

Ilkka Ainali

OPERAATIOVAHVISTIMIEN TESTAUSLAITE

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Tietotekniikan koulutusohjelma

Syksy 2004



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

INSINÖÖRITYÖ TIIVISTELMÄ

Osasto	Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t)	Ainali Ilkka	
Työn nimi	Operaatiovahvistimien testauslaite	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Elektroniikan testaus	Ohjaaja(t) Airaksinen Risto Talus Ismo	
Aika	14.12.2004	Sivumäärä 41
Tiivistelmä <p>Tehtävänä oli rakentaa ammattikorkeakoulun tietotekniikan laboratorioille operaatiovahvistimien testauslaite. Laitteen tarkoituksena on testata operaatiovahvistimia LF353, LM301, LM741C, LM748 ja TL074. Laite rakentuu virtalähde-, ohjaus-, testaus-, ja ilmaisulohkosta. Aluksi määritettiin mikrokontrollerikortti, joka kuuluu ohjauslohkoon. Mikrokontrollerikortti rakennettiin valmiiksi kortiksi, ja se testattiin ohjelmallisesti.</p> <p>Seuraavana suunniteltiin testauslohko testattavien operaatiovahvistimien pohjalta. Suurimman työn aiheutti analogiakytkimien loogisen ohjauksen suunnittelu ja virtalähdelohkon suunnittelu. Laitteeseen tehtiin muutostöitä ja yksinkertaistettiin sen toimintaa. Signaalien ohjauksen yksinkertaistamisen avulla saatiin laitteella ohjattua signaalit oikein vahvistimille LM741:lle ja LF353:lle. Testauslaite havaitsi viallisen LM741-vahvistimen ja ehjän LM741-vahvistimen. Laite vastasi pääpiirteittäin annettua tehtävän määrittystä.</p>		
Luottamuksellin en Kyllä Ei X		
Hakusanat Operaatiovahvistin, vahvistin, testilaite, testaaminen		
Säilytyspaikka Kajaanin ammattikorkeakoulu kirjasto		



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**
Kajaani Polytechnic

**ABSTRACT
THESIS**

Faculty	Faculty of Engineering	Degree programme Information Technology
Author(s) Ainali Ilkka		
Title Test equipment for Operational amplifiers		
Optional professional studies Electronic Testing	Instructor(s) / Supervisor(s) Airaksinen Risto Talus Ismo	
Date 14 December 2004	Total number of pages 41	
Abstract <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to build operational amplifiers test equipment at Kajaani Polytechnic's electronic laboratories. The aim was to test operational amplifiers up to LF353, LM301, LM741C, LM748 and TL074. The device was built on a power supply block, control block, testing block and indicate block. First, the microcontroller card was defined. The microcontroller card was built on a ready-made card. Its programs were tested, too.</p> <p>After that, the testing block was developed on the basis of the testable operational amplifiers. The biggest work was planning the analog multiplexers and the power supply block. The device was changed and its function was simplified by simplifying the control, the signals were transferred correctly to LM741 and LF353 amplifiers.</p> <p>The test device indicated a defective LM741 amplifier and a sound LM741 amplifier. The device answered partly to the given exercise definition.</p>		
Confidential Yes No X		
Keywords Operational amplifier, amplifier, test equipment, test device, testing		
Deposited at Kajaani Polytechnic library		

ALKUSANAT

Tehtävänä oli rakentaa koululle testilaitte operaatiovahvistimia varten. Työn tilaajalle Taluksen Ismolle ja valvojalle Airaksisen Ristolle kiitokset ohjauksesta. Myös muille opettajille annan kiitokset kiinnostuksesta työhön. Erityisesti annan Honkasen Harrille kiitokset elektroniikan pulmissa avustamisesta. Kotiväelle kiitokset tuen antamisesta työn tekemiseen.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
2 OPERAATIOVAHVISTIMET	7
2.1 Testattavat operaatiovahvistinpiirit	9
3 TESTAUSLAITE	11
3.1 Kaupalliset laitteet	11
3.2 Rakennetun laitteen lohkokaavio ja ominaisuudet.....	12
3.2.1 Tiedonsyöttö/-näyttölohkon määrittäminen	13
3.3 Suunnittelu	13
3.3.1 Virtalähdelohkon suunnittelu.....	13
3.3.2 Ohjauslohkon määrittäminen ja suunnittelu	15
3.3.3 Testauslohkon suunnittelu	16
3.3.4 Ilmaisulohkon suunnittelu.....	20
3.4 Testilaitteen toteutus	25
3.4.1 Mikrokontrollerin toteutus.....	25
3.4.2 Testikortin toteutus.....	26
4 OHJELMISTO	28
4.1 Määrittäminen.....	28
4.1.1 Testipulssin määrittäminen ja toteuttaminen.....	28
5.1 Mikrokontrollerin testaaminen ohjelmallisesti	30
5.2 Testilaitteen testaaminen.....	33
5.2.1 Ohjelmallinen testaus DG409 analogiakytin piirille	34
5.3 Testauksen tulokset ja laitteen muutostyöt.....	36
5.3.1 Muutostöiden jälkeinen testaus.....	36
6 YHTEENVETO.....	39

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

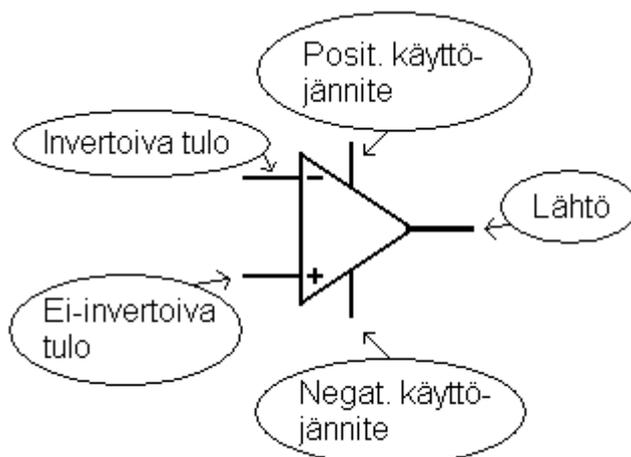
Ammattikorkeakoulun elektroniikan laboratoriosta saamani insinööriyön aihe on operaatiovahvistimien testauslaitteen suunnittelu ja rakentaminen. Operaatiovahvistintestauslaitetta käytetään koulussa viallisten operaatiovahvistimien paikallistamiseen ehjistä komponenteista.

Testauslaite toteutetaan sulautettuna järjestelmänä Intel 8051-prosessoria käyttäen. Mittausjärjestelmä toteutetaan analogiakytkimiä käyttämällä. Testauslaitteeseen tuotetaan mikrokontrollerilla kanttiaaltopulssia, joka ohjataan analogiakytkimillä testattaville vahvistinpiireille. Näiltä vahvistinpiireiltä signaali ohjautuu ilmaislohkolle, jossa sitä vertaillaan taajuus/jännitemuuntimella ja komparaattorilla(jännitevertailija). Testattavan vahvistinpiirin toimiessa syttyy vihreä merkkivalo. Testattavan vahvistinpiirin ei toimiessa merkiksi syttyy punainen merkkivalo.

2 OPERAATIOVAHVISTIMET

Tekstistä on osa lainattu Pentti Salon kirjasta, Analogista elektroniikkaa ([1], s. 73-74).

Operaatiovahvistimesta on tullut elektroniikan keskeinen komponentti johtuen sen monipuolisesta käytettävyydestä ja useimmiten halpuudesta. Se sisältää useita transistoreita. Niitä käytetään HiFi-laitteissa, televisioissa, radioissa, teholähteissä jne. Operaatiovahvistimet ovat laitteita, jotka nimensä mukaisesti tekevät jonkin elektronisen toiminnon suunnittelijan tavoitteiden mukaan. Käytännön kielessä puhutaan op-vahvistimista ja englanninkielinen nimi on Operational Amplifier. Operaatiovahvistimia löytyy erilaisista kotelotyypeistä. Niitä voi olla samassa kotelossa yksi, kaksi tai neljä vahvistinta. Useimmat operaatiovahvistinpiirit tarvitsevat kaksipuolisen käyttöjännitteen. Vahvistimella on kaksi tuloa Invertoiva (-) ja Ei-invertoiva (+) tulo. Invertoivan tulon kautta syötetty signaali kääntyy vastakkaisvaiheiseksi signaaliksi ja ei-invertoivaan tuloon syötetty signaali pysyy samanvaiheisena signaalina. Yleisimmät vahvistimet ovat kuvan 1 kaltaisia.

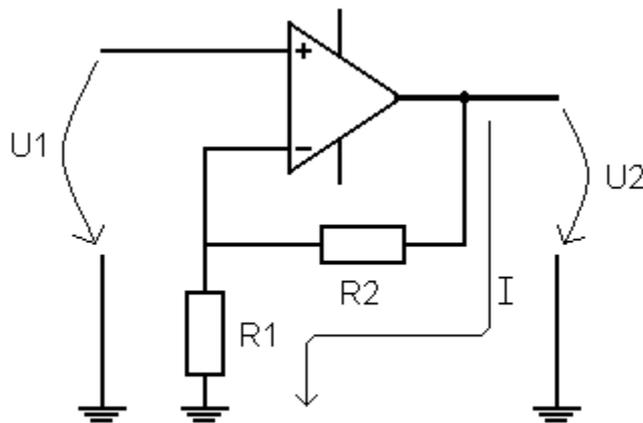


Kuva 1. Vahvistimen perusliitännät

Operaatiovahvistimien perusominaisuuksia ovat tuloresistanssi R_I , lähtöresistanssi R_O ja jännitevahvistus A_U . Ideaalisella tai ihanteellisella komponentilla nämä suu-reet ovat lähtöresistanssia R_O lukuun ottamatta äärettömän suuria. Käytännössä piirin ominaisuudet ovat yleensä seuraavanlaiset:

- Tuloresistanssi R_I on $0,5 \dots 10 \text{ M}\Omega$.
- Jännitevahvistus A_U on $80 \dots 118 \text{ dB}$ eli $10000 \dots 800000$
- Lähtöresistanssi R_O on $100 \dots 500 \Omega$.

Käytännön tilanteissa oletetaan usein op-vahvistin ideaaliseksi komponentiksi, koska vahvistus on todella suuri ja lähentelee äärettömän suurta vahvistusta. Seuraavassa kuvassa 2 on esitetty tyypillisen ei-invertoivan vahvistimen kytkentäkuva.



Kuva 2. Ei-invertoivan vahvistimen kytkentäkuva

Vahvistimella voidaan vahvistaa tasajännitettä niin kuin vaihtojännitettäkin aina taajuusalueelle $10 \dots 100 \text{ kHz}$. Kytkennässä vahvistuksen suuruuden muodostaa takaisinkytkennän vastuksien (R_1, R_2) suuruus. Vahvistimen tulovastus on äärettömän suuri ja lähtövastus on likimäärin nolla.

Vahvistinkytkentä toimii seuraavalla tavalla. Kun tulojännite U_1 on pieni, niin lähtöjännite U_2 alkaa nousta positiivista käyttöjännitettä kohden. Vastuksien kautta kytketään osa lähtöjännitteestä invertoivaan tuloon. Yhtä aikaa lähtöjännitteen nousun kanssa nousee myös invertoivan tuloon jännite. Tapahtumat ovat nopeita, joten napojen jännitteet ovat yhtä suuret.

2.1 Testattavat operaatiovahvistinpiirit

Operaatiovahvistinpiirit LF353 & TL074

Operaatiovahvistimien ominaisuudet on käännetty tietolehtisistä [2,3,4,5,6].

LF353-operaatiovahvistinpiiri [2] mahdollistaa laajan kaistanleveyden ja nopean nousuajan käytön. Laite toimii kahdella nopealla JFET:llä. Offset-jännite on sisäisesti säädetty. Laite on vähävirtainen ja mahdollistaa todella matalan bias- ja offset-virran. Se täyttää LM1558-standardin vaatimukset.

Vahvistinta voidaan käyttää sovellutuksissa, joissa on nopeita integraattoreita, D/A-muuntimia, näytteistys- ja pitopiirejä ja monia muita piirejä. Se vaatii vahvistimelta matalaa Offset-sisääntulojännitettä, matalaa Bias-sisääntulovirtaa, korkeaa sisääntuloimpedanssia, korkeaa nousunopeutta ja laajaa kaistanleveyttä.

TL074-operaatiovahvistinpiiri [3] on yhtäläinen edellä olevan piirin kanssa. Vahvistimen erona LF353-piiriin on kaksinkertainen määrä vahvistimia. Näissä piireissä on sisäinen kompensatiokondensaattori, joka poistaa värähtelyn piirien ulostuloista. Käyttöjännite on kaksipuolinen eli negatiivinen ja positiivinen.

LM301 & LM748 operaatiovahvistinpiirit

LM301 on yleiskäyttöinen operaatiovahvistinpiiri [4], joka tarjoaa monenlaisia ominaisuuksia. Käyttöjännite on $\pm 5 \dots \pm 22$ V:iin ja toiminnaltaan se on FET-transistori. Siinä on matala Drain-virta. Sisään- ja ulostulo on suojattu ylikuormittumiselta. Se on vapaa värähtelemään, jolloin se tarvitsee värähtelyn eliminoimiseksi 30 pF:n kondensaattorin. Vahvistimen taajuuskaista on rajoitettu 3,5 MHz:iin, joka on helposti saavutettavissa. LM748 on [5] yhtäläinen edellä olevan vahvistinpiirin kanssa.

LM741-operaatiovahvistinpiiri

LM741 on yleiskäyttöinen operaatiovahvistinpiiri [6], jonka piirteenä on edistyksellinen suorituskyky LM709-operaatiovahvistimeen nähden. Vahvistin tarjoaa ominaisuuksia, joka tekee piiristä todella toiminta varman. Sen ominaisuuksia ovat sisääntulon ja ulostulon kuormituksen ylisuojaus ja vapaus värähtelystä.

3 TESTAUSLAITE

3.1 Kaupalliset laitteet

LinearMaster Compact IC-testauslaitteella (kuva 3) ominaisuutena, operaatiovahvistimien, jänniteregulaattoreiden, D/A-muuntimien, jännitevertailijoiden, komparaattoreiden ja muiden lineaaristen IC-piirien testaus ja tunnistus.

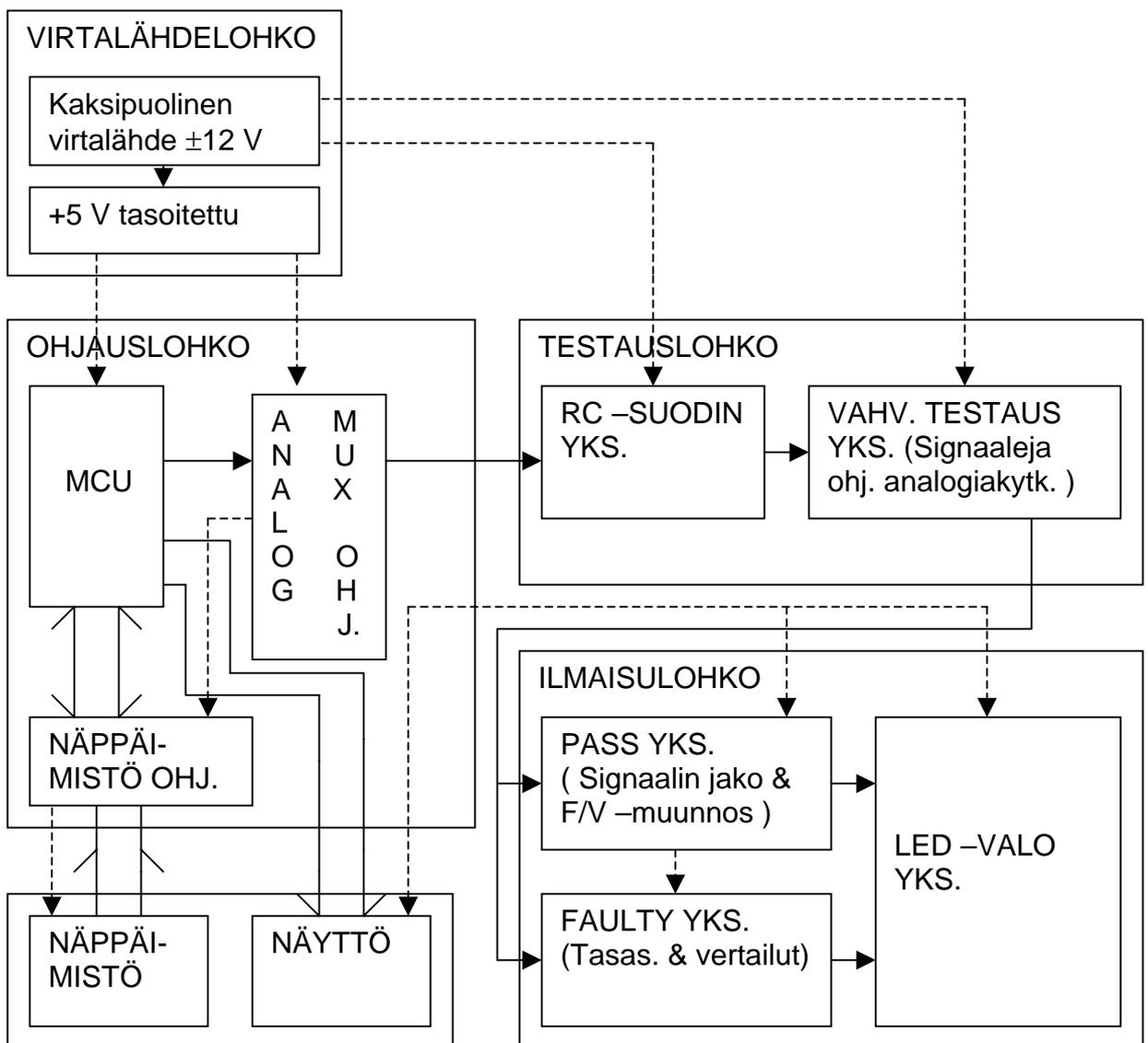


Kuva 3. LinearMaster Compact IC-testauslaite

Laitteen teknisiä asioita, näytölle tulevat diagnosoidut tiedot näkyviin yksittäisistä nastoista. Laitteessa on kaksirivinen näyttö, joka ilmaisee 16 merkkiä rivillä. Analogiatestaus IC-piireille on paristolla toimiva ja laite toimii kahdella 9 V:n paristolla. Sillä voidaan tunnistaa tuntemattomat IC-piirit. Testattava laite sijoitetaan testauksen tai tunnistamisen ajaksi ZIF-kantaan. Yksikköhinta laitteelle on 732,33 euron, joten se on melko kallis parin operaatiovahvistinpiirin testaamiseksi. Kun ottaa huomioon testattavien piirien kattavuus, tuntemattomien piirien tunnistus, laite on laadukas ja hyvä.

3.2 Rakennetun laitteen lohkokaavio ja ominaisuudet

Laitteen toiminnallinen lohkokaavio on esitettyä kuvassa 4. Lohkokaaviosta ilmenee, kuinka signaalit kulkevat eri lohkojen välillä laitteessa ja kuinka käyttöjännitteet on kytketty eri lohkoille. Laitte rakentuu viidestä eri lohkoista, jotka ovat virtalähdelohko, ohjauslohko, testauslohko, ilmaisulohko ja tiedonsyöttö-/näyttölohko.



Kuva 4. Laitteen lohkokaavio

Laitteen ominaisuuksiin vaikuttavat suurimmaksi osaksi testattavien piirien ominaisuudet (ks. testattavat operaatiovahvistimet). Laite suunniteltiin testattavien operaatiovahvistimien pohjalta.

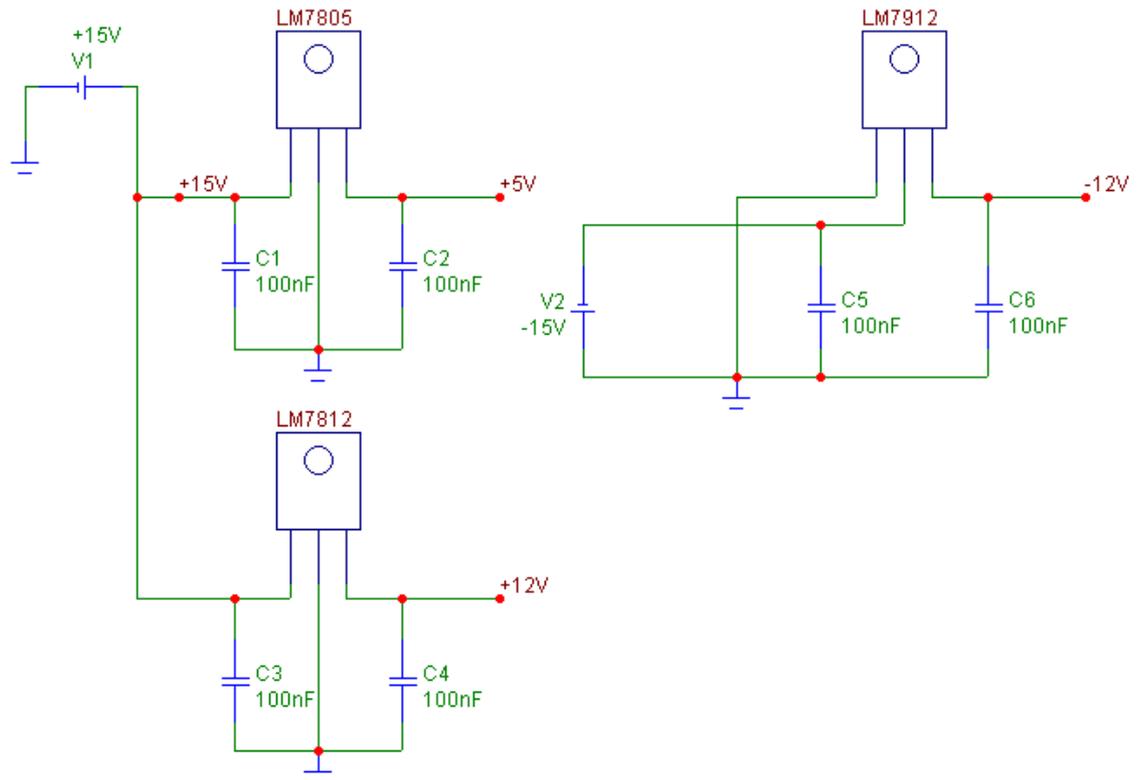
3.2.1 Tiedonsyöttö/-näyttölohkon määrittäminen

Tiedonsyöttö/näyttölohko koostuu näppäimistöohjaimesta ja näytöstä. Myös luku- ja kirjoitusporttien kytkennät todettiin. Kytkinpiirille 74HC138 on kytkettynä mikrokontrollerin näppäimistö- ja näyttöyksikkö.

3.3 Suunnittelu

3.3.1 Virtalähdelohkon suunnittelu

Laitteen virtalähdettä suunniteltiin käytettävien komponenttien käyttöjännitteen mukaan, joka määräytyi ± 12 V:ksi (kuva 4). Ilmaisulohkon piirit käyttävät +5 V:n käyttöjännitettä. Käyttöjännitteet toteutettiin 7812-, 7805- ja 7912-regulaattoreilla. 7812-regulaattorilla tuotetaan +12 V:n jännite. Tasainen käyttöjännite saadaan suodatuskondensaattoreilla (100 nF), jotka kytkettiin regulaattorin sisääntulon ja ulostulon kautta maihin. 7805-regulaattorilla toteutetaan +5 V:n jännite. Myös tämän sisääntuloon ja ulostuloon kytkettiin suodatuskondensaattorit seuraavan kuvan mukaisesti.



Kuva 5. Käyttöjännitteiden kytkentäkuva

7912-regulaattorilla tuotetaan -12 V ja tässä regulaattorissa on toisenlainen nastajärjestys verrattuna 78XX-sarjaan.

Virtalähdesuunnittelussa kokeiltiin NMV1212S-hakkuripiiriä [7]. Se tuottaa ± 12 V jännitteinä. Hakkuripiiri aiheutti ongelman signaalien kulkemiselle, koska hakkuripiiriä käytettäessä syntyi virtuaalinen maa. Kun oli kaksi maapotentialia, joutui käyttämään opto-erottimia signaalien ohjaamiseen. Laite olisi näin tullut liian monimutkaiseksi toteuttaa. Päästiin helpommalla suunnittelulla ja toteutuksella käyttäen regulaattoreita.

3.3.2 Ohjauslohkon määrittäminen ja suunnittelu

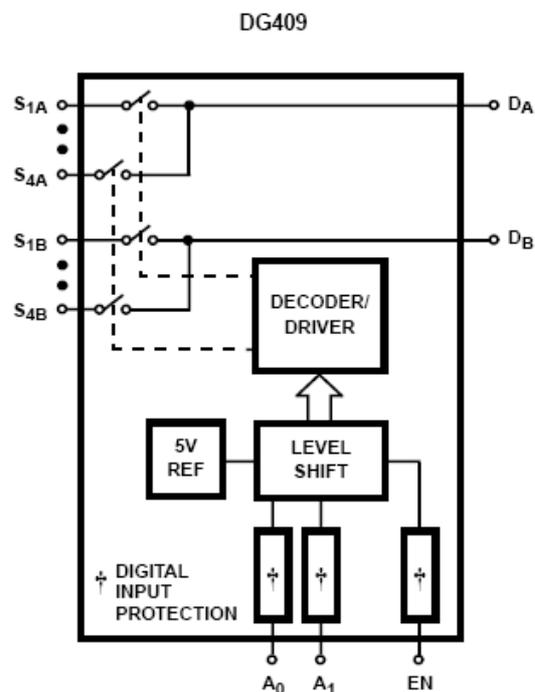
Testisignaalin muodostaminen

Herätesignaali muodostetaan ohjelmallisesti 8051-prosessorin Portti3 (P1.2) ja Portti4 (P1.3) ohjaamalla. Ohjelmassa (ks. Ohjelmointi) ohjataan vuorostaan porttien tiloja ykkösen ja nollan välillä. Eli porttien tilat prosessorissa käy vuorotellen +5 V:n ja 0 V:n välillä fyysisesti. Ohjelmaa ajetaan ikuisessa for-silmukassa.

Koska 8051-prosessori ei jaksaa normaalilla tilalla ohjata piirejä. Laitettiin $2\text{ k}\Omega$ - $3\text{ k}\Omega$ ylösvetovastukset ohjausvirran suurentamiseksi. Näin annetaan takaus laitteen paremmalle ohjauksen toiminnalle.

Signaalien ohjauksen suunnittelu

Herätesignaalien ja muiden signaalien ohjaus toteutettiin DG409-analogiakytkinpiirillä(kuva 6)[8].



Kuva 6. Analogiakytkimen kytkentäkaavio

DG409-analogiakytkimet ovat kaksisuuntaisia piirejä, joilla pystytään ohjaamaan CMOS/TTL-tasoisia signaaleja käyttöjännitteen raja-arvojen mukaisesti. Analogiakytkimissä on kaksi kanavaa, jota kohden on neljä kytkintä (taulukko 1). Näitä kanavia ohjataan yhtäaikaaisesti osoitteiden (Address) A_1 ja A_0 tiloja vaihtamalla. Sallinta-nastan (Enable EN) ollessa aktiivisessa tilassa.

Taulukko 1. DG409-analogiakytkimen totuustaulu

TRUTH TABLE DG409

A_1	A_0	EN	ON SWITCH
X	X	0	NONE
0	0	1	1
0	1	1	2
1	0	1	3
1	1	1	4

NOTES:

1. V_{AH} Logic "1" $\geq 2.4V$.
2. V_{AL} Logic "0" $\leq 0.8V$.

DG409-analogiakytkin on parempi vaihtoehto verrattuna DG408-analogiakytkinpiiriin [1], koska 408 on yhdellä kanavalla varustettu, jossa on kahdeksan kytkintä sisällä. Kun käytetään DG409-piiriä, pääsee vähemmällä piireillä, joten laitteen suunnittelu helpottuu ja virran kulutus pienenee. Näitä analogiakytkimiä käytetään tiedon hankinta järjestelmissä, äänikytkinjärjestelmissä, automaattisissa testilaitteissa, näytteistys- ja pitopiireissä, viestintäjärjestelmissä jne.

3.3.3 Testauslohkon suunnittelu

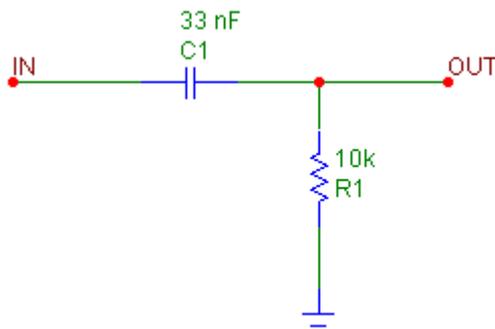
Sakkauksen eston suunnittelu

Sakkauksen esto suunniteltiin RC-alipäästösuodinta käyttämällä (kuva 6). RC-suotimen alarajataajuus määritettiin tarpeeksi alas (450 Hz), jotta herätesignaali pääsee suotimesta lävitse ja ei aiheuttaisi suuria vääristymisiä signaalin nopeuteen. Jos näin pääsee käymään, silloin taajuus/jännitemuunnin ei ymmärrä sig-

naalia. Suotimen vastuksen arvoksi valittiin 10 k Ω . RC-suotimen kondensaattori C mitoitettiin seuraavasti kaavalla (2).

$$f_a = \frac{1}{2\pi \cdot RC} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot Rf_a} = \frac{1}{2\pi \cdot 10 \text{ k}\Omega \cdot 450 \text{ Hz}} = 3,54 \cdot 10^{-8} \text{ F} \approx 35,4 \text{ nF}$$

Valittiin tuloksen arvoa lähinnä oleva kondensaattori eli 33 nF:n muovikondensaattori.



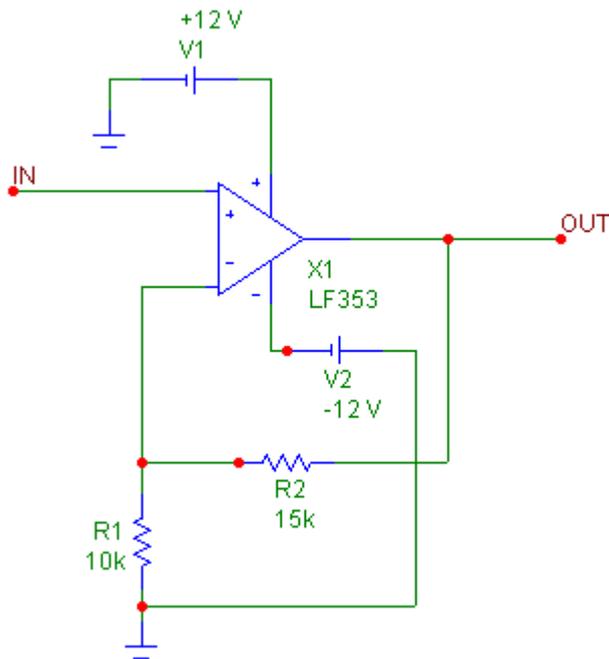
Kuva 6. RC-alipäästösuodin esitettynä

Vahvistinpiirien testauksen suunnittelu

Operaatiovahvistimien testaus suunniteltiin seuraavasti. Testattavalle operaatiovahvistinpiirille suunniteltiin vahvistuskytkentä (kuva 7), jossa R2 ja R1 määräävät vahvistuksen suuruuden kaavan (3) mukaisesti.

$$A_U = 1 + \frac{R2}{R1} = \frac{15 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} = 1 + 1,5 = 2,5 \quad (3)$$

Tämä vahvistuskytkentä on positiivinen eli ei-invertoiva kytkentä. Silloin signaalin vaihe ei muutu.



Kuva 7. Vahvistuskytkenä kuvattuna testausta varten

Signaalien ohjaus testauksen kannalta

Laitteen pitää pystyä ohjaamaan erilaisia operaatiovahvistinpiirejä. Otettiin selvää operaatiovahvistimien ominaisuuksista ja nastajärjestyksistä. Nastajärjestykset ovat seuraavien taulukon 2 ja taulukon 3 mukaisia.

Taulukko 2. Operaatiovahvistinpiirien nastajärjestykset.

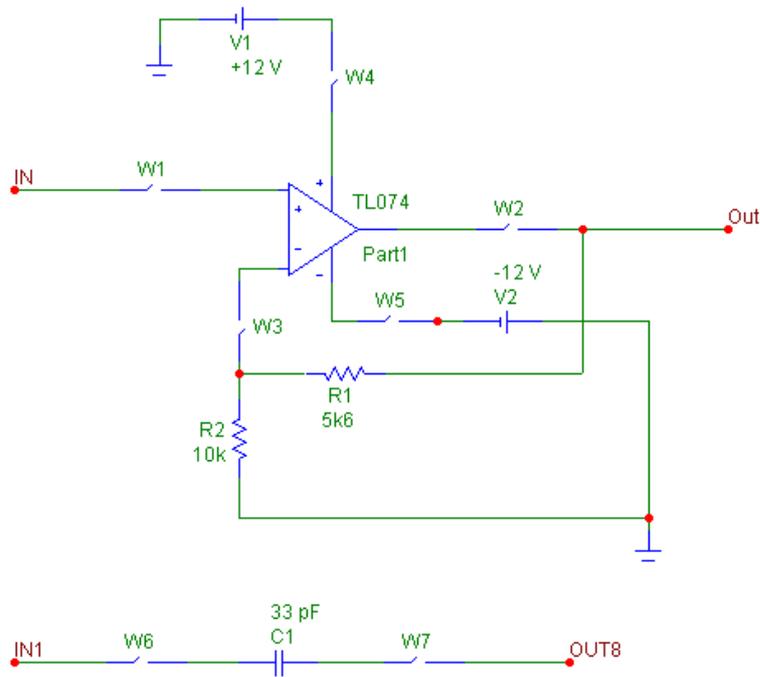
Komponentti	Käyttöj.	V-	V+	Invert. in1	Ei-invert. in1	Out 1
LF353	5-18V	4	8	2	3	1
LM301	5-22V	4	7	2	3	6
LM741C	6-18V	4	7	2	3	6
LM748	5-22V	4	7	3	2	6
TL074CN	4-18V	4	11	2	3	1

Taulukko 3. Operaatiovahvistinpiirien nastajärjestykset.

Komponentti	Invert. in2	Ei-invert. in2	Out 2	Invert. in3	Ei-invert. in3	Out 3
LF353	6	5	7			
LM301						
LM741C						
LM748						
TL074CN	6	5	7	9	10	8

Nastajärjestyksien pohjalta määritettiin käyttöjännitteeksi ± 12 V:a. Erikoisominaisuutena sisäinen kompensointi puuttui LM301:stä [4] ja LM748:sta [5]. Näiden vahvistimien 1- ja 8-nastojen välille jouduttiin laittamaan kompensoitokondensaattori eliminoimaan ylimääräinen värähtely. Vahvistimien ominaisuuksien ja nastajärjestyksien mukaan suunnittelin kytkimien ohjauksen.

Kytkeyksiköllä (Mux1) ohjataan signaali1 läpi operaatiovahvistimen positiivisen tulo (kuva 8, W1,W2). Myös yhdistetään operaatiovahvistimen ulostulo ja vahvistusvastuksien kautta maihin signaali. Kytkeyksiköiden tehtävät on havainnollistettu seuraavassa kuvassa 8. Kytkeyksiköllä2 (Mux2) ohjataan käyttöjännitteet testattaville vahvistinpiireille (W4,W5). Kytkeyksiköllä3 (Mux3) ohjataan LM301 vahvistinpiirille nastojen 1 ja 8 välille kompensoitokondensaattori(W6,W7), jotta värähtely saadaan eliminoitua. Samalla kytkeyksiköllä ohjataan myös LM748-vahvistinpiirille kompensoitokondensaattori. Kytkeyksiköllä4 (Mux4) ohjataan signaali2 operaatiovahvistimen positiivisen tulo lävitse. Kytkeyksiköllä myös ohjataan vahvistimen ulostulo vahvistinvastuksille ja ilmaisulohkolle. Kytkeyksiköllä5 (Mux5) ohjataan testattavan vahvistimen invertoituva tulo (W3) vahvistinvastuksille, jolloin muodostuu yhtenäinen vahvistuskytkentä.

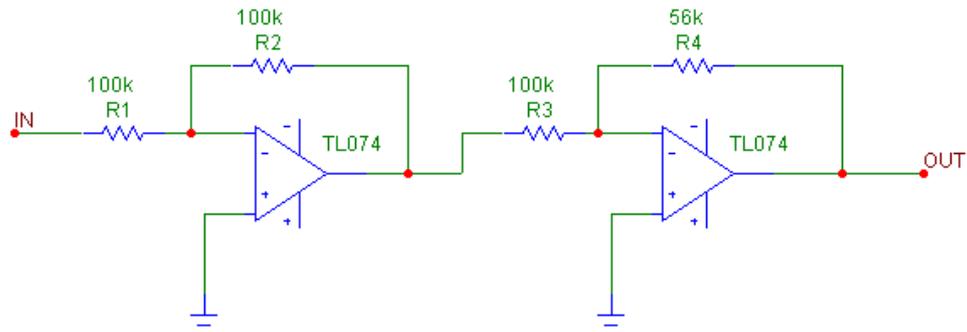


Kuva 8. Analogiakytkimien tehtävät

3.3.4 Ilmaisulohkon suunnittelu

Ehjän vahvistimen ilmaisun suunnittelu

Jotta voitaisiin erotella ehjät ja vialliset komponentit, suunniteltiin vahvistimien ilmaisuus. Ehjä vahvistin vahvistaa oikein ja päästää taajuudellisen signaalin lävitseen. Tältä pohjalta valittiin taajuus/jännite-muunnin tunnistamaan ehjän vahvistimen vahvistuksen. Jotta f/V-muuntimelle tulisi oikeanlainen signaali, jouduttiin vahvistuneen signaalin jännitetaso puolittamaan. Puolittaminen suunniteltiin kahdella invertoivalla perusvahvistinkytkennällä kuvassa 9.



Kuva 9. Vahvistuksen puolittaminen invertoivilla vahvistimilla

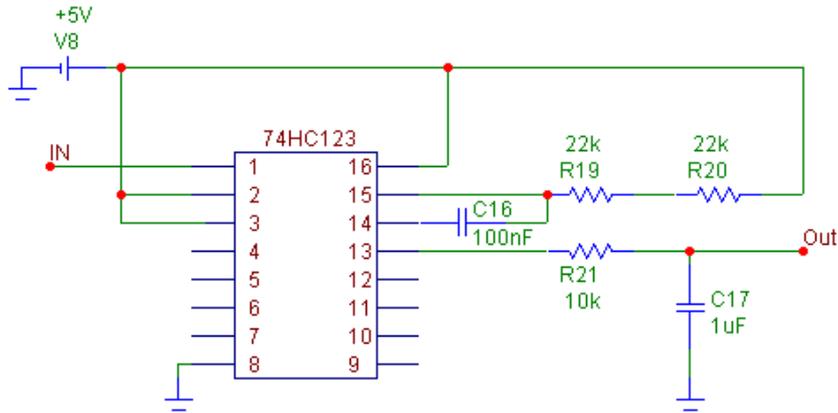
Ensimmäinen vahvistinkytkentä kääntää signaalin vaihetta 180° , ja sen vahvistukseksi suunniteltiin -1 :ksi kaavan 4 mukaisesti.

$$A_U = -\frac{R_2}{R_1} = \frac{100 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega} = -1 \quad (4)$$

Toisessa vahvistimessa käännetään signaalin vaihetta 180° eli takaisin oikein päin. Vahvistusvastuksilla (R_3, R_4) saadaan tehtyä puolitus mallikkaasti seuraavan kaavan (5) mukaisesti.

$$A_U = -\frac{R_4}{R_3} = \frac{56 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega} = -0,56 \quad (5)$$

Signaali saatiin puolitettua. Tämän jälkeen signaalin taajuus muutettiin taajuus/jännite-muuntimella tasajännitteeksi ilmaistavaksi seuraavasti kuvan 10:n mukaisesti.

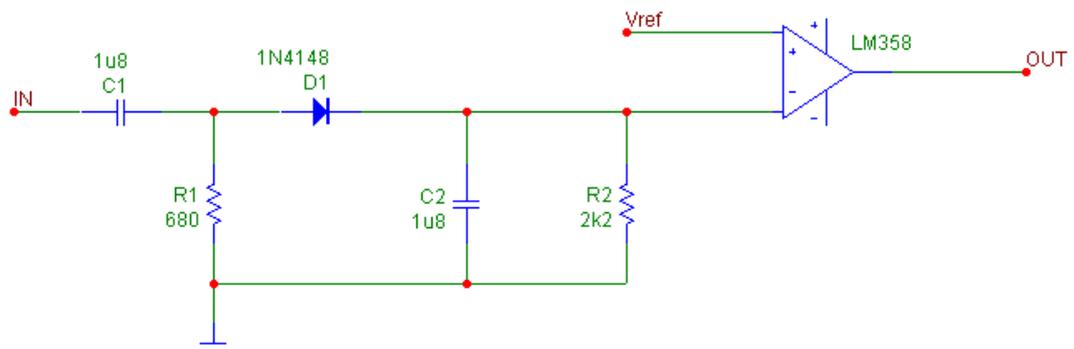


Kuva 10. f/V -muuntimen kytkentäkuva

f/V -muunnin rakentuu 74HC123 monostable -multivibraattorin pohjalle [9]. Testatavalta piiriltä tuleva signaali ohjataan f/V -muuntimen nastaan 1, jolloin muunnin reagoi signaalin laskevalla reunalla. Nastaan 3 ohjattiin positiivinen jännite, jotta RESET-toimintoa ei hyväksyttäisi, eli tämä mahdollistaa laitteen jatkuvan käytön. Myös nasta 2 liitettiin käyttöjännitteeseen +5 V.

Viallisen vahvistimen ilmaisun suunnittelu

Viallisen komponentin ilmaisu suunniteltiin käyttämällä LM358-komparaattoria [10]. Eli se on operaatiovahvistin, joka toimii jännitevertailijana. Jotta taajuudellinen signaali saadaan tasajännitteeksi, joutui kytkentään suunnittelemaan puoliaalto-tasasuuntaus kuvan 11 mukaisesti.

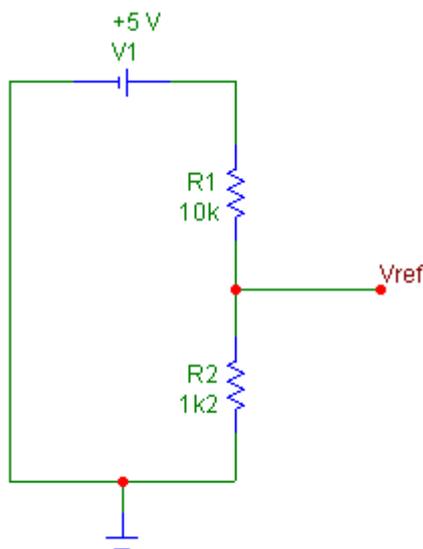


Kuva 11. Jännitevertailija viallisen komponentin ilmaisemiseksi

Puoliaaltotasasuuntausta ennen kytkennässä on RC-suodin, jonka alarajataajuus on seuraavassa kaavassa (6) laskettuna.

$$f_a = \frac{1}{2\pi \cdot RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 680 \Omega \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} F} = 130,03 \text{ Hz} \approx 130 \text{ Hz} \quad (6)$$

Kytkenässä (kuva 11) C2-kondensaattori varautuu jakson nousevalla reunalla. Signaalin laskevalla reunalla kondensaattorin varaus purkautuu, ja silloin signaali tulee melko tasaiseksi. Tästä johtuen signaali on paremmin verrattavissa referenssijännitteeseen (V_{ref}). Diodin anodilta kytkettiin signaalin kulkureitti jännitevertailijan invertoivaan (-) tuloon. Referenssijännite muodostettiin vastusjaolla seuraavasti kuvassa 12.



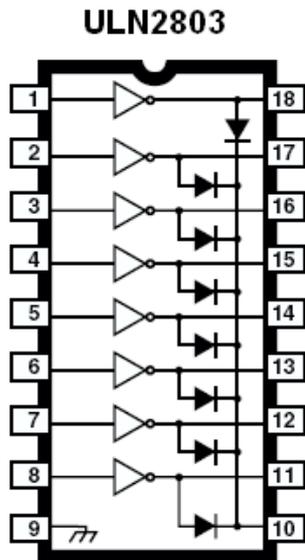
Kuva 12. Referenssijännitteen muodostaminen vastusjaolla

Vertailu toimii seuraavasti, kun vahvistimen invertoivassa tulossa on pienempi jännite kuin referenssijännite (V_{ref}). Silloin syttyy punainen merkkivalo rikkinäisen vahvistimen merkiksi. Referenssijännite laskettiin seuraavasti kaavalla 7.

$$V_{REF} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1200 \Omega}{10000 \Omega + 1200 \Omega} = 0,535 \text{ V} \approx 0,5 \text{ V} \quad (7)$$

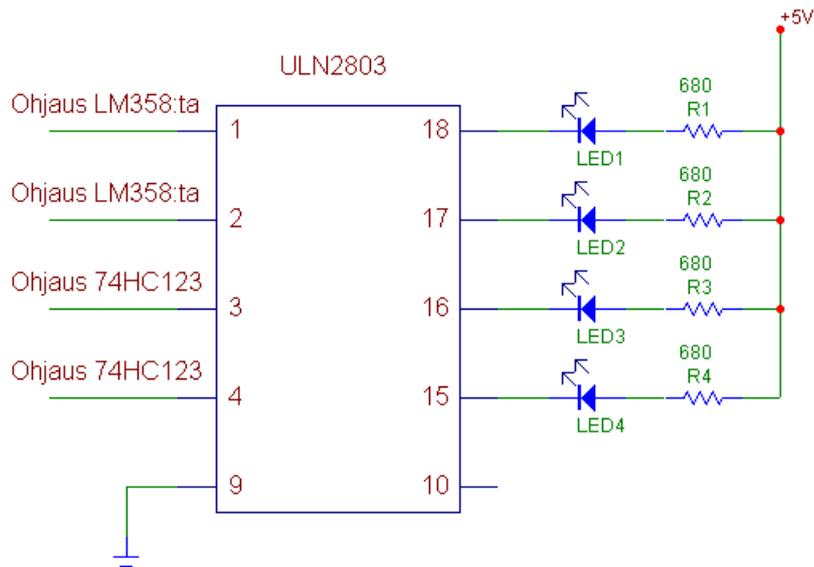
Merkkivalojen käyttö ilmaisussa

Merkkivalojen ohjauksen toteuttaminen ja suunnittelu toteutettiin käyttämällä ULN2803-darlington arrays -piiriä (kuva 13,[11]), jossa on useampia darlington-pareja.



Kuva 13. ULN2803-darlington arrays piiri sisältä kuvattuna

Tämä piiri mahdollistaa suurempien virtojen ja jännitteiden ohjaamisen. Tyypillisesti näillä piireillä ohjataan releitä, solenoideja, askelmootoreita, magneettihakkureita, Led-valoja jne. Darlington -piiri muodostuu kahdesta transistorista, joitten virtavahvistuskertoimet kerrotaan keskenään. Näin saadaan suurempi virtavahvistuskerroin, ja pystytään ohjaamaan suurempia virtoja ja jännitteitä. Led-valot kytkettiin +5 V:iin vastuksien kautta eli virta kulkee vastuksen ja Led-valon kautta darlington -piirin kautta maihin (kuva 14).



Kuva 14. Merkkivalojen ohjaus ULN2803:n avulla

3.4 Testilaitteen toteutus

3.4.1 Mikrokontrollerin toteutus

Laitetta lähdettiin kokoamaan lohkojen pohjalta. Ensin rakennettiin mikrokontrollerikortti (Liite B, Liite C), jonka avulla saatiin muodostettua ohjaussignaaleita. Mikrokontrollerikortti muodostuu mikroprosessorista, näppäimistöohjaimesta, kideoskillaattorista, muistiohjaimesta ja osoitekytkimestä (Liite B).

Mikrokontrollerikortille juotettiin 34-pinninen liitin, jonka kautta testisignaaleita ohjataan testauskortille. Testauskortille myös juotettiin samanlainen liitin ja niiden nastajärjestyskuva on esitettyä seuraavassa kuvassa 15. Kuvasta ilmenee myös Led-valojen ilmaisuun tarkoitetun liittyn kuvauksia.

LIITIN 1				LIITIN 2			
18	14	12	17	6	LED_1	GND	5
19	13	GND	16	7	GND	LED_2	4
20	GND	A1_2	15	8	LED_3	GND	3
21	10	A0_2	14	9	GND	LED_4	2
22	9	EN_F	13	10	A1_3	A0_3	1
23	11	A1_1	12				
24	8	A0_1	11				
25	7	GND	10				
26	6	EN_E	9				
27	GND	EN_D	8				
28	5	GND	7				
29	4	EN_9	6				
30	GND	EN_8	5				
31	3	GND	4				
32	GND	Pulssi 2	3				
33	2	GND	2				
34	1	Pulssi 1	1				

Kuva 15. Signaalien määrittäminen liittimissä 1 ja 2

3.4.2 Testikortin toteutus

Testikortti rakennettiin reikälevykortille. Sille juotettiin regulaattorit jännitteensyöt-
töä varten ja mikropiireille juotettiin kannat. Kaikki osat kytkettiin räppäämällä
ohuilla langoilla toisiinsa kiinni. Laitteet jaettiin digitaalipuoleen ja analogipuoleen,
koska voidaan häiriöt paremmin pitää loitolla. Piireille kytkettiin myös häiriönpois-
tokondensaattorit (100 nF), ja käytettävät johtimet olivat mahdollisimman lyhyitä
häiriöiden minimoimiseksi. Laitteesta oli tarkoituksena tehdä kaksikanavainen,
koska silloin olisi paremmin pystynyt testaamaan LF353 ja TL074 piirien vahvisti-
met. Testikortista on piirikaaviokuva liitteenä A. Kortti näyttää päältä tavallisen nä-
köiseltä piirikortilta (Liite D).

Käytettävät komponentit

Laitteessa käytetään seuraavia komponentteja:

- DG409-kaksisuuntainen analogiakytkinyksikkö, 5 kpl
- TL074-operaatiovahvistin
- LM358-operaatiovahvistin
- 74HC123-monostable multivibraattori
- ULN2803-darlington-arrays, tai ULN2804-darlington-arrays, piiri jossa on useita darlington-pareja
- kondensaattoreita
- vastuksia
- diodeja
- Led-valoja (Light Emitting Diode), 4 kpl.

4 OHJELMISTO

4.1 Määrittäminen

Ohjelmiston avulla suunniteltiin laitteen testaamisen hallittavuus ja käyttöliittymä. Pääohjelmiston täytyy pystyä luomaan testipulssi testattaville piireille ja signaalien ohjaus. Käyttöliittymä toteutettiin viimeistelytyönä laitteen testauksen ja valmistamisen jälkeen.

Ohjelmoinnissa käytettiin seuraavia ohjelmia:

- IAR Embedded Workbench Version 2.20 C
- Emul 51 for Windows Version 2.1A

4.1.1 Testipulssin määrittäminen ja toteuttaminen

Testipulssit suunniteltiin tulevan porteista 3 (P1.2) ja 4 (P1.3). Testipulssit ohjataan ikuisessa for-silmukassa seuraavasti. Siinä kutsutaan 8051-prosessorin käskykantaan (#include io51.h). Myös kutsutaan stdio.h -kirjastofunktiota, jonka avulla saatiin portit käyttöön. Seuraavassa ohjelmassa porttien tiloja vaihtamalla tietyllä viiveellä saatiin aikaiseksi tietyn taajuinen signaali. Pulssi-ohjelmaa ajettiin erikseen emulaattorilla ja todellisella mikrokontrollerilla. Ohjelmia ajettaessa mitattiin oskilloskoopilla pulssin jaksonaika τ ja siitä laskettiin kaavalla (8) pulssin taajuus f .

$$f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{1,4 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 714,29 \text{ Hz} \approx 714 \text{ Hz} \quad (8)$$

Taajuus on pienehkö, joten se ei tule aiheuttamaan suuria häiriöitä laitteen toiminnalle.

```

#include <io51.h>
#include <stdio.h>
|
void viive(int j);
int i;

main()
{
  for(;;)
  {
    P1.2=0; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 0*/
    P1.3=0; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 0*/
    viive(5);/* Viive 50 ms */
    P1.2=1; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 1*/
    P1.3=1; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 1*/
    viive(5);/* Viive 50 ms */
  }
}

void viive(int j)      /*1 ms:n viive*/
{
  int i;

  for(i=0; i<j; i++)
  {
    TL0=0x18;
    TH0=0xFC;
    TR0=1;
    while(TF0==0);

    TR0=0;
    TF0=0;
  }
}

```

4.1.2 Pääohjelman toteutus

Pääohjelma toteutettiin switch-case-rakennetta käyttämällä, mutta aluksi suunniteltiin pääohjelman toteutus merkkien vertailuna vuokaavion (Liite E) mukaisesti. Pääohjelmassa oli tarkoituksena lukea käyttäjän syöttämiä merkkejä. Kun käyttäjä on syöttänyt viisi merkkiä, ohjelma lukee merkit ohjelmalliseen taulukkoon 1. Tätä taulukkoa verrataan ohjelmalliseen taulukkoon 2, joka on kaksiulotteinen taulukko. Taulukko koostuu kuudesta sarakkeesta ja kahdeksasta rivistä. Nämä taulukot ovat char-tyyppisiä eli merkkijonoja. Tähän taulukkoon on määrätty testattavien vahvistimien koodi ja kuudes merkki on palautusarvo vertailusta.

5 TESTAUS

5.1 Mikrokontrollerin testaaminen ohjelmallisesti

Laitteen testaus aloitettiin mikrokontrollerin rakentamisen jälkeen. Mikrokontrolleria testattiin Pulssi-ohjelman avulla. Testattiin myös ohjelmallisesti näytön ja näppäimistön toiminta seuraavalla ohjelmalla. Nämä ohjelmat ajettiin ensin emulaattorin kautta Emul51-ohjelmalla.

```

/* Ilkka Ainali, Insinööriyö */
/* LCD & Näppäistestaus */
/* 04.11.2003 */

#include <io51.h>
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#define kytkimet (*(char *)0x01B000) /*Näppäimien osoite B000H */
#define LCD_ohjaus (*(char *)0x01C000) /*LCD -näytön ohjauksen osoite C000H */
#define LCD_tieto (*(char *)0x01C002) /*LCD -näytön tiedon ohjauksen osoite C002H */

char alustus1 [11]={0x30,0x30,0x30,0x38,0x08,0x01,0x07,0x0F,0x06,0x01};
char merkit[16];

int tila;
void naytto_alustus(void); /*Näytön alustus aliohjelma määrittämys*/
void tulostus(char []); /*Tulostus aliohjelma määrittämys*/
void valinta(); /*valinta aliohjelman määrittämys*/

/***** Testi aliohjelmat määritetty *****/

void test1(),test2(),test3(),test4();/* */
void test5(),test6(),test7(),test8();

void test9(),test10(),test11(),test12();
void test13(),test14(),test15(),test16();

/*****

void delay(int y); /* viive aliohjelman määrittämys */

main() /* Pääohjelma alkaa */
{
    TMOD=0x01;/* Laskuri on 16-bittinen */

```

Käskyllä #define määritettiin näppäimien osoite (B000), LCD-näytön ohjauksen osoite (C000) ja LCD-näytön tiedon osoite (C002). Funktiolla alustus1 on määritetty näytön alustusmerkkijono. Funktio Tila on integer-tyyppinen eli kokonaislukutyypinen. Sille palautuu palautusarvo näppäintä painettaessa, jolloin aiheutuu keskeytys. Käskyllä void luodaan aliohjelmat, joita kutsutaan eri tehtävissä. Seuraavassa ohjelmalyhennelmässä on esitettyä pääohjelma ja tulostus-aliohjelma.

```

main()          /* Pääohjelma alkaa */
{
    TMOD=0x01; /* Laskuri on 16-bittinen */
    TCON=0x01; /* Keskeytys INTO toimii laskevalla reunalla */
    IE=0x81; /* Sallitaan keskeytys INTO */
    naytto_alustus();
    valinta();
}

void tulostus(char m[]) /* Tulostus aliohjelma alkaa */
{
    int a;
    LCD_ohjaus=0x01;
    delay(10);
    for(a=0;a<strlen(m);a++)
    {
        if(a==8)
        {
            LCD_ohjaus=0xc0;
            delay(10);
        }
        if(m[a]=='ä') LCD_tieto=0xe1;
        else LCD_tieto=m[a];
        delay(1);
    }
}

void naytto_alustus() /* Näytön alustus aliohjelma alkaa */
{
    int i;
    for(i=0;i<strlen(alustus1);i++)
    {
        LCD_ohjaus=alustus1[i];
    }
}

```

Pääohjelmassa (main) on viittaukset näytön alustus-aliohjelmaan ja valinta-aliohjelmaan. Myös pääohjelmassa on laskurin asetukset 16-bittiseksi ja keskeytyksen asetus INTO:lle, joka toimii pulssin laskevalla reunalla. Tulostus-aliohjelmassa asetettiin näytölle kirjaimien tulostus ja kursorin siirtäminen 10 ms viiveellä. Kirjaimien ä:n ja ö:n merkkien tulostus myös asetettiin ohjelmakoodissa. Seuraavassa ohjelmalyhennelmässä on esitettynä Valinta-aliohjelma. Se on ikuisessa for-silmukassa. Funktiolla switch(tila) tutkitaan näppäimistöohjaimen tilaa. Jokaisen näppäimen painaminen aiheuttaa keskeytyksen ja aliohjelman (case 0, test1) ajamisen.

```
void valinta()
{
for(;;)
{
switch(tila)
{
case 0:
test1();
break; /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */
case 1:
test2();
break; /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */
case 2:
test3();
break; /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */
case 3:
test4();
break; /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */
case 4:
test5();
break; /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */
case 5:
test6();
break; /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */
case 6:
test7();
}
```

Seuraavassa ohjelmalyhennelmässä on kuvattuna testialiohjelmien koodi ja keskeytys-aliohjelma. Kuvassa selviää, mitä ne tulostavat näytölle. Kun painaa näppäintä 3, tulostuu näytölle "Testi näppäimelle 3" jne.

```

interrupt void EX0_int()/* keskeytys aliohjelma*/
{
  tila=kytkimet&0x0f;
} /* keskeytys aliohjelma loppuu */

/***** Testialiohjelmat alkaa *****/

void test1()
{
  sprintf(merkit,"Testi näppäimelle 1");
  tulostus(merkit);
  delay(10);
}

void test2()
{
  sprintf(merkit,"Testi näppäimelle 2");
  tulostus(merkit);
  delay(10);
}

void test3()
{
  sprintf(merkit,"Testi näppäimelle 3");
  tulostus(merkit);
  delay(10);
}

void test4()
{
  sprintf(merkit,"Testi näppäimelle F");
  tulostus(merkit);
  delay(10);
}

```

Näppäimien painamisesta saatiin tulokseksi keskeytys, ja Tila-muuttujan arvo ratkaisee, mikä aliohjelma ajetaan. Tässä aliohjelmat tulostavat tekstiä näytölle, ja niillä myös voidaan ohjata signaaleja.

5.2 Testilaitteen testaaminen

Testilaitetta testattiin eri lohkojen rakentamisvaiheiden aikana. Ensin testattiin, kuinka RC-suotimen alarajataajuus vaikuttaa testisignaaliin. Testisignaali (714 Hz) muodostettiin signaaligeneraattorilla testin nopeuttamiseksi. Signaali derivoituu voimakkaasti, koska kondensaattorilla on derivoiva ominaisuus. Seuraavana tehtävänä testattiin taajuus/jännite-muuntimen toiminta ja komparaattorin eli jännitevertailijan toiminta. Ne ilmaisivat oikein toiminnan, jonka merkiksi syttyi palamaan vihreä tai punainen merkkivalo. Testilaitteisto kokonaisuutena, lisänä operaatiovahvistimet, testattiin signaaligeneraattoria käyttämällä. Testi tehtiin kaikille

testattaville operaatiovahvistimille, jotka on otettu määrittämisessä huomioon. Testissä tuli ilmi ehjät vahvistimet ja vialliset vahvistimet. Tämän pohjalta päästiin laitetta rakentamaan.

5.2.1 Ohjelmallinen testaus DG409 analogiakytkin piirille

Analogiakytkimen loogisen toiminnan testaus suoritettiin ohjelmallisesti. Analogiakytkimen sallintanasta (Enable, EN) liitettiin osoitteeseen 8000H. Analogiakytkimen osoitteita (A_0 , A_1) (ks. signaalin ohjauksen suunnittelu) ohjattiin ohjelmallisesti seuraavasti, jotta kytkimien tiloja saatiin vaihdettua. Samalla kokeiltiin, kytkekö pulssin lävitse ja tuloksena saatiin pulssi ulos analogiakytkimestä. Analogiakytkin toimi tietolehtisen mukaisesti käytännössä.

```

/* Insinööriyö: Analogiakytkimen ohjaaminen*/
/* Ainali Ilkka TTIOS*/
/* 29.03.2004 */

#include <io51.h>
#include <stdio.h>
#include<string.h>

/***** Näppäimistö ja LCD-näytön osoitteet *****/
#define kytkimet (*(char *)0x01B000) /*Näppäimien osoite B000H */
#define LCD_ohjaus (*(char *)0x01c000)/*LCD-näytön ohjauksen osoite C000H */
#define LCD_tieto (*(char *)0x01c002) /*LCD-näytön tiedon osoite C002H */
/*****

/***** Analogiakytkimien osoitteiden määrittäykset *****/
#define Analog_MUX (*(char *)0x018000)/*Analogiakytkimen osoite 8000H */
/*#define Analog_MUX2 (*(char *)0x019000)*//*Analogiakytkimen osoite 9000H*/
/*****

/***** Porttien määrittäykset *****/
#define Portti1 P1.0 /*Portti P1.0 nimetään Portti1 jne...*/
#define Portti2 P1.1
#define Portti3 P1.2
#define Portti4 P1.3
#define Portti5 P1.4
#define Portti6 P1.5
/*****

char alustus1 [11]={0x30,0x30,0x30,0x38,0x08,0x01,0x07,0x0F,0x06,0x01};
char merkit[16];

int tila; /*globaali muuttuja eli se näkyy jokaisessa aliohjelmassa*/
void naytto_alustus(void);

```

Pääohjelmassa sallitaan analogiakytkimen käyttö. Kytkimien 1, 2 valitseminen toteutetaan porteilla 1 ja 2.

```
main()
{
    TMOD=0x01; /* Laskuri on 16-bittinen */
    TCON=0x01; /* Keskeytys INT0 toimii laskevalla reunalla */
    IE=0x81; /* Sallitaan keskeytys INT0 */
    naytto_alustus();
    Analog_MUX=0x01; /* Analogiakytkimen Enable eli sallintanasta asetetaan ykköseen. */
    valinta();
}

void valinta()
{
    for(;;)
    {
        switch(tila)
        {
            case 0:
                sprintf(merkit, "A1=0 ja A0=0");
                tulostus(merkit);
                viive(10);
                Portti1=0; /* P1.0 asetetaan loogiseen nollatilaan eli analogiakytk
                Portti2=0; /* P1.1 asetetaan loogiseen nollatilaan eli analogiakytk
                break; /* Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */

            case 1:
                sprintf(merkit, "A1=0 ja A0=1");
                tulostus(merkit);
                viive(10);
                Portti1=1; /* P1.0 asetetaan loogiseen ykköstilaan eli analogiakytk
                Portti2=0; /* P1.1 asetetaan loogiseen nollatilaan eli analogiakytk
                Pulssi();
                break; /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet */
        }
    }
}
```

Jos valitaan case 1, silloin kytkeytyy Pulssi-aliohjelma käyntiin. Se pyörii noin kahden sekunnin ajan for-silmukassa. Näin myös tapahtui ja analogiakytkin saatiin testatuksi.

```
/****** pulssi aliohjelma alkaa *****/
void Pulssi()
{
    for(kiekka=0; kiekka<50; kiekka++)
    {
        Portti3=0; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 0*/
        Portti4=0; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 0*/
        viive(5); /* viive 50 ms */
        Portti3=1; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 1*/
        Portti4=1; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 1*/
        viive(5); /* viive 50 ms */
    }
}

/****** pulssi aliohjelma loppuu *****/
```

5.3 Testauksen tulokset ja laitteen muutostyöt

Laitetta testattaessa havaittiin toiminnallisia puutteita ohjauksessa. Mikrokontrolleri voi ohjata vain yhtä laitetta kerrallaan osoiteväylän kautta. Laitteen ohjausta yksinkertaistettiin seuraavasti. Kytettiin kaikki analogiakytkimet porttiin P1.4:een ilman kompensointia. Kompensointi kytkettiin erikseen portteihin P1.5, P1.6, P1.7. Analogiakytkimien ohjaus annettiin olla ennallaan porteissa P1.0 A_0 ja P1.1 A_1 . Aluksi yritettiin ohjata LF353 ja LM741 piirejä.

Ohjauksen yksinkertaistamisella saatiin signaalit oikein ohjatuksi. Mutta analogiakytkimet jäivät päälle, joka on ilmiö FET-transistorin toimintahäiriöstä. Laitetta rakentaessa ja testattaessa piirit kuumentuivat väärin kytketyn LM7912-regulaattorin vuoksi. Näin ne pääsivät rikkoutumaan. Laitteeseen tarvitaan uudet piirit ja tarkennus ohjauksien toimintaan. Ohjaus on hyvä toteuttaa porttien kautta. Pulssi-ohjelma oli liian nopea, joten sen ajastusta pidennettiin for-silmukan kierrosten (seuraava ohjelmalyhennelmä, kiekka<1800;) lukumäärää kasvattamalla 1800:aan. Testipulssin kestoksi saatiin noin 18 s.

5.3.1 Muutostöiden jälkeinen testaus

Laitetta lisää testattaessa havaittiin kuitenkin analogiakytkimet ehyiksi. Tämä ilmeni, kun ohjelmassa (seuraava ohjelmalyhennelmä) kaikki portit asetettiin loogiseen nollatilaan. Analogiakytkimet ohjautuivat ohjelmallisen asetuksen mukaisesti kiinni asentoon. Signaalien ilmaisua testattiin ohjelmallisesti emulaattorin avulla käyttäen testissä toiminnallisesti ehyttä LM741-vahvistinta ja rikkiäistä vahvistinta.

```

main()
{
    TMOD=0x01; /* Laskuri on 16-bittinen */
    TCON=0x01; /* Keskeytys INT0 toimii laskevalla reunalla */
    IE=0x81; /* sallitaan keskeytys INT0 */
    P1=0x00;
    viive(50);
    naytto_alustus();
    sprintf(merkit, "Testi alkaa!!!");
    tulostus(merkit);
    viive(10);
    Portti5=1;
    viive(30);
    A0_1=1;
    A1_1=0;
    viive(10);

    Pulssi();
    viive(10);
    Portti5=0;
    P1=0x00;
}
*
*
*
/*Pulssi aliohjelma kestää noin 18 s:a */
/***** Pulssi aliohjelma alkaa *****/
void Pulssi()
{
    for(kiekka=0; kiekka<1800; kiekka++)
    {
        Portti3=0; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 0*/
        Portti4=0; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 0*/
        viive(5); /* Viive 50 ms */
        Portti3=1; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 1*/
        Portti4=1; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 1*/
        viive(5); /* Viive 50 ms */
    }
}
/***** Pulssi aliohjelma loppuu *****/

```

Laite ilmaisi hyvin ehyen vahvistimen ja ajoi loppuun asti ohjelman. Viallista vahvistinta testattaessa havaittiin vahvistimen ulostulosta tulevan positiivisen käyttöjännitteen (+12 V) verran tasajännitettä eli DC-jännitettä. Tämän ilmaisemiseksi ohitettiin kytkennässä puoliaaltotasasuuntaus ja yritettiin ohjata suoraan komparaattoria. Se tuli toimimaan viallisen vahvistimen testauksessa. Kun vaihdettiin ehyt vahvistin, laite jätti ilmaisematta toimivan vahvistimen.

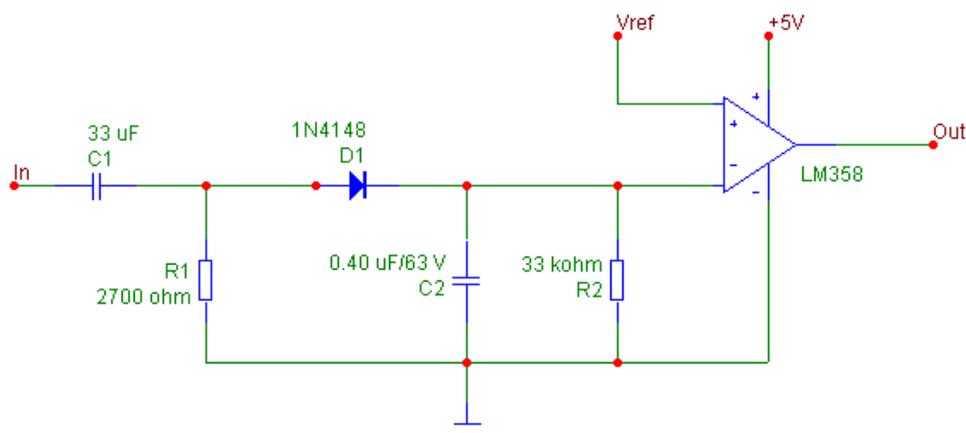
Laitteen ilmaisussa yritettiin yhdistää toimiva viallisen vahvistimen ilmaisu ja toimiva ehjän vahvistimen ilmaisu. Kun signaalia mitattiin vahvistimen ulostulosta, havaittiin signaalin negatiiviselle puolelle tulevan tasajännitettä. Se ei ole toivottua, kun laite ei ilmaissut sekasignaalia.

Viiallisen vahvistimen ilmaisimen toiminta saatettiin oikeaksi laskemalla RC-suotimen alarajataajuus uudelleen. Oskilloskooppikuvasta laskettiin signaalin alenema kaavalla (9) ja sen perusteella laskettiin korjauskaavoilla (10) oikea alarajataajuus. Tasasuuntaukseen vaihdettiin kondensaattorin ja purkausvastuksen nimellisarvo kuvan 16 mukaiseksi.

$$P = \frac{U' - U}{U'} \cdot 100 \% = \frac{1,5 \text{ V} - 0,2 \text{ V}}{1,5 \text{ V}} \cdot 100 \% = 86,7 \% \quad (9)$$

$$P = \frac{\pi \cdot f_L}{f_T} \cdot 100 \% \Rightarrow f_L = \frac{P \cdot f_T}{100} \cdot \frac{1}{\pi} = \frac{86,7 \cdot 714 \text{ Hz}}{100} \cdot \frac{1}{\pi} = 197,32 \text{ Hz},$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi \cdot RC} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot f_L \cdot R} = \frac{1}{2\pi \cdot 197,32 \text{ Hz} \cdot 2700 \ \Omega} \approx 33 \ \mu\text{F} \quad (10)$$



Kuva 16. Tasasuuntauksen ja vertailun toteuttaminen testisignaalille.

Komponenttien uudelleen määrittelyn (kaavojen 9, 10) jälkeen, testisignaali ohjautui oikein RC-suotimen lävitse. Kun signaalin alenema jäi vähäiseksi. Tasasuuntaus toteutui hyvin kondensaattorin C2:n ja vastuksen R2:n arvoja vaihtamalla.

6 YHTEENVETO

Laitetta lähdettiin suunnittelemaan yleiskäyttöisten ja koululla olevien operaatiovahvistimien pohjalta. Laitetta tullaan käyttämään koululla viallisten operaatiovahvistimien paikallistamiseen ehjistä. Laite suunniteltiin lohkoihin, jotka testattiin erikseen toiminnaltaan. Ensin testattiin koekytkentäalustalla käytettävät komponentit ja laitteen toiminnalliset lohkot. Näitten testauksien ja suunnitelmien jälkeen lähdettiin laitetta rakentamaan.

Itse laitteen rakentaminen oli suuri projekti, koska laite rakennettiin reikälevykortille ja johdotukset tehtiin räppäämällä. Laitteen rakentamisen jälkeen laitetta testattiin loppukokoonpanolla. Testaamalla saatiin selville, ettei laite tule toimimaan oikein tällä kokoonpanolla. Laitteeseen tehtiin muutostöitä sen yksinkertaistamiseksi, jotta se saataisiin toimimaan edes parilla operaatiovahvistimella. Tehtäväksi annettiin, että se tulee toimimaan LM741-vahvistinpiirillä. Kun laitteen saa toimimaan tällä piirillä, pitää sitä lähteä sitten suunnittelemaan ja rakentamaan muille piireille.

Korjaustöiden jälkeen testattiin laitetta ja saatiin hyviä tuloksia. Näiden tuloksien pohjalta päästiin kehittämään laitetta eteenpäin ja lähemmäksi asetettuja tavoitteita. Laite tuli toimimaan erikseen ehjän ja viallisen ilmaisun kanssa.

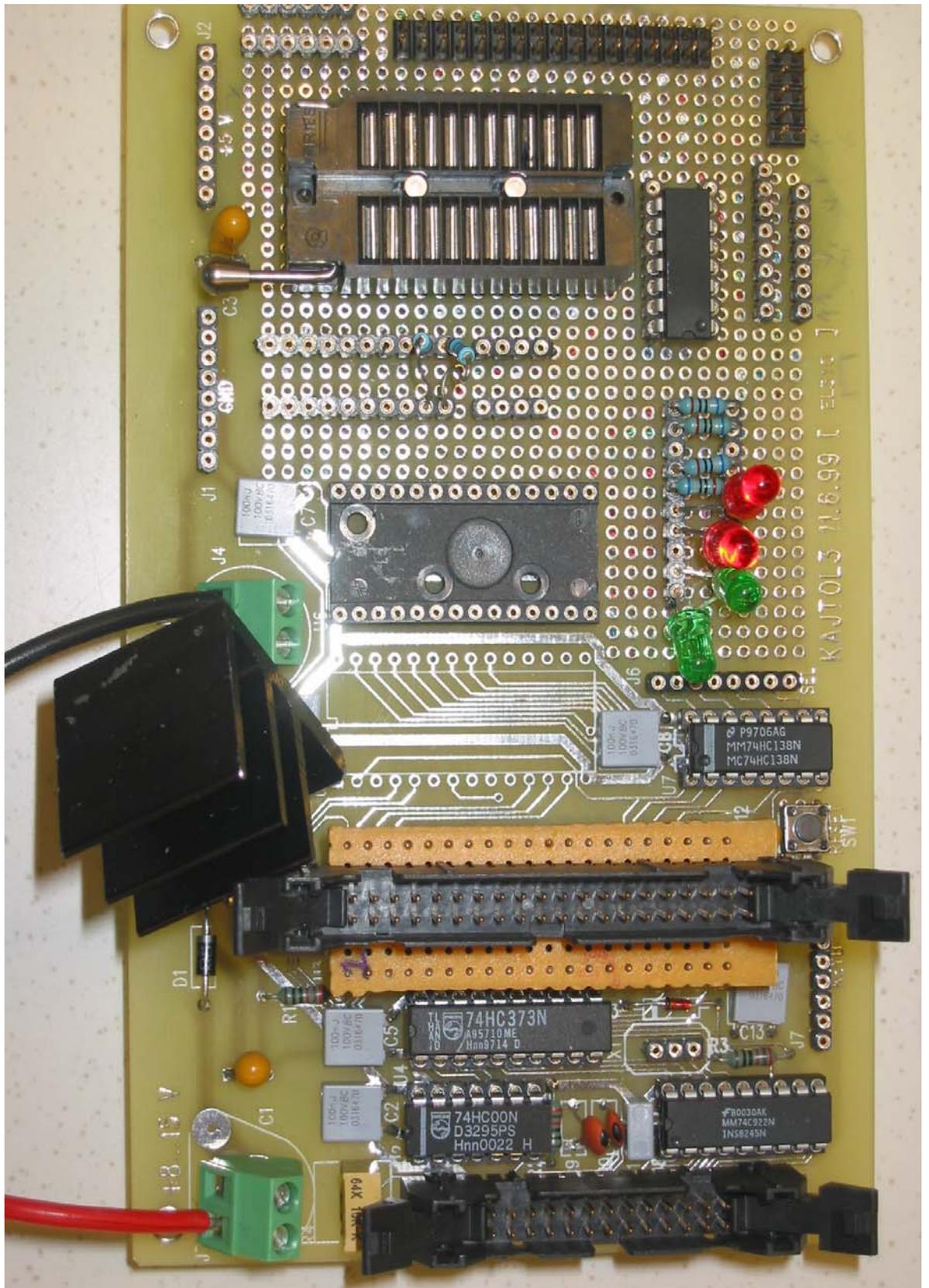
Suunnittelussa ei tullut huomioitua kaikkia asioita, jotka olisi pitänyt huomioida. Laitetta olisi pitänyt suunnitella yksikertaisen ohjauksen kannalta. Pohjustustyötä olisi pitänyt tehdä paljon enemmän. Laitteen rakentaminen on iso urakka ja siihen tarvitsee keskittymiskykyä paljon. Itse laite tulee valmiiksi ja se on kattava työ joka osa alueelta aina digitaalelektroniikasta analogiaelektroniikkaan.

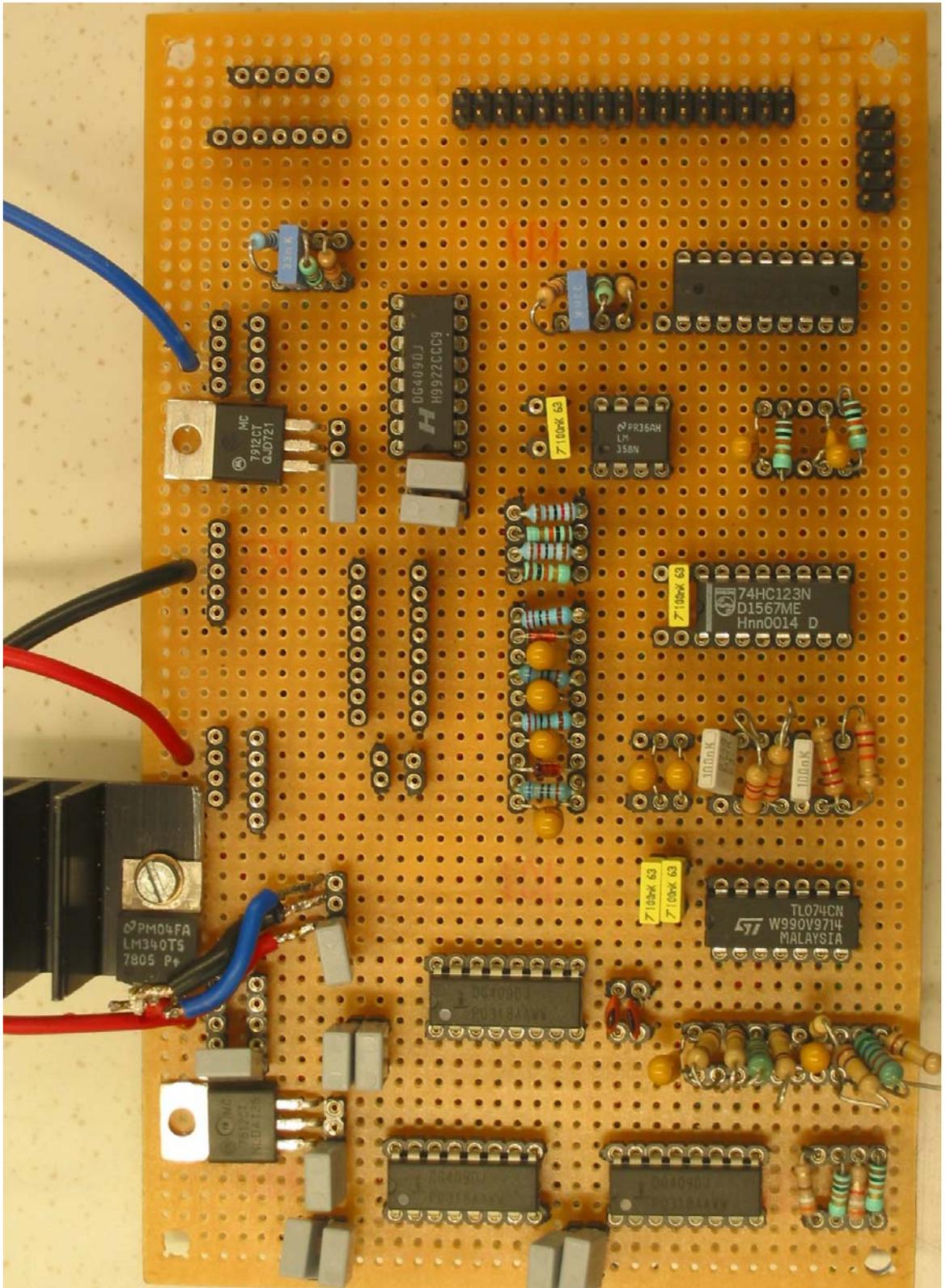
LÄHTEET

- 1 Analogista elektroniikkaa, Pentti Salo, Otava ISBN 951-1-11247
- 2 LF353-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
<http://www.national.com/pf/LF/LF353.html> pvm. 27.11.2004, klo. 19.42
- 3 TL074-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
<http://datasheetcatalog.com/datasheet/T/TL074.shtml> pvm. 27.11.2004, klo. 20.50
- 4 LM301-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
[http://www.remcomplekt.ru/datasheet/ic/LM101-\(201_301\).PDF](http://www.remcomplekt.ru/datasheet/ic/LM101-(201_301).PDF) pvm. 27.11.2004, klo. 21.05
- 5 LM748-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
<http://www.national.com/pf/LM/LM748.html> pvm. 27.11.2004, klo. 20.33
- 6 LM741-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
<http://www.national.com/pf/LM/LM741.html> pvm. 27.11.2004, klo. 21.32
- 7 NMV1212S-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
<http://www.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf/view/CANDD/NMV1212S.html>,
pvm. 29.11.2004, klo. 11.29
- 8 DG409DJ ja DG408DJ-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
<http://www.intersil.com/data/fn/fn3283.pdf> pvm. 27.11.2004, klo 20.29
- 9 74HC123-monostable multivibrator-piiri, Ammattikorkeakoulun National Instrument:in tietolehtikokoelma
- 10 LM358-tietolehtinen, Ammattikorkeakoulun National Instrument:in tietolehtikokoelma
- 11 ULN2803 tai ULN2804-tietolehtinen [WWW-dokumentti],
www.allegromicro.com pvm. 27.11.2004, klo. 21.10

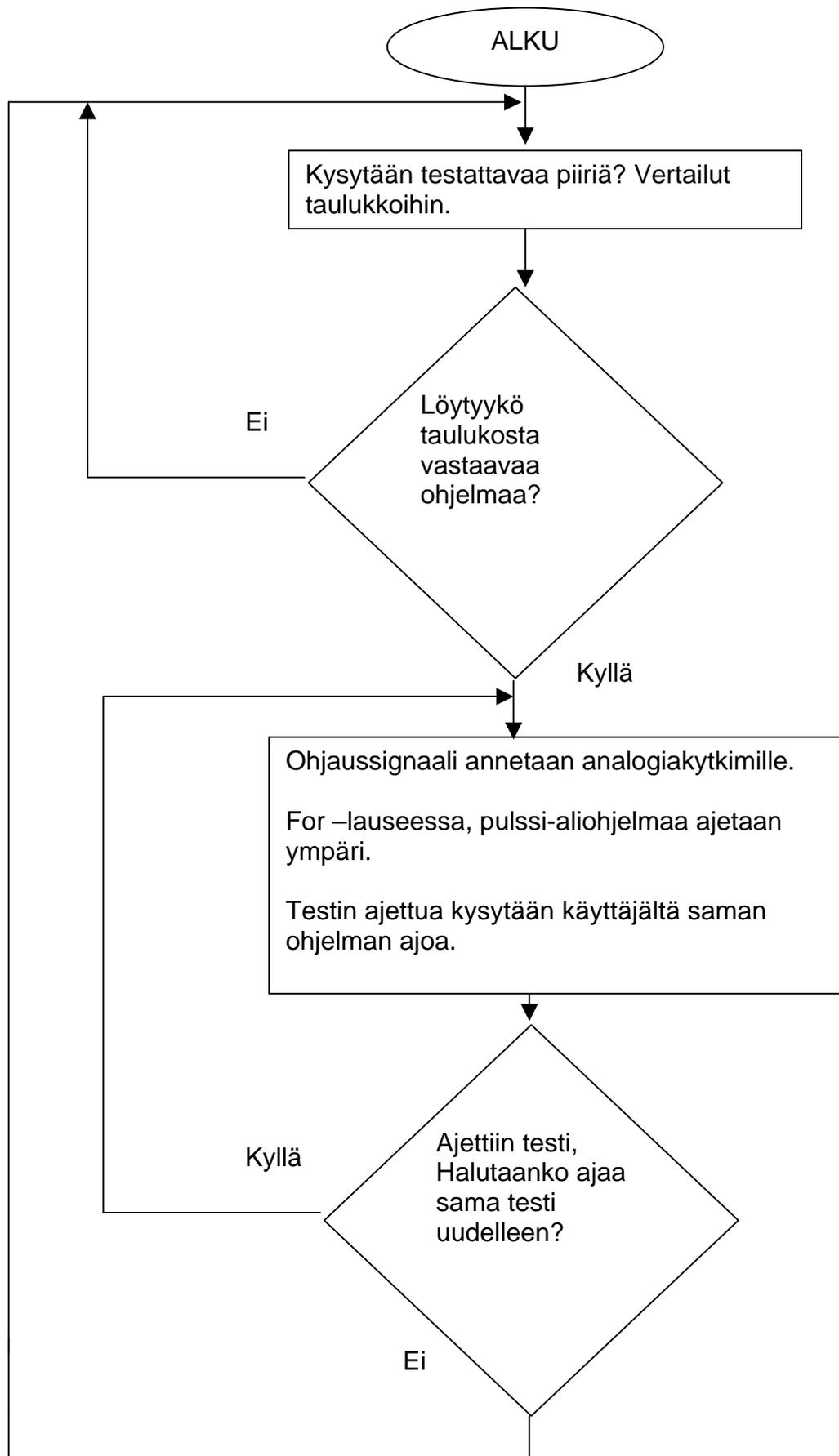
LIITTEET

- 1 Mikrokontrollerikortin kytkentäkuva, liite A
- 2 Mikrokontrollerikortin kuva, liite B
- 3 Testauskortin kuva, liite C
- 4 Pääohjelman vuokaavio, liite D
- 5 Pääohjelmakoodi, liite E





VUOKAAVIO



```

/* Insinööriyö: Pääohjelma*/
/* Ainali Ilkka TTI0S*/
/* 24.02.2005 */

#include <io51.h>
#include <stdio.h>
#include<string.h>

/***** Näppäimistön ja LCD-näytön osoitteet
*****/
#define kytkimet (*(char *)0x01B000) /*Näppäimien osoite B000H
*/
#define LCD_ohjaus (*(char *)0x01c000)/*LCD-näytön ohjauksen osoite C000H
*/
#define LCD_tieto (*(char *)0x01c002) /*LCD-näytön tiedon osoite C002H
*/
/*****
**/

/***** Analogiakytkimien osoitteiden määrittelyt
*****/
#define Analog_MUX (*(char *)0x018000) /* Analogiakytkimen osoite 8000H
*/
/*****
**/

/***** Porttien määrittelyt
*****/
#define A0_1 P1.0 /*A0_X, A1_X P1.0 nimetään Portti1 jne...*/ /* Portti1
*/
#define A1_1 P1.1 /* Portti2
*/
#define Portti3 P1.2 /*Portti pulssin 1 tekemiseen*/ /* Portti3
*/
#define Portti4 P1.3 /*Portti pulssin 2 tekemiseen*/ /* Portti4
*/
#define Portti5 P1.4 /* Portti5
*/
#define Portti6 P1.5 /* Portti6
*/
#define A1_2 P1.6 /* Portti7
*/
#define A0_2 P1.7 /* Portti8
*/
/*****
**/

char alustus1 [11]={0x30,0x30,0x30,0x38,0x08,0x01,0x07,0x0F,0x06,0x01};
char merkit[16];

int tila; /*globaali muuttuja eli se näkyy jokaisessa aliohjelmassa*/

void naytto_alustus(void);
void tulostus(char[]);
void Valinta();
void Pulssi();

void viive(int j);
int i,kiekka;

```

```

main()
{
    TMOD=0x01; /* Laskuri on 16-bittinen */
    TCON=0x01; /* Keskeytys INT0 toimii laskevalla reunalla */
    IE=0x81; /* Sallitaan keskeytys INT0 */
    P1=0x00;
    viive(50);

    naytto_alustus();
    sprintf(merkit, "Tervetu-loa testaamaan!");
    tulostus(merkit);
    viive(14400);

    Valinta();
}

void Valinta()
{
    sprintf(merkit, "Valinta:");
    tulostus(merkit);
    viive(1);

    for(;;)
    {
        P1=0x00;
        viive(50);
        while(!IE0);
        switch(tila)
        {

            case 0:

                sprintf(merkit, "LM741:n Testaus!");
                tulostus(merkit);
                viive(1);
                P1=0x00;
                viive(50);

                Portti6=1;
                viive(30);
                A0_1=1;
                A1_1=0;
                viive(10);

                Pulssi();
                viive(10);
                P1=0x00;
                viive(50);
                Valinta(); /*Hyppää Valinta: aliohjelmaan*/
                break; /* Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet
*/

            case 1:
                sprintf(merkit, "LF353:n Testaus!");
                tulostus(merkit);
                viive(1);
                P1=0x00;
                viive(50);

```

```

Portti6=1;
viive(30);
A0_1=0;
A1_1=0;
viive(10);

Pulssi();
viive(10);
P1=0x00;
viive(50);
Valinta();      /*Hyppää Valinta: aliohjelmaan*/
break;          /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet
*/

```

```

case 2:
    sprintf(merkit,"TL074:n Testaus!");
    tulostus(merkit);
    viive(1);
    P1=0x00;
    viive(50);
    Portti6=1;
    viive(30);
    A0_1=0;
    A1_1=1;
    viive(10);

    Pulssi();
    viive(10);
    P1=0x00;
    viive(50);
    Valinta();      /*Hyppää Valinta: aliohjelmaan*/
    break;          /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet
*/

```

```

/* Kompensaation tarvitsevat operaatiovahvistimet */

```

```

case 3:
    sprintf(merkit,"LM301:n Testaus!");
    tulostus(merkit);
    viive(1);
    P1=0x00;
    viive(50);

```

```

/* Kompensatio */
Portti5=1; /* Enable 2 */
viive(30);
A1_2=0;
A0_2=1;
/* Kompensatio valittu */

```

```

Portti6=1;
viive(30);
A0_1=1;
A1_1=0;
viive(10);

```

```

Pulssi();
viive(10);
P1=0x00;
viive(50);

```

```

        Valinta();    /*Hyppää Valinta: aliohjelmaan*/
        break;       /*Hyppää pois ja testaa uudelleen kytkimet
*/

        default:
            sprintf(merkit,"Väärä valinta!");
            tulostus(merkit);
            viive(1000);
            Analog_MUX=0x00;
            viive(10);
            P1=0x00;
            viive(50);
            Valinta();    /*Hyppää Valinta: aliohjelmaan*/
            break;
    }
}

interrupt void EX0_int()/* Keskeytys ohjelma*/
{
    tila=kytkimet&0x0F;
}

/***** Pulssi aliohjelma alkaa *****/
void Pulssi()
{
    for(kiekka=0; kiekka<1800; kiekka++)
    {
        Portti3=0; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 0*/
        Portti4=0; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 0*/
        viive(5);/* Viive 50 ms */
        Portti3=1; /*Portti P1.2 asetetaan tilaan 1*/
        Portti4=1; /*Portti P1.3 asetetaan tilaan 1*/
        viive(5);/* Viive 50 ms */
    }
}

/***** Pulssi aliohjelma loppuu *****/

/*****/

void tulostus(char m[])
{
    int a;
    LCD_ohjaus=0x01;
    viive(10);
    for(a=0;a<strlen(m);a++)
    {
        if(a==8)
        {
            LCD_ohjaus=0xc0;
            viive(10);
        }
        if(m[a]=='ä') LCD_tieto=0xe1;
        else LCD_tieto=m[a];
        viive(1);
    }
}

```

```

    }

    void naytto_alustus()
    {
        int i;
        for(i=0;i<strlen(alustus1);i++)
        {
            LCD_ohjaus=alustus1[i];
            viive(20);
        }
    }

void viive(int j)      /*1 ms:n viive*/
{
    int i;

    for(i=0; i<j; i++)
    {
        TL0=0x18;
        TH0=0xFC;
        TR0=1;
        while(TF0==0);

        TR0=0;
        TF0=0;
    }
}

```