

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut

Rauno Laul

Madalpääs filtriga basskõlari võimendi

Bakalaureusetöö

Juhendaja: dotsent Mihhail Pikkov

Tallinn 2015

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud. Kinnitan, et antud töö koostamisel on kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvametele jmt viidatud.

Kuupäev:

Autor: Rauno Laul

.....

/allkiri/

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:

Madalpass filtriga basskõlari võimendi.

Subwoofer amplifier with low-pass filter.

Teema päritolu:

Internet:

8-Pole Active Low-Pass Filter

Subwoofer Amplifier Circuit

Lõputöö eesmärgid:

Elektroonikaskeemi ja trükkplaadi disainimine, simulatsioonide läbiviimine ning koostõlastamine arvutustega.

Oodatavad tulemused:

Elektroonikaskeemi arvutuste ja simulatsioonide võimalikult väikesed erinevused.

Trükkplaadi kompaktne ning esteetiline välimus.

Lahendatavad küsimused:

Disain peab olema võimalikult kompaktne, et olla konkurentsivõimeline turul olevate alternatiividega, kuid samas peab omama korrektseid parameetreid.

Võimalusel tagada trükkplaadile struktuurne ülesehitus.

Kuupäev:

08.06.2015

Üliõpilane: Rauno Laul

.....

/allkiri/

Juhendaja: Mihhail Pikkov

.....

/allkiri/

Kinnitaja:

.....

/allkiri/

Resüme

Rauno Laul (2015). Madalpääs filtriga basskõlari võimendi.

Bakalaureusetöö Tallinna Tehnika ülikool. Infotehnoloogia teaduskond.

Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut. Käskkiri. Tallinn. 27lk. 12 kasutatud allikat. 16 joonist. 2 tabelit.

Käesolev bakalaureusetöö käsitleb basskõlari võimendit, mis võimaldaks sisendsignaali 100W võimendust ja samal ajal tagades madalpääs filtritega signaali piiramise 10Hz juures. Esimesed filtrid peaksid ka omama võimendustegurit, et tagada filtritesüsteemi 100 kordne signaali võimendamine, viimased filtrid see-eest signaali siluvaid omadusi.

Antud töö käigus uuriti elektroonikaskeemiga kaasas kävaid kalkulatsioone ja simulatsioone, valiti korrektsed komponendid, kõik selleks et saavutada vajalik signaal väljundis.

Bakalaureusetöö tulemusena valmis elektriskeem, millele disainiti ka trükkplaat, mis toodab väksest sisendsignaalist kõrge võimsusega madalpääs signaali.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 27 leheküljel, 6 peatükki, 16 joonist ja 2 tabelit.

Abstract

Rauno Laul (2015). Subwoofer amplifier with low-pass filter. Bachelor thesis.

Tallinn University of Technology. Faculty of Information technology.

Thomas Johann Seebeck Department of Electronics. Manuscript. Tallinn. 27pages.

12 used sources. 16 figures. 2 tables.

This work describes subwoofer amplifier, which would be able to amplify input signal 100W, meanwhile providing signal limitations to 10Hz using low-pass filters. First filters should also provide an overall gain of 100V/V or 40dB. On the other hand the final filter should provide unity gain for the system.

During the work I examined the calculations and simulations, chose the correct components all in order to achieve the necessary output signal.

The result of the work was a circuit alongside with a printed circuit board, which would produce high power low-pass signal from small input signal.

The thesis is in Estonian and contains 27 pages of text, 6 chapters, 16 figures and 2 tables.

Jooniste ja tabelite nimekiri

<i>Joonis 1.1 Elektroonikaskeem</i>	10
<i>Joonis 2.1 Elektroonikaskeemi struktuurskeem</i>	11
<i>Joonis 4.1 Elektroonikaskeemi signaalid struktuurskeemi vahepunktides</i>	16
<i>Joonis 4.2 Inverteeriv summaator (sisend ja väljund signaal)</i>	16
<i>Joonis 4.3 Esimest järku madalpääs filter võimendusteguriga 10 (sisend ja väljund signaal)</i> 17	
<i>Joonis 4.4 Teist järku madalpääs filter võimendusteguriga 10 (sisend ja väljund signaal)</i>	17
<i>Joonis 4.5 Esimest järku siluv filter (sisend ja väljund signaal)</i>	18
<i>Joonis 4.6 Teist järku siluv filter (sisend ja väljund signaal)</i>	18
<i>Joonis 4.7 Transistor võimendi (sisend ja väljund signaal)</i>	19
<i>Joonis 5.1 Trükkplaadi puuraukude paigutus</i>	20
<i>Joonis 5.2 Trükkplaadi ülemise kihi radade paigutus</i>	20
<i>Joonis 5.3 Trükkplaadi alumise kihi radade paigutus</i>	21
<i>Joonis 5.4 Trükkplaadi radade paigutus</i>	21
<i>Joonis 5.5 Trükkplaadi komponentide paigutus</i>	22
<i>Joonis 5.6 Trükkplaat</i>	22
<i>Tabel 5.1 Trükkplaadil kasutatud komponendid</i>	23
<i>Joonis 5.7 Trükkplaadi 3D mudel</i>	24
<i>Tabel 6.1 Elektroonikaskeemis kasutatud komponentide hinnakiri</i>	25

Sisukord

Sissejuhatus.....	9
1. Elektroonikaskeem	10
1.1. Elektroonikaskeemi disain.....	10
2. Elektroonikaskeemi struktuurskeem	11
3. Elektroonikaskeemi arvutused.....	12
3.1. Inverteeriv summaator	12
3.2. Esimene madalp ääs filter v õimendusteguriga 10	12
3.2.1. V õimendusastme A_{v1} arvutamine	12
3.2.2. Piirsageduse f_{c1} arvutamine	12
3.3. Teine madalp ääs filter v õimendusteguriga 10	13
3.3.1. V õimendusastme A_{v2} , A_v , L_v arvutamine	13
3.3.2. Piirsageduse f_{c2} arvutamine.....	13
3.4. Esimese j ärgu siluv filter	13
3.4.1. Piirsageduse f_{c3} arvutamine.....	13
3.5. Teise j ärgu siluv filter	14
3.5.1. Piirsageduse f_{c4} arvutamine.....	14
3.6. Transistor v õimendi	14
3.6.1 Eelv õimendi.....	14
3.6.2 V õimsusv õimendi.....	15
4. Elektroonikaskeemi simulatsioonid.....	16
4.1. Inverteeriv summaator	16
4.2. Esimene madalp ääs filter v õimendusteguriga 10	17
4.3. Teine madalp ääs filter v õimendusteguriga 10	17
4.4. Esimese j ärgu siluv filter	18
4.5. Teise j ärgu siluv filter	18
4.6. Transistor v õimendi	19
5. Tr ükkplaat.....	20
5.1. Tr ükkplaadi disain	20

5.2. Komponentid.....	23
5.3. Trükkplaadi 3D Mudel.....	24
6. Komponentide hinnakiri.....	25
Kokkuvõte.....	26
Kasutatud kirjandus	27

Sissejuhatus

Tänapäeval, kus muusikat ööstus areneb peadpööritava kiirusega, esineb turul puuduj ääktaskukohaste madalsagedus basskõlarite ning nende võimendite valdkonnas. Esineb kaks äärmusliku alternatiivi võimendite valdkonnas, milleks on kõrgel kvaliteediga, täpsusvõimendid, mis omavad ka signaali väikest mürataset, aga see-eest hinnaklass kipub olema paljudele kättesaamatu. Teisest küljest on müügil tasukohase hinnaga võimendeid, kuid paljud aspektid, mis kvaliteetsele madalpääl filtriga võimendile omased, jäävad selle valikuga käulatusesst välja.

Eksisteerib turg inimeste seas, kes sooviksid soetada endale täpsusvõimendit, millega oleks võimalik nautida madalsageduslikku bassheli, kuid kahjuks puuduvad ressursid või pole odavamad alternatiivid piisavalt heade tehniliste parameetritega.

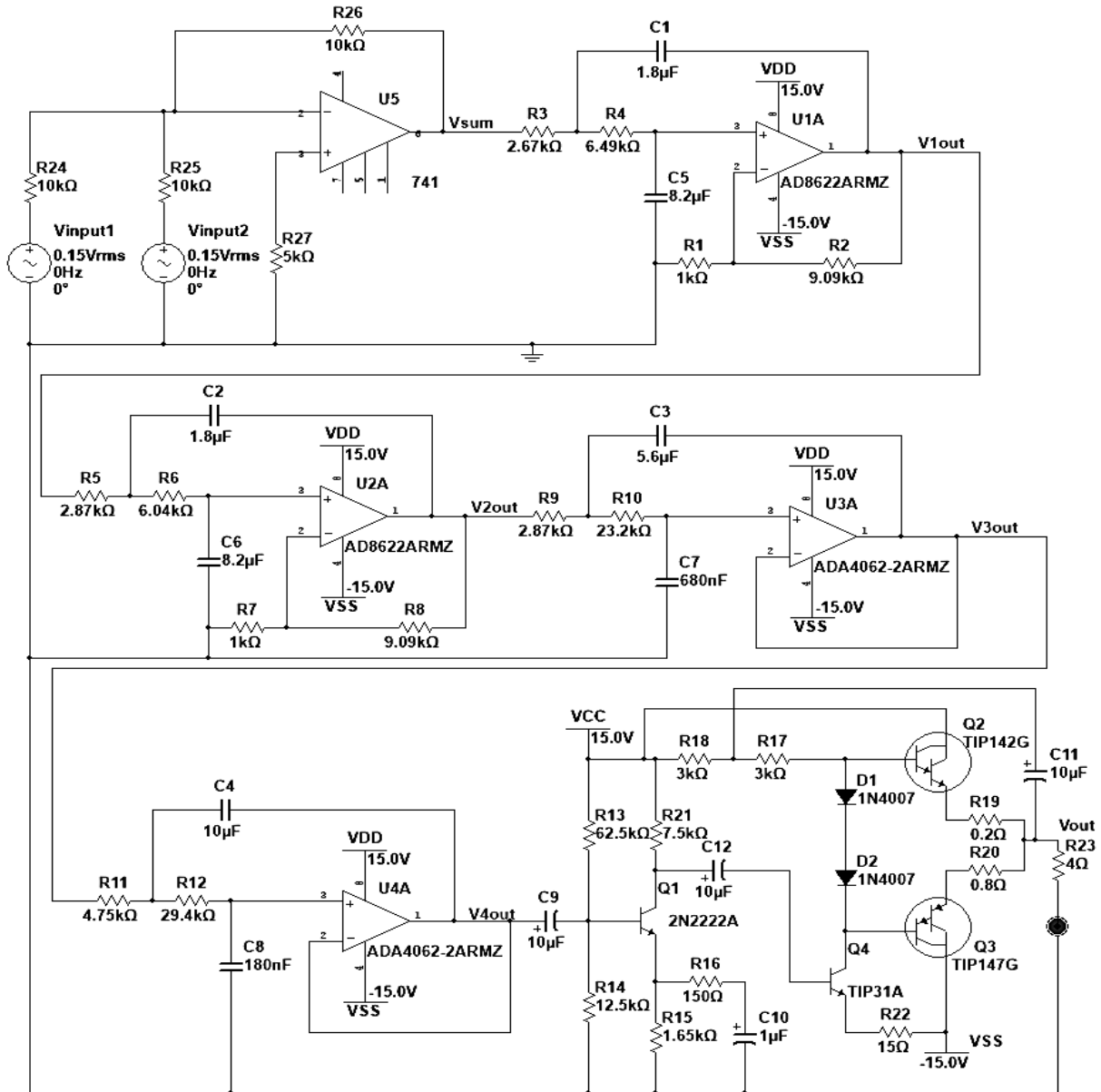
Bakalaureusetöö eesmärk oleks luua elektroonikaskeem, kooskõlastada teoreetilised arvutused simulatsioonidega ja töötada välja trükkplaat, et soovikorral oleks võimalik võimendi realiseerida ning seeläbi anda võimalus inimestele, kes seda soovivad.

Antud bakalaureusetööga ongi soov välja tuua taskukohase hinnaga kvaliteetne madalpääl filtriga võimendi elektroonikaskeem basskõlarite jaoks.

1. Elektroonikaskeem

Skeem koosneb 6 peamisest etapist. Esmalt toimub sisend signaali summeerimine, seejärel järjestikused filtrid töötavad madalpass-filtritena, millest kaks esimest mõlemad võimendavad signaali 10 kordselt. Kahe viimase filtri ülesandeks on sissetuleva signaali silumine. Transistor võimendi eesmärk on tagada 100W väljundvõimsus. Antud skeemis kasutusel olevad komponendid on väljatoodud tabelis 5.1 lk22 ning komponentide maksumus tabelis 6.1 lk 25. Antud elektroonikaskeemi modelleerimiseks kasutati programmi Multisim 13.

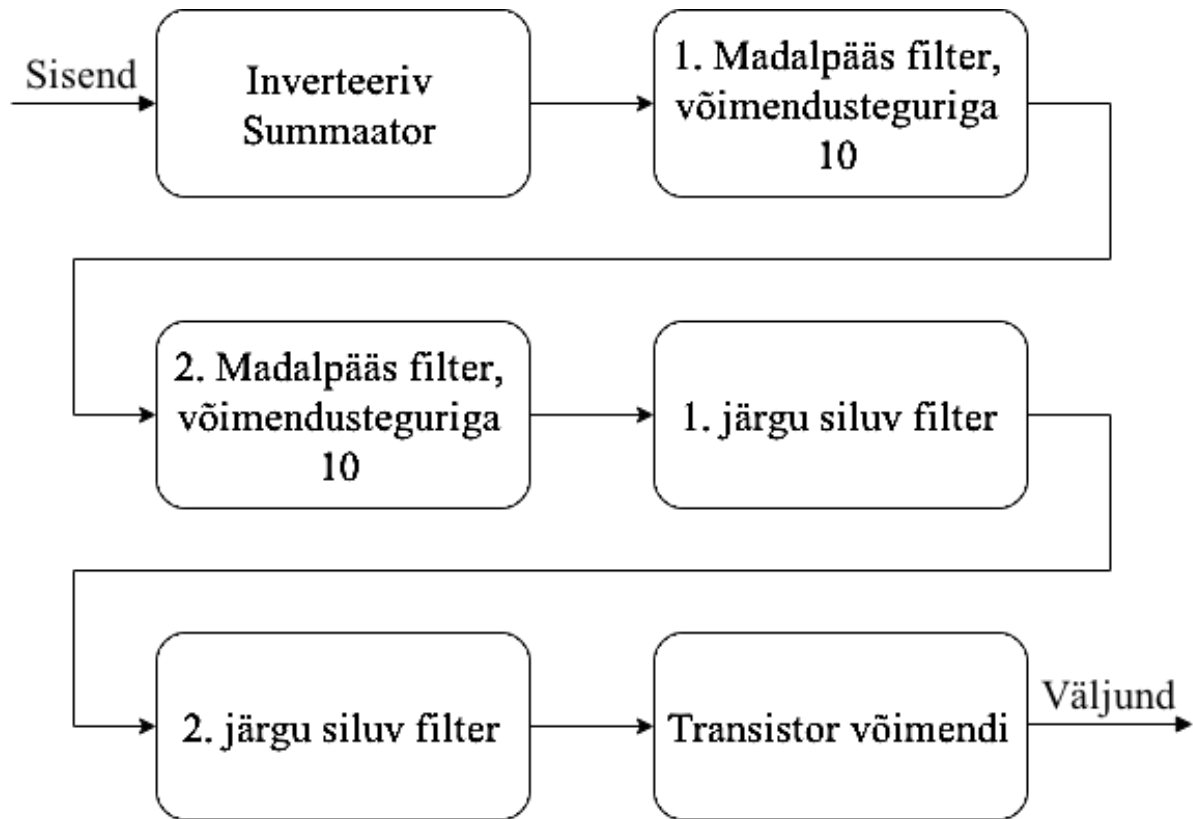
1.1. Elektroonikaskeemi disain



Joonis 1.1 Elektroonikaskeem

2. Elektroonikaskaemi struktuurskeem

Elektroonikaskaemi ülesehituse ja signaali kulgemise lihtsamaks kujutamiseks on väljatoodud struktuurskeem, kus antud juhul on tegu kuue etapiga sisendi ja väljundi vahel. Järgnevalt uuritakse arvutuslikult iga protsessi ning hiljem kõrvutatakse need simulatsioonidega.



Joonis 2.1 Elektroonikaskaemi struktuurskeem

3. Elektroonikaskeemi arvutused

Antud punktis on v äja toodud struktuurskeemi j ärgestuse alusel iga sektsiooni vajalikud arvutused. Tähtised on vastavuses elektroonikaskeemil olevate komponentide positsioonidega.

3.1. Inverteeriv summaator

Inverteeriva summaatori ülesandeks on kahest sisendsignaalist kokku teha üks. Seda on antud skeemi puhul vaja, sest üldjuhul on helivõimenduse korral sisend signaaliks stereo heli, mis tähendab, et ülejäänud skeemi optimaalseks toimimiseks on vaja tekitada üks signaal. Antud alapunktis on v äjatoodud inverteeriva summaatori v äjud signaali arvutamise valem.

$$\frac{V_{input1}}{R_{24}} + \frac{V_{input2}}{R_{25}} = -\frac{V_{sum}}{R_{26}},$$

kuna antud olukorras $R_{24} = R_{25} = R_{26}$,

$$\text{siis } V_{sum} = -(V_{input1} + V_{input2}) = -(0,15V + 0,15V) = -0,3V$$

3.2. Esimene madalpääs filter võimendusteguriga 10

3.2.1. Võimendusastme A_{v1} arvutamine

Esmalt on arvatud madalpääs filtri võimendusaste A_{v1} .

$$A_{v1} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{9,09k\Omega}{1k\Omega} = 10,09$$

Komponentide valikuga on tagatud esimest järku filtril võimendustegur A_{v1} 10,09.

3.2.2. Piirsageduse f_{c1} arvutamine

Järgnevalt on uuritud filtri piirsageduse f_{c1} arvutamist

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3R_4C_1C_5}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2,67k\Omega \cdot 6,49k\Omega \cdot 1,8\mu F \cdot 8,2\mu F}} = 9,952Hz$$

Piirsagedus f_{c1} on arvutuslikult saadud 9,952Hz, mis vastab oodatud tulemustele, milleks oli 10Hz.

3.3. Teine madalp ääs filter v õimendusteguriga 10

3.3.1. V õimendusastme A_{v2} , A_v , L_v arvutamine

Sarnaselt eelmisele etapile on siin arvatatud filtri v õimendusaste A_{v2} .

$$A_{v2} = 1 + \frac{R_8}{R_7} = 1 + \frac{9,09k\Omega}{1k\Omega} = 10,09$$

Teist j ärgu filtri puhul oli kasutatud samade v äärtustega takisteid ning saadud v õimendusaste A_{v2} on samuti 10,09. Kuna j ärgneval kahel filtril on v õimendusaste 1, saab v älja arvutada filtrite koguv õimenduse A_v .

$$A_v = A_{v1} \cdot A_{v2} = 10,09 \cdot 10,09 = 101,8$$
$$L_v = 20 \log_{10} A_v = 20 \log_{10} 101,8 = 40,2 \text{ dB}$$

Madalp ääsfiltrite koguv õimendus A_v on 101,8 ning detsibellides L_v vastavalt 40,2dB

3.3.2. Piirsageduse f_{c2} arvutamine

J ärgnevalt on leitud piirsagedus f_{c2} eelnevalt mainitud meetodil.

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_5 R_6 C_2 C_6}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2,87k\Omega \cdot 6,04k\Omega \cdot 1,8\mu F \cdot 8,2\mu F}} = 9,950 \text{ Hz}$$

Piirsagedus f_{c2} on arvutuslikult 9,950Hz, mis samuti vastab eeldustele.

3.4. Esimese j ärgu siluv filter

3.4.1. Piirsageduse f_{c3} arvutamine

Kuna kolmanda j ärgu filtril v õimendamist ei toimu on v õimalik v älja arvutada ainult piirsagedus f_{c3} .

$$f_{c3} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_9 R_{10} C_3 C_7}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2,87k\Omega \cdot 23,2k\Omega \cdot 5,6\mu F \cdot 680nF}} = 9,995 \text{ Hz}$$

Piirsagedus f_{c3} saadi komponentide valiku t õttu 9,995Hz, mis vastab ootustele.

Komponentide valikul valiti v äksemate mahtuvustega kondensaatorid, et tagada v äksem sisend mahtuvus operatsioon v õimenditele, kuid sellest tulenevalt v õeti kasutusele suuremad takistid, mis v õivad p õhjustada temperatuurist tekitatud m üra.

3.5. Teise järgu siluv filter

3.5.1. Piirsageduse f_{c4} arvutamine

Neljanda järgu filtril sarnaselt eelmisele on tegu vööimendusteguriga 1. Arvutuslikult saab leida vaid piirsageduse f_{c4} .

$$f_{c4} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_{11}R_{12}C_4C_8}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{4,75k\Omega \cdot 29,4k\Omega \cdot 10\mu F \cdot 180nF}} = 10,038Hz$$

Piirsagedus f_{c4} on arvutuslikult 10,038Hz. Sarnaselt eelmisele filtrile kasutati siin suurema takistusega takisteid ning seega vööhendati sisend mahtuvust vööimendil.

3.6. Transistor vööimendi

Transistor vööimendi juures oli vaja kindlaks määrata komponentide väärtused, et tagada vööjundis oodatud vööimsus. Antud olukorras oli vöömalik skeem jaotada kaheks pooleks, millest esimene eelvööimendi ning teine vööimsusvööimendi. Esmalt uuriti eelvööimendit ning kuna soovitud vööjund vööimsus oleks 100W ja koormustakisti R_{23} väärtus 4Ω saadi vajalikuks toitepingeks $V_{cc} \pm 15V$.

3.6.1 Eelvööimendi

Eelvööimendi juures oli kasutusel A-klassi režiimis transistor 2N222. Eeldusel, et neeluvool I_N on 1mA ja neelupinge V_N pool toitepingest V_{CC} on vöömalik vööja arvutada koormustakisti R_{21} väärtus.

$$R_{21} = \frac{V_{CC}}{2 \cdot I_N} = \frac{15V}{2 \cdot 1mA} = 7.5k\Omega$$

Antud transistori vooluvööimendustegur $\beta=50$, seega paisuvool I_P ,

$$I_P = \frac{I_N}{\beta} = \frac{1mA}{50} = 0.02mA$$

Eeldusel et eelvool I_E on kümme korda suurem paisuvoolust I_P ,

$$I_E = 10 \cdot I_P = 10 \cdot 0.02mA = 0.2mA$$

Lätepinge V_L on eeldatud olema 12% toitepingest $V_L=1.8V$, seega paisupinge V_P on arvutatav.

$$V_P = V_L + 0.7V = 1.8V + 0.7V = 2.5V$$

Takistite R_{13} ja R_{14} väärtused vastavalt,

$$R_3 = \frac{V_{CC} - V_P}{I_P} = \frac{15V - 2.5V}{0.2mA} = 62.5k\Omega$$

$$R_4 = \frac{V_P}{I_P} = \frac{2.5V}{0.2mA} = 12.5k\Omega$$

Läätetakisti R_L väärtus on arvutatav vastavalt oomiseadusele,

$$R_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{1.8V}{1mA} = 1.8k\Omega$$

Antud läätetakistus on jaotatud takistite R_{15} ja R_{16} vahel, millest viimane on tagasiside takisti, et tagada v ähenenud lahti sidustamine kondensaatoril C_{10} . Takisti R_{16} väärtus on arvutatav takisti R_{21} ja vooluv ämendusteguri β kaudu.

$$R_{16} = \frac{R_{21}}{50} = 150\Omega, \text{ seega}$$

$$R_{15} = R_L - R_{16} = 1.8k\Omega - 150\Omega = 1.65k\Omega$$

Kondensaatori C_{10} arvutamisel v öeti arvesse, et antud komponendi reaktiiv takistus peaks olema v äksem läätetakistusest ning seega on $C_{10} = 1 \mu F$

3.6.2 V äimsusv ämendi

V äimsusv ämendi osas on kasutusel Darlington transistorid TIP142G ja TIP147G klass-AB režiimis.

Kuna antud skeemi osa eeldab suurt eeltakistust R_{17} , et tagada madal eelvool on valitud $R_{17} = 3k\Omega$.

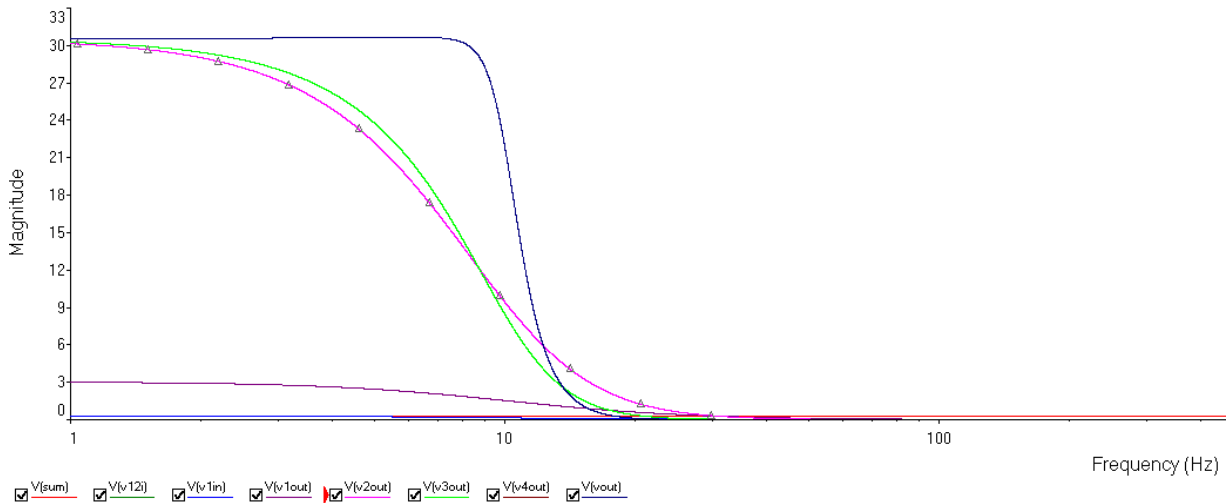
Juhtimisetapp on kasutusel, et anda v äimsusv ämendile kõrge impedantsiga sisend. Selleks on antud skeemis kasutatud jõutransistori TIP31A klass-A režiimis. Läätetakisti R_{22} väärtus on arvutatud läbi lätepinge V_L ja lätevoolu $I_L = 0.5A$,

$$V_L = \frac{V_{CC}}{2} - 0.7V = 7.5V - 0.7V = 6.8V, \text{ seega } R_{22} = \frac{V_L}{I_L} = \frac{6.8V}{0.5A} = 13.6\Omega \approx 15\Omega$$

Alglaadimise takisti R_{18} väärtus peaks olema vastav, et tagada kõrge impedantsiga sisend Darlington transistoritele. Antud juhul valiti selleks $R_{18} = 3k\Omega$.

4. Elektroonikaskeemi simulatsioonid

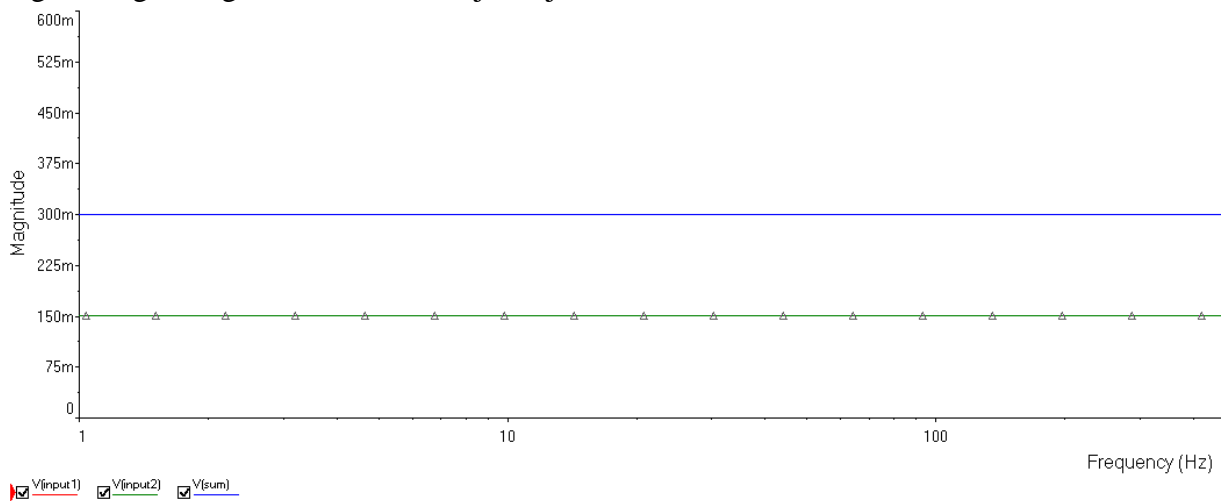
Antud punktis tuuakse arvutuslike tulemuste k rnutamiseks simulatsioonid vastavalt struktuurskeemis v lajatoodud järjekorrale. Esimeselt simulatsioonilt on v malik näha kõiki signaale võrduses teineteisega, et saada parem üldpilt terve süsteemi võrdluseks. Signaalide nimetused on vastavuses elektroonikaskeemis välja toodud nimetustega. J rnevates alapunktides on signaalide paarid vastavate etappide sisend ja väljund.



Joonis 4.1 Elektroonikaskeemi signaalid struktuurskeemi vahepunktides

4.1. Inverteeriv summaator

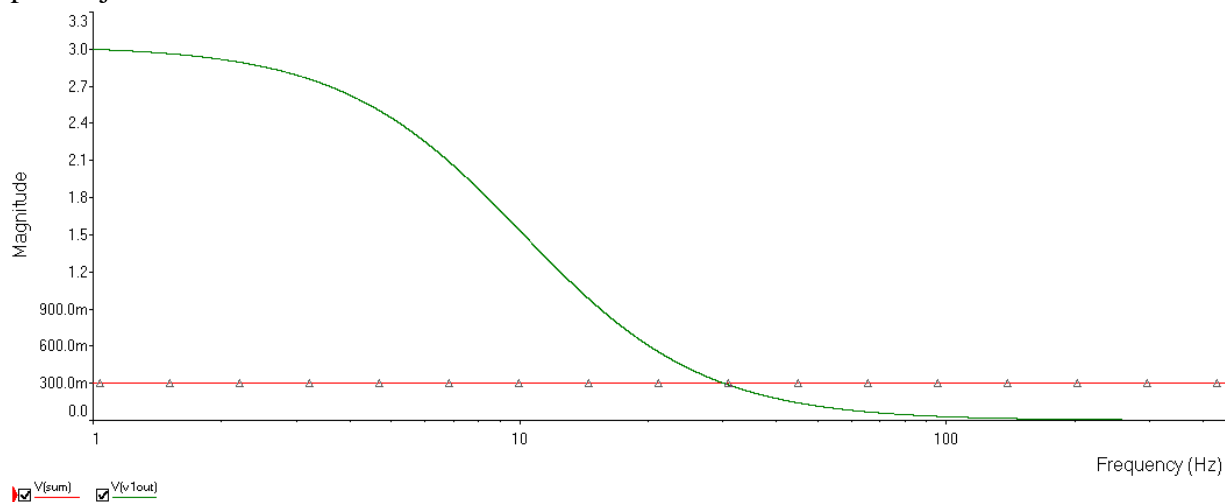
Rohelise ja punase markeriga on esile toodud skeemi tulevad sisend signaalid. Kuna antud olukorras on m demad 150mV ühtivad nende signaalid. Peale summaatorit on saavutatud signaal tugevusega 300mV, mida kujutab joonisel sinine marker.



Joonis 4.2 Inverteeriv summaator (sisend ja väljund signaal)

4.2. Esimene madalp ääs filter v õmendusteguriga 10

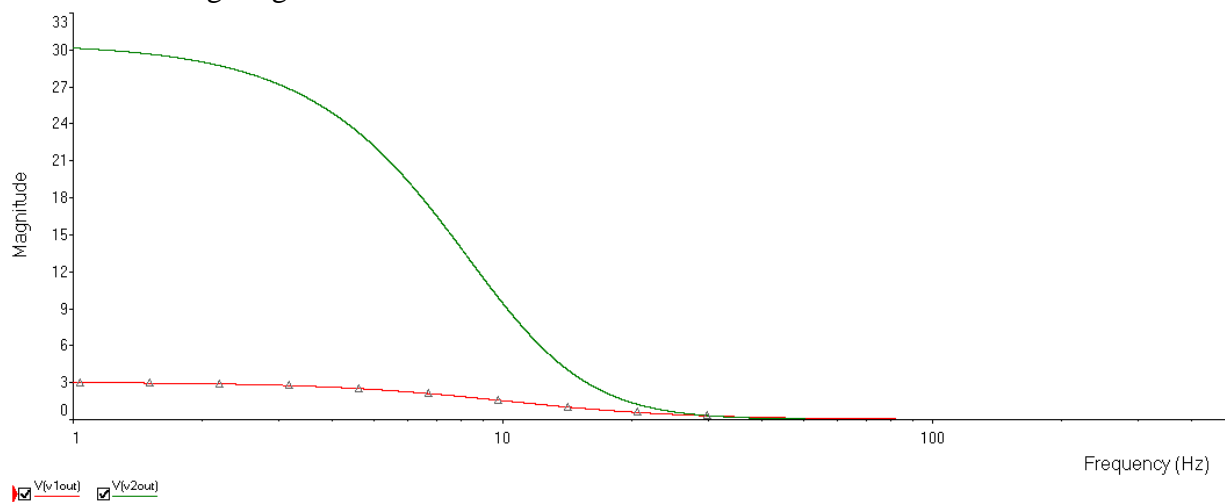
Punasega on tähistatud joonisel summaatori väljundsignaali. Antud sektsiooni ülesanne oli v õmendada signaali kümnekordselt ning tagada piirsagedus 10Hz juures. Väljud signaali juures on selgelt näha, et on toimunud nõuetekohane signaali v õmendamine ja piiramine. Sisendsignaalist 300mV oli saavutatud madalp ääs signaal tugevusega 3V. Kuna tegu on Butterworth tüüpi filtriga on siirdeala suhteliselt suur, kuid see-eest puuduvad lainetused p ääsu- ja tõkkealal.



Joonis 4.3 Esimest järku madalp ääs filter v õmendusteguriga 10 (sisend ja väljund signaal)

4.3. Teine madalp ääs filter v õmendusteguriga 10

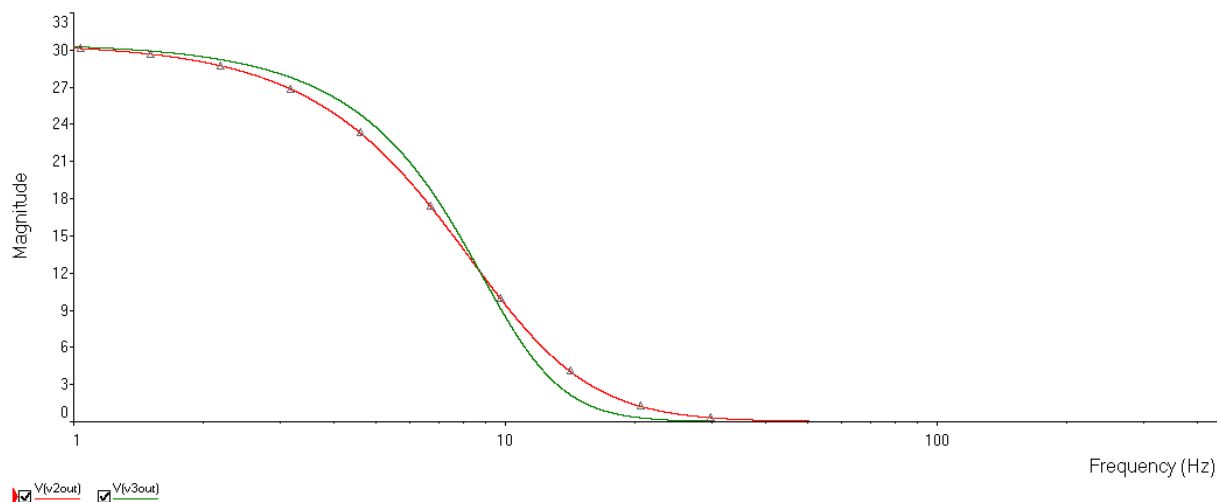
Teist järku madalp ääs filtri kolme voldist sisendsignaali oli järjestikordselt v õmendatud kümnekordselt kolmekümne voldini. Piirsagedus oli jäänud samaks, kuid siirdealal oli kalle suurenenud ning seega siirdeala v õhnenud.



Joonis 4.4 Teist järku madalp ääs filter v õmendusteguriga 10 (sisend ja väljund signaal)

4.4. Esimese järku siluv filter

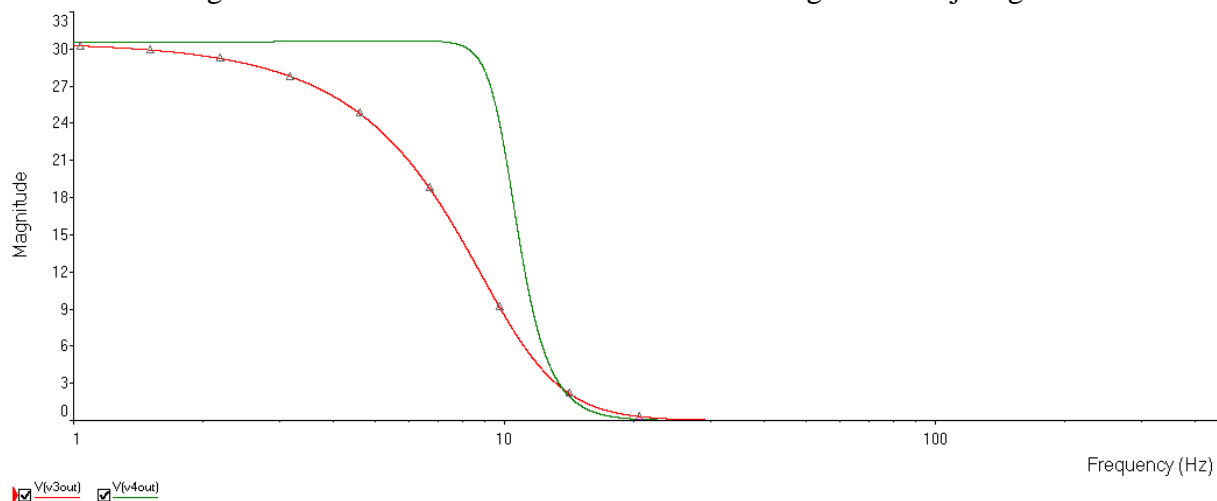
Tegemist on siluva madalpääsfiltri, mille eesmärgiks oli veelgi vähendada siirdeala sagedustunnusjoone kalde suurendamisega. Jooniselt tuleb selgelt näha, et roheline väljundsignaal omab suuremat kallet punasest sisendsignaalist.



Joonis 4.5 Esimest järku siluv filter (sisend ja väljund signaal)

4.5. Teise järku siluv filter

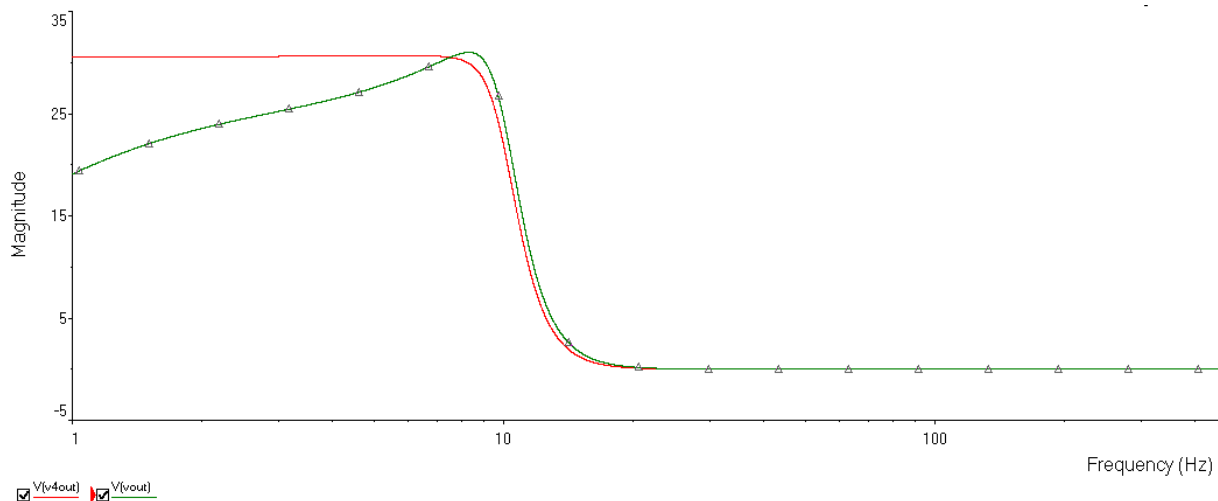
Antud skeemi viimast järku madalpääs filter omab samuti siluvaid omadusi. Väljund signaal omab võrreldes sisend signaaliga silmnähtavalt suurenenud kallet ning seeläbi ka vähendatud siirdeala. Piirsageduse määratlust on võimalik simulatsioonist väga hästi välja lugeda.



Joonis 4.6 Teist järku siluv filter (sisend ja väljund signaal)

4.6. Transistor võimendi

Transistor võimendi väljund signaalis on näha, et signaalis esineb kõik muutusi, kuid see-eest on tagatud väljund võimsus 100W, mis on vajalik juhtimaks madala impedantsiga, umbes 4 oomist basskõlarit.

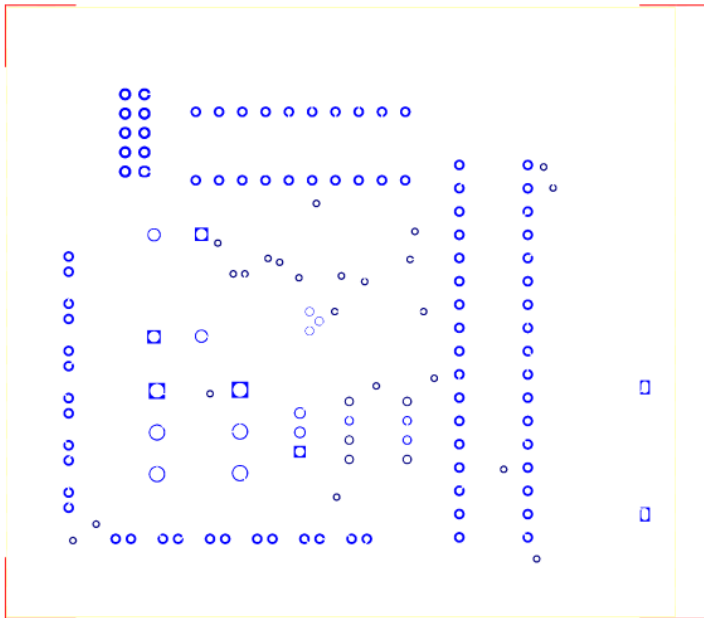


Joonis 4.7 Transistor võimendi (sisend ja väljund signaal)

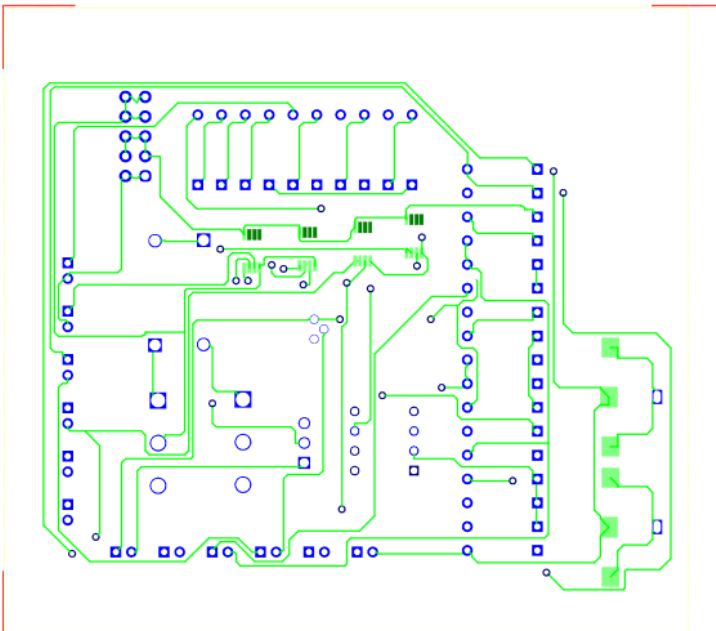
5. Trükkplaat

Trükkplaat on koostatud koos õlas elektroonikaskeemiga, mille virtuaalsed toiteallikad ja sisendsignaaliid asendati ühenduspesadega. Allpool on toodud trükkplaadi erinevad tasemed: puuraugud, ülemise kihi rajad, alumise kihi rajad, mõlema kihi rajad, komponentide asetused ning viimaks terve trükkplaat.

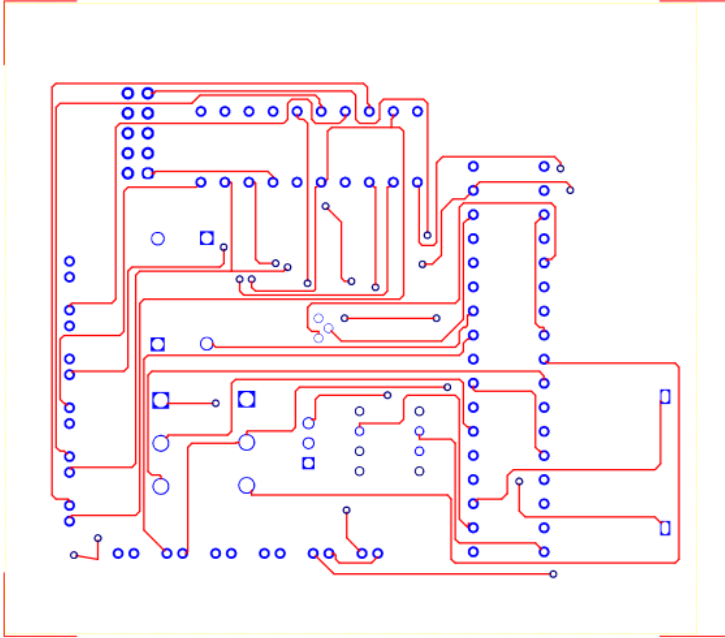
5.1. Trükkplaadi disain



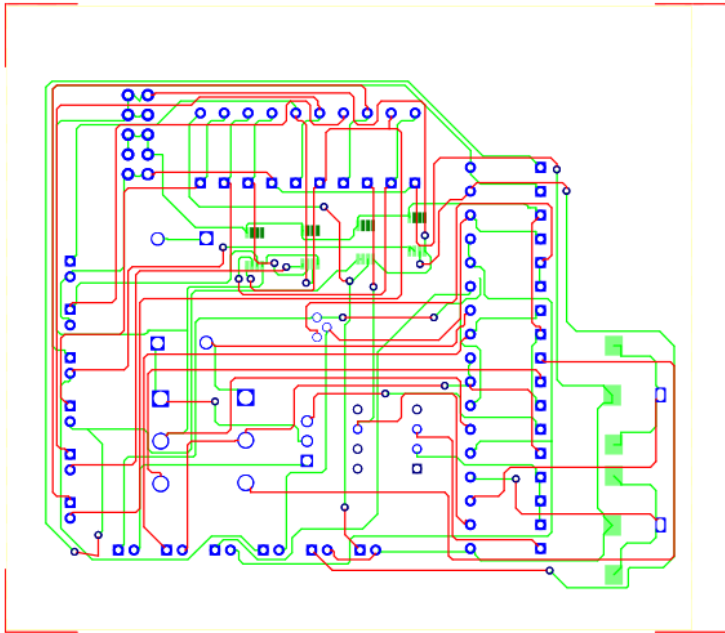
Joonis 5.1 Trükkplaadi puuraukude paigutus



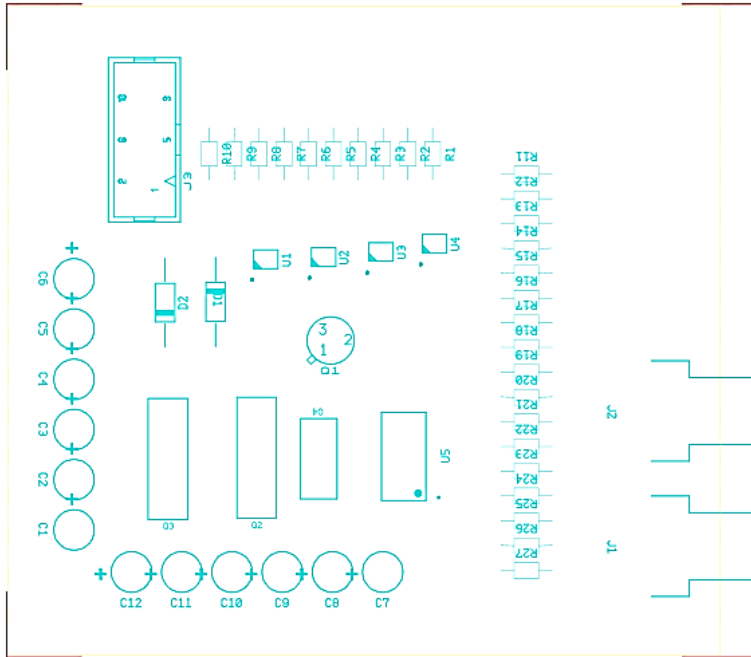
Joonis 5.2 Trükkplaadi ülemise kihi radade paigutus



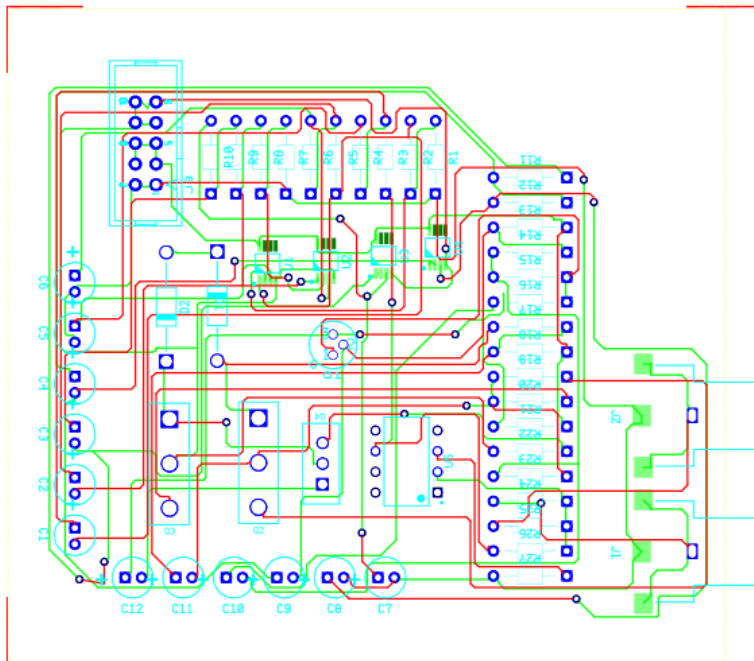
Joonis 5.3 Trikkplaadi alumise kihi radade paigutus



Joonis 5.4 Trikkplaadi radade paigutus



Joonis 5.5 Trikkplaadi komponentide paigutus



Joonis 5.6 Trikkplaat

5.2. Komponentid

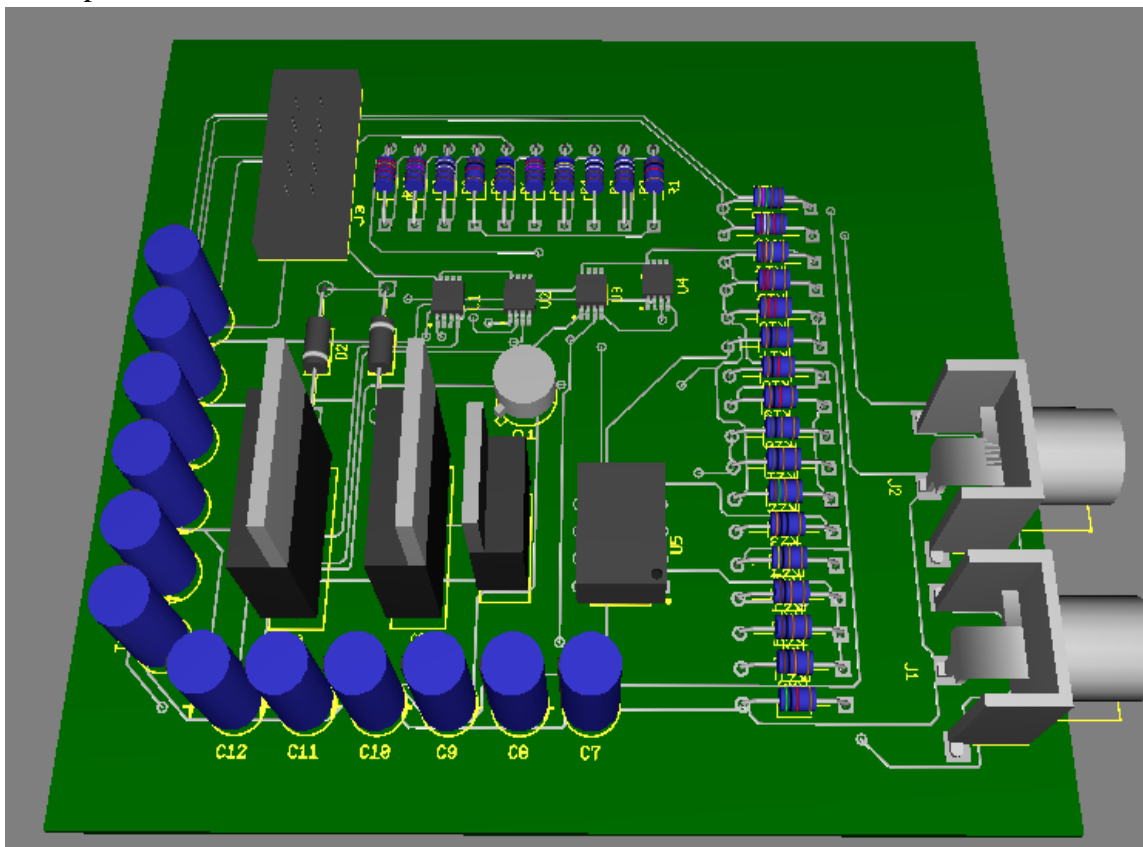
V äja on toodud vastava v äärtusega komponentide positsioonid, tootjad ja korpused, mida on kasutatud tr iikkplaadi koostamisel tabelis 5.1.

Positsioon(-id)	Komponent	V äärtus	Tootja	Korpus
C1,C2	Kondensaator	1.8 μ F	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
C3	Kondensaator	5.6 μ F	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
C4	Kondensaator	10 μ F	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
C5,C6	Kondensaator	8.2 μ F	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
C7	Kondensaator	680nF	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
C8	Kondensaator	180nF	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
C9,C11,C12	Kondensaator (elektrol üit)	10 μ F	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
C10	Kondensaator (elektrol üit)	1 μ F	IPC-2221A/2222	CAPPR150-400X500
D1,D2	Diiod	1N4007	ON Semiconductor	Axial Lead-2(CASE 59-10U)
J1,J2	AUDIO ihenduspesa	RCJ-011-SMT	CUI	RCJ-011-SMT
J3	Toite ihenduspesa	RIBBON_10V	Generic	RIBBON10V
Q1	NPN Transistor	2N2222	Generic	TO-18
Q2	NPN Darlington Transistor	TIP142G	ON Semiconductor	SOT-93-3(CASE 340D-02B)
Q3	PNP Darlington Transistor	TIP147G	ON Semiconductor	SOT-93-3(CASE 340D-02B)
Q4	NPN Transistor	TIP31A	ON Semiconductor	TO-220-3(CASE 221A-09AF)
R1,R7	Takisti	1k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R2	Takisti	2.67k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R3,R8	Takisti	9.09k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R4	Takisti	6.49k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R5,R9	Takisti	2.87k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R6	Takisti	6.04k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R10	Takisti	23.2k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R11	Takisti	4.75k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R12	Takisti	29.4k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R13	Takisti	62.5k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R14	Takisti	12.5k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R15	Takisti	1.65k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R16	Takisti	150 Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R17,R18	Takisti	3k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R19	Takisti	0.2 Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R20	Takisti	0.8 Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R21	Takisti	7.5k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R22	Takisti	15 Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R24,R25,R26	Takisti	10k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
R27	Takisti	5k Ω	IPC-2221A/2222	RES900-300X200
U1,U2	V ämendi	AD8622ARM Z	Analog Devices	MSOP-8(RM-8)
U3,U4	V ämendi	ADA4062-2ARMZ	Analog Devices	MSOP-8(RM-8)
U5	V ämendi	741	IPC-2221A/2222	DIP-8

Tabel 5.1 Tr iikkplaadil kasutatud komponendid

5.3. Trükkplaadi 3D Mudel

Trükkplaadi 3D mudeli disainimiseks kasutati programmi Ultiboard 13.0. Modelleerimise käigus oli prioriteet tagada tasakaal trükkplaadi kompaktsuse ja esteetilise välimuse vahel. Trükkplaadi 3D mõõtmed on 80mm x 88mm x 20 mm.



Joonis 5.7 Trükkplaadi 3D mudel

6. Komponentide hinnakiri

Allpool on v äjatoodud erinevate v äärtustega komponendid elektroonikaskeemis ning nende vastavad kogused. Samuti kajastuvad komponentide ühikuhinnad, samade v äärtustega komponentide koguhind ning tabeli lõpus on elektroonikaskeemi komponentide koguhind. Hinnad on v äjatoodud elektroonika komponentide müügi tegelevate veebisaitide andmete põhjal hetke seisuga.

Komponent	V äärtus	Kogus	Hind	Hind kokku
Kondensaator	1.8 µF	2	0.10 €	0.20 €
Kondensaator	5.6 µF	1	0.10 €	0.10 €
Kondensaator	10 µF	1	0.10 €	0.10 €
Kondensaator	8.2 µF	2	0.10 €	0.20 €
Kondensaator	680nF	1	0.10 €	0.10 €
Kondensaator	180nF	1	0.10 €	0.10 €
Kondensaator (elektrol üüt)	10 µF	3	0.10 €	0.30 €
Kondensaator (elektrol üüt)	1 µF	1	0.10 €	0.10 €
Diod	1N4007	2	1.17 €	2.34 €
AUDIO ühenduspesa	RCJ-011-SMT	2	1.37 €	2.74 €
Toite ühenduspesa	RIBBON_10V	1	1.55 €	1.55 €
NPN Transistor	2N2222	1	1.14 €	1.14 €
NPN Darlington Transistor	TIP142G	1	1.80 €	1.80 €
PNP Darlington Transistor	TIP147G	1	1.52 €	1.52 €
NPN Transistor	TIP31A	1	1.41 €	1.41 €
Takisti	1kΩ	2	0.05 €	0.10 €
Takisti	2.67kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	9.09kΩ	2	0.05 €	0.10 €
Takisti	6.49kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	2.87kΩ	2	0.05 €	0.10 €
Takisti	6.04kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	23.2kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	4.75kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	29.4kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	130kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	22kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	3.45kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	150Ω	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	3kΩ	2	0.05 €	0.10 €
Takisti	0.2Ω	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	0.8Ω	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	7.5kΩ	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	30Ω	1	0.05 €	0.05 €
Takisti	10kΩ	3	0.05 €	0.15 €
Takisti	5kΩ	1	0.05 €	0.05 €
V äimendi	AD8622ARMZ	2	4.00 €	8.00 €
V äimendi	ADA4062-2ARMZ	2	1.58	3.16 €
V äimendi	741	1	1.51 €	1.51 €
			Kokku	27.67 €

Tabel 6.1 Elektroonikaskeemis kasutatud komponentide hinnakiri

Kokkuvõte

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli madalpassi filtriga basskõlari võimendi elektroonikaskeemi ja trükkplaadi disainimine, kalkulatsioonide läbiviimine ning antud tulemuse kontrollimine simulatsioonidega.

Bakalaureusetöö esimes osas antakse üldine ülevaade skeemist, kirjeldatakse skeemi tööprotsesse erinevates etappides ning esitatakse elektriskeem.

Bakalaureusetöö teises osas tuuakse välja elektroonikaskeemi struktuurskeem skeem, milles kujutatakse süsteemi etappe lihtsustatud kujul ning selle läbi jaotatakse skeem alaosadeks, mida eraldiseivatenä saab uurida.

Bakalaureusetöö kolmandas osas võetakse eelnevalt väljatoodud skeemi osad ning teostatakse neile vajalikud kalkulatsioonid ning põhjendatakse antud komponentide valikut

Bakalaureusetöö neljandas osas on leitud struktuurskeemi vaheetappide signaalid, mis vastavalt iseloomustavad iga struktuuri osa sisend- ja väljundsignaale. Uuritakse simulatsioonide kooskõlastatust arvutuslikel meetoditel leitud võtustega.

Bakalaureusetöö viiendas osas kuvatakse pilt trükkplaadist ning seda on tehtud vastavalt plaadi kihtidele. Tuuakse välja plaadi puuraugud, ülemise ja alumise kihi rajad, komponentide asetus plaadil ning viimaks kogu trükkplaat. Lisaks näidatakse tabelis plaadil olevaid komponente koos positsioonide, võtuste, tootjate ning kasutatud korpustega. Viimaks on kuvatud plaadi 3D disain ja selle mõõtmised.

Bakalaureusetöö kuuendas osas kirjeldatakse plaadil olevate komponentide ühikmaksumust ning ka koondsummat.

Kokkuvõtvõlt annab bakalaureusetöö eesmärgid tädetuks lugeda. Sooritades erinevaid simulatsioone ning nende kontrollimise saavutati tõttav elektroonikaskeem ning kujundati vastav trükkplaat. Edasistkeks tööprotsessideks võib pidada füüsilise võimendi tekitamine ja kindlaks määramine kui suurt rolli mängivad reaalsete komponentide häired võrdluses virtuaalsete komponentidega.

Kasutatud kirjandus

1. Subwoofer Amplifier Circuit [WWW] <http://www.electronicshub.org/100w-subwoofer-amplifier-circuit/> (13.02.2015)
2. 8-Pole Active Low-Pass Filter Optimized for Precision, Low Noise, and High Gain [WWW] <http://www.analog.com/en/design-center/reference-designs/hardware-reference-design/circuits-from-the-lab/cn0127.html#rd-overview> (07.03.2015)
3. The Summing Amplifier [WWW] http://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_4.html (26.03.2015)
4. Summing Amplifier [WWW] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/opampvar5.html> (26.03.2015)
5. Oomipood [WWW] <http://www.oomipood.ee/> (12.03.2015)
6. Ebay electronic components [WWW] <http://www.ebay.com/sch/Electronic-Components-/4659/i.html> (12.03.2015)
7. Active Low Pass Filter [WWW] http://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_5.html (16.04.2015)
8. Sagedusfilter [WWW] <http://et.wikipedia.org/wiki/Sagedusfilter> (22.04.2015)
9. Pre-amp and Driver [WWW] http://education.lenardaudio.com/en/14_valve_amps_3.html (07.05.2015)
10. Amplifier Classes [WWW] <http://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/amplifier-classes.html> (08.05.2015)
11. Butterworth filter [WWW] http://en.wikipedia.org/wiki/Butterworth_filter (08.05.2015)
12. Amplifier [WWW] <http://en.wikipedia.org/wiki/Amplifier> (09.05.2015)