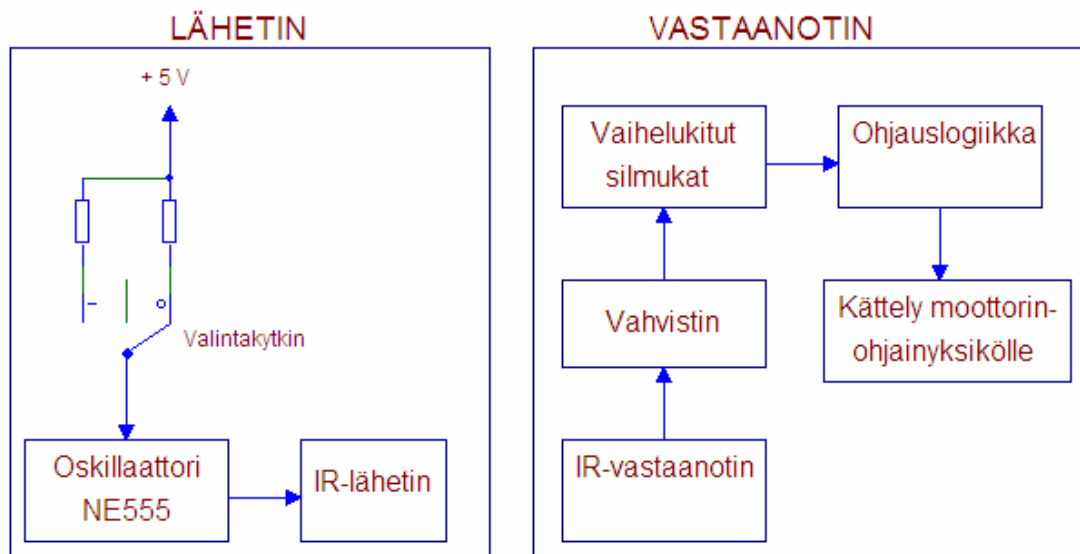
Tämä on hyvin yksinkertainen ja varmatoiminen kytkentä, eikä tässä ole sellaisia häiriötekijöitä joka sekoittaisi valitun käskyn. Yhteys moottorinohjausyksikköön on luotettava johtimien ollessa ehjiä.

Koska etäisyydeksi haluttiin yksi kilometri, tarvitaan johtoa vähintään saman verran. Johdon laittaminen maastoon on työlästä, joten tämä ei ole kätevä vaihtoehto. Tietenkin jos ampumapaikka on aina sama, niin johtimet voidaan asentaa kiinteästi maastoon. Tässä työssä oli tarkoitus tehdä laite jota voidaan myös siirtää eri ampumapaikkaan. Tämä ei ole siis tarkoituksenmukainen vaihtoehto. Johtimet tulee sijoittaa maastoon huolella jotta ne eivät rikkoonnu. Lisäksi jos maalilaitteen etäisyyttä haluaa muuttaa kesken ammunnan, joudutaan taas johtimien vetämiseen maastoon tai johdon keräämiseen kelalle. Tämä työ kuluttaa aikaa itse ampumiselta.

Tämä ajatus tuottaa siis ylimääräistä työtä, rajoituksia ampumaetäisyyteen ja ampumaetäisyyden muuttamiseen. Tähän työhön tämä ajatus ei ole hyvä ja paras mahdollinen.

2.2 Yhteydenpito IR-valolla

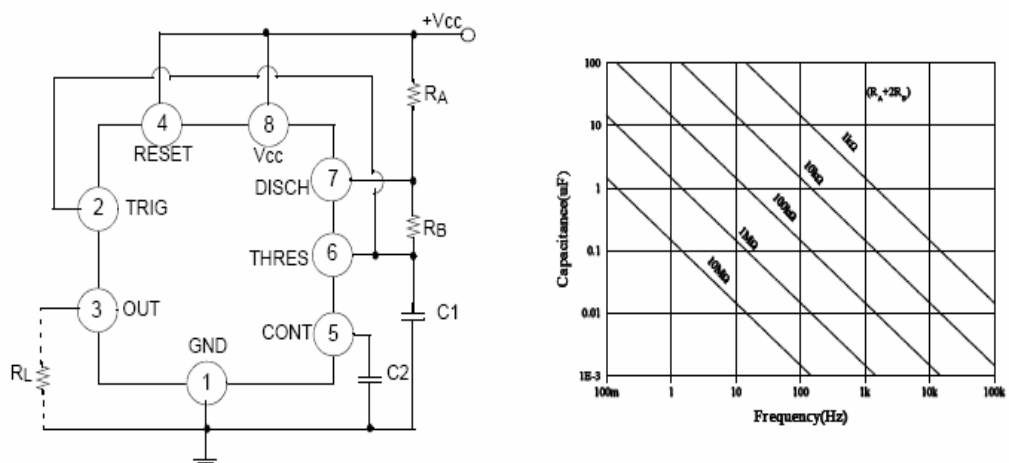
Toinen toteutusajatus, miten voidaan toteuttaa yhteys maalilaitteeseen, on toteutus IR-valon avulla. Käskyn muodostavan laitteen tulee muodostaa kaksi eri käskyä, jotka annetaan maalilaitteelle. Toteutusajatus on esitetty kuvassa 2. Tarvitaan kaksi käskyä, koska maalilaitetta haluttiin ohjata kahteen eri suuntaan. Kummallekin käskylle muodostetaan oma taajuus. Taajuuksien tulee poiketa toisistaan mahdollisimman paljon, jotta sekaannuksia käskyissä ei pääsisi tapahtumaan. Taajuudet muuttavat lähettimestä lähtevän IR-valon (Infra Red) intensiteettiä valitun taajuuden mukaan. Taajuus muutetaan valintakytkimellä valitun vastusarvon mukaan. Lähetettävä signaali voidaan muodostaa esimerkiksi ajastinpiirillä NE555 (kuva 3). Tällä kytkennällä saadaan myös pariston-säästötoiminta, koska oskillaattori alkaa värähdellä vasta kun kytkimeltä on valittu lähetettävä tieto eli tietty taajuus. Valintakytkimessä on kolme eri asentoa, 0-asento sekä kaksi toisistaan riippumattomia sulkeutuvaa kosketinta.



Kuva 2. IR-ohjattavan maalilaitteen toimintaperiaate

NE555-piirin kytkeminen

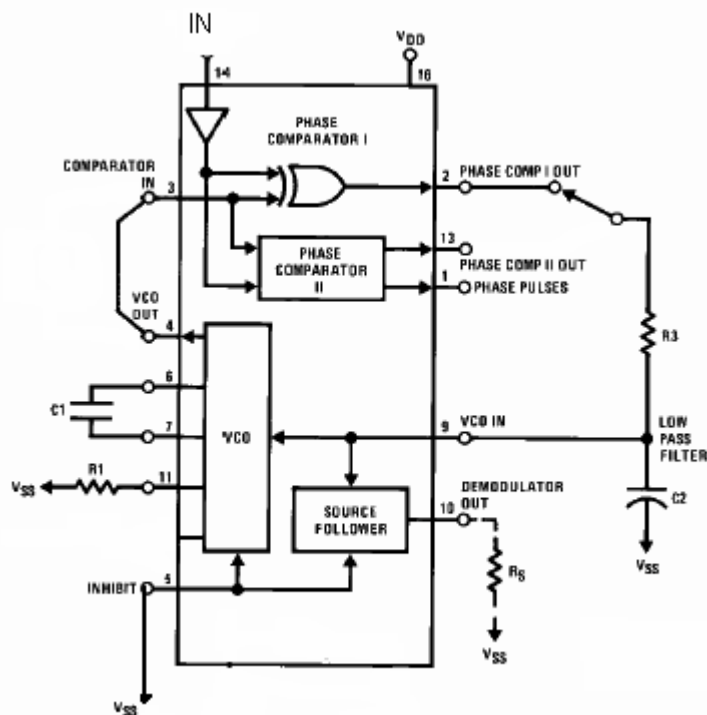
Ajastinpiirin NE555 kytkemisestä löytyy esimerkki piirin valmistajan datasivuilta (kuva 3). Kytkentä antaa ulostuloon neliömuotoista signaalia, jonka taajuus on valitun mukainen.



Kuva 3. NE555 ajastinpiirin kytkentäesimerkki ja kuvaaja vastusarvojen valinnasta. [2]

Vastukset R_a ja R_b sekä kondensaattorit valitaan haluttujen taajuuksien mukaan kuvaajasta, joka on esitetty kuvassa 3. Toinen taajuus saadaan vaihtamalla valintakytkimellä esimerkiksi vastuksen R_a arvoa.

IR-vastaanottimen jälkeen vastaanotetun IR-valon intensiteetin vaihtelun avulla muodostettu signaali vahvistetaan, josta sitten erotellaan saadun signaalin taajuus vaihelukitulla silmukalla. Ilmaisinkytkentänä voidaan käyttää esimerkiksi piiriä CD4046 (kuva 4). Työssä tarvitaan kaksi eri taajuutta, joten kummallekin taajuudelle rakennetaan oma ilmaisimpiiri. Silmukan alipäästösuodin viritetään sille taajuudelle, joka halutaan ilmaista. [1.]

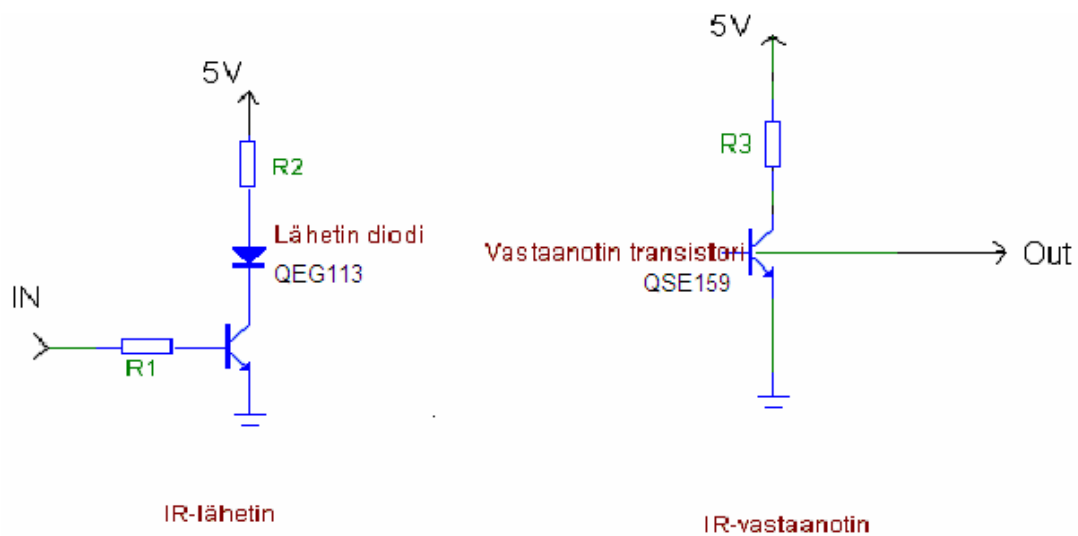


Kuva 4. Taajuuden ilmaiseminen piirillä CD4046 [3]

Vaihelukittujen silmukoiden jälkeen tarvitaan ohjauslogiikkaa, joka antaa lähetetyn käskyn moottorinohjausyksikölle. Ohjauslogiikka voidaan toteuttaa transistorikytkennällä. Kytkennässä ilmaisimpiiri ohjaa transistorin johtavaan tilaan. Transistorilla ohjataan relettä, joka antaa käskyn moottorinohjausyksikölle. Kytkennässä tarvitaan molemmille käskyille oma transistori ja rele. Transistorikytkentä löytyy liitteessä B olevasta kytkentäkuvasta.

IR-lähettimeä ja -vastaanottimia löytyy valmiiksi, joten näitä ei kannata itse valmistaa. Näitä komponentteja löytyy eri valmistajilta.

Jos kuitenkin haluaa itse rakentaa, tarvitaan vain lähetindiodi ja vastaanotin-transistori sekä muutama vastus komponenttien suojaksi (kuva 5). Lähetindiodia ohjataan transistorin avulla ja vastaanottotransistorilla ohjataan suoraan taajuusilmaisinpaijettä.



Kuva 5. Esimerkkikytkentä IR-lähetimestä ja -vastaanottimesta

Vastus R_2 mitoitetaan diodin virrankeston mukaan ja R_1 oskillaattorilta tulevan virran mukaan. Vastus R_1 on transistorin ja R_2 diodin suojana

Tämä toteutusajatus ei kuitenkaan ole hyvä ohjaamaan maalilaitetta, koska maalilaite voi olla hyvinkin kaukana. Tavoitteena oli, että maalilaite voi olla noin yhden kilometrin päässä ampujasta. IR-valon kantamaa ei kuitenkaan saada tarvittavalle matkalle sekä lähettimen ja vastaanottimen välillä tulee olla esteetön näköyhteys. Tietenkin voidaan rakentaa erillisiä vastaanotin- ja lähetintu- kiasemia.

Lähettimeltä lähtevän IR-valon tulee osua tarkasti vastaanottimen sensoriin. Tämän takia vastaanotinta ei voida sijoittaa mitenkään suojaan luodeilta.

Lisäksi jos on muitakin tukiasemia välillä, vaarana on osua näihin tukiasemiin ja yhteys katkeaa. Näiden tukiasemien sijoittaminen maastoon on työlästä ja hankalaa. IR-valon kohdistaminen sensoriin vaatii tarkkuutta ja se vie aikaa itse ampumiselta.

2.3 Yhteydenpito laser-valolla

Toinen toteutusvaihtoehto on käyttää lähettimen ja vastaanottimen yhteydenpidossa laser-valoa (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Taajuuden muodostaminen ja sen ilmaisu voidaan toteuttaa samalla periaatteella kuin IR-valollakin.

Laserlähetin ja -vastaanotin kytketään samalla periaatteella kuin IR-lähetin ja -vastaanotin. Lähetindiodin tilalle kytketään laserdiodi ja sen etuvastus mitoiteetaan siten, että laserdiodi ei rikkoonnu (kuva 5). Vastaanottimessa käytetään valoherkkää transistoria.

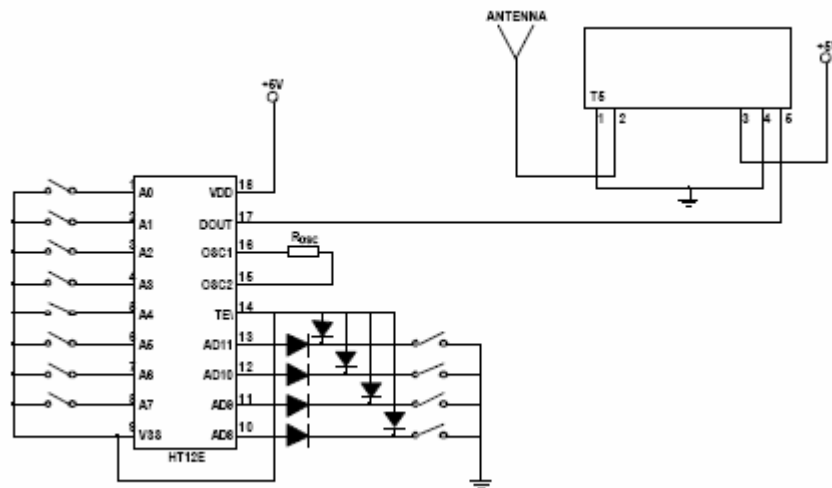
Laserin kantama ei ole ongelma, sillä se näkyy jopa useihin kilometreihin saakka. Mutta tässä on sama ongelma kuin IR-valossakin: lähettimen ja vastaanottimen välillä tulee olla esteetön näköyhteys. Valon tulee aina osua tarkasti vastaanottimen sensoriin. Laservalon saaminen osumaan suoraan vastaanottimeen on tosi tarkkaa hommaa, jos maalitaulu on yhden kilometrin päässä. Joten tämä ei ole hyvä vaihtoehto, koska vaarana on osua vastaanottimeen ja vahingoittaa sitä sekä jos laservaloa ei saada osumaan vastaanottimeen, yhteys ei toimi.

2.4 Yhteydenpito radioaalloilla

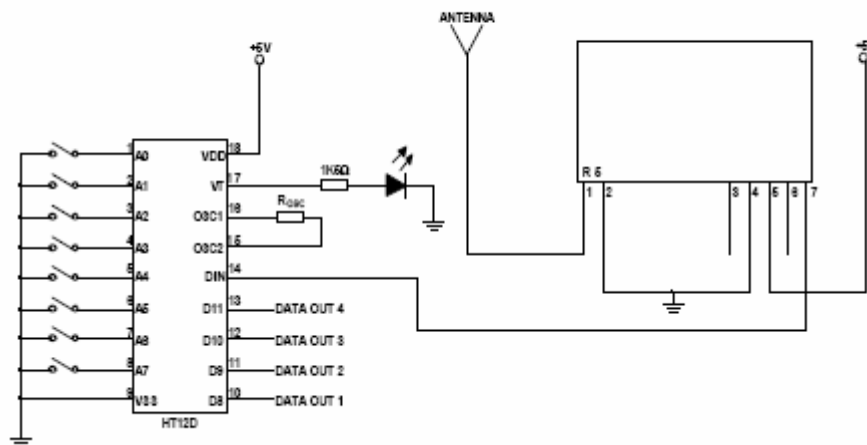
Yhteydenpito valmiilla lähetin- ja vastaanotinmoduuleilla

Yhtenä vaihtoehtona on käyttää valmiita radiolähetin ja -vastaanotin laitteistoa. Esimerkiksi R F Solutions Ltd:n valmistamia RF radiolähetin- ja vastaanotinmoduuleita (FM Radio Transmitter & Receiver Modules T5 / R5).

Näitä käytettäessä ei tarvitse miettiä itse lähettimen ja vastaanottimen rakentamista. Näiltä saatava käsky voidaan ohjauslogiikan jälkeen antaa moottorinohjausyksikölle. Moduuleiden datalehdillä on esimerkkikytkentä tiedon lähettämisestä (kuva 6) ja vastaanottamisesta (kuva7).



Kuva 6. Tiedon lähettäminen käyttäen valmista lähetinmoduulia [4]



Kuva 7. Lähetetyn tiedon vastaanottaminen ja sen tulkinta käyttäen valmista lähetinmoduulia [4].

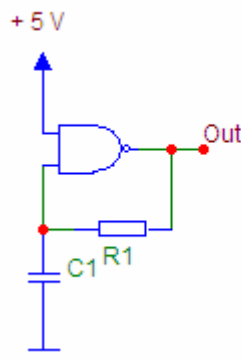
Esimerkkikytkennät on otettu FM Radio Transmitter & Receiver Modules T5 / R5 -datalehdeltä. [4.]

Tämä on aika helppo ja yksinkertainen toteutus, jos haluaa valmiit ja laillisen lähettimen ja vastaanottimen. Näiden kantama on maksimissaan 300 m, joten tämä ei riitä kivääriammuntaan, koska maalilaitteen etäisyydeksi ampujasta haluttiin olevan maksimissaan yksi kilometri.

Yhteydenpito PMR-radiopuhelinparilla

Radiopuhelimissa on sama hyöty kuin valmiilla lähetin ja vastaanotin moduuleilakin: eli ei tarvitse rakentaa lähetintä ja vastaanotinta vaan voidaan miettiä ja voi keskittyä rakentamaan itse lähetettävän tiedon muodostamista ja vastaanotettavan tiedon käsittelyä.

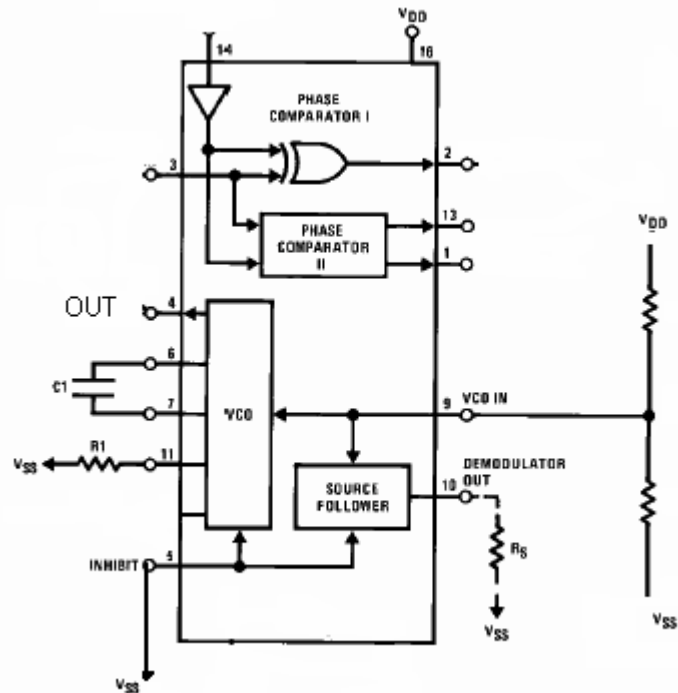
Puhe on tietyn taajuista värähtelyä ja tästä ajatuksena, että lähetetään kahta eri taajuista signaalia. Lähetettävän signaalin muoto voi olla joko neliö- tai siniaalto. Taajuudet voidaan muodostaa kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa taajuuden muodostamiseen on käyttää NAND-piiriä (kuva 8). Ulostulosta saadaan neliömuotoista signaalia.



Kuva 8. Lähetettävän taajuuden muodostaminen 74HC00-piirillä

Kytkenässä oleva vastus ja kondensaattori mitoitetaan halutun taajuuden mukaan (kuva 8). Tämä ei kuitenkaan ole hyvä ratkaisu, koska tämä kytkentä ei ole vakaa ja taajuus ei ole vakio vaan se hakee mitoitettua taajuutta. Lisäksi näitä piirejä tarvitaan niin monta kuin tarvitaan taajuuksiakin.

Toinen, ja vakaampi vaihtoehto, on muodostaa taajuudet PLL-piirillä (Phase Locked Loop) käyttäen esimerkiksi piiriä CD4046. Tästä kytkentä esimerkki on kuvassa 9. Ja tällä kytkennällä saadaan helposti montaa eri taajuutta vaihtamalla sopivan kytkimen avulla kondensaattoria tai vastusta joka kytkeytyy piirille.



Kuva 9. Lähetettävän taajuuden muodostaminen CD4046-piirillä

Tällä kytkennällä saadaan muodostettua hyvin tasaista ja vakiomuotoista signaalia. Vastaanotettu tietyn taajuinen signaali sitten tulkitaan sopivalla tavalla vastaanottimen puolella.

Vastaanottimen puolella ensimmäinen vaihtoehto taajuudenilmaisuna on esimerkiksi piiri CD4046. Tämän jälkeen ohjauslogiikalla annetaan käsky moottorinohjausyksikölle. Vaihelukitunpiirin jälkeen käsky välitetään kahden transistorin ja kahden releen avulla moottorinohjausyksikölle. Transistorikytkentä on kerrottu aikaisemmin.

Toisena vaihtoehtona on lähettää taajuuden lisäksi jokin tietty amplitudi. Tässä ideassa amplitudi ja taajuus muutetaan samanaikaisesti.

Vastaanottimen puolella vastaanotetun signaalin amplitudi tulkitaan tasasuuntaajan ja sopivan transistorikytkennän avulla. Tämä käsky sitten välitetään moottorinohjausyksikölle. Liitteen B kytkennästä löytyy tähän sopiva transistorikytkentä

Työssä päädyttiin ohjaamaan maalilaitetta radiopuhelimien avulla. Tämä on kätevä vaihtoehto, sillä siinä saadaan yksinkertaisella kytkennällä lähetettyä tarpeeksi monta käskyä. Lähetettävä käsky valitaan valintakytkimellä. Lisäksi vastaanotinelektronikka saadaan rakennettua hyvin yksinkertaiseksi. Radiopuhelimien kantama on valmistajan tiedon mukaan jopa kolme kilometriä, joten tämä riittää mainiosti. Lisäksi vastaanottava radiopuhelin voidaan sijoittaa pois näkyviltä, joten vaarana ei ole osua vastaanottimeen ja yhteys pysyy luotettavana. Lisäksi radiopuhelimia voidaan käyttää muuhunkin tarkoitukseen, koska niissä on kuulokeliitäntä. Lähetin- ja vastaanotinelektronikka suunnitellaan siten, että ne hyödyntävät kuulokeliitäntää.

3 LAITTEEN RAKENNE JA RAKENTAMINEN

Laitteisto koostuu kahdesta erillisestä elektroniikkaosasta, lähetin- ja vastaanotinlaitteesta. Lähetinlaite muodostaa lähetettävän tiedon ja vastaanotinlaite tulkitsee vastaanotetun tiedon. Lähetysten ja vastaanoton yhteys on toteutettu PMR-radiopuhelimien avulla. PMR-radiopuhelimien toimintataajuus on 446 MHz.

Radiopuhelimien kautta lähetetään kaksi eritaajuista sinimuotoista signaalia, toisella ohjataan maalilaite ylös ja toisella alas. Lähetettävää taajuutta muutetaan valintakytkimen avulla. Lähetettävät taajuudet poikkeavat toisistaan mahdollisimman paljon, jotta lähetettävissä käskyissä ei tapahtuisi mitään sekaannuksia.

Lähetettävä tieto eli taajuus lähetetään lähettimeltä vasta sitten kun käyttäjä painaa radiopuhelimen PTT-nappia (Push-To-Talk).

3.1 Suunnittelu ja koekytkentä

Lähetinpuolen elektroniikka

Lähettimessä muodostetaan kaksi eri taajuista signaalia tutulla AC4046-piirillä (PLL-piiri). Lähetettävä taajuus valitaan valintakytkimellä. Valintakytkin muuttaa piirille kytkeytyvää kondensaattoria. Kytkentä löytyy liitteestä A.

Elektroniikkakytkentää kokeiltiin aluksi koekytkentälevyllä ja lähettämällä se radiopuhelimien kautta. Vastaanottimen puolella mitattiin saatava signaali oskilloskoopilla. Tämän toimiessa halutulla tavalla, alettiin suunnitella signaalin vastaanottolaitteen kytkentää.

Vastaanotinpuolen elektroniikka

Vastaanotetun signaalin amplitudi muuttuu taajuuden muuttuessa. Amplitudi riippuu lähetettävän signaalin taajuudesta. Tämä on silloin kun vastaanottavan radiopuhelimen äänenvoimakkuudensäätö on tietyssä asennossa, ei aivan maksimissaan. Kun se on maksimissaan, amplitudi ei muutu vaikka taajuus muuttuisikin. Tämä ominaisuus huomattiin vasta kun piirilevyt oli jo jyrskitty ja alettiin testata niitä.

Vastaanotettu signaali oli niin heikkoa, joten aivan ensimmäiseksi tarvitaan vahvistinpiiri. Vahvistus on toteutettu LM386N-piirillä. Vahvistuksen jälkeen vastaanotettu signaali kokoaaltoasasuunnataan, jotta vastaanotettu tieto on helpompi tulkita. Kokoaaltoasasuuntaus on toteutettu diodisiltakytkennällä. Lopullisen käskynvalinta suoritetaan transistorikytkennällä. Kytkentä löytyy liitteestä B.

Kytkenät testattiin erikseen toisella koekytkentäalustalla. Lopuksi kokeiltiin kaikki kytkennät ja niiden toimiessa oikein, alettiin suunnitella tarvittavat piirilevyt.

3.2 Piirilevyn suunnittelu

Piirilevyn suunnittelu tehtiin ammattikorkeakoululta löytyvältä PADS-ohjelmistolla. PADS LOGIC -ohjelmalla piirrettiin suunnitellut kytkennät. PADS LAYOUT -ohjelmalla suunniteltiin piirilevyt ja sillä tehtiin myös ohjelmat jyrskintää varten.

Lähettimen piirilevy- ja komponenttien sijoituskuva löytyy liitteestä C ja vastaanottimen piirilevy- ja komponenttien sijoituskuva löytyy liitteestä D.

Kun piirilevyt oli suunniteltu ja piirretty, se jyrättiin koulun protopajalla olevalla jyräsinkoneella. Tämän jälkeen piirilevyille juotettiin komponentit ja suoritettiin piirilevyjen toimintatestaukset. Lopuksi piirilevyt aseteltiin koteloon ja suoritettiin viimeiset testaukset.

Piirilevyjen suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon myös se, että piirilevyille juotettavien komponenttien juotoskohdat ovat tarpeeksi suuria. Niiden jäädessä pieneksi ongelmaksi tulee komponenttien juottaminen. Piirilevyllä olevat pienet johdinpaksuudet ja komponenttien jalkojen paikoissa tulee helposti oikosulkuja. Tämän voi välttää siten, että jo suunnitteluvaiheessa muuttaa johdinpaksuudet ja komponenttien juotoskohdat vähän suuremmiksi kuin ne ovat ohjelmistossa oletuksena.

4 LAITTEISTON TESTAUS JA TULOKSET

Laitteisto testattiin ensin laboratoriotiloissa ja sen jälkeen kokonaisuutena todellisessa käyttöympäristössä. Ensin kokeiltiin vain radiopuhelinliikenteen toimivuutta laboratoriossa ja sen ominaisuuksia ja sen jälkeen radiokauko-ohjaus liitettiin maalilaitteen ohjausyksikköön. Koko laitteisto testattiin ensin koululla laboratoriossa, jonka jälkeen sitä kokeiltiin ja testattiin todellisessa käyttöympäristössä.

Lähetinpuolen testaus laboratoriossa

Ensin mitattiin laitteen virrankulutus. Lisättiin virransyöttöjohtoon virtamittari ja laite toimimaan eli lähettämään signaalia radiopuhelimen kautta. Molemmat taajuudet lähetettiin testauksen aikana. Virrankulutukseksi saatiin 3,9 mA.

Lähettimeltä lähetettiin molempia taajuuksia radiopuhelimella. Käskyn vastaanottavalta radiopuhelimelta mitattiin vastaanotettu signaali. Vastaanotetun signaalin taajuus oli sama kuin lähetettävänkin, mutta amplitudi muuttui. Alas-käskyn taajuus oli 434 Hz ja amplitudi 1,57 V_{pp}. Ylös-käskyn taajuus oli 1,56 kHz ja amplitudi 0,6 V_{pp}.

Lähetinpuolen elektroniikassa oli jokin vika, koska taajuudet eivät aina lähteet puhelimen kautta ollenkaan vaan jäi johonkin piirilevylle. Vika korjattiin juottamalla komponentit uudelleen.

Vastaanotto puolen testaus laboratoriossa

Mitattiin laitteen virrankulutus samoin kuin lähetinpuolen elektroniikassakin. Virrankulutukseksi saatiin 70 mA.

Vastaanottimelle tulee edellä mainitut signaalit, jotka piirilevy tulkitse aivan oikein.

Käskyt annettiin erilliselle kytkennälle, jossa oli kaksi vastusta ja kaksi LEDiä. LEDit kuvaavat moottorin pyörimissuuntaa, joten ne eivät saa palaa yhtä aikaa. Vastaanotin toimi aivan oikein, mutta oli pientä epävarmuutta. Tämä johtuu piirillä olevista kondensaattoreista, jotka latautuvat ja purkautuvat liian hitaasti. Tätä voi välttää antamalla käsky tarpeeksi pitkään ja pitää tarpeeksi pitkän tauon ennen kuin antaa toisen käskyn. Lisäksi ongelmana on vastaanottavan radiopuhelimen äänenvoimakkuuden säätö. Tämä pitää olla tarkasti valitussa kohdassa, jotta valitut jännitetasot ovat oikeita. Jos joku toinen käyttäjä on samalla taajuudella kuin laitetta ohjaavat radiopuhelimet, laitteisto reagoi. Tätä kokeiltiin puhumalla lähettävään radiopuhelimeen.

Laitteisto liitettiin Markus Huukin tekemään moottorinohjausyksikköön ja sitä kokeiltiin elektroniikan laboratoriossa. Moottorinohjausyksiköltä moottorille lähtevän johtoon lisättiin jännitemittari. Mittari näyttää moottorille menevän jännitteen, josta voidaan päätellä moottorin pyörimissuunta. Jännite on joko +12 V tai -12 V. Laitteisto toimi tässä testauksessa odotetulla tavalla. Laitteistoa ei ehditty testata kokonaisuutena todellisessa käyttöympäristössä.

5 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Ilmaisu varmatoimisemmaksi

Ensimmäinen jatkokehitys lienee muuttaa vastaanotinpiirilevy varmatoimisemmaksi käyttäen taajuusilmaisimena piiriä CD4046 (kuva 4). Näin päästään pois vastaanottopuolen radiopuhelimen äänentason säädön tarkkuudesta, se voidaan säätää ihan maksimiin. Lisäksi muiden käyttäjien radioliikenne ei häiritse niin helposti maalilaitetta. Nykyisessä laitteessa ihmisen puhe antaa maalilaitteelle käskyn, koska puheessahan on jonkinlainen amplitudi. Jos maalilaitteessa ilmaistaan vastaanotettu taajuus, se ei reagoi puheeseen ja muuhun liikenteeseen niin herkästi.

Kuvassa 4 on esitetty pelkkä periaate, jolla taajuuden ilmaisu voidaan toteuttaa. Kytkenä kaippaa viritteilyä ja hiomista. Lähettimenpuolella taajuus muodostetaan samalla piirillä ja lähes samalla kytkennällä. Tästä kytkennästä on esimerkki kuvassa 9.

Kuvassa 4 olevan kytkennän kytkentänastoissa 12 ja 9 oleva RC-piiri viritetään sille taajuudelle, joka halutaan ilmaista. Nastoissa 6 ja 7 oleva kondensaattori valitaan sama, joka on lähettimen puolellakin. Ja Vastus R1, joka on kytketty nastaan 11, kytketään samansuuruinen vastus kuin on lähettimelläkin.

Muut käyttäjät pois samalta taajuudelta

Koska laitteisto toimii yleisillä radiotaajuuksilla, kuka tahansa voi tulla samalle kanavalle ja häiritä toimintaa. Nykyinen laitteisto tulkitsee vastaanotetusta taajuudesta sen amplitudin, jonka perusteella annetaan käsky moottorinohjausyksikölle. Ihmisen puheessa on jokin amplitudi riippuen miten voimakkaasti puhuu. Laite reagoi tähänkin amplitudiin, kun se on valitun mukainen.

Tämän voisi ehkäistä lähettämällä jatkuvasti jotain sellaista taajuutta jolla ei ole laitteiston kannalta mitään merkitystä, vaan se kuuluu jonkinlaisena vinkunana radiopuhelimista. Tämä laittaa muut käyttäjät vaihtamaan käytettävää kanavaa. Lähetettävää taajuutta ei ilmaista vastaanottopuolella. Tämä toteutusajatus tarvitsee myös radiopuhelimeen pienen muutoksen. Radiopuhelimessa tulee ohittaa PTT-nappi, jotta laite on kokoajan lähetysvalmiudessa. Kytkin, jolla annetaan nykyisessä laitteessa ohjaukskäsky, vaihdetaan painonapiksi. Ohjaukskäsky annetaan vain silloin kun painonappia painetaan.

Lisää maalitauluja

Haluttaessa lisätä maalitauluja voidaan rakentaa vastaavanlaiset laitteistot ohjaamaan niitä tauluja. Tässä ongelmana on se, että kaikki maalitaulut tottelevat yhtä aikaa. Tämä voi olla hyväkin vaihtoehto, jos ensin nostaa kaikki taulut näkyville ja sitten vaan ampuu. Taulujen ohjausyksikkö nostaa taulun osuman jälkeen itse taulun ylös. Tietenkin voidaan rakentaa sen verran lisää elektroniikkaa, että annetaan ensin sen taulun, jolle käsky halutaan antaa, osoite. Tämän jälkeen annetaan valitulle taululle toimintakäsky. Osoitteena voidaan antaa esimerkiksi jokin merkkijono, jonka sitten kaikki maalitaulut saavat ja tulkitsevat. Mutta vain se taulu, jonka osoite lähetettiin, tottelee. Tämä ajatus voidaan toteuttaa myös rakentamalla prosessoriohjattu laite, mutta silloin pitäisi koko laitteisto rakentaa uudelleen.

6 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin, millä tekniikalla on järkevintä lähettää ohjaukaskäskyt kivääriammuntaan tarkoitettuun maalilaitteeseen, kun maalilaitteen etäisyys ampujasta on noin yksi kilometri. Lisäksi työssä rakennettiin kauko-ohjaimesta protoversio. Työssä päädyttiin ohjaamaan maalilaitetta radiopuhelimien avulla. Tämä on helpoin ja luotettavin tapa toteuttaa kauko-ohjaus, koska radiopuhelimien kantama on suuri avomaastolla. Tämän lisäksi vastaanotinelektroniikka voidaan sijoittaa pois näkyviltä. Näin ollen ei ole vaarana ampua vastaanotinelektroniikkaa ja radiopuhelinta. Valmistajan antaman tiedon mukaan radiopuhelimien kantama on jopa kolme kilometriä.

Laitteiston elektroniikka rakennettiin ensin koekytkentälevylle. Kytkentöjen toimissa oikein, alettiin suunnitella piirilevyjä. Piirilevyt tehtiin jyrsimellä ja ne jyrtsittiin koulun protopajalla. Seuraavaksi levyille juotettiin komponentit ja suoritettiin laitteiston testaukset. Kun radiokauko-ohjaus toimi oikein, se liitettiin Markus Huukin tekemään moottorinohjausyksikköön.

Laitteistosta saatiin sopivan kokoisia ja suhteellisen halvat. Laitteistossa suurin kustannus oli radiopuhelimet, mutta nekään eivät olleet kalliita. Lisäksi radiopuhelimia voi käyttää muuhunkin tarkoitukseen, koska laitteistossa hyödynnettiin radiopuhelimien kuulokeliitintä. Lisäksi laitteisto on vähän virtaa kuluttava ja kuitenkin melko varmatoiminen.

Puutteena on se, että vastaanottavan radiopuhelimen äänenvoimakkuuden säätö pitää olla tarkasti oikeassa kohdassa, jotta se antaa oikeat jännitetasot eteenpäin. Jos äänenvoimakkuus on liian suurella, vastaanotinelektroniikka tulkitsee aina saman käskyn. Käskyt tulee antaa tarpeeksi kauan, jotta laite ehtii reagoida. Käskyjen välillä tulee olla sopivan pituinen tauko, jotta vastaanotinpiirillä olevat kondensaattorit ehtivät purkaantua ja seuraavaan käskyyn ei tule häiriötekijöitä. Käskyjen antamisessa tulee olla tarkkana, koska laite reagoi her-

kästi. Lisäksi laitteisto reagoi jos joku puhuu samalla kanavalla, sillä puheessa on tietty amplitudi.

Näitä muutamia puutteita lukuun ottamatta laitteisto saatiin toimimaan odotetulla tavalla. Laitteiston käytössä tulee olla tarkka ja nämä viat tulee tietää, jotta maailitaulu toimii halutulla tavalla.

LÄHDELUETTELO

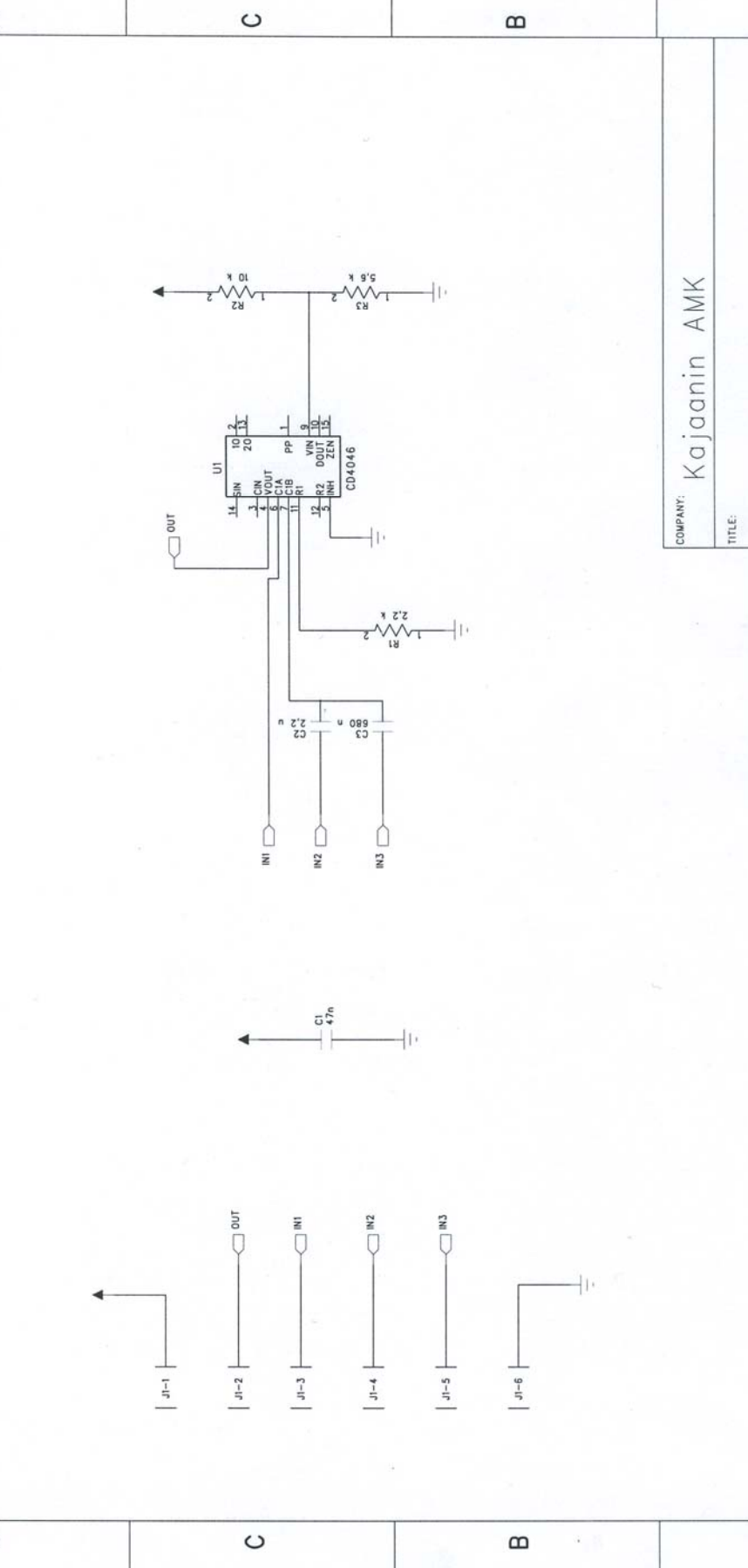
- 1 Hurskainen, Raimo. Radio-ohjausperiaatteella toimiva oviviestin, Teknikkotyö. Kajaani-instituutti, 2000.
- 2 Semiconductor, Piirin NE555 datalehti. Luettu 31.3.2005 [www-dokumentti]
<<http://www.fairchildsemi.com/ds/NE/NE555.pdf>>
- 3 Semiconductor, Piirin CD4046 datalehti. Luettu 31.3.2005 [www-dokumentti]
<<http://www.fairchildsemi.com/ds/CD/CD4046BC.pdf>>
- 4 RF Solutions Ltd. FM Radio Transmitter & Receiver Modules T5 / R5, Datalehti. Luettu 8.11.2004

LIITELUETTELO

- A Lähetinelektroniiikan kytkentäkaavio
- B Vastaanotinelektroniiikan kytkentäkaavio
- C Lähettimen piirilevy- ja komponenttien sijoituskuva
- D Vastaanottimen piirilevy- ja komponenttien sijoituskuva

Lähetin.sch-1 - Tue Feb 22 12:11:59 2005

1	2	3	4	5	6
REVISION RECORD					
LTR	ECO NO.	APPROVED:	DATE:		



DRAWN: Jari Tissari		DATED: 16.2.2005	
CHECKED:		DATED:	
QUALITY CONTROL:		DATED:	
RELEASED:		DATED:	
COMPANY: Kajaanin AMK		TITLE: Radio-ohjauksen lähetinkytkentä	
CODE:		SIZE:	
DRAWING NO.:		REV.:	
SCALE:		SHEET:	OF

