



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

DIGITAALISESTI OHJATTU ANALOGINEN MULTIEFEKTILAITE

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikka
Tietokone-elektroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Martti Ranta

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

RANTA, MARTTI: Digitaalisesti ohjattu analoginen multiefektilaite

Tietokone-elektroniikan opinnäytetyö, 44 sivua, 3 liitesivua

Syksy 2011

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli yhdistää analogisen efektilaitteen rikas ääni maailma ja digitaalisen efektilaitteen helppo ohjattavuus sekä pieni koko eli monta efektiä yhdistettynä yhteen ja samaan laitteeseen pienessä koossa. Itse efektit toteutettiin täysin analogisina kytkentöinä, joita ohjataan digitaalisesti mikro-ohjaimella analogisille efekteille sijoitettujen digitaalisten potentiometriä kautta.

Käyttöliittymänä toimivat valintapainikkeet ja 16 x 2 LCD-näyttö. Painikkeiden avulla käyttäjä valitsee haluamansa efektin ja säätää efektin eri parametrejä kuten esimerkiksi äänen voimakkuutta tai säröytymistasoa. Kaikki käyttäjän tarvitsema informaatio tulostetaan LCD-näytölle, esimerkiksi valittu efekti ja efektin parametrien arvot. Koska digitaalinen ja analoginen signaali eivät voi ”keskustella” toistensa kanssa suoraan, käytettiin kommunikaation mahdollistamiseen A/D-muunninta, joka löytyy rakennettuna sisään työhön valitulta ATMega32-mikro-ohjaimelta.

Laitetta ei saatu rakennettua fyysisesti valmiiksi asti rajallisen ajan ja resurssien puutteen vuoksi, eli tästä opinnäytetyöstä tuli lopulta ensisijaisesti suunnittelupohjainen. Kaikki osakokonaisuudet on suunniteltu kuitenkin valmiiksi, eli jos laite jossain vaiheessa tulevaisuudessa halutaan rakentaa valmiiksi, kaikki lähtövalmiudet tähän ovat olemassa.

Avainsanat: multiefektilaite, digitaalinen, analoginen, sulautettu järjestelmä

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

RANTA, MARTTI: Digitally Controlled Analog Audio Multi-Effect Device

Bachelor's Thesis in Computer Electronics, 44 pages, 3 appendices

Autumn 2011

ABSTRACT

The objective of this thesis was to combine the rich and high quality sound of an analog audio FX device with the easy controllability and the possibility to put many audio effects in small space of a digital audio FX device.

The audio effects were designed to be completely analog circuits that will be controlled digitally by a microcontroller through digital potentiometers that are on the analog audio effects. Control buttons and an LCD screen were used as the user interface for the user. The user chooses the desired effect with the control buttons. The parameter values of the effects can also be adjusted by the same buttons. All the information that the user needs is printed on the LCD display. Because the analog and the digital side cannot interact with each other directly, there was a need to use an A/D converter to change the signal from analog to digital and vice versa.

The audio multi-effect device was never completed fully because of time limitations and lack of resources for building a prototype of the designed device. Therefore this thesis concentrated more on the designing of the audio multi-effect device and became a "proof of concept" type thesis. However every part of the device itself was designed completely, so if there ever is a need or will, the prototype of the audio multi effect device is ready to be built.

Key words: audio multi-effect device, digital, analog, embedded system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MULTIEFEKTILAITTEEN TOIMINTAPERIAATE	3
2.1	Mikro-ohjain	3
2.2	Rajapinta	4
2.3	Laitteen teho-osa	5
2.4	Äänisignaalin reitittäminen ja ulostulo	6
3	DIGITAALISEN OSAN KOMPONENTIT	7
3.1	Mikro-ohjain	7
3.1.1	Valittu mikro-ohjain: ATmega32	8
3.1.2	Mikro-ohjaimen liitännät	11
3.1.3	Käyttöliittymän liitännät ATmega32:ssa	12
3.2	Efektien valintapainikkeet	13
3.3	16x2 LCD-näyttö	14
4	ANALOGISEN OSAN KOMPONENTIT	16
4.1	LM358-operaatiovahvistin	16
4.2	DS1867-digitaalipotentiometri	17
4.3	MAX309-multiplekseri	18
4.4	LM7805- ja LM7812-regulaattoriipiirit	19
5	ANALOGISEN OSAN TOTEUTUS	21
5.1	Vaihe 1 - Esivahvistin	22
5.2	Vaihe 2 - Multiplekseri	23
5.3	Efekti 1 eli Fuzz-efekti	24
5.3.1	Efekti 2 eli Boost-efekti	26
5.4	Jälkipuskurivahvistin	29
5.5	Teho-osa	30
6	MULTIEFEKTILAITTEEN FIRMWARE	32
6.1	ATmega32:n firmware	32
6.1.1	Alustaminen	32
6.1.2	Pääohjelma ja ikuinen silmukka	33
6.1.3	DS1867:n laitteistoajuri ja sen toteuttaminen "bit banging" tekniikalla	33

7	MULTIEFEKTI­LAITTEEN TEOSSA KÄYTETYT OHJELMAT JA NIIDEN KÄYTTÖ TESTAUKSESSA	35
7.1	Multisim	35
7.2	Eagle	35
7.3	Atmel AVR Studio 4	36
7.4	Atmel STK500-kit	36
8	JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	38
8.1	Yleistä	38
8.1.1	Efektien määrä	38
8.1.2	Master volumen lisääminen	38
8.1.3	Multiefektilaitteen näyttö	39
8.1.4	LM358-operaatiovahvistin ja osa muista komponenteista	40
8.1.5	Kannettava vahvistin	40
8.2	Multiefektilaitteen virtalähteeksi yhdeksän voltin patteri	40
8.2.1	Teho-osan uudelleensuunnitteleminen	41
8.2.2	Patterin jännitetason tarkkailu	42
8.2.3	Testattavia asioita uuden kytkennän kohdalla	43
9	YHTEENVETO	44
	LÄHTEET	45
	LIITTEET	47

LYHENTEET

A/D = Analog to Digital

AC = Alternating Current

ADC = Analog to Digital Converter

CISC = Complex Instruction Set Computer

CPU = Central Processing Unit

DC = Direct Current

DIN = Serial-Data Input

EEPROM = Electronically Erasable Programmable Read-Only
Memory

EMC = Electromagnetic compatibility

ESD = Electro Static Discharge

FLASH = Flash Memory

I/O = In/Out

ISET = The peak segment currents set

ISP = In System Programming

LCD = Liquid Crystal Display

PDIP = Plastic Dual-In-line Package

RISC = Reduced Instruction Set Computer

SCK = Serial Clock

SPI = Serial Peripheral Interface

SRAM = Static Random Access Memory

UI = User Interface

VREF = Voltage Reference

1 JOHDANTO

Musiikkimaailma mullistui 1960-luvulla, kun ensimmäiset kitarapedaalit luotiin. Ennen 60-lukua soittimet olivat toimineet enimmäkseen akustiselta pohjalta ja äänentoistovälineet olivat vasta lastenkengissä. 1980-luvulle asti kitaraefektit olivat puhtaasti analogista elektroniikkaa; niitä ei ohjannut minkäänlainen ”järki” eli ohjelmoitava logiikka, joka kertoisi laitteille, mitä tehdä missäkin tilassa. Analogiset kitaraefektit toimivat nappeja vääntelemällä, jalkapedaalia polkemalla tai muilla manuaalisilla tavoilla.

1980-luvulla alettiin kehittää digitaalisia kitaraefektejä, joiden ero analogisiin efekteihin oli digitaalisuus. Piireissä kulkeva data oli muodoltaan joko 1 tai 0. Analogista elektroniikkaa voidaan ohjata paljon suuremmalla spektrillä, koska pienetkin erot jännitteessä voidaan merkitä tarkoittamaan eri asiaa tai ratkaisua. Digitaalisessa elektroniikassa arvo taas on joko 1 tai 0, jolloin valittu ominaisuus esimerkiksi on joko päällä tai pois päältä.

Monimutkaisempiin laitteisiin alettiin lisätä mikropiirejä ohjaamaan efektien toimintaa monella tavalla, jolloin niiden ominaisuuksia saatiin säädettyä. Digitaaliset efektit veivät myös vähemmän tilaa, joten alettiin luoda täysin digitaalisia multiefektejä, joissa oli monta toimintoa yhden pienen kotelon sisällä. Nämä multiefektit ovat verrattavissa kosketinsyntetisaattoreihin. Digitaalisuudella oli kuitenkin kääntöpuolensa: monen ammattimuusikon mielestä äänestä hävisi tietynlainen rikkaus ja moniulotteisuus, jonka vain analoginen elektroniikka voi taata.

Nykyaikana digitaaliset kitaraefektit ovat suurelta osin valloittaneet markkinat, koska niiden tuotantokustannukset ovat pienemmät ja useita efektejä saadaan sulottua pieneen tilaan. Analogisia kitaraefektejä valmistetaan toki yhä kaiken aikaa, mutta ne suorittavat yleensä vain yhtä asiaa kuten esimerkiksi kaikua, säröyttämistä tai viiveen muodostamista. Ammattimuusikoiden keskuudessa arvostetaan yhä analogisia efektejä ja niiden hyötyjä, joten ne tulevat varmasti säilyttämään asemansa musiikkimaailmassa.

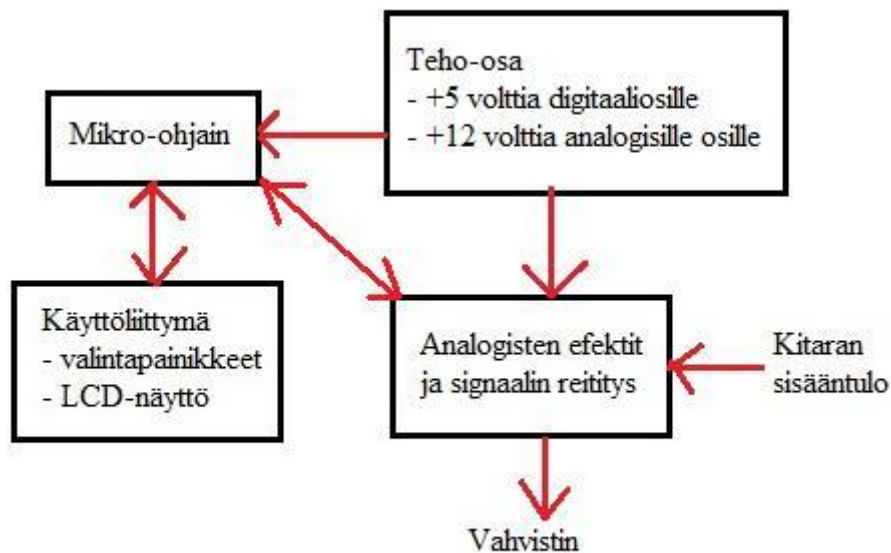
Tämän opinnäytetyön pääideana oli rakentaa laite, jossa yhdistyy analogisten kitarafektien rikas äänimaailma, mutta toisaalta digitaalisten multiefektien pieni koko ja helppo ohjattavuus. Voisi luulla, että vastaavia laitteita löytyisi markkinoilta paljonkin, mutta analogisen ja digitaalisen maailman yhdistäminen kitarafektissä ei ole niin helppoa kuin miltä se kuulostaa.

Koska analoginen ja digitaalinen signaali eivät voi ”keskustella” suoraan keskenään, jokainen analogisesta digitaaliseen- tai digitaalisesta analogiseen – signaalimuutos tulee toteuttaa oikeanlaisen muuntimen avulla. Kun tämän opinnäytetyön aiheen, multiefektilaitteen, tutkimustyötä suoritettiin, moni harrastelija ja pitemmälle elektroniikkaan perehtynyt ihminenkin suositteli tekemään laitteen kokonaan digitaalisena. Haaste analogisen ja digitaalisen maailman yhdistämistä otettiin kuitenkin vastaan. Tulevissa luvuissa kerrotaan, kuinka työ oikein onnistui.

Multiefektilaitteen tekivät yhteisenä opinnäytetyönä Martti Ranta ja Lauri Kojo, mutta tämä kirjallinen osuus on kokonaan Martti Rannan kirjoittama. Tässä opinnäytetyöraportissa käytetään ajoittain ”me”-muotoa, mikä johtuu siitä, että projekti tehtiin yhteistyönä. Tietyt osa-alueet, kuten Multisimillä tehdyt piirikaaviokuvat, ovat minun eli Martti Rannan tekemiä ja Eaglella tehdyt piirikaaviokuvat Lauri Kojon tekemiä, mutta pääasiallisesti kaikki suunnittelu, toteuttaminen, testaaminen ja muut toimenpiteet tehtiin yhteistyönä.

2 MULTIEFEKTILAITTEEN TOIMINTAPERIAATE

Koska multiefektilaite tehtiin opinnäytetyönä ja aikaa laitteen toteuttamiseen oli vähän, se on yksinkertainen ja karsittu versio alkuperäisestä visiostamme. Alkuperäiseen efektilaitteeseen suunniteltiin esimerkiksi tehtäväksi kolme efektiä, mutta määrä vähennettiin kahteen, koska se riittää demonstroimaan haluttua ideaa eli analogista multiefektilaitetta, jota ohjataan digitaalisesti. Laitteella on siis paljon jatkokehitysmahdollisuuksia, joihin palataan myöhemmin niille tarkoitettussa omassa osiossa. Kuviosta 1. nähdään multiefektilaitteen lohkokaavio.



KUVIO 1. Multiefektilaitteen lohkokaavio ja toiminta

2.1 Mikro-ohjain

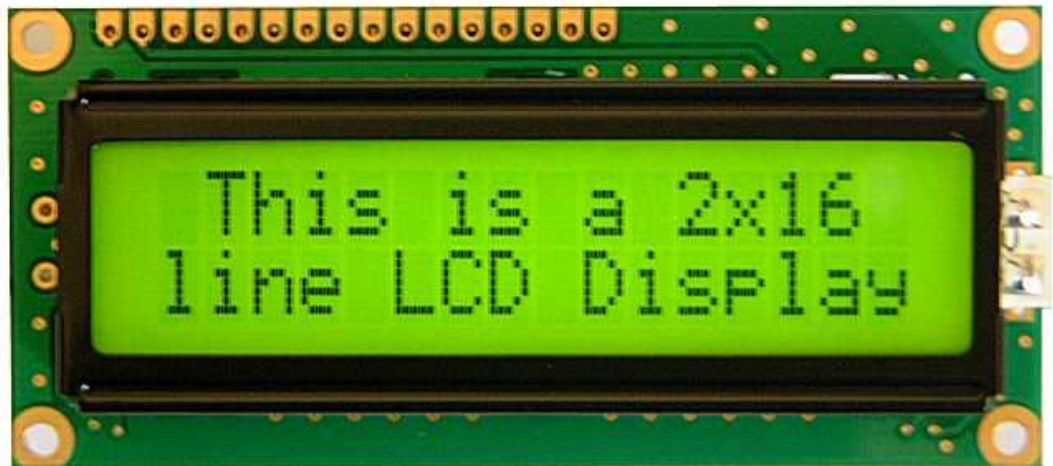
Efektilaitteen ytimenä on ATmega32-mikro-ohjain, joka hoitaa kaiken älyä vaativan toiminnan, esimerkiksi digitaalisten potentiometrien säätämisen. Mikro-ohjain lukee myös käyttäjän antaman tiedon, ohjaa LCD-näyttöä ja ohjaa analogista multiplekseriä, joka hoitaa efektien valinnan.

Mikro-ohjain ei toimi, jos siihen ei ohjelmoi minkäänlaista älyä. Tätä älyä kutsutaan laitteen ohjelmistoksi eli firmwareksi. Firmwären tehtävä on siis hoitaa kaikki mahdolliset luku- ja ohjaustoiminnot sekä myös ohjata komponentteja kuten digitaalisia DS1867-potentiometrejä. Koska DS1867 ei tue mitään yleistä tiedonsiirtoprotokollaa, tuli sille koodata omat laiteajurit. Palaamme niihin myöhemmin.

Laitteeseen suunniteltiin myös ISP-ohjelmointiliitin, jotta laitteen ohjelmistoa eli firmwarea saataisiin myöhemmin päivitettyä. Kyseinen ratkaisumalli on hyvin tärkeä, koska muuten ATmega32-mikro-ohjain pitäisi joka kerta kolvata irti piirilevystä, jotta sitä pääsisi ohjelmoimaan uudestaan. Harvan laitteen ohjelmaversio on täydellisen toimiva ensimmäisellä yrityksellä, joten myös tätä ajatellen on äärimmäisen tärkeää, että mikro-ohjain on helposti ohjelmoitavissa uudestaan.

2.2 Rajapinta

User Interfacessa eli käyttöliittymäosiossa tapahtuu käyttäjän ja laitteen välinen reagoiminen. Se on rajapinta, jonka kautta käyttäjä pääsee vaikuttamaan laitteen toimintaan ja näkemään, mitä se parhaana oikein tekee. Valitsimme näytöksi perinteisen 16 x 2 LCD-näytön, jossa pystyy tulostamaan 16 merkkiä riville ja näytöllä näkyy samaan aikaan kaksi riviä. Isommankin näytön olisi voinut valita, jotta käyttäjälle voisi kertoa samaan aikaan enemmän tietoa, mutta valittu näyttömalli oli kuitenkin täysin riittävä ratkaisu tähän multiefektilaitteen versioon.



KUVIO 2. 16 x 2 LCD-näyttö

Käyttäjää vaihtaa valittua efektiä ja sen asetuksia, kuten äänenvoimakkuutta ja efektin voimakkuutta, painikkeiden avulla. Painikkeiksi valittiin riittävän isot ja värikkäät Sparkfun Electronicsin valmistavat arcade-painikkeet. Ne kestävät ko-vaakin käyttöä, ja koska efektin voi laskea halutessaan lattialle, painikkeita voi myös painaa jaloilla, koska ne ovat riittävän isoja ja kestävät suurempaa voimaa painamisvaiheessa kuin tavalliset painikkeet. Kuviossa 2. nähdään tähän projektiin valittu näyttötyyppi.

2.3 Laitteen teho-osa

Laitteessa käytetään ulkoista 15 voltin käyttöjännitettä, joka jaetaan viiden voltin käyttöjännitteeksi digitaalista osaa varten ja 12 voltin käyttöjännitteeksi analogista osaa varten käyttämällä regulaattoriipiirejä. Teho-osassa luodaan myös virtuaali-maataso, jota käyttävät efektien operaatiovahvistimet. Virtuaalimaataso luodaan

jännitteenjaolla, jolloin kahden saman arvon omaavan vastuksen välistä saadaan kuuden voltin jännite.

Virtuaalimaataso on pakollinen, koska laitteessa on yksipuolinen käyttöjännite. Koska maataso on normaalisti nolla voltia, sitä pitää nostaa, koska kitaralta tuleva signaali on vaihtojännitettä. Jos maatasoa ei nostettaisi, katoaisi puolet kitaran signaalista eli laitteesta ulostuleva ääni menettäisi puolet sisällöstään ja kuulostaisi pätkivältä, ja täten laitteesta tulisi periaatteessa käyttökelvoton.

2.4 Äänisignaalin reitittäminen ja ulostulo

Ääni lähtee kitarasta ja saapuu ensiksi esipuskuriin, jonka tarkoituksena on vaimentaa hyvin korkea impedanssi, joka kitarasignaalin saapuessaan on. Se myös nostaa äänisignaalin virtuaalimaatason avulla kuuden voltin tasolle, koska äänisignaali on vaihtojännitettä, ja laite toimii vain yksipuolisella käyttöjännitteellä.

Tämän jälkeen signaali saapuu MAX309-multiplekseriin, joka hoitaa äänisignaalin reitittämisen eri efekteille. Äänisignaali jatkaa tämän jälkeen valitulle efektille, jossa toteutuu efektiin suunniteltu äänimuutos signaalille. Käytyään efektin lävitse ja muututtuaan äänisignaali tulee taas multiplekseriin, josta se jatkaa jälkipuskuriin, jossa voidaan korjata äänenvoimakkuutta ja voidaan säätää äänisignaali lähtemään samalla impedanssitasolla riippumatta siitä, kumman efektin lävitse se kulki.

3 DIGITAALISEN OSAN KOMPONENTIT

Tässä osiossa käsitellään tarkemmin multiefektilaitteen digitaalisia osia ja niiden toteuttamista suurempana kokonaisuutena.

3.1 Mikro-ohjain

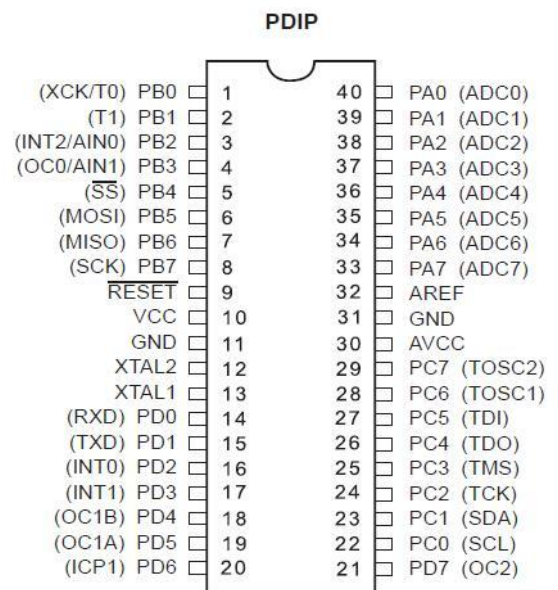
Mikro-ohjain on periaatteessa oma tietokoneensa yhdellä pienellä piirillä. Kuten nimi kertoo, ne ovat pieniä ja niiden tehtävänä on ohjata prosesseja, tapahtumia tai kohteita. Vaihtoehtoinen nimi mikro-ohjaimelle on sulautettu ohjain, koska mikro-ohjaimet on yleensä rakennettu sisään laitteeseen, jota niiden on tarkoitus ohjata. Mikro-ohjaimia on nykyään kaikkialla, kuten autoissa, kodinkoneissa, videoelektroniikassa, tietokonelaitteissa ja ylipäättänsä kaikkialla, missä tarvitaan älyä ohjaamaan elektronisen laitteen toimintaa. (Axelson 1997.)

Mikro-ohjaimen käskykanta on yleensä RISC-tyyppinen (Reduced instruction set computing). RISC-tyyppinen mikro-ohjain pyrkii saavuttamaan tehokkuutta yksinkertaisen käskykannan kautta, joten annettavat käskyt ovat lyhyitä ja ytimekkäitä. Niiden avulla saadaan tehokkuutta, koska ohjelmat pysyvät pienikokoisina ja kevyinä. CISC-tyyppinen mikro-ohjain omaa laajemman käskykannan, jossa yksi käsky voi suorittaa monta eri toimintoa, mutta se on huomattavasti raskaampi. (Koskinen 2004, 82 – 84.)

Tähän työhön valittu mikro-ohjain eli Atmel AVR ATmega32 on 8-bittinen, mutta mikro-ohjaimia saa myös 16-, 32- ja 64-bittisinäkin. Mikro-ohjainta ohjaava äly eli ohjelma ladataan FLASH-muistiin, joka on muistityyppiä, jota voi pyyhkiä tyhjäksi ja ladata oikeanlaisilla työkaluilla. Se on halpaa, ei itsestäänpyyhkiytyvää

ja nopeaa. Näiden ominaisuuksien takia FLASH-muistista on tullut yksi sulautettujen järjestelmien suosituimmista muistityypeistä. (Barr 2001, 103 – 104.)

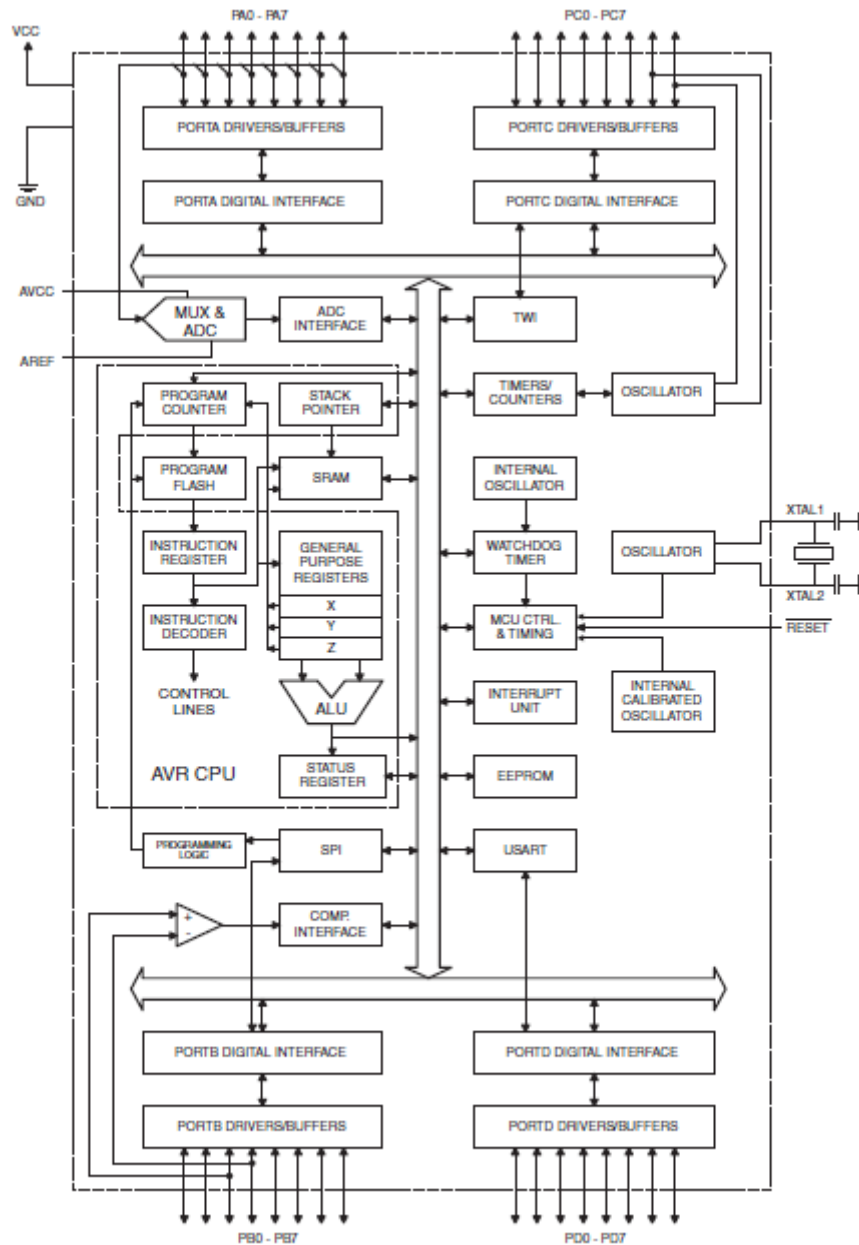
3.1.1 Valittu mikro-ohjain: ATmega32



KUVIO 3. Atmel AVR ATmega32 (Atmel 2011)

Atmelin AVR ATmega32 on vähän virtaa vaativa 8-bittinen CMOS-mikro-ohjain, jonka toiminta perustuu AVR:n parannelulle RISC-arkkitehtuurille. Koska se pystyy toteuttamaan hyvin tehokkaita käskyjä yhden kellonjakson sisällä, se soveltuu hyvin käyttöön, jossa täytyy tasapainottaa vähäistä virrankulutusta ja

proessoritehoa. ATmega32:n käyttöjännite on 4,5 – 5,5 voltia. ATmega32 pysyy toimimaan 0 – 16 MHz:n kellotaajuudella, mutta käyttötarkoitukseen valittiin 4 MHz:n kide, koska nopeampaa ei tarvita. Kellotaajuus määrätään XTAL-nastoihin liitettävän kvartsikiteen mukaan. Kuviosta 3. nähdään ATmega32:sen fyysinen rakenne ja pinnijärjestys. (Atmel 2011.)



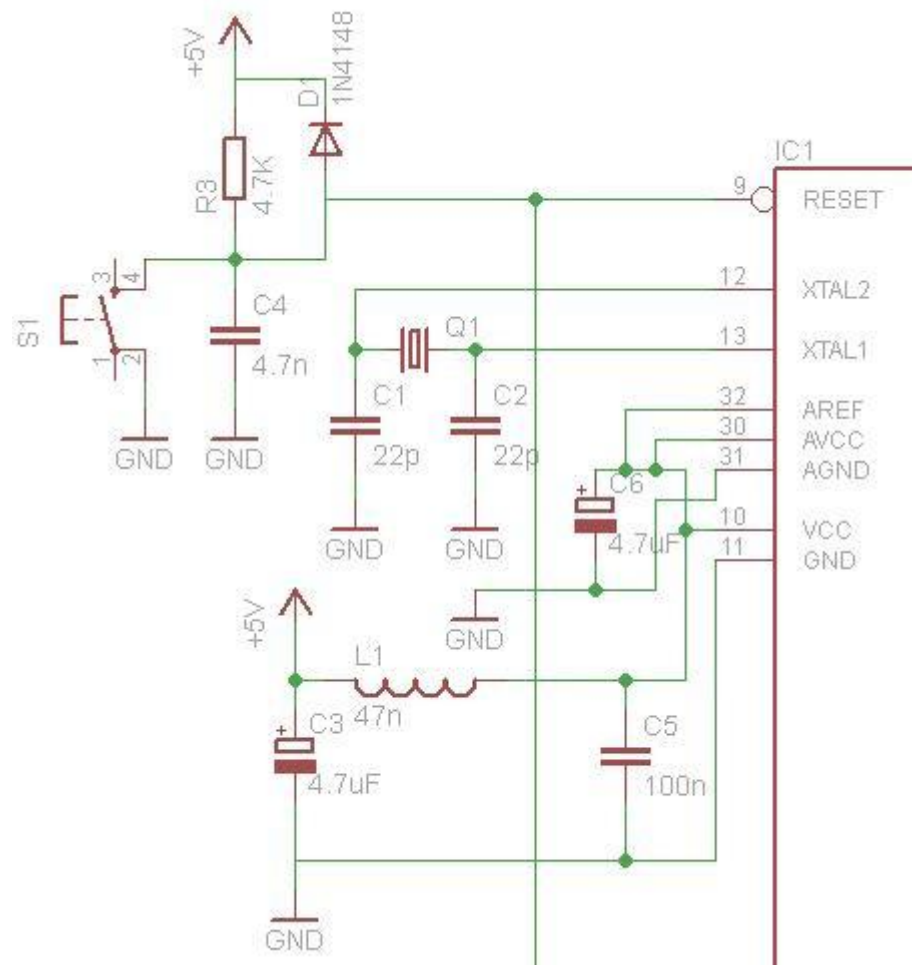
KUVIO 4. ATmega32:n lohkokaavio (Atmel 2011)

ATmega32:ssa on 32 yleiskäyttöistä rekisteriä, jotka on kytketty suoraan aritmeettiseen logiikkayksikköön eli ALUun, jolloin kahteen erilliseen rekisteriin

voidaan vaikuttaa samalla käskyllä yhden kellojakson aikana. ATMegassa on 32 yleiskäyttöistä I/O-pinniä, joille voi määrätä haluamansa käyttötarkoituksen. Siitä löytyy myös 10-bittinen ADC-muunnin, jota käytetään tässä sovelluksessa. Kuviosta 4. nähdään ATMega32:sen lohkokkaavio. (Atmel 2011.)

ATMega32:ssa on 32 kilotavua ohjelmoitavaa FLASH-muistia, 2 kilotavua tilapäistä SRAM-muistia ja 1024 tavua EEPROM-muistia. SRAM:issa tiedot säilyvät niin pitkään kuin piirissä kulkee sähköä, eli kun laite sammutetaan, tyhjenee SRAM täysin. EEPROM on pysyvää muistia, jonka sisältämä tieto säilyy niin pitkään kuin muisti on fyysisesti ehjä tai tyhjennetään sähköisesti. EEPROM-muistiin voi kirjoittaa, ja se on hyvin luotettavaa, mutta häviää nopeudessa SRAM:lle. ATMega32:n ohjelma/firmware ladataan FLASH-muistiin, joka on muistityyppiä, jota voi pyyhkiä tyhjäksi ja ladata oikeanlaisilla työkaluilla. Se on halpaa, ei itsestäänpyyhkiytyvää ja nopeaa. (Barr 2001, 103 – 104.)

3.1.2 Mikro-ohjaimen liitännät

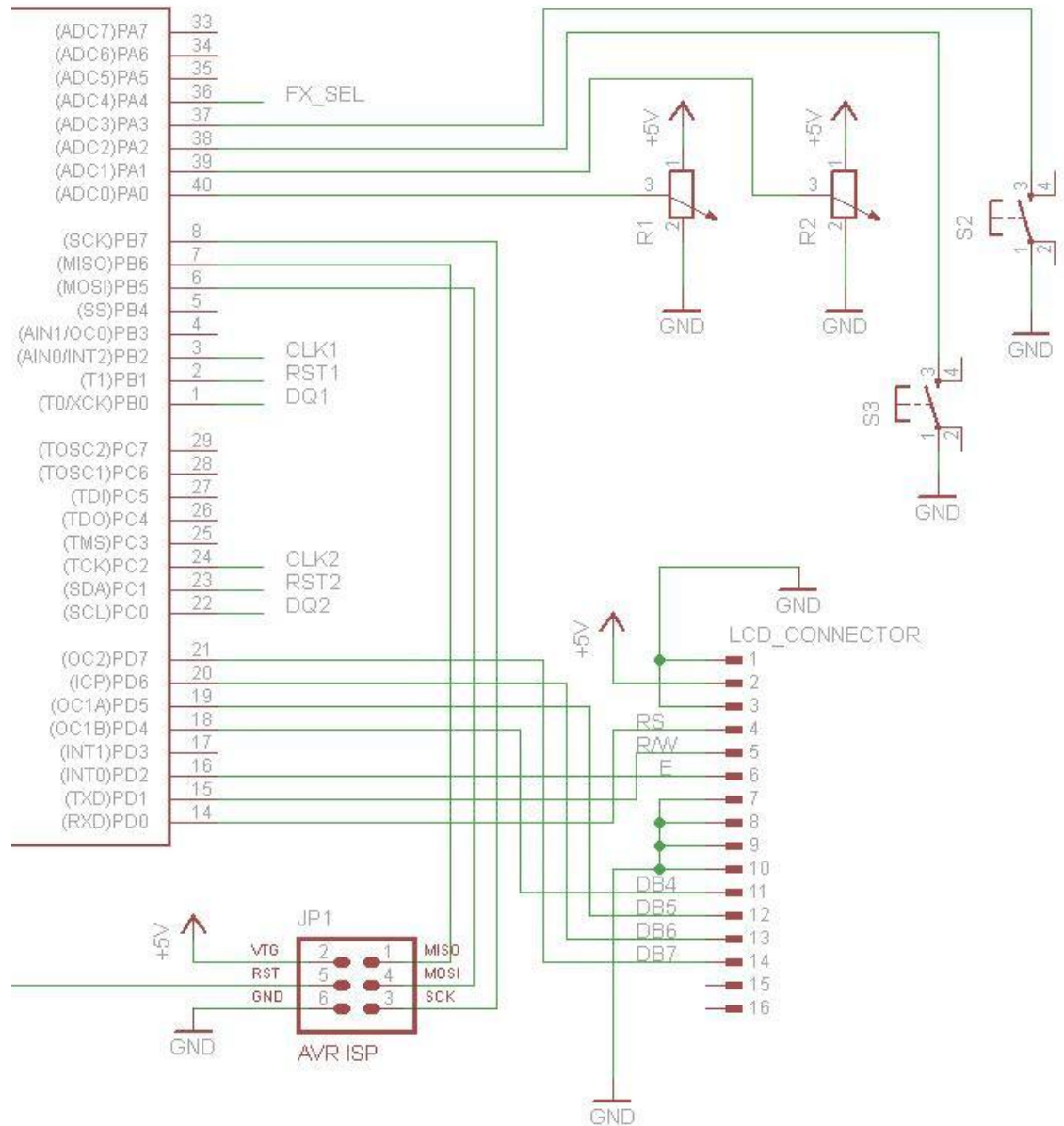


KUVIO 5. Mikro-ohjaimen liitännät (Kojo 2011)

Kondensaattoreita C3 ja C5 käytetään suodattamaan mikro-ohjaimelle tulevaa käyttöjännitettä kuten myös kelaa L1. Niiden tehtävänä on suojata mikro-ohjainta virtapiikeiltä ja hyvin lyhyiltä katkoksilta virrassa. Samaa suodatettua käyttöjännitettä käyttää myös mikro-ohjaimen ADC-muunnin, joka hoitaa signaalien muuttamisen digitaalisesta analogiseen ja päinvastoin. Kuvio 5. näyttää mikro-ohjaimen liitännät.

Jos laite halutaan resetoita, se voidaan tehdä painamalla kytkin S1 alas, jolloin piiri resetoituu manuaalisesti. Muuten RESET-nasta on kytketty ylösvetovastus R3:n kautta käyttöjännitteeseen, jota suojaa ESD-suojadiodi D1. Kellotaajuuden ATmega32:lle antava kide Q1 on kytketty XTAL1- ja XTAL2-pinneihin. Q1 on suojattu kondensaattoreilla C1 ja C2, jotka vakavoittavat kiteen Q1 toimintaa.

3.1.3 Käyttöliittymän liitännät ATmega32:ssa



KUVIO 6. Käyttöliittymän kytkennät piirikaaviona (Kojo 2011)

LCD-näyttö käyttää ATmega32:ssa PORTD:n pinnejä. ATmega32:n firmwaren eli ohjelmiston päivittämiseen tarkoitettu ISP-liitin on kytketty PORTB:n pinneihin PB5 - PB7. Pinneihin PC0 - PC2 ja PB0 - PB2 on kytketty DS1867-

digitaalipotentiometrin ohjauslinjat. PORTA:n pinneihin PA2 ja PA3 on kytketty efektin valintapainikkeet. PA4:stä lähtee efektinvalintalinja multiplekserille. Kuviosta 6. nähdään käyttöliittymän kytkennän piirikaaviokuva.

PORTA:ssa sijaitsee myös AD-muunnin, jota käytetään muuttamaan analoginen signaali digitaaliseksi ja toisin päin. Kaksi potentiometriä kytketään käyttöjännitteen ja maan väliin. Potentiometrien liu'ut kytketään AD-muuntimen kanaviin ADC0 ja ADC1. Säädetessä potentiometreja niiden lävitse kulkeva jännite vaihtelee 0 - 5 voltin välillä aiheuttaen halutun muutoksen audiosignaalin rakenteseen.

3.2 Efektien valintapainikkeet

Multiefektilaitteeseen valittiin Sparkfun Electronicsin valmistama arcade-mallinen painikemalli. Valintaperusteina käytettiin painiketyypin kestävyyttä. Multiefektilaitetta tulisi myös pystyä käyttämään lattiatasossa, joten laitteeseen tarvittiin painimalli, joka kestää jalalla polkemista. Valittu painikemalli on piristävä väriltään ja helposti erottuva, esimerkiksi jos multiefektilaitetta käyttää pimeässä konserttilanteessa.

Painikkeet valittiin toimiviksi ATMega32-mikro-ohjaimen PORTA:n pinnien 2 ja 3 kautta eli PA2:n ja PA3:n. Sisäiset ylösvetovastukset vedetään päälle ja pinnit PA2 ja PA3 asetetaan input-tilaan. Valintapainikkeet kytketään maapotentiaalin ja input-pinnien väliin. Valintapainikkeet ovat nolla-aktiivisia, eli kun painiketta ei paina, on tila looginen 1. Kun painiketta painaa, muuttuu tila nollaksi ja mikro-ohjain suorittaa efektin vaihdon. Efekti 1 eli fuzz-efekti on sidottu pinniin PA2 ja efekti 2 eli boost-efekti pinniin PA3. Mikro-ohjain tarkkailee jatkuvasti painikkeiden tilaa, ja kun muutos 1:stä 0:aan tapahtuu, mikro-ohjain vaihtaa efektin halutuksi silmänräpäyksessä.

3.3 16x2 LCD-näyttö

Multiefektilaitteen näytöksi valittiin Hitachin 44780-normin mukainen 16 x 2 LCD-näyttö, jonka näytöllä on kaksi riviä, joista kummallekin mahtuu 16 merkkiä tekstiä, siis 32 merkkiä yhteensä koko näytölle samanaikaisesti. Tämä pienikokoinen näyttö riitti käyttötarkoitukseen nyt, mutta jos laitetta jatkokehitetään, siihen kannattaa valita suurempi näyttö, jotta käyttäjälle pystytään tulostamaan enemmän informaatiota kerralla. Tässä versiossa näytölle tulostetaan vain valitun efektin nimi ja erilaiset parametrien säädöt, esimerkiksi äänenvoimakkuus, joten täten kaksirivinen näyttö riitti.

44780-normin mukaiset näytöt ovat toiminnaltaan ja pinnimäärältään samanlaisia, joten ne ovat samanlaisia valmistajasta riippumatta. Valmistajalla ei siis ollut sen suurempaa vaikutusta asiaan ja valitsimme Hitachin 16x2 LCD-näytön sen helpon saatavuuden vuoksi. Edullisen hintansa ja käytännöllisyytensä vuoksi 44780-normin mukaiset 16 x 2 LCD-näytöt ovat hyvin suosittuja sulautettujen laitteiden maailmassa.

44780-normin mukainen näyttö sisältää seuraavat osat: mikro-ohjaimen, joka prosessoi näytölle saapuvia merkkejä, RAM-muistia, johon merkit talletetaan ja ROM-muistin, joka toimii merkkimuistina. Kirjoittaminen ja lukeminen tapahtuvat pinnin 5 kautta [0 = kirjoitus, 1 = luku]. Jännite tulee pinniin 2 ja maapotentiaali pinniin 1. RS- eli rekisterilinjan tilasta riippuu [0 = ohjaus, 1 = data], lähetetäänkö dataväylän ylitse data- vai ohjaussignaali. LCD-näyttöä voi ohjata joko neljä- tai kahdeksanbittisenä. Multiefektilaitteeseen valittiin neljäbittinen ohjaus, joka pohjautuu Tommi Tillin tekemään avoimeen lähdekoodiajuriin. Kuvioista 7. nähdään valitun LCD-näyttömallin pinnijärjestys ja niiden merkitys.

PIN	Name	Description
1	GND	0 Volt
2	VSS	Driver/Controller Voltage Supply
3	VADJ	Contrast Adjust Voltage Supply
4	RS	Register Select
5	R/W	Read/Write Data
6	E	Enable Signal
7	DB0	Data Bit 0
8	DB1	Data Bit 1
9	DB2	Data Bit 2
10	DB3	Data Bit 3
11	DB4	Data Bit 4
12	DB5	Data Bit 5
13	DB6	Data Bit 6
14	DB7	Data Bit 7
15	LED Anode	LED Backlight Anode
16	LED Cathode	LED Backlight Cathode

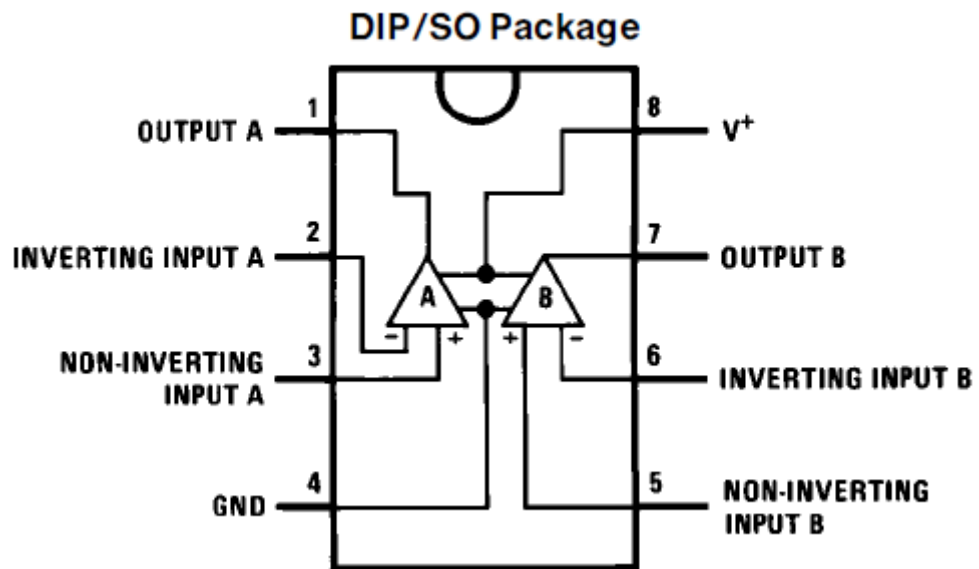
KUVIO 7. LCD-näytön pinnit ja niiden selitykset

4 ANALOGISEN OSAN KOMPONENTIT

Tässä osiossa käsitellään laitteeseen valittuja analogisia komponentteja ja niiden toimintaa. Luvussa käydään lävitse kaikki olennaisimmat komponentit ja niiden merkitys laitteen rakenteessa.

4.1 LM358-operaatiovahvistin

Operaatiovahvistin on hyvin olennainen komponentti kaikkialla elektroniikan saralla ja niin myös tässä projektissa. Operaatiovahvistimia käytetään perinteisimmin vahvistamaan sisääntulevaa jännitesignaalia. Operaatiovahvistin voi sata- tai jopa tuhatkertaistaa sisääntulevan jännitesignaalin, kun jännitesignaalin tasoa mitataan operaatiovahvistimen sisääntulon ja ulostulon välillä. Kuviosta 8. nähdään LM358:n pinnijärjestys.



KUVIO 8. LM358:n pinnijärjestys DIP/SO-kotelossa (National Semiconductor 1994)

Työhön valittiin National Semiconductorin valmistama LM358-operaatiovahvistin. Se sisältää kaksi toisistaan erillään olevaa operaatiovahvistin-

ta, jotka on erityisesti suunniteltu toimimaan yhdellä virtalähteellä monien eri jännitetasojen kanssa. LM358-operaatiovahvistin pystyy toimimaan 3 – 32 voltin käyttöjännitteellä ja käyttää hyvin vähän virtaa [500 mikroampeeria]. Tämän johdosta se oli ideaalinen ratkaisu projektiimme, koska multiefektilaitteeseen olisi tulevaisuudessa hyvä lisätä mahdollisuus käyttää patteria virtalähteenä. (National Semiconductor 1994.)

4.2 DS1867-digitaalipotentiometri

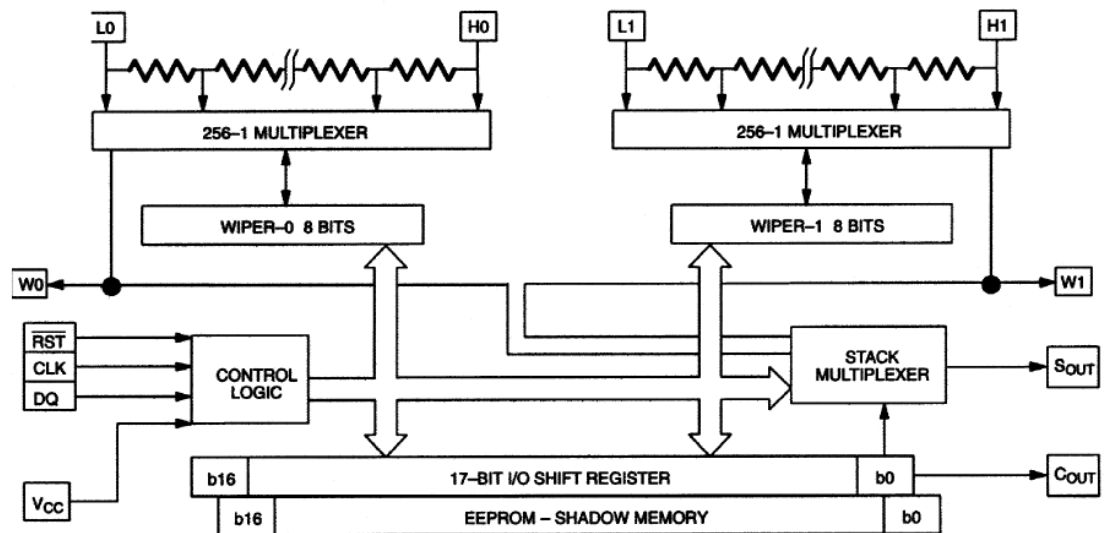
Hyvin keskeinen osa projektia olivat efektien sisälle tulevat potentiometrit, joiden avulla kaikki säädöt audiosignaaliin toteutetaan. Koska työn koko idea piili siinä, että analogisia kitarafektejä ohjataan digitaalisesti, piti potentiometriä olla digitaalisia. Digitaalinen potentiometri suorittaa aivan samaa tehtävää kuin analoginen potentiometrikin, mutta se pystyy toimimaan yhdessä mikro-ohjaimen kanssa, jolloin potentiometrin arvoja päästään säätämään virtuaalisen käyttöliittymän kautta manuaalisten vipujen tai säätönappien sijaan.

Työssä päädyttiin käyttämään Maximin/Dallas Semiconductorin valmistamaa DS1867-digitaalipotentiometriä, joka eroaa aikaisemmasta DS1267-mallista siten, että sillä on pysyvää muistia. Kun siis laitteesta katkaistaan virta, muistaa DS1867-digitaalipotentiometri seuraavalla käynnistyskerralla, mihin arvoihin se oli säädetty. DS1867-digitaalipotentiometrissä on sisäänrakennetusti kaksi digitaalista potentiometriä, jotka ovat 8-bittisiä. Niillä on siis 256 eri arvoa, joihin ne voi määrittää. Äänenvoimakkuuden toiston voisi toteuttaa esimerkiksi vaikka niin, että digitaalisen potentiometrin arvo 0 on yhtä kuin ”äänet poissa” ja arvo 255 on ”äänet täysillä”. Arvo 127 olisi taas äänenvoimakkuus 50 % eli puolivälissä.

DS1867-digitaalipotentiometri tallentaa sisäänluetun arvon EEPROM-muistiinsa. DS1867:n ohjaaminen suoritetaan 3-linjaisen sarjaporttiliitännän kautta, jonka avulla digitaalipotentiometrin muistiin joko kirjoitetaan tai sitä luetaan.

DS1867:ssa on kaksi digitaalista potentiometriä samassa kuoressa, joten ne voi kytkeä sarjaan vastuksen kasvattamiseksi. Tätä ominaisuutta päädyttiin sovelta-

maan siten, että kaksi parametrin säätöä saa toimimaan yhdellä digitaalisella potentiometrillä efektissä. Kuvio 9. nähdään DS1867-digitaalipotentiometrin lohkokkaavio. (Maxim/Dallas Semiconductor 2011.)



KUVIO 9. DS1867-digitaalipotentiometrin lohkokkaavio (Maxim/Dallas Semiconductor 2011)

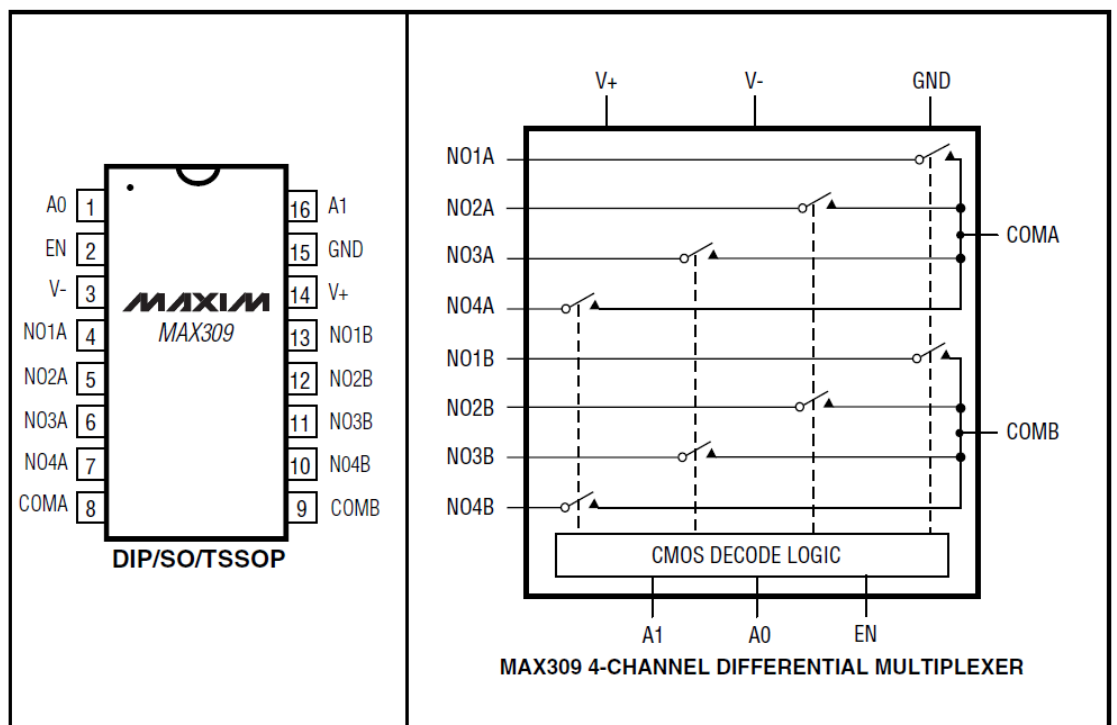
4.3 MAX309-multiplekseri

Multiplekserin tehtävänä elektroniikassa on yleisimmiten jakaa yksi yhteinen ulostulo monen sisääntulosignaalin kesken. Jos kyseessä on esimerkiksi kahdeksankanavainen multiplekseri, sille voi tulla kahdeksan eri signaalia, jotka ohjataan yhteen ja samaan ulostuloon. Multiplekseri vähentää erillisten logiikkapiirien tarvetta ja täten poistaa ylimääräisiä komponentteja laitteesta säästäten tilaa piirilevyllä tai tarjoten muita samanlaisia hyötyjä.

Projektiin valittiin Maximin/Dallas Semiconductorin valmistama MAX309-multiplekseri, pääasiassa sen alhaisen resistanssin (alle 100 ohmia) vuoksi.

MAX309-multiplekseri on myös tarkka ja nopea (vaihtoaika kanavan välillä on alle 250 nanosekuntia).

MAX309 hoitaa audiosignaalien reitittämisen. Sen sisällä on kaksi neljäänkanavaista multiplekseriä, joten yhdellä ja samalla multiplekserillä voidaan hoitaa sekä audiosignaalin jakaminen eri efekteillä että niiden yhdistäminen audiosignaalien tullessa takaisin efekteiltä. Pinneillä A0 ja A1 valitaan signaalien reitti. Sisääntulona toimii COMA-pinni ja ulostulona COMB-pinni. Kuviosta 10. nähdään MAX309:n pinnijärjestys ja sisäinen rakenne. (Maxim/Dallas Semiconductor 2002.)



KUVIO 10. Vasemmalla MAX309-multiplekserin pinnijärjestys DIP-kotelossa ja oikealla sisäinen rakenne (Maxim/Dallas Semiconductor 2002)

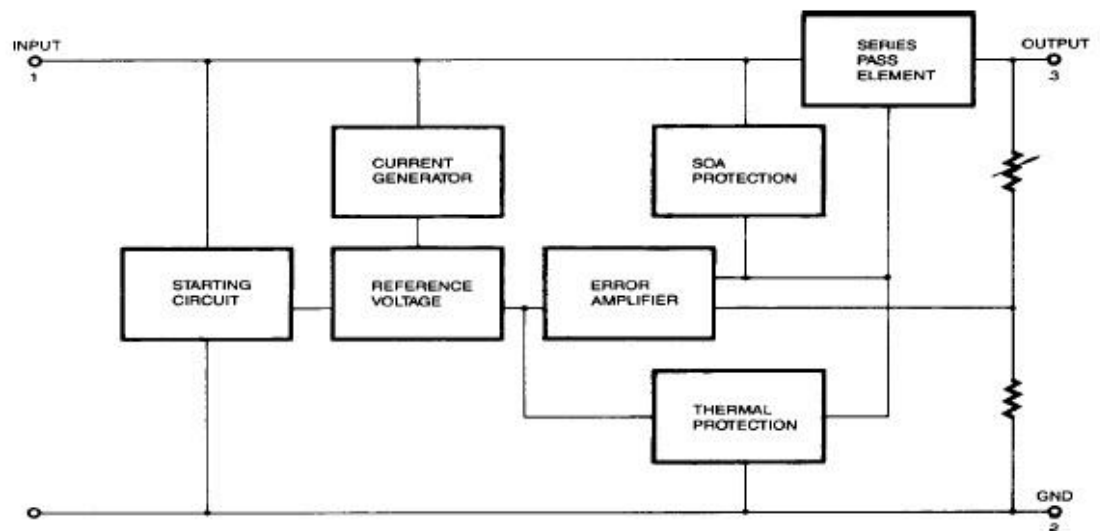
4.4 LM7805- ja LM7812-regulaattoripiirit

Multiefektilaitteeseen valittiin LM7805- ja LM7812-regulaattori- piirit. Niitä käytetään teho-osassa reguloimaan eli vakavoimaan teho-osan jännitteitä. Regulaattori-

piirin pääasiainen tehtävä on jakaa sille ajettu jännite halutuksi sekä vakavoidsa laitteen tarvitsemaa jännitelähdettä tai lähteitä. Valituissa Fairchild Semiconductorin valmistamissa regulaattoriipiireissä on myös ylikuumentamisen estävä suojaapiiri, joka katkaisee käyttöjännitteen, jos lämmöt nousevat liian korkeiksi. Niissä on myös virranrajoitin ja suojarajaoperaointi sisäänrakennetusti, joten ne ovat ainakin periaatteessa tuhoutumattomia komponentteja, vaikka toki tiedetään, että kaiken kestävä komponenttia ei ole olemassakaan.

LM78XX-sarjan regulaattoriipiirit on suunniteltu toimimaan 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18 ja 24 voltin jännitteillä. Ne sietävät virtaa yhteen ampeeriin asti, mutta jos niihin liittyy lämpötilän, ne voivat toimia jopa yli yhden ampeerin virroilla, koska kestävä paremmin kytkennän ja siinä kulkevan virran aiheuttamaa lämpöä.

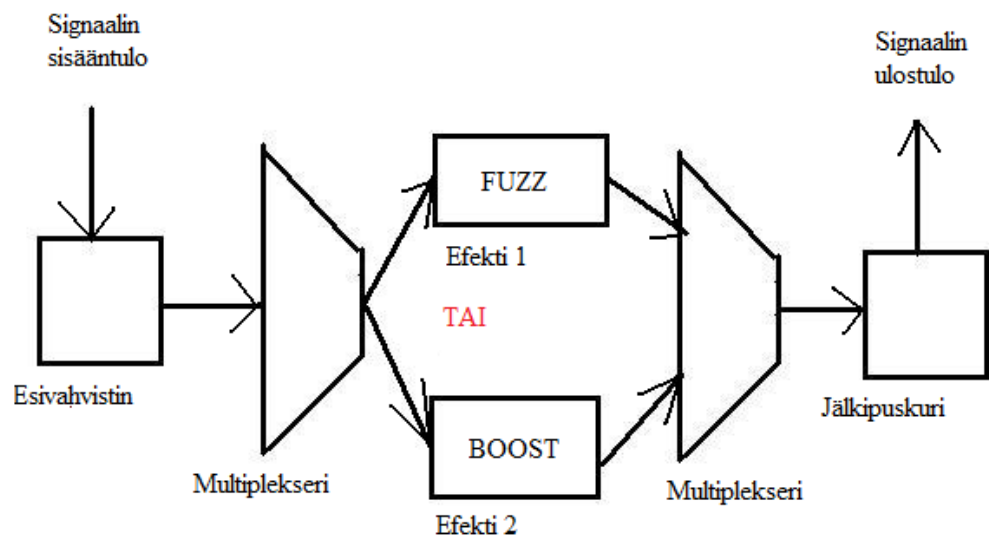
LM7805:tä käytetään erottamaan viiden voltin jännite ja LM7812:tä 12 voltin jännite. Kuvioista 11. nähdään LM78XX-regulaattoriipiirin lohkokaavio. (Fairchild Semiconductor 2001.)



KUVIO 11. LM78XX-regulaattoriipiirin lohkokaavio (Fairchild Semiconductor 2001)

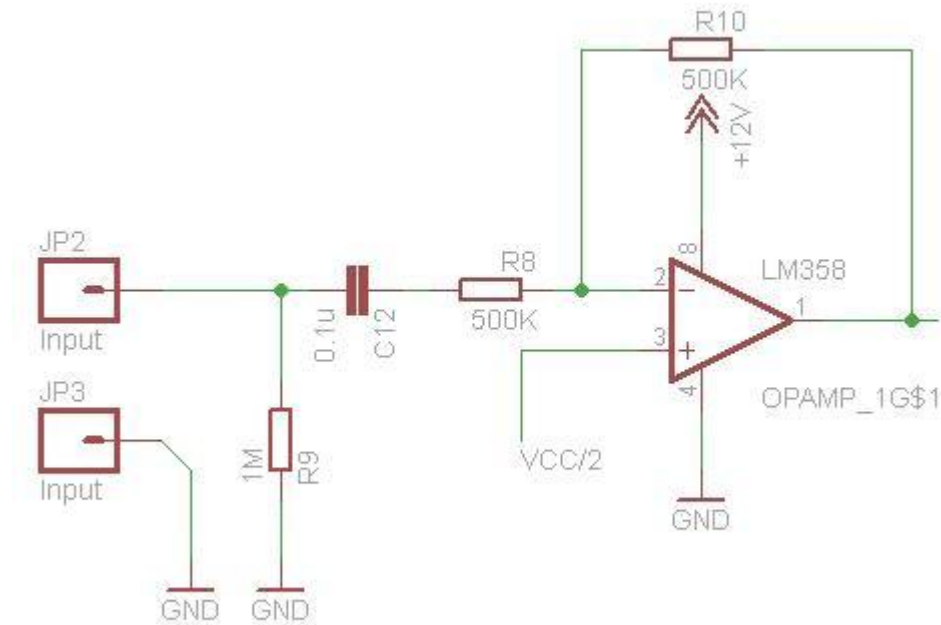
5 ANALOGISEN OSAN TOTEUTUS

Tässä osiossa käsitellään analogisen osan toteuttamista ja käydään lävitse äänisignaalin kulkema matka laitteen analogisten osien lävitse. Kuviosta 12 nähdään analogisen osan lohkokaaviosta signaalin matka laitteen analogisten osien lävitse. Koska MAX309-multiplekserissä on sisäänrakennettu kaksi neljäkanavaista multiplekseriä, kyseinen lohkokaavion rakenne voidaan toteuttaa käyttämällä vain yhtä MAX309-multiplekseriä, mutta selkeyden ja ymmärrettävyyden vuoksi kuva on toteutettu kahdella multiplekserillä. Kuviosta 12. nähdään multiefektilaitteen analogisen osan lohkokaavio.



KUVIO 12. Multiefektilaitteen analogisen osan lohkokaavio

5.1 Vaihe 1 - Esivahvistin



KUVIO 13. Esivahvistimen piirikaavio (Kojo 2011)

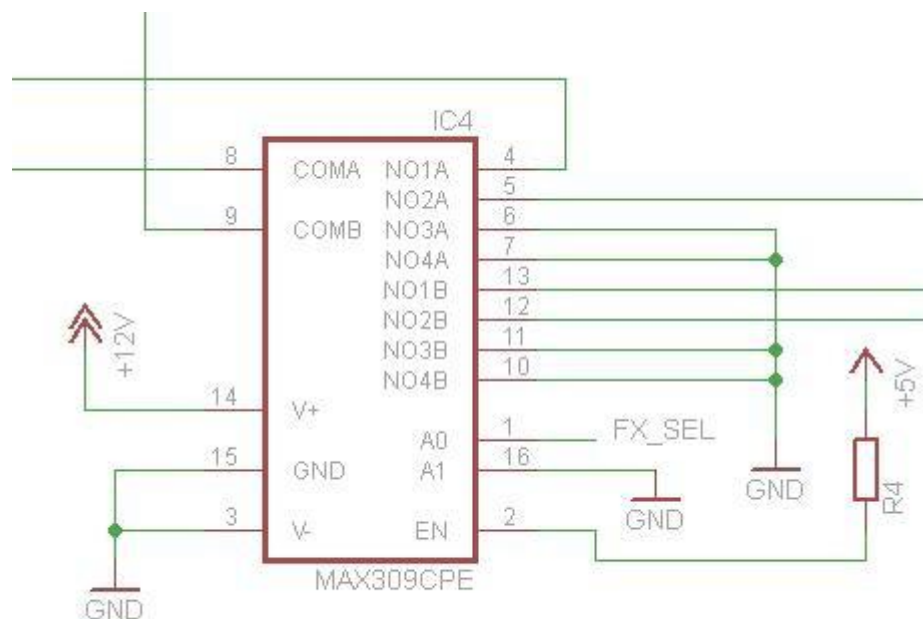
Multiefektilaitteen esivahvistimena toimii perinteinen operaatiovahvistinkytkentä, joka tosin ei vahvista signaalin voimakkuutta, kuten operaatiovahvistimet normaalisti tekevät – vastusten R10 ja R8 arvot ovat samat, joten vahvistusta tai vaimennusta ei tapahdu - vaan kytkennällä on kaksi muuta tehtävää. Kuviosta 13. nähdään esivahvistimen piirikaavio.

Ensimmäinen tehtävä on tarjota audiosignaali virtuaalimaataso, joka on kytketty operaatiovahvistimen LM358 ei-invertoivaan tuloon. Virtuaalimaataso on toteutettu jännitteen jaolla, eli 12 voltista on kahdella samankokoisella vastuksella erotettu kuusi voltia. Virtuaalimaataso on ehdottoman tärkeä osa kytkentää, koska esivahvistimeen saapuva audiosignaali on vaihtojännitettä ja multiefektilaite käyttää positiivista yksipuolista käyttöjännitettä. Jos virtuaalimaatasoa ei olisi, audiosignaalin kaikki negatiiviset puolijaksot leikkautuisivat pois ja ääni kuulostaisi todella pätkivältä. Virtuaalimaatason tarkoitus on siis nostaa maataso nollassa vol-

tista kuuteen volttiin, koska käytössä on vain yksipuolinen käyttöjännite, ja jotta puolet audiosignaalista ei leikkautuisi pois.

Esivahvistimen toinen tehtävä on taata riittävän suuri tuloimpedanssi. Kitaran mikrofonien lähtöimpedanssi on noin kymmenen kilo-ohmia, ja sitä seuraavan kytkennän tuloimpedanssin tulisi olla kymmeniä tai jopa satoja kertoja korkeampi. Tämä on yleinen periaate audiokytkennöissä, joissa audiosignaalin informaatio pyritään siirtämään mieluummin jännitteen kuin virran kautta. Virtaa pyritään välittämään niin vähän kuin mahdollista, mutta on kuitenkin otettava huomioon, että vastusten arvot eivät saisi olla liian suuria, koska suuret vastusarvot aiheuttavat häiriötä audiosignaaliin, jolloin se saattaa osittain tai kokonaan korruptoitua.

5.2 Vaihe 2 - Multiplekseri



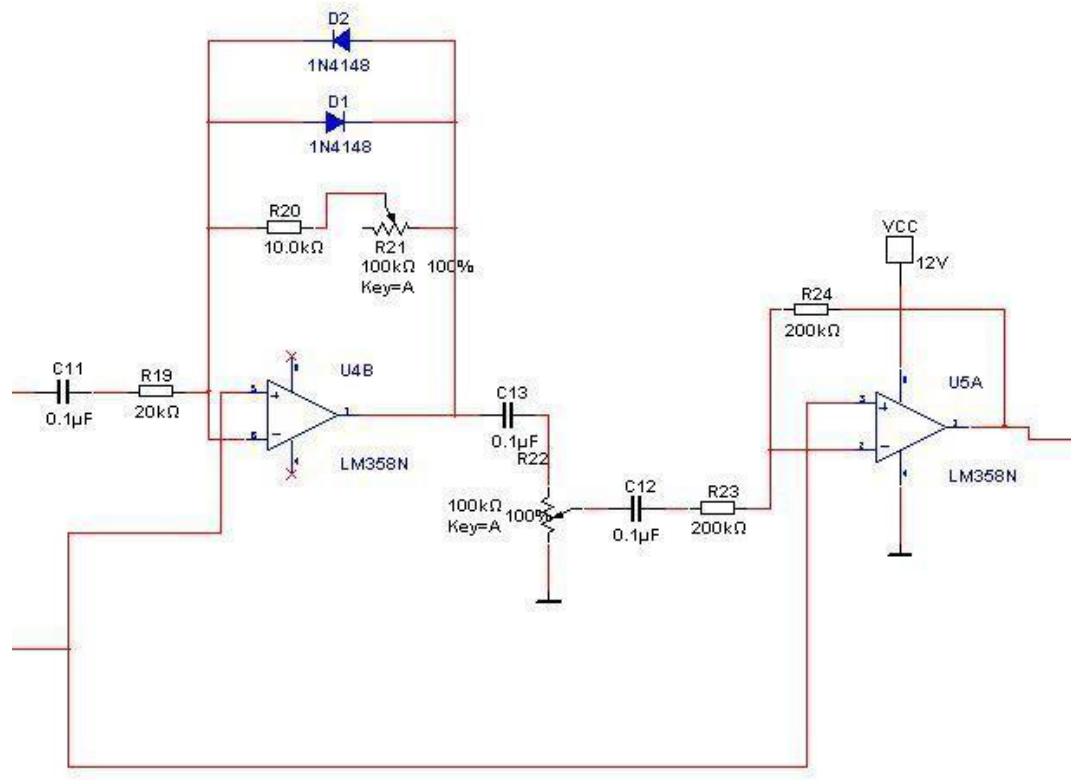
KUVIO 14. Efektien reititys MAX309-multiplekserin lävitse (Kojo 2011)

Esivahvistimesta audiosignaali saapuu MAX309-multiplekserin pinniin COMA. V+-pinniin tuodaan kytkennän tarvitse käyttöjännite eli 12 voltia. GND eli ground ja V- eli negatiivisen jännitteen sisääntulo voidaan kytkeä yhteen, koska laitteessa käytetään vain yksipuolista käyttöjännitettä. A0-pinni valitsee, kumpi

efekti on käytössä. Kun arvo on looginen ”0”, on fuzz-efekti valittuna, kun taas looginen ”1”, on boost-efekti valittuna. A1 ja kaikki muut tarvitsemattomat pinnit/linjat voidaan kytkeä maihin, koska niitä ei tarvita. Kuviosta 14. nähdään efektien reititys MAX309-multiplekserin lävitse

NO1A- ja NO2A-pinnejä käytetään valitsemaan efektit eli NO1A lähettää audio-signaalin edelleen efektille 1 eli fuzz-efektille ja NO2A efektille 2 eli boost-efektille. Kun audiosignaali on matkannut valitun efektin lävitse, se palaa tullessaan joko pinniin NO1B [fuzz-efekti] tai pinniin NO2B [boost-efekti]. Efektistä saapunut käsitelty ja muokattu audiosignaali jatkaa tämän jälkeen jälkipuskuriin COMB-pinnin kautta, mutta ennen sitä käsittelemme multieffektilaitteen efekteissä tapahtuvat asiat ja toimenpiteet.

5.3 Efekti 1 eli Fuzz-efekti

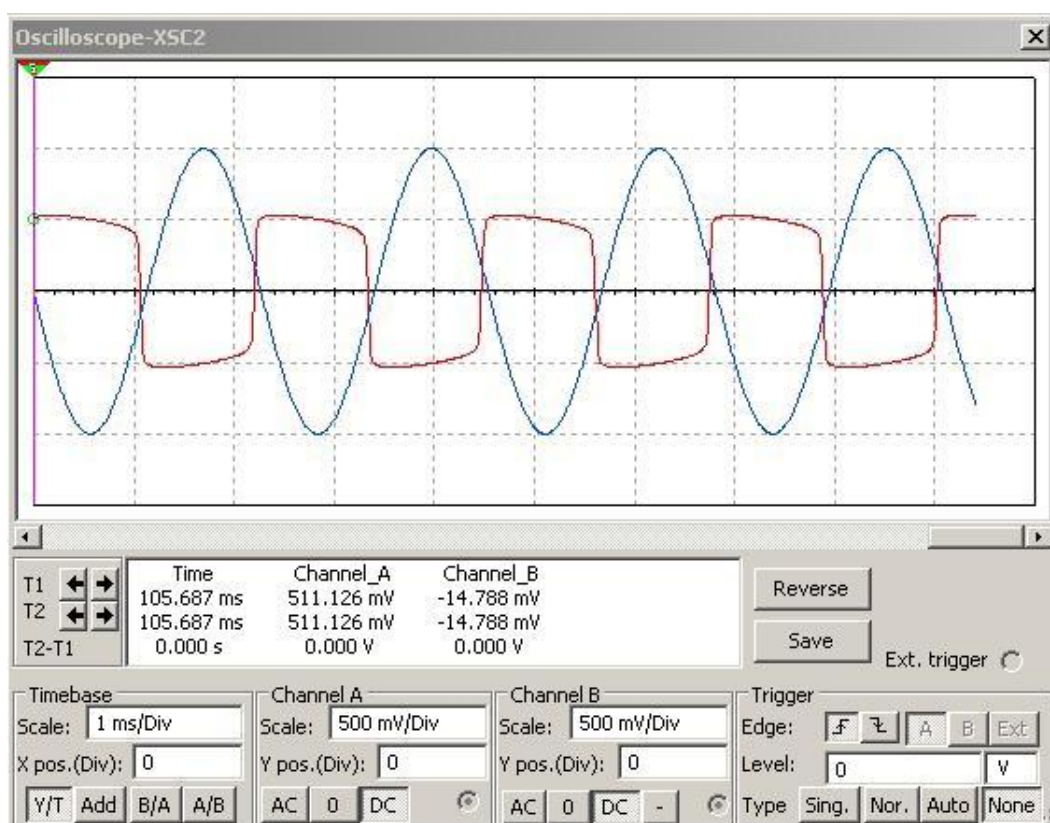


KUVIO 15. Fuzz-efektin piirikaavio

Fuzz-efekti perustuu perinteiseen invertoivaan operaatiovahvistinkytkentään ja diodeihin, jotka leikkaavat äänisignaalin huiput pois ja aiheuttavat näin audiosignaalin ”säröytymisen”. Piirikaaviokuvassa näkyvät potentiometrit edustavat digitaalisia potentiometrejä, koska kuva on käytössä olleesta Multisim-simulaattoriohjelmasta, jossa testaamista oli helpompi suorittaa analogista potentiometriä säätämällä kuin digitaalista. Oikea piirikaavio löytyy liitteestä 1.

Kuviosta 15. nähdään fuzz-efektin piirikaavio. Kondensaattori C11 estää tasavirtaa pääsemästä kytkentään ja toimii kytkentäkondensaattorina. Vastukset R19 ja R20 muodostavat kytkennän ytimen R21-potentiometrin kanssa, koska ne hoitavat fuzz-parametrin eli äänen säröytymistason säädön. Kun potentiometri R21 on arvoltaan nolla tai lähellä nollaa, audiosignaali vaimenee, koska vastus R19 on kaksi kertaa isompi kuin R20. Tämä vaimeneminen pienentää audiosignaalin amplitudia ja täten estää diodeja leikkaamasta sen huippuja pois. Diodit D1 ja D2 leikkaavat audiosignaalin huiput pois, kun audiosignaalin voimakkuus ylittää tietyn rajan eli noin 0,7 voltia. Operaatiovahvistimen ei-invertoivaan ulostuloon tuodaan virtuaalimaataso, kuten esivahvistimenkin kohdalla tehtiin, jotta audiosignaalista ei automaattisesti leikkaannu puolet pois. Kun potentiometri on ääriasennossa eli 255 on vahvistus alkuperäiseen tasoon 5,5-kertainen.

Ensimmäisen LM358-operaatiovahvistimen lähtöön liitetään kondensaattori C13, jonka tehtävä on pysäyttää virtuaalimaatasosta syntyvä tasavirta-komponentti. Tämän jälkeen audiosignaali jatkaa matkaansa R22-potentiometrin lävitse, joka säätää efektin äänenvoimakkuus-parametriä. Signaali nostetaan taas tasavirta-komponentin päälle, jotta se pääsee lävitse yksipuolisen käyttöjännitteen reitityksestä. Tämä toteutetaan esivahvistimen kaltaisella kytkennällä, jossa vastukset R23 ja R24 ovat samansuuruisia eivätkä täten vahvista signaalia lainkaan. LM358:n ei-invertoivaan sisääntuloon tuodaan virtuaalimaataso.

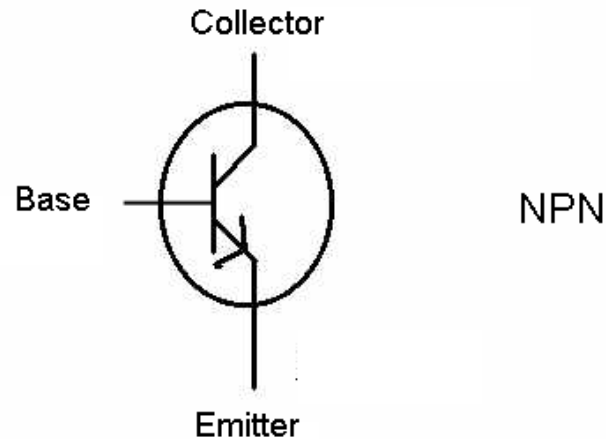


KUVIO 16. Fuzz-efektin muokkaama audiosignaali on merkitty punaisella ja normaali sinisignaali sinisellä värillä.

Fuzz-efektin säädettävänä parametreina eli arvoina ovat ”fuzz” ja ”volume”, joista fuzz määrää äänen säröytymisen tason ja volume äänen voimakkuuden tason. Fuzz-säädön ollessa täysillä eli arvossa 255 audiosignaalista tulee melkein kanttaalto eli efektin vaikutus ääneen on hyvin vahva ja särkevä. Audiosignaali säröytyy, kun sen voimakkuus kasvaa ylitse 0,7 voltin, jolloin diodit D1 ja D2 leikkaavat sen huiput pois. Äänenvoimakkuuden säädöllä voi kompensoida äänen hiljaisuutta, jos fuzz-arvo on pieni ja audiosignaali täten vaimeampi. Kuvioista 16. nähdään fuzz-efektin äänisignaali virtuaalisella oskilloskoopilla tarkasteltuna.

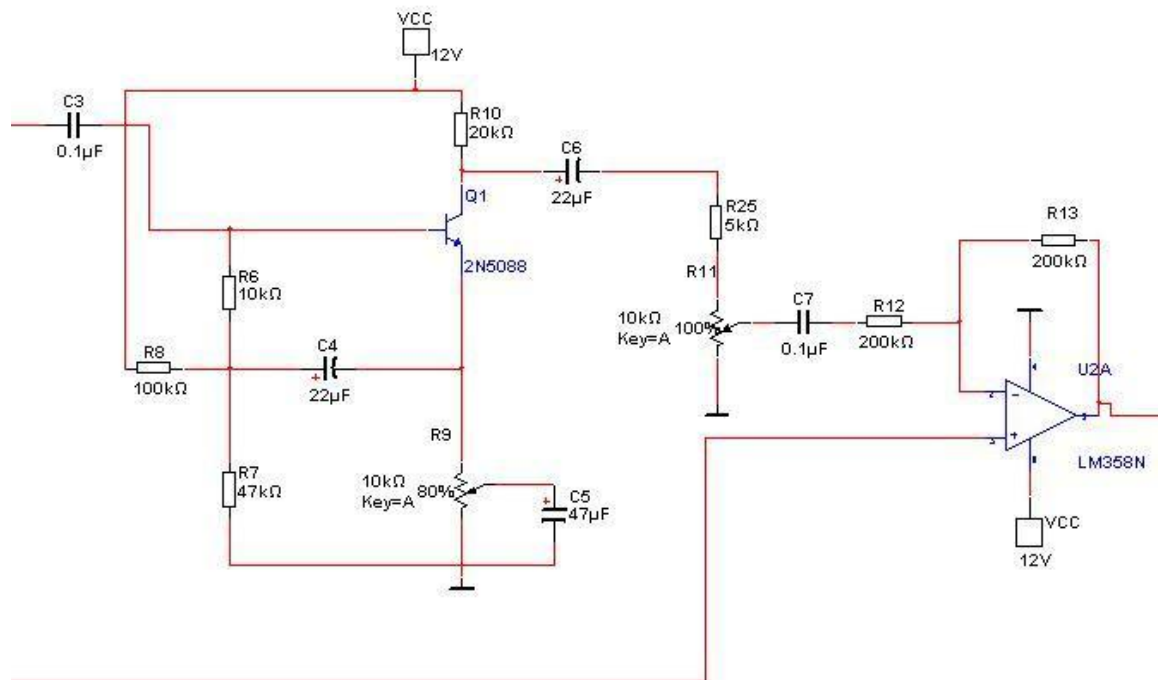
5.3.1 Efekti 2 eli Boost-efekti

Boost-efektin keskeinen osa on BJT-transistorikytkentä. Transistori on komponentti, joka antaa kontrolloida, kuinka paljon virtaa sen lävitse päästetään. Boost-efektissä käytetään NPN-transistoria, jonka rakennetta voi tarkastella visuaalisesti kuvioista 17.



KUVIO 17. NPN-transistorin rakenne

Kuviosta 17. nähdään NPN-transistorin rakenne. Virta saapuu C:hen eli collectoriin. B eli base kontrolloi lävitse pääsevän virran määrää siihen ajettavan jännitteen määrällä, B:stä tulevan virran pysyessä pienenä. Mitä enemmän jännitettä B:hen ajetaan, sitä enemmän virtaa pääsee C:stä E:hen eli emitteriin. C:stä E:hen pääsevä virtamäärä voi olla kymmeniä tai satoja kertoja suurempi kuin B:stä tuleva virtamäärä.

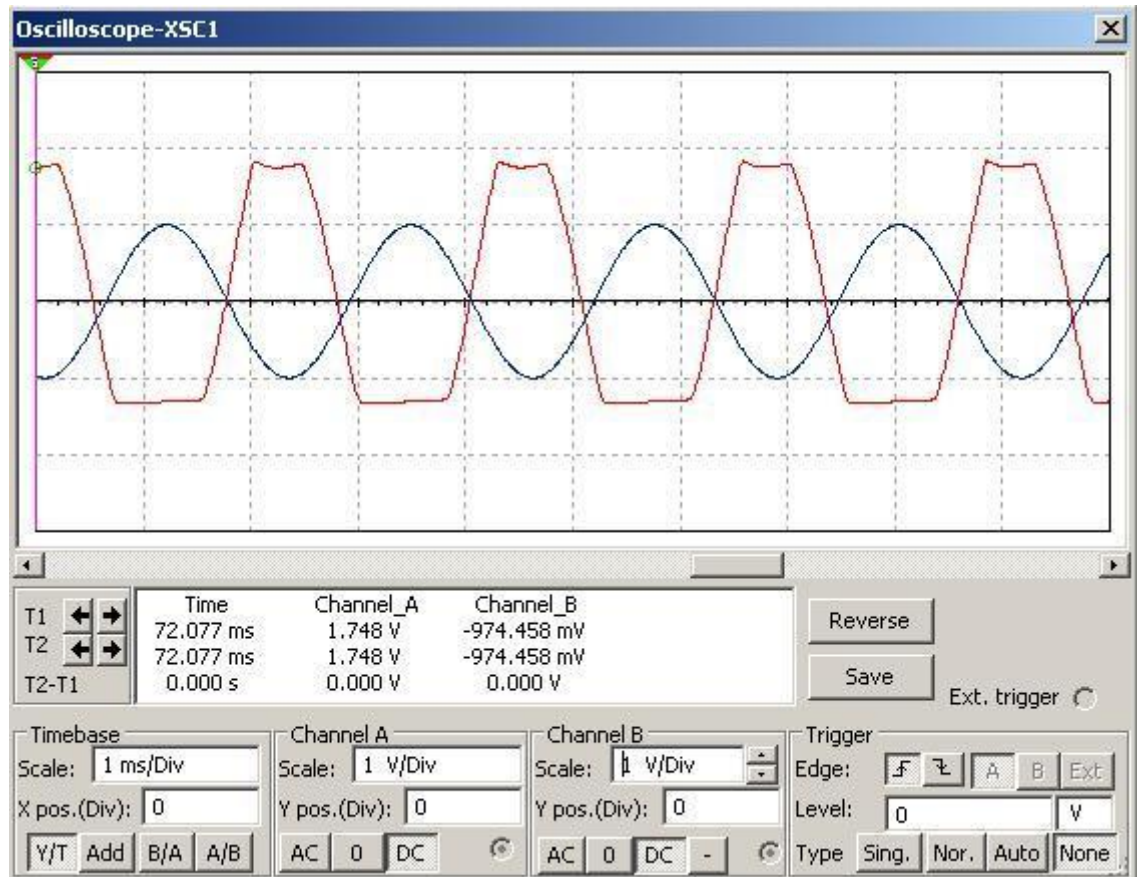


KUVIO 18. Boost-efektin piirikaavio

Kuviosta 18. nähdään Boost-efektin piirikaaviokuva, jossa näkyvät potentiometrit edustavat digitaalisia potentiometrejä, koska kuva on käytössä olleesta Multisim-simulaattorihjelmasta, jossa testaamista oli helpompi suorittaa analogista potentiometriä säätämällä kuin digitaalista. Oikea piirikaavio löytyy liitteestä 1. Vastuksilla R6, R7 ja R8 säädetään transistorin 2N5088:n kantapiste korkeammaksi kuin emitterillä, jotta transistori pystyy toimimaan halutulla tavalla. Pienet virranmuutokset 2N5088-transistorin B eli base-kannalla aiheuttavat suuria muutoksia C:hen eli collectoriin.

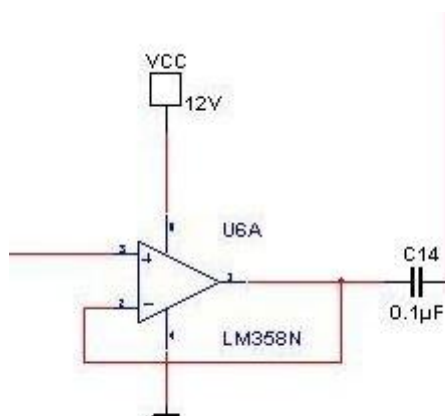
Collector-vastuksena toimii R10 ja emitter-vastuksena potentiometri R9, jonka avulla pystytään säätämään boost-efektin ensimmäistä parametria eli gainia. Kun vahvistus nousee yli kytkennän salliman rajan 12 voltin jännitteellä, audiosignaalin huiput leikkaantuvat ja ääni säröytyy. Pienemmillä potentiometrin arvoilla leikkaantumista ei tapahdu, vaan audiosignaali ainoastaan vahvistuu. Boost-efekti siis voimistaa kitaralta tulevaa audiosignaalia pienemmillä potentiometrin arvoilla ja säröttää ääntä vasta, kun potentiometri on säädetty ääriarvoon 255 tai lähelle sitä. Kun potentiometri on ääriasennossa, kondensaattori C5 kytkee audiosignaalin vaihtojännitteen osalta maihin.

Vastus R25 vaimentaa efektin vahvistamaa signaalia, koska jos gain-arvo on korkea, signaalin jännite saattaa nousta useammalla voltilla. Ilman vastusta tämä kasvanut jännite voisi olla vahingollista boost-efektin jälkeen tuleville osille ja multieffektilaitetta seuraaville laitteille. Potentiometri R11 toimii samalla tavalla äänenvoimakkuuden säätäjänä kuten potentiometri R22 fuzz-efektin kytkennässä, äänenvoimakkuuden ollessa siis boost-efektin toinen säädettävissä oleva arvo. Äänenvoimakkuuteen vaikuttavan potentiometrin jälkeen audiosignaali ohjataan aivan samantyyppiselle invertoivalle operaatiovahvistinkytkennällä, millainen oli myös fuzz-efektin lopussa. Molemmilla on sama tarkoitus: nostaa audiosignaali tasavirta-komponentin päälle. Tämän jälkeen prosessoitu audiosignaali palaa takaisin multiplekserille.



KUVIO 19. Boost-efektin muokkaama audiosignaali on punaisella ja normaali sinisignaali sinisellä värillä.

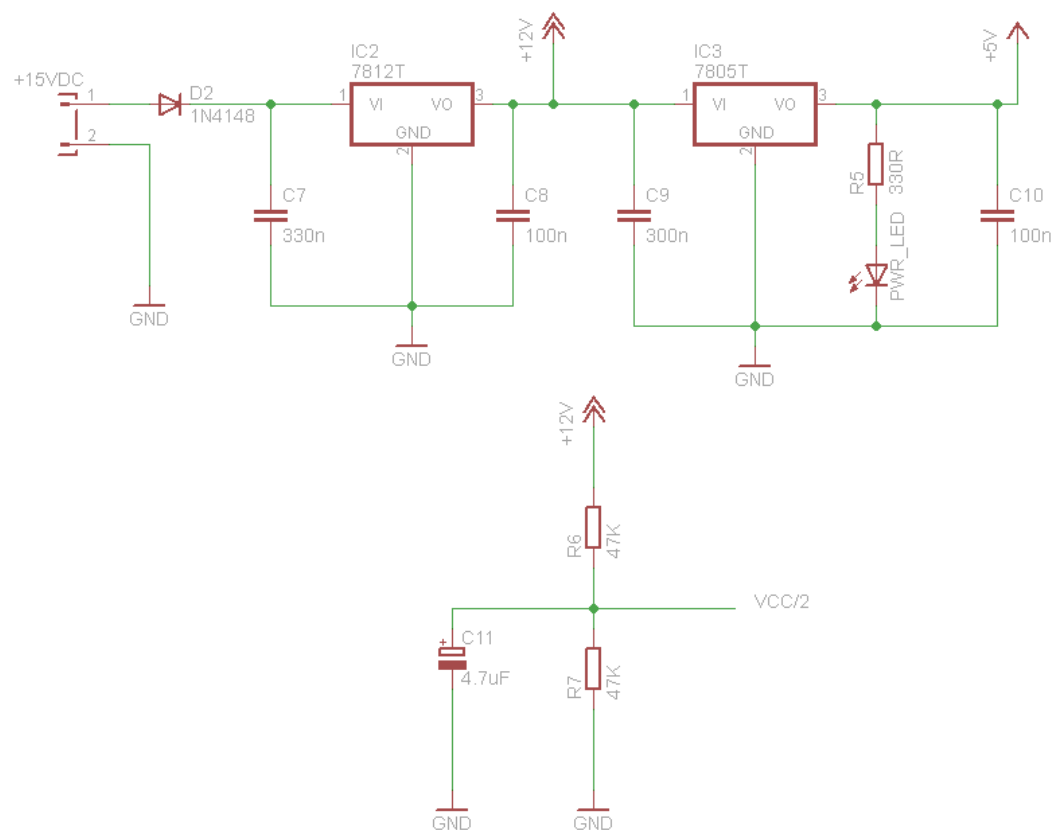
5.4 Jälkipuskurivahvistin



KUVIO 20. Jälkipuskurivahvistimen piirikaavio

Kuviosta 20. nähdään jälkipuskurivahvistimen piirikaavio. Audiosignaalin saapessa multiplekseriltä se etenee lopulta jälkipuskuriin ennen multiefektilaitteesta poistumistaan. Jälkipuskurina toimii yksinkertainen operaatiovahvistinkytkentä, jonka tehtävänä on varmistaa, että multiefektilaitteen lähtöimpedanssi on sama, tuli signaali sitten boost- tai fuzz-efektiltä. Kytkentä on toteutettu siten, että saataisiin aikaiseksi mahdollisimman alhainen lähtöimpedanssi, jotta laitteen voi kytkeä myös linjatason vahvistimiin. Jälkipuskurivahvistimen kautta audiosignaali jatkaa matkaansa multiefektilaitteesta esimerkiksi kitara- tai bassovahvistimeen.

5.5 Teho-osa



KUVIO 21. Teho-osan piirikaavio (Kojo 2011.)

Teho-osassa muodostetaan multiefektilaitteen vaatimat käyttöjännitteet. Tehoosaan tuodaan ensin 15 voltin jännite erillisestä teholähteestä. Tästä 15 voltin jännitteestä otetaan 12 ja viisi voltia käyttämällä regulaattoripiirejä LM7812 ja LM7805. Jos jännite kytketään väärinpäin, suojadiodi D2 estää tapahtumasta va-

hinkoa itse kytkennälle. C7 ja C8 toimivat LM7812-regulaattorin suodatuskondensaattoreina, jotta ripple-jännite eli jännitteen aaltoilu pysyisi minimissään. Epähaluttua jännitteen aaltoilua voi syntyä tasavirta-jännitelähteen ulostulosta lähtevään tasavirtaan, joka on johdettu vaihtovirrasta. Ongelma jännitteen aalloitusta syntyy, jos vaihtovirran aaltoilua ei ole saatu kokonaan tukahdutettua. Kondensaattori C9 ja C10 toimittavat samaa virkaa LM7805-regulaattorille. Virranrajoitusvastuksen R5 alta löytyvä led-valo toimii power-valona eli kertoo käyttäjälle sen, kulkeeko laitteessa virta vai ei. Kuviosta 21. nähdään teho-osan piirikaavio.

Myös virtuaalimaataso luodaan teho-osassa. Virtuaalimaatason tärkeys ja tarkoitus on jo selitetty aikaisemmin, joten siihen ei ole enää lisättävää tässä vaiheessa. Itse kytkentä on yksinkertainen jännitteenjako eli 12 voltin jännite jaetaan kahtia vastuksilla R6 ja R7, jotka ovat siis yhtä suuria eli 47 kilo-ohmia. Virtuaalimaatasa käytettäessä on muistettava erottaa eri vahvistinasteet kytkentäkondensaattoreilla, joiden tulee olla arvoltaan riittävän suuria, jotta matalatkin taajuudet pääsevät niiden lävitse.

6 MULTIEFEKTILAITTEEN FIRMWARE

Tässä osiossa käydään lävitse multiefektilaitteen ohjelma, joka antaa ATmega32-mikro-ohjaimelle älyn ohjata laitteen eri osia, kuten esimerkiksi LCD-näyttöä, digitaalisia potentiometrejä, valintapainikkeita ja multipleksereitä. ATmega32-mikro-ohjaimen firmware tehtiin AVR Studio 4 –ohjelmalla, joka esitellään paremmin osiossa 7, jossa paneudutaan multiefektilaitteen teossa käytettyihin ohjelmiin. Mikro-ohjaimen firmwarea ei ehditty saada täysin valmiiksi käytännössä, mutta tässä osiossa esitellään mitä firmwaren kohdalla saatiin valmiiksi ja selitetään teorian tasolle jääneitä kohtia.

6.1 ATmega32:n firmware

Laitteen ohjelma eli firmware on rakennettu siten, että käynnistyessään se menee ikuiseseen silmukkaan eli looppiin, jossa se valvoo kaikkien osien, kuten esimerkiksi digitaalisten potentiometriä, tilaa ja tekee muutoksia, kun käyttäjä valintapainikkeiden kautta haluaa muuttaa esimerkiksi boost-efektin gain-parametrin arvoa. Ohjelma kiertää ikuisessa silmukassa niin pitkään, kunnes laitteesta katkaistaan virta.

6.1.1 Alustaminen

Ennen kuin ikuiseseen silmukkaan siirrytään, tietyt pinnit ja toiminnot tulee alustaa eli nollata pinnien alkuperäinen tarkoitus ja kertoa, mikä niiden uusi tehtävä on. PORTAsta alustetaan pinnit PA0 ja PA1 toimimaan AD-muuntimen sisääntuloina. AD-muunnin alustetaan toimimaan pollaus-periaatteella. Se käy tiedustellessa tietyin väliajoin esimerkiksi valintapainikkeiden tilamuutoksia. Pinnit PA2 ja PA3 alustetaan sisääntuloiksi valintapainikkeille ja PA4 ulostuloksi efektien valinnalle. PORTB:n pinnit PB0 – PB2 ja PORTC:n pinnit PC0 – PC2 alustetaan digitaalisten potentiometriä ulostuloiksi. PORTD:n pinnit PD0 – PD7 alustetaan LCD-näyttöä varten. Ennen pääohjelmaan siirtymistä tulee myös alustaa ja määri-

tellä globaalit muuttujat, jotka pystyvät vaikuttamaan ohjelman jokaisessa funktiossa.

6.1.2 Pääohjelma ja ikuinen silmukka

Kun alustukset on suoritettu, siirrytään pääohjelmaan ja ikuiseen silmukkaan. Silmukan alussa valitaan efekti, jonka valintaan käytetään if-rakennetta ja avr-libc:n ”bit is clear ()” -funktioita. If-lauseessa tarkastellaan, onko valintapainike 0 tai 1 kytketty maihin. Efektiksi valitaan se laite, jonka pinni ei ole maissa, käyttämällä PA4-pinniä. Käyttäjää informoidaan valitusta efektistä kirjoittamalla LCD-näyttöön valitun efektin nimi. Jos kumpikaan painikkeista ei ollut maissa, asetetaan tilaksi edellinen tila, joten muutosta ei tapahdu ja valittuna ollut efekti pysyy aktiivisena. Tilan arvo kirjoitetaan ja sitä luetaan state-muuttujasta.

Kun valittu efekti on selvitetty, parametriarvojen lukeminen aloitetaan AD-muuntimelta ja niiden kirjoittaminen suoritetaan digitaalisille potentiometreille. Funktio, jolla AD-muuntimen lukeminen suoritetaan, tallettaa saadut arvot globaaleihin muuttujiin, joista ne ovat luettavissa kaikissa ohjelman eri osa-alueissa. Näiden muuttujien arvot lähetetään digitaalisille potentiometreille toisessa funktiossa. Jotta saataisiin pieni vasteaika painikkeille eli lukeminen ei tapahtuisi liian nopeasti ja mahdollinen painallus jäisi huomaamatta, prosessi suoritetaan aina kolme kertaa peräkkäin.

6.1.3 DS1867:n laitteistoajuri ja sen toteuttaminen ”bit banging” tekniikalla

Koska DS1867-digitaalipotentiometri ei tue yhtäkään yleistä tiedonsiirtoprotokollaa, sen laitteistoajuri tuli toteuttaa itse. Käytimme tähän metodia, joka tunnetaan nimellä ”bit banging”. Siinä sarjaporttiliikenne toteutetaan ohjelmallisesti ilman RS232:ta, UART:ia tai muuta fyysistä laitetta. Kirjoitettu ohjelma lähettää tietoja pinnien tilasta mikro-ohjaimelle ja on vastuussa kaikesta: ajoituksesta, tasosta ja

synkronoinnista. Bit banging on erittäin halpa tapa toteuttaa sarjaporttiliikennettä sulautetussa järjestelmässä, koska se on vain virtuaalinen ohjelma – ei ole tarvetta ostaa ylimääräisiä fyysisiä komponentteja. (The Ganssle Group 1991.)

Bit banging-tekniikassa on silti huonojakin puolia: mikro-ohjain käyttää paljon aikaa tiedon lähettämiseen ja pollaamiseen pinnien tilasta. Tämä käytetty aika on pois muulta toiminnalta, jota mikro-ohjain voisi suorittaa. Signaalin laatu voi myös kärsiä, mikä johtuu mikro-ohjaimen hoitamasta muusta tietoliikenteestä. Nämä ongelmat voidaan tosin mahdollisesti välttää, jos bit banging toteutetaan keskeytyspalvelun avulla.

7 MULTIEFEKTILAITTEEN TEOSSA KÄYTETYT OHJELMAT JA NIIDEN KÄYTTÖ TESTAUKSESSA

Tässä osiossa käydään lävitse multiefektilaitteen suunnitteluun ja ohjelmiston toteuttamiseen käytetyt työkalut. Osiossa perehdytään myös laitteen eri osakokonaisuuksien testaamiseen.

7.1 Multisim

Multisim on National Instrumentsin valmistama ohjelmisto, jolla voi virtuaalisesti rakentaa ja testata elektronisia kytkentöjä. Multisim on tarkoitettu opetuskäyttöön erilaisiin elektroniikan alan oppilaitoksiin sekä ammattikäyttöön.

Komponenttikirjastot ovat suhteellisen isot, ja koska ohjelmasta löytyy sisäänrakennettuina muun muassa virtuaalinen funktiogeneraattori ja monenlaisia oskilloskooppeja, voi ohjelmalla rakentaa ja testata pitemmällekin vietyjä projekteja. (National Instruments 2011.)

Käytin Multisimia rakentaakseni ja testatakseni multiefektilaitteen analogiset kytkennät. Jokainen analoginen osa-alue rakennettiin ja hiottiin toimivaksi, jotta ongelmiin ei törmättäisi itse fyysisessä piirin rakennusvaiheessa. On aina helpompi ennakoita ja korjata virheitä virtuaalisesti kuin yrittää esimerkiksi korjata virheellisesti suunnitellun ja toteutetun piirilevyn toimintaa.

7.2 Eagle

Cadsoftin luoma Eagle on piirilevyjen suunnittelemiseen luotu ohjelmisto, joka on suosittu piirilevy suunnittelua tekevien ihmisten parissa, niin harraste- kuin ammattitasollakin. Se on saanut kiitosta erityisesti helposta käyttöliittymästään, matalasta oppimiskynnyksestä ja laajasta komponenttikirjastostaan. Se on myös halvempi kuin moni vastaavan tason ammattilaisohjelma. (Cadsoft 2011.)

Lauri Kojo käytti Eaglea piirilevyn valmiin version suunnitteluun ja toteuttamiseen. Valmiin piirilevyn toteuttamiseen käytettiin pääasiassa Multisimillä tehtyjä testikytkentöjä. Eagle oli helppo valinta piirilevysuunnitteluohjelmaksi, juuri sen helppokäyttöisyyden vuoksi. Liitteissä on prototyypin valmiit piirikaaviot, joiden pohjalta multiefektilaite tulee rakentaa. Multiefektilaitteen suunnitteluun käytettiin Eaglen omaa ja Sparkfun Electronicsin komponenttikirjastoa.

7.3 Atmel AVR Studio 4

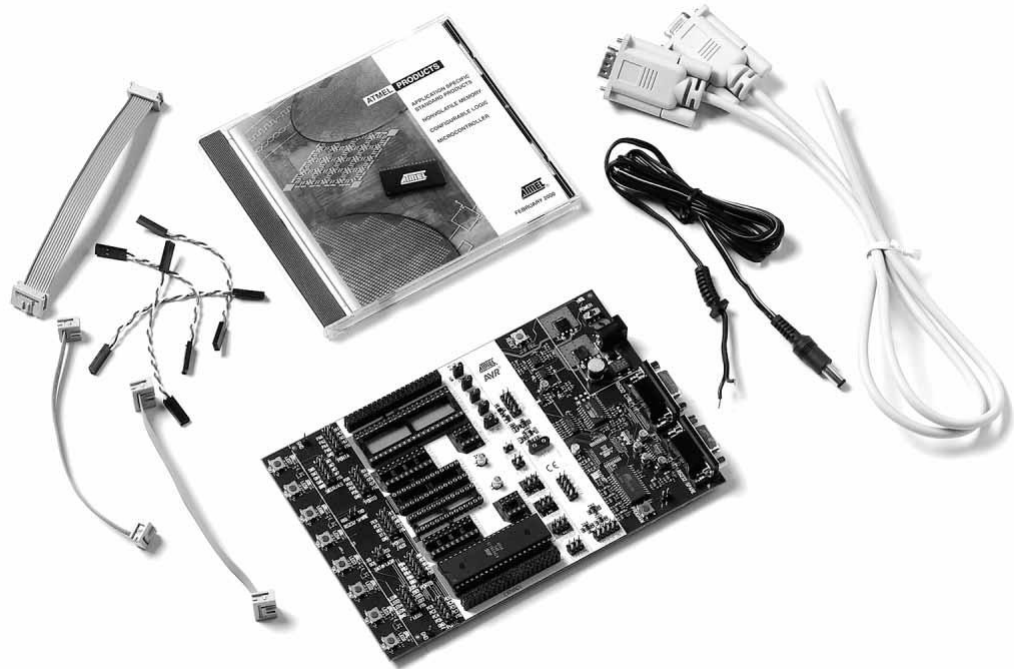
AVR Studio 4 on Atmelin luoma kehitysympäristö, joka sisältää ohjelmoijan, koodieditorin, assemblerin, simulaattorin sekä debuggerin. AVR Studio 4 oli oiva valinta mikro-ohjaimen firmwaren kehitykseen, koska se on Atmelin oma ohjelmisto ja tukee kaikkien muiden Atmelin mikro-ohjainten ohessa ATmega32:sta, joka on siis projektiin valittu mikro-ohjain. AVR Studio 4:ssa voi suorittaa ohjelman kirjoittamisen, virtuaalisen testaamisen ja ladata ohjelman laitteen kuten esimerkiksi ATmega32:n muistiin. Varsinkin alkuvaiheessa oli erittäin tärkeää käyttää AVR Studio 4:n tarjoamaa virtuaalista ohjelmantestausta.

Koska AVR Studio 4 tukee vain konekieli assemblya, oli pakollista saada ohjelmistoon C-kääntäjä, koska laitteen firmwaren toteuttamiseen valittiin C-kieli, sen ollessa meille molemmille tutuin ohjelmointikieli. Kääntäjäksi valittiin GCC:n ilmainen AVR-GCC-kääntäjä. Sen mukana tuli peruskirjasto, jossa on C-kielisiä funktioita AVR-prosessoreille.

7.4 Atmel STK500-kit

Atmelin STK500 on aloituspaketti Atmelin mikro-ohjaimia ohjelmoiville käyttäjille, oli käyttäjä sitten ammattilainen tai harrastaja. Sen käyttötarkoitus on mahdollistaa koodin suunnitteleminen ja testaaminen itse laitteella, ei siis vain virtuaa-

lisesti. Atmel STK500 tukee monia Atmelin mikro-ohjaimia, kuten myös käytössä ollutta ATMega32-mikro-ohjainta. (Atmel 2003.)



KUVIO 22. Atmel STK500-kitin sisältämät osat (Atmel 2003)

Atmel STK500:ta voi ohjelmoida ja hallita esimerkiksi Atmel AVR Studio 4:n kautta, jota käytettiin laitteiston firmwaren eli ohjelmiston tekemiseen. Kitti kytketään sarjaporttiliitännäisellä kaapelilla PC:seen, jossa AVR Studio 4 on. Flashmuistin pyyhkiminen ja kirjoittaminen hoidetaan AVR Studio 4:sta löytyvältä ohjelmointiosalta. Kuvioista 22. nähdään Atmel STK500-kitin sisältämät osat ja tarvikkeet.

Muun muassa digitaalisten potentiometriä fyysinen testaaminen suoritettiin STK500-kitin avulla. Digitaalisten potentiometriä ohjausajuri ladattiin AVR Studio 4:n kautta ja digitaalisten potentiometriä oikeaoppista toimintaa havainnoitiin kahdeksan ledivalon avulla, jotka löytyvät STK500-kitistä. STK500:n ominaisuudet ja testimahdollisuudet ovat rajatut, mutta ne riittivät käyttötarkoituksemme vällan mainiosti, ja koska sama kitti oli tuttu meille aikaisemmilta koulun eri kursseilla, sen käyttöönotto oli hyvin helppoa.

8 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

8.1 Yleistä

Tässä osiossa käydään lävitse millaisia ominaisuuksia multiefektilaitteeseen voisi tulevaisuudessa lisätä, jos aikaa projektin jatkamiseen löytyy. Koska tämän opin- näytetyöhön käytettävä aika oli rajallista ja ainoa mahdollisuus fyysisesti rakentaa laitetta oli käyttää koulun elektroniikkalaboratoriota, multiefektilaitteesta karsittiin monta ominaisuutta ja se pidettiin niin yksinkertaisena kuin mahdollista.

8.1.1 Efektien määrä

Multiefektilaitteeseen päädyttiin valitsemaan vain kaksi efektiä, koska tämä demonstroi aivan riittävästi mikro-ohjaimen kykyä valita haluttu efekti ja ohjata valittua digitaalista potentiometriä. Efektejä voisi tulevaisuudessa lisätä halutun määrän, ja jo valituilla komponenteilla on mahdollista toteuttaa neljä efektiä samaa laitteessa.

Efekteille voitaisiin myös kehittää oletusarvoiset parametrisäädöt, eli kun laitteeseen kytketään virta, mikro-ohjain säätää valitun efektin parametrien arvot ennaltamääritellyille tasoille. Ennaltamääritellyt tasot saataisiin selvitettyä testaamalla efektiä käytännössä. Hyviksi havaitut parametrien arvot otettaisiin ylös ja ohjelmoitaisiin mikro-ohjaimen muistiin, jolloin efektit olisivat heti ideaalissa tilassa soittamista varten, kun laite käynnistetään.

8.1.2 Master volumen lisääminen

Fuzz- ja -boost-efekteillä on omat äänenvoimakkuusparametrinsa, mutta laitteesta jätettiin pois master volume -potentiometri, joka ohjaisi multiefektilaitteen koko

äänenvoimakkuustasoa. Nyt äänenvoimakkuutta voi siis vaihtaa efektikohtaisesti, mutta tämä saattaa aiheuttaa äänenvoimakkuus tasossa heittoa. Jos valittua efektiä vaihdetaan toiseen lennosta, joudutaan nopeasti korjaamaan äänenvoimakkuutta uuden valitun efektin kohdalta heti efektin vaihdon jälkeen.

8.1.3 Multiefektilaitteen näyttö

Multiefektilaitteeseen valittiin näytöksi 44870-normin mukainen näyttö, jossa on kaksirivinen näyttö ja yhdellä rivillä mahtuu 16 merkkiä kerralla. Kyseinen näyttökoko riitti multiefektilaitteen prototyypin varten, mutta jos laitetta jatkokehitetään tulevaisuudessa, voisi laitteeseen valita isomman näytön, jotta käyttäjälle saadaan kerrottua enemmän tietoa nopeammin ja paremmin. Uuden isomman näytön avulla voisi rakentaa jopa jonkinlaista graafista käyttöliittymää, joskin se on jo hieman liiankin pitkälle viety idea, sillä graafinen käyttöliittymä olisi vain näyttävä bonus-ominaisuus, ei varsinaisesti mitenkään tarpeellinen osa multiefektilaitetta. Kuvista 23. nähdään vaihtoehtoinen näyttömalli multiefektilaitetta varten.



KUVIO 23. Esimerkiksi tällainen 20 x 4 -rivinen LCD-näyttö voisi tulevaisuudessa korvata multiefektilaitteeseen valitun 16 x 2 LCD-näytön.

8.1.4 LM358-operaatiovahvistin ja osa muista komponenteista

Laitteeseen valittu LM358-operaatiovahvistin ei ole ideaalisin audiokäyttöön soveltuva operaatiovahvistin, joten sen voisi korjata tehtävään paremmin sopivalla operaatiovahvistimella. LM358 valittiin projektiin yleisyytensä ja halvan hintansa vuoksi, kuten myös osa muista komponenteista. Multiefektilaitteeseen voitaisiin valita juuri audiokäyttöön suunnitellut ja tarkoitetut komponentit, jos hinta ei olisi esteenä. Opiskelijabudjetin vuoksi parhaimpia mahdollisia komponentteja ei siis valittu, joten tässä on ehdottomasti yksi mahdollinen parannus tulevaisuudessa tehtävää multiefektilaitteen parannettua versiota varten.

8.1.5 Kannettava vahvistin

Kun multiefektilaitteen rakennetta ja osakokonaisuutta ensimmäiseksi mietittiin, ajateltiin sille rakentaa lisäosaksi kannettava vahvistin. Kyseessä olisi pienitehoisen kitaralle tai bassolle sopiva vahvistin, joka toistaisi ääntä kuten isompi kitara- vahvistin, mutta olisi riittävän pieni, niin että sen saisi vaikkapa vyönsolkeen tai vastaavaan pidikkeeseen kiinnitettyä. Kannettavan vahvistimen teho olisi hyvin pieni eli maksimissaan 10 wattia, mutta se olisi siinä mielessä pätevä lisälaitte, että multiefektilaitetta voisi käyttää vaikka katusoitossa, sillä kannettava vahvistin suunniteltaisiin käyttämään patteria virtalähteenä.

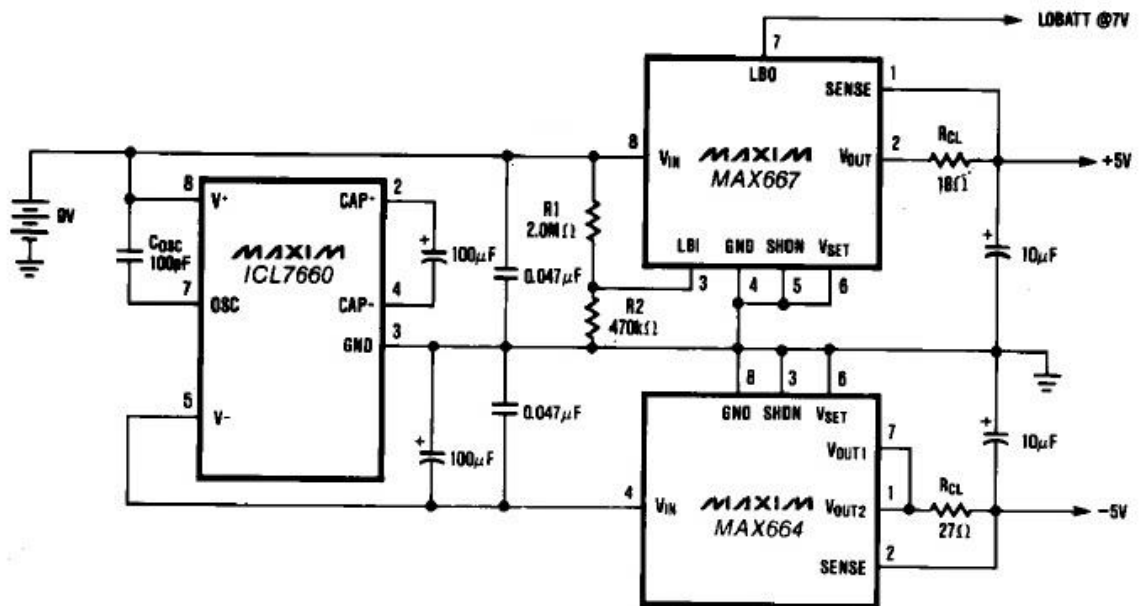
8.2 Multiefektilaitteen virtalähteeksi yhdeksän voltin patteri

Myös itse multiefektin suunniteltiin ensin käyttävän yhdeksän voltin patteria virtalähteenä verkkovirran ohessa, mutta suunnitelmasta luovuttiin toteuttamisen vaatiman lisäajan vuoksi. Jos multiefektilaitteen haluttaisiin käyttävän patteria virtalähteenä, analoginen osuus tulisi suunnitella uudestaan. Koska multiefektilaitteelle piti valita pääasiallinen virtalähdevaihtoehto, päädyimme verkkovirtaan sen ollessa vakaampi virtalähde siinä mielessä, että käyttäjän ei tarvitse murehtia patterin virran vähenemistä tai vastaavista patterien tuomista lisämurheista, kuten

patterin tyhjentymisestä laitteen ollessa pois päältä. Laitteen patteriversiota suunniteltiin kuitenkin melko pitkälle. Tässä osiossa esitetään sen toimiperiaate.

8.2.1 Teho-osan uudelleensuunnittelu

Jotta laitteesta saataisiin patterikäyttöinen, tulee teho-osa suunnitella uudestaan. Yhdeksän voltin patterista saadaan muodostettua +5 ja -5 voltin jännitteet. Tästä seuraa monia hyötyjä: virtuaalimaatso voidaan eliminoida, koska operaatiovahvistimille voidaan muutoksen jälkeen ajaa suoraan negatiivinen ja positiivinen jännite. Myös multiplexeri saa nyt sekä negatiivisen että positiivisen käyttöjännitteen, joten tasavirta-komponenttien luomiseen tarkoitetut operaatiokytkennät voidaan poistaa tarpeettomina. Kuviosta 24. nähdään hahmotelma kytkennästä, jolla patterimuutos voitaisiin toteuttaa.



KUVIO 24. Hahmotelma uuden teho-osan piirikaaviosta, joka pohjaa Maximin MAX663-666:n datasheetista löytyvään kytkentään. (Maxim/Dallas Semiconductor 1996)

Uuden teho-osan suunnitteluun käytetään Maximin IC-piirejä, jotka ovat nimenomaan suunniteltu patterikäyttöisiä laitteita varten. Olennaisin osa uutta kytkentää

on ICL7660, joka on IC-piiriin integroitu jännitepumppu. Jännitepumppu pystyy muodostamaan sisääntulevaa jännitettä vastaavan negatiivisen jännitteen kondensaattoreista, diodeista ja ohjaussignaalista koostuvan kytkennän avulla. Piiristä saadaan ulos vain pieni virta [noin 10 milliampeeria], mutta uskomme tämän riittävän operaatiovahvistimille, koska analogia-osan vahvistinketjua kuormitetaan hyvin vähän, ja transistorikytkentä saa käyttöjännitteensä yksipuolisesta yhdeksän voltin jännitteestä.

Saadut +9 ja -9 voltin jännitteet tulee reguloida. Tämä tosin ei ole aina välttämätöntä multiefektilaitteen kaltaisissa sovelluksissa, koska monet analogiset efekti-pedaalit toimivat ilman minkäänlaista regulointipiiriä ja suotokondensaattorit ovat usein ainoa tapa vakavoittaa käyttöjännitettä. Multiefektilaitteen kohdalla regulointi on kuitenkin pakko tehdä, koska digitaaliosa vaatii viiden voltin käyttöjännitteen. Regulointi toteutetaan Maximin IC-regulaattoreilla: positiivisen käyttöjännitteen luomiseen käytetään MAX667- ja negatiivisen käyttöjännitteen luomiseen MAX664-piiriä. Molemmat piirit sisältävät lähes identtiset liitännäpinnit ja ilman erilliskomponentteja ne muodostavat vakioina +5 ja -5 voltin jännitteet. Piirien tuloihin ja lähtöihin kytketään suotokondensaattorit.

8.2.2 Patterin jännitetason tarkkailu

MAX667:ssä on sisäänrakennetusti ominaisuus, jolla voi tarkkailla jännitelähteenä käytettävän pariston jännitetasoa. LBI-pinniin kytketään patterilta tuleva jännite vastuksilla muodostettavan jännitteenjaon kautta. Kyseisten vastuksien arvoilla saadaan valittua haluttu jännitetaso, jota seurataan. Yhdeksän voltin patterin kohdalla se voisi olla vaikka seitsemän tai kuusi voltia. Kun pinniin LBI saapuva jännite laskee sovitulle tasolle, esimerkiksi kuusi voltia, alkaa LBO-pinni johtaa virtaa maahan.

On kaksi mahdollisuutta, joilla informoida käyttäjää patterin vähenemisestä: joko kytkeä vastus ja LED-valo pinniin LBO, jolloin LED-valo syttyy, kun LBO-pinni alkaa johtaa virtaa maihin. LED-valon syttyminen varoittaa käyttäjää siitä, että

patteri tulee pian ehtymään. LBO-pinni voidaan myös kytkeä ATMEGA32-mikro-ohjaimen input-pinniin. Mikro-ohjain ohjaa tiedon eteenpäin LCD-näytölle, josta tieto tulostuu käyttäjälle tekstinä LCD-ruudun näytöllä. Jos käytetään vaihtoehtona LCD-näytölle tulostamista, tulee LBO-pinni kytkeä ylösvetovastuksen kautta +5 volttiin, koska kyseessä on avokollektorilähtö.

8.2.3 Testattavia asioita uuden kytkennän kohdalla

Boost-efektin toimintaa pitää testata yhdeksän voltin käyttöjännitteellä alkuperäisen 12 voltin sijaan. Jos tarve vaatii, voidaan tarvittaessa suunnitella zenerdiodi-kytkentä reguloimaan yhdeksän voltin jännitettä. Muita mahdollisia ongelmia on esimerkiksi regulaattorien mahdollinen kumentuminen, jota voi ennaltaehkäistä kunnollisella jäähdytyksellä kuten jäähdytysrimoilla. Analogia-osan tarkemmat muutokset voidaan suunnitella ja päättää vasta kunnollisen testaamisen jälkeen.

Vaikka patterin valitseminen laitteen jännitelähteeksi luo omia haasteita ja ongelmia, sillä on myös selviä hyötyjä: virtuaalimaatso voidaan poistaa kuten myös tasavirta-komponentin luomiseen käytetyt operaatiovahvistinkytkennät. Patterin käyttö suosii myös alkuperäistä ideaa multiefektilaitteen matka- ja ulkokäytöstä. Patterin avulla multiefektilaitetta voidaan käyttää missä tahansa, ja jos lisäosaksi tarkoitettu kannettava vahvistin saadaan myös rakennettua, multiefektilaite on täysin valmis katusoitto- tai vastaavaan ulkoesiintymistilanteeseen.

9 YHTEENVETO

Kun aloimme toteuttaa tätä projektia, halusimme suunnitella laitteen, joka yhdistää kaikki koulutuslinjamme opettamat asiakokonaisuudet, kuten esimerkiksi signaalinkäsittelyä, analogisen ja digitaalisen elektroniikan yhdistämistä ja toteuttamista, laiteohjelmointia ja piirilevy-suunnittelua. Laitteesta suunniteltiin sekä fyysinen rautapuoli että ohjelmallinen puoli. Piirilevykaaviot tehtiin valmiiksi ja piirien toiminta testattiin virtuaalisesti. Laitetta ohjaava äly eli ohjelma suunniteltiin, joskaan sitä ei saatu aivan valmiiksi asti käytännössä.

Koen, että laitteen toteutus onnistui kiitettävästi, vaikka laitteen fyysistä prototyyppiä ei valitettavasti saatu valmiiksi. Suunnittelupuoli kuitenkin saatiin, joten laite on täysin valmis rakennettavaksi ja toteutettavaksi. Konsepti ja piirien toimivuus on testattu virtuaalisesti, joten kaiken pitäisi toimia. Osa laitteesta saatiin testattua myös fyysisesti, kuten esimerkiksi digitaalisten potentiometriä luku ja kirjoitus. Rajallisen toteuttamisajan takia myös laitteen ominaisuuksien määrää karsittiin, joten jos aikaa projektin loppuunviemiseen tulevaisuudessa löytyy, voidaan laitteeseen lisätä monia eri ominaisuuksia ja lisätoimintoja.

Kaiken kaikkiaan koen, että tämä opinnäytetyö oli opettava prosessi ja että se valmisti minua suunnittelemaan laitteita tulevaisuudessa, kun valmistuttuani siirryn työelämäni. Toivon mukaan saan oman alani töitä eli pääsen suunnittelemaan tietokone-elektroniikkalaitteita.

LÄHTEET

Atmel. 2003. STK500 User Guide [viitattu 16.9.2011]. Saatavissa:

http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1925.pdf

Atmel. 2010. AVR hardware design considerations [viitattu 14.9.2011]. Saatavissa:

http://atmel.kr/dyn/resources/prod_documents/doc2521.pdf

Atmel. 2011. ATMega32 Instruction Set datasheet [viitattu 13.9.2011]. Saatavissa:

http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2503s.pdf

Axelsson, J. 1997. The Microcontroller Idea Book: Circuits, Programs, & Applications. Lakeview Research.

Barr, M. 2001. "Memory Types," Embedded Systems Programming.

Cadsoft. 2011. EAGLE PCB Software [viitattu 16.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.cadsoftusa.com/eagle-pcb-design-software/product-overview/>

Fairchild Semiconductor. 2001. LM78XX 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator [viitattu 18.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/LM7805.pdf>

The Ganssle Group. 1991. Embedded Systems Programming [viitattu 18.9.2011].

Saatavissa: <http://www.ganssle.com/articles/auart.htm>

Kojo, L. 2011. Efekttilaite kitaralle. Lahden Ammattikorkeakoulu.

Koskinen, J. 2004. Mikrotietokonetekniikka. 2. painos. Keuruu: Otava.

Maxim/Dallas Semiconductor. 1996. MAX663-MAX666 datasheet [viitattu 24.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/MAX663-MAX666.pdf>

Maxim/Dallas Semiconductor. 2002. Precision, 8-Channel/Dual 4-Channel, High-

Performance, CMOS Analog Multiplexers datasheet [viitattu 15.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/MAX308-MAX309.pdf>

Maxim/Dallas Semiconductor. 2011. DS1867 Dual Digital Potentiometer with EEPROM datasheet [viitattu 15.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/DS1867.pdf>

National Semiconductor. 1994. LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers datasheet [viitattu 15.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS007787.PDF>

National Instruments. 2011. What Is NI Multisim? [viitattu 16.9.2011] Saatavissa:

<http://www.ni.com/multisim/whatis.htm>

LIITTEET

ANALOGIA-OSAN PIIRIKAAVIO

LIITE 1

