

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut

Elektroonikadisaini õppetool

Madis Kangur

093969

Võimsusvõimendi

Bakalaureuse lõputöö

IED40LT

Juhendaja: Mihhail Pikkov

dotsent / PhD

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 arvandmetele jmt viidatud.

Kuupäev:

Autor: Madis Kangur

/allkiri/

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:

Võimsusvõimendi

Teema päritolu:

Teema pärineb isiklikust plaanist ehitada endale võimsusvõimendi alustades trükkplaadist kuni valmis ja kasutatava toodanguga.

Lõputöö eesmärgid:

Käesoleva bakalaureuselõputöö eesmärgiks on teha ettevalmistused ja vajalikud eeltööd kodus kasutatava kahekanalise võimsusvõimendi ehitamiseks.

Oodatavad tulemused:

Võimsusvõimendi mõõtmiss ja arvutus tulemused vastaksid püstitatud eesmärkidele. Lisaks oleks majanduslikult mõttekas antud võimendit koostada

Lahendatavad küsimused:

Peamiseks küsimuseks on, et kas antud võimendi parameetrid vastavad ettekirjutatule.

Kas majanduslikult on mõttekas antud võimendit koostada.

Kuupäev:

Üliõpilane:

/allkiri/

Juhendaja:

/allkiri/

Kinnitaja:

/allkiri/

Võimsusvõimendi

Annotatsioon

Bakalauruse lõputöö „Võimsusvõimendi“ kirjeldab väljatransistorite baasil võimsusvõimendi disaini ja ehitamist

Töös on väljatoodud skeemi valikukriteeriumid. Kirjeldatud on skeemi ülesehitust. Sooritatud on teoreetilised arvutused alalisvoolu režiimide kohta ja arvutusi on kontrollitud simuleerimisega Multisim rakenduses. Lisaks on arvutatud toiteploki ehitamiseks vajaminevate komponentide väärtus. Sooritatud on ka trükkplaadi disain ja töö lõpus tehtud majanduslik analüüs skeemi valmistamiseks.

Antud töö on kirjutatud eesti keeles ja koosneb 35 leheküljest.

Power amplifier

Annotation

Bachelor thesis „Power amplifier“ describes the construction of a bipolar transistor based power amplifier.

In this work there are presented an amplifier selection criteria, description of the amplifier structure, theoretical DC calculations of the electrical schematic and all calculations are verified by simulations. There is also calculations of the power supply components. At the end there is a printed circuit board design for the given schematic. The last part of the thesis gives an overview of the economic aspect of this design

This work is written in Estonian and consists of 35 pages.

Jooniste ja tabelite nimekiri

Joonis 1.1 Üleminekumoonutus	11
Joonis 2.1 Struktuurskeem	12
Joonis 3.1 Võimend skeem.....	14
Tabel 3.1 Võimendi RMS võimsus erinevate koormustega.....	18
Joonis 3.2 Võimsuse sõltuvus koormusest.....	19
Tabel 3.2 Võimendusaste	19
Joonis 3.3 Võimendusastme amplituudikarakteristika.....	20
Joonis 3.4 Pulsatsioon	21
Joonis 4.1 Transistorite Q2 ja Q3 voolud.....	22
Joonis 4.2 Transistorite Q4 ja Q5 voolud.....	23
Joonis 4.3 Transistori Q11 voolud	23
Joonis 4.4 Transistori Q12 voolud	24
Joonis 4.5 Transistori Q9 voolud	24
Joonis 4.6 Transistori Q10 voolud	25
Joonis 4.7 Transistori Q8 voolud	25
Joonis 4.8 Transistoir Q8 voolud	26
Tabel 4.1 Alumine ja ülemine piirsagedus.....	26
Tabel 4.2 Fourier' analüüs sagedusel 1kHz	27
Tabel 4.3 Fourier' analüüs sisendpingel 0,5V.....	27
Joonis 5.1 Võimendi trükkplaat	29
Joonis 5.2 Võimendi trükkplaadi 3D.....	29
Tabel 7.1 Võimendi komponentide maksumus.....	32
Tabel 7.2 Toiteplokki arvutus	32

Sisukord

Sissejuhatus	9
1. Skeemi valik.....	10
2. Võimendi ülesehitus.....	12
2.1 Sisendfilter.....	12
2.2 Esimene diferentseeriv aste	12
2.3 Teine diferentseeriv aste	12
2.4 Väljundaste.....	13
3. Skeemi analüüs	14
3.1 Alalisvoolu režiimide arvutus.....	15
3.1.1 Transistori Q11 ja Q12 (BC556).....	15
3.1.2 Transistor Q9 ja Q10 (BD139).....	15
3.1.3 Transistorid Q8 ja Q7 (BD140).....	16
3.1.4 Transistorid Q2, Q3, Q4 ja Q5 (2SK1058 ja 2SJ162)	17
3.2 Võimendi võimsus erinevate koormustega.....	17
3.3 Võimendusastme amplituudikarakteristika	19
3.4 Toiteploki komponentide arvutamine.....	20
4. Skeemi simuleerimine.....	22
4.1 Transistor Q2 ja Q3	22
4.2 Transistor Q4 ja Q5	22
4.3 Transistori Q11 voolud.....	23
4.4 Transistor Q12	23
4.5 Transistor Q9 voolud.....	24
4.6 Transistor Q10	24
4.7 Transistor Q8 voolud	25
4.8 Transistor Q7	25
4.9 Võimendusastme logaritmiline amplituud sageduskarakteristika	26

4.10	Fourier' analüüs	27
5.	Võimendi trükkplaadi disain	28
6.	Jahutusradiaatorite arvutus	30
7.	Töö majanduslik ülevaade	32
	Kokkuvõte	34
	Kirjandus	35

Sissejuhatus

Käesoleva bakalaauruse lõputöö eesmärk on teha vajalikud ettevalmistused kodukasutuseks valmistatava kahekanalise võimsusvõimendi ehitamiseks. Tänapäeva audioseadmete valikud on läinud üle multifunktsionaalsetele seadmetele ning turul on vähe saada võimsusvõimendeid, mis sisaldavad ainult võimendit. Saadaval on ka lihtsaid kahe- ja neljakanaliseid ning ka muude kanalite arvuga võimendeid. Peamiselt on nende hind kõrge. Tänu sellele tuli idee valmistada kodukasutuseks kahekanaline võimendi. Lihtsalt helivõimendit on toodetud juba aastakümneid ja tänu sellele on saadaval erinevaid skeeme. Antud töös kirjeldatava skeemi valikuks oli kasutatav element B&C 5FCX44[16] laiariba kõlar võimsusega 100/200w ja takistusega 8Ω . Võimendi skeemiks sai valitud RAS 300[2] võimendi. Antud võimendi suudab 8Ω juures anda välja 240w võimsust.

Töö saab jaotatud seitsmesse ossa. Esimeses osas vaatlen skeemi valiku põhjuseid. Teises osas osas on räägitud võimendi erinevatest astmetest ja millistest osadest skeem koosneb. Kolmandas osas keskendume skeemi parameetrite ja komponentide väärtuste arvutamisele. Neljandas osas on käsitletud teoreetiliste arvutuste kontrollimist simulatsiooni teel. Viiendas osas on tehtud trükkplaat. Kuuendas osas on arvutatud toiteplokki komponentide väärtused ja seitsmendas osas on tehtud majanduslik analüüs antud võimendile.

1. Skeemi valik

Kõlariks on valitud kõlari element, mille võimsuseks on 100/200w. Võimendiks sai valitud skeem, mis suudaks toota võimsust ~100w ja sobiks töötama koormusega 8Ω . Valitud skeemi kirjelduses on öeldud, et antud võimendi võib 8Ω kõlari puhul suuteline võimendada 240w.

Kuna skeem on mõeldud töötama 35-55V toitepinge juures, siis väiksema toitepingega on võimalik saada väljundvõimsuseks vajaminev 100w. Võimsusvõimendiks sai valitud AB-klass, kuna sellel on A- ja B-klassi eelised.

A-klassi võimendi suureks eeliseks on see, et tal on kõige väiksemad moonutused. Tänu väikestele moonutustele nimetatakse seda parimaks klassiks. Väikesed moonutused on saavutatud tänu sellele, et transistor töötab terve siinussignaali tsükli. Alatine voolu juhtimine tähendab seda, et tarbimine on ütlaselt suur ja tänu sellele on A-klassi võimendite kasutegur 30% juures. Lisaks pidev voolujuhtimine muudab transistorid väga kuumaks ning nende jahutamiseks on vaja suuri radikaid, mis omakorda muudavad võimendid suuremõõtmeliseks ja raskeks[17].

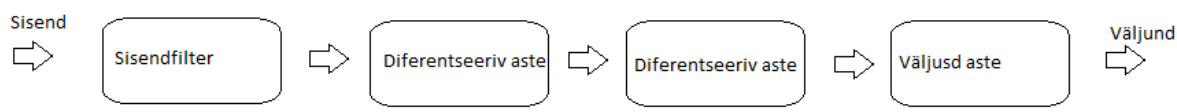
B-klassi võimendi on palju efektiivsem ja ei vaja nii palju jahutust kui A-klassi võimendi. Lisaks on B-klassi võimendi kasutegur 50%. B-klassi võimendi puhul võimendatakse ainult ühte poolperioodi. Saamaks tervet siinussignaali tsükli on vaja kasutada push-pull ehitust, kus piltlikult on tegemist kahe B-klassi võimendiga, üks töötab positiivse poolperioodi ajal ja teine negatiivse poolperioodi ajal. Miinuseks on see, et poolperioodi vahetusel tekib moonutus, mis on tingitud sellest, et üks transistor on välja lülitatud, aga teine pole veel töös ning tänu sellele on väljundsignaal antud hetkel null. Tänu sellele ei ole B-klassi võimendi kasutatav helisignaali võimendamisel.



Joonis 1.1 Üleminekumoonutus

AB-klassi puhul on tegemist kooslusega A- ja B-klassi parimatest omadustest[16]. Moonutuste vähesuse poolest on ta sarnane A-klassiga ja tema kasutegur sama mis B-klassil. See on saavutatud sellega, et A-klassile eelneb sisendaste. Transistorid väljundastmes töötavad rohkem kui poolperiood, see tuleneb sellest, et transistorite baasile on rakendatud eelpinge. Tänu neile omadustele sai otsustatud AB-klassi kasuks.

2. Võimendi ülesehitus



Joonis 2.1 Struktuurskeem

2.1 Sisendfilter

Sisendfilter koosneb takistist ja kondensaatorist. Selle astme eesmärk on lasta sisendisse signaal sagedusega 10Hz-20kHz [2].

2.2 Esimene diferentseeriv aste

Sisendaste koosneb kahest transistorist mis moodustavad diferentseeriva paari. Selle eesmärk on tagada konstantset voolu järgmisele etappile. Diferentsiaalvõimendiga soojuslikku triivi ei ole. Triivi vähendamine tuleneb sellest, et nii temperatuuri muutused kui ka toitepinge muutused põhjustavad üheaegselt mõlema transistori voolu samasuunalisi muutusi ning seetõttu see toime väljundis ei avaldu

Tagasiside on vajalik võimendi töörežiimi häälestamiseks. Tagasisidega antakse osa väljundpingest tagasi sisendile. Kasutatakse negatiivset tagasisidet ja tänu sellele laieneb sagedusriba, aga kaotatakse võimsuses [2].

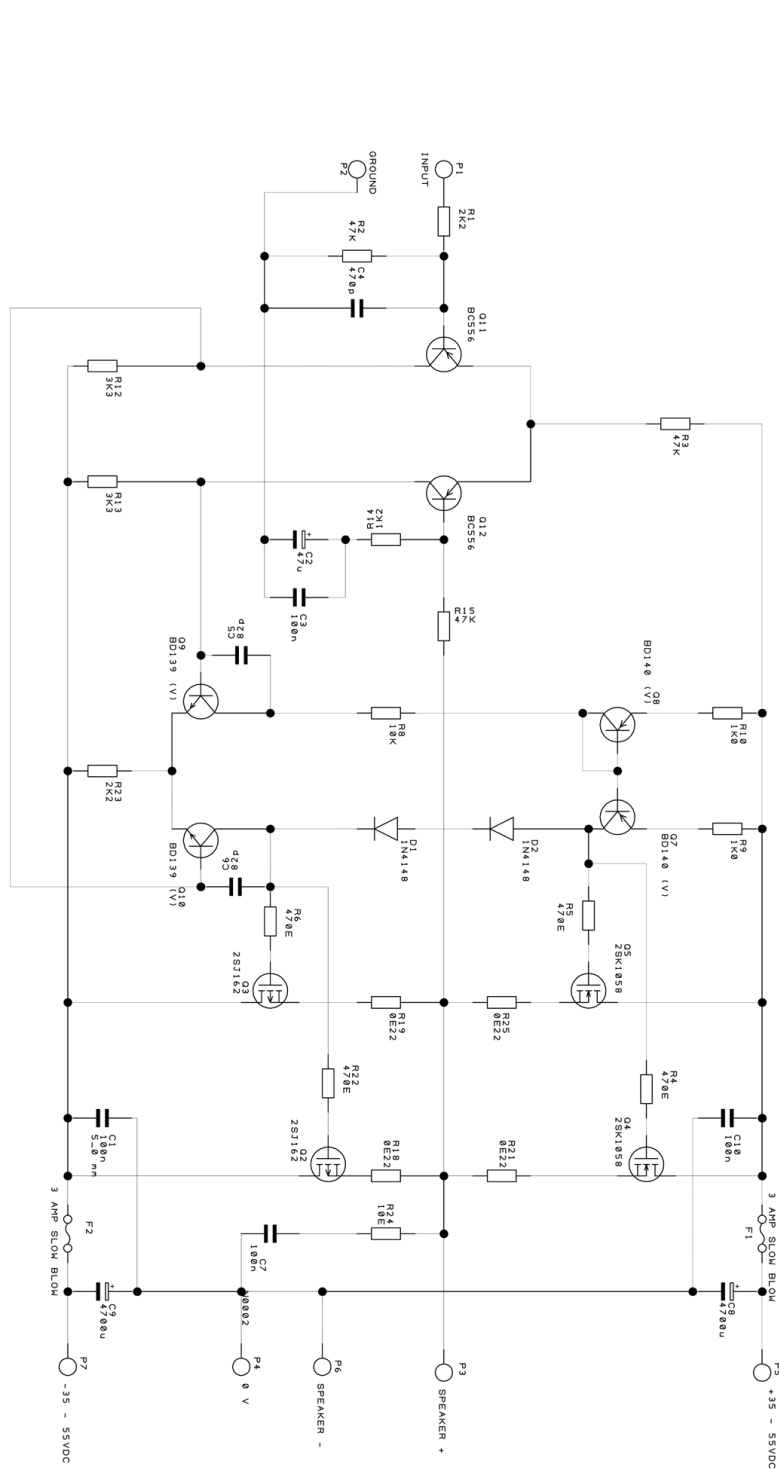
2.3 Teine diferentseeriv aste

Antud aste koosneb BD139 ja BD140 paaridest. Tegemist on taaskord diferentseeriva võimendusastmega. Q7 ja Q8 näol on tegemist voolupeegiliga, mida kasutatakse, et teha vastastakt viimase astme juhtimiseks[2].

2.4 Väljundaste.

Väljundaste koosneb 2SJ162 ja 2SK1058 paaridest. Antud astme eesmärgiks on voolu võimendamine, et saada tarbijale piisav vool väljundvõimsuse saavutamiseks. Transistoreid läbiva voolus suurus sõltub sisendpingest[2].

3. Skeemi analüüs



Joonis 3.1 Võimend skeem

3.1 Alalisvoolu režiimide arvutus

Alalisvoolu režiimide arvutamisel on võetud andmelehtedelt minimaalseim β .

3.1.1 Transistori Q11 ja Q12 (BC556)

Andmelehel $\beta = 75$, $U_{be} = 0,7V$ [15].

$$I_E = \frac{U_{toide} - U_{BE}}{R_2 + R_3} = \frac{42 - 0,7}{47 + 47} = 0,439 \text{ mA}$$

$$I_c = \frac{I_E \times \beta}{\beta + 1} = \frac{0,439 \times 75}{75 + 1} = 0,433 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_c = 0,439 - 0,433 = 0,006 \text{ mA}$$

3.1.2 Transistor Q9 ja Q10 (BD139)

Admelehel $\beta=25$, $U_{be}=1V$ [14].

Transistor Q9:

$$I_E = \frac{U_{BE}}{R_{23} + R_{13}} = \frac{1}{2,2 + 3,3} = 0,182 \text{ mA}$$

$$I_c = \frac{I_E \times \beta}{\beta + 1} = \frac{0,182 \times 25}{25 + 1} = 0,175 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_c = 0,182 - 0,175 = 0,007 \text{ mA}$$

Transistor Q10:

$$I_E = \frac{U_{BE}}{R_{23} + R_{12}} = \frac{1}{2,2 + 3,3} = 0,182 \text{ mA}$$

$$I_c = \frac{I_E \times \beta}{\beta + 1} = \frac{0,182 \times 25}{25 + 1} = 0,175 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_c = 0,182 - 0,175 = 0,007 \text{ mA}$$

3.1.3 Transistorid Q8 ja Q7 (BD140)

Admelehelt $\beta=25$, $U_{be}=1\text{V}$ [13].

Transistor Q7:

I_E on sama mis $Q_{10} I_E$. Seega $I_E=0,182\text{mA}$.

$$I_c = \frac{I_E \times \beta}{\beta + 1} = \frac{0,182 \times 25}{25 + 1} = 0,175 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_c = 0,182 - 0,175 = 0,007 \text{ mA}$$

Transistor Q8:

I_c võrdub Q_9 kolektorivool millest lahutatud Q_8 ja Q_7 baasivoolud.

$$I_c = 0,182 - 0,007 - 0,007 = 0,168 \text{ mA}$$

$$I_E = I_c + I_b = 0,168 + 0,007 = 0,175 \text{ mA}$$

3.1.4 Transistorid Q2, Q3, Q4 ja Q5 (2SK1058 ja 2SJ162)

Dioodid D1 ja D2 tekitavad väljatransistoritele paisupinge 0,7V. [12].

Andmelehe järgi vaadates on paisupinge 0,7V kohta neeluvooluks 120mA.

3.2 Võimendi võimsus erinevate koormustega

Väljundpinge ja võimsuse mõõtmiseks sai kasutatud sisendpinget 0.5V sagedusel 1kHz. Kuna laiatarbekaubana on kasutuses kõlarid 2Ω, 4Ω, 6Ω ja 8Ω, siis sai ka mõõtmisel kasutatud antud kõlareid ja mõõtmise ala laiendamiseks sai alustatud 10Ω koormusest. Väljundvõimsus kasvab koormustakisti väärtuse vähendamisel. Koormus kasvas kuni 0.2Ω peale mida hakkas langema.

Kuna antud töös oleva võimendi puhul on tulevikus kasutuseks 8Ω kõlar, siis meile on tähtis antud võimendi just 8Ω koormuse korral. Multisim anna antud koormusega võimsuseks $P_{\text{rms}}=90,4\text{W}$

Arvutuslikult P_{out} 8Ω puhul:

Leiame ülekandeteguri

Meil on tänu tagasisidele Q11 ja Q12 baasipinged alati võrdsed.

Meile tekivad pingejagurid: R_1 ja R_2 ning R_{14} ja R_{15} .

$R_1 = 2,2\text{k}\Omega$, $R_2 = 47\text{k}\Omega$, $R_{14} = 1,2\text{k}\Omega$, $R_{15} = 47\text{k}\Omega$.

$$K = \frac{\frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{R_{14}}{R_{14} + R_{15}}} = \frac{\frac{47}{2,2 + 47}}{\frac{1,2}{1,2 + 47}} = 38,37$$

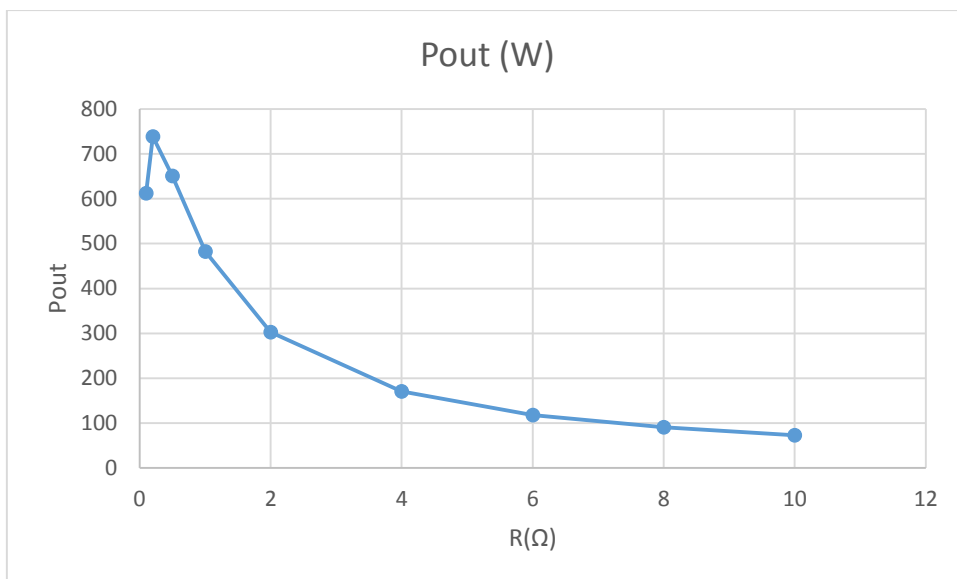
1V amplituutpinge korral on rms sisendpinge 0,7V

Seega väljundpingeks on $V_{\text{out}} = 26,86\text{V}$

Võimsus on $P = \frac{V^2}{R_t} = 90\text{W}$

Tabel 3.1 Võimendi RMS võimsus erinevate koormustega.

Takistus Ω	U_{out} (V)	P_{out} (W)
10	27	73,1
8	26,9	90,4
6	26,6	118
4	26,1	170,6
2	24,6	302,8
1	21,9	482,6
0,5	18	650,7
0,2	12	739
0,1	7,8	612,5



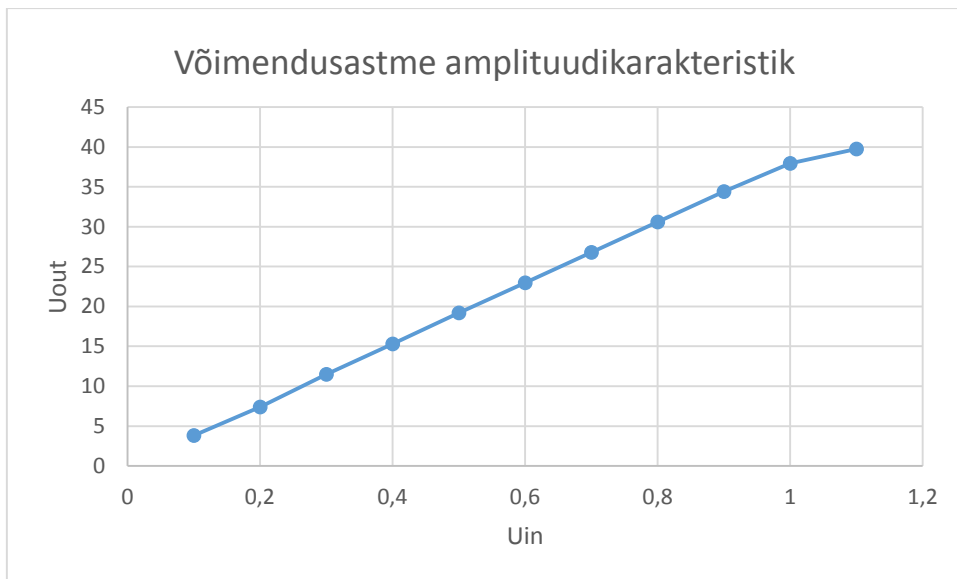
Joonis 3.2 Võimsuse sõltuvus koormusest.

3.3 Võimendusastme amplituudikarakteristika

Alates sisendpingest 0,9 hakkab võimendustegur langema. Makismaalne väljundpinge jääb 37,9V juurde.

Tabel 3.2 Võimendusaste

U_{in} (V)	U_{out} (V)	$K_u = U_{out}/U_{in}$
0,1	3,8	38,1
0,2	7,4	37,0
0,3	11,5	38,3
0,4	15,3	38,2
0,5	19,2	38,4
0,6	23,0	38,3
0,7	26,8	38,3
0,8	30,6	38,2
0,9	34,4	38,2
1	37,9	37,9
1,1	39,8	36,1



Joonis 3.3 Võimendusastme amplituudikarakteristika

3.4 Toiteploki komponentide arvutamine

Skeemitoitepinge 45V paneb paika trafo valikukriteeriumid. Sekundaarmähise pinget peab olema $V = \frac{42}{\sqrt{2}} = 30V_{rms}$

Voolutugevus : $I = 5,25 A$

Võimsustarve on 128W kanali kohta, $P = 128 \times \sqrt{2} = 181VA$. Kuna plaanis on teha kahe kanaline võimendi, siis tuleb korrutada tulemus kahega ja saab 362VA.

Alaldusdioidide valikul tuleb arvestada trafo voolu ning pinget mis on $I=5,25A$ ja $U=30V$

Silukondensaatori pinget on $U = 30 \times \sqrt{2} \times 1,5 = 63,64V$. Trafo efektiivpinget on korrutatud ruutjuur 2-ga et saada amplituudväärtus ja 1,25-ga et saada varu, kuna võrgupinge ei pruugi olla stabiilne.

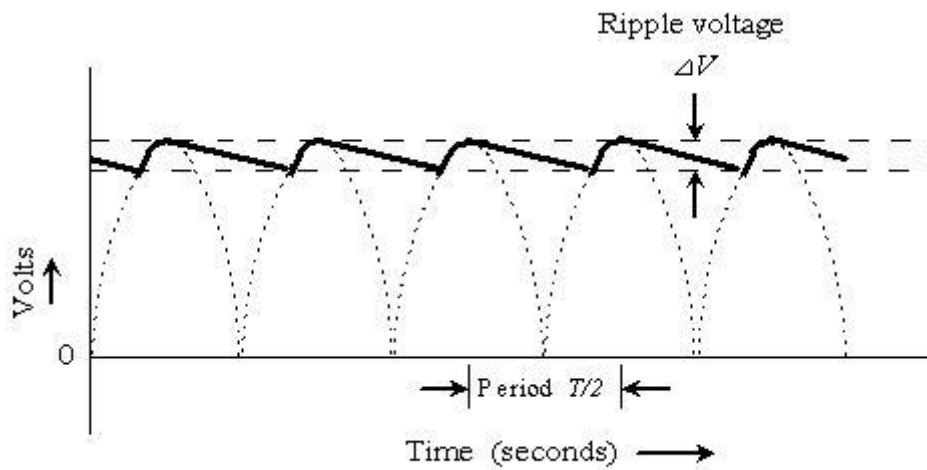
Mahtuvuse leidmine [1]:

$$\Delta Q = I \times T = I \times \frac{1}{f} = 5,25 \times \frac{1}{100} = 0,053 \text{ K}$$

$$\Delta Q = C \times \Delta U_{puls} \rightarrow$$

$$\rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta U_{puls}} = \frac{0,053}{4,2} = 0,0126 \text{ F} = 12600 \mu\text{F}$$

U_{puls} on määratud 10% toitepingest ehk 42V ΔQ on laeng mida kondensaator peab välja andma kui siinussignaali vaheldib periood.



Joonis 3.4 Pulsatsioon

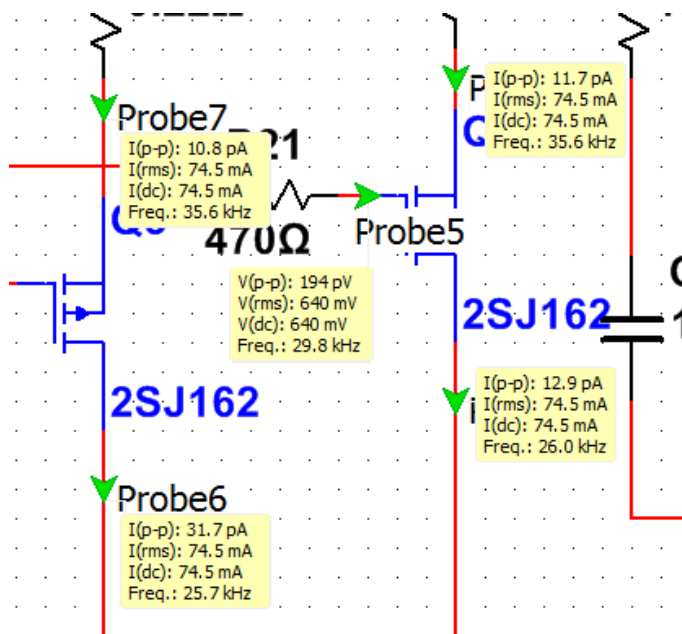
4. Skeemi simuleerimine

Simuleerimiseks kasutasin programmi Multisim, kuna on eelnevalt kogemusi andud programmiga. Simuleerimine on vajalik kontrollimaks arvutusi, mis sai tehtud arvutuste osas.

4.1 Transistor Q2 ja Q3

Arvutuslikult oli $U_{GS}=0,7V$ ja $I_D= 120mA$

Multisimi tulemus vähe erineb. Arvatavasti kasutab Multisim vähe erinevat U_{GS} ja I_D graafikut.

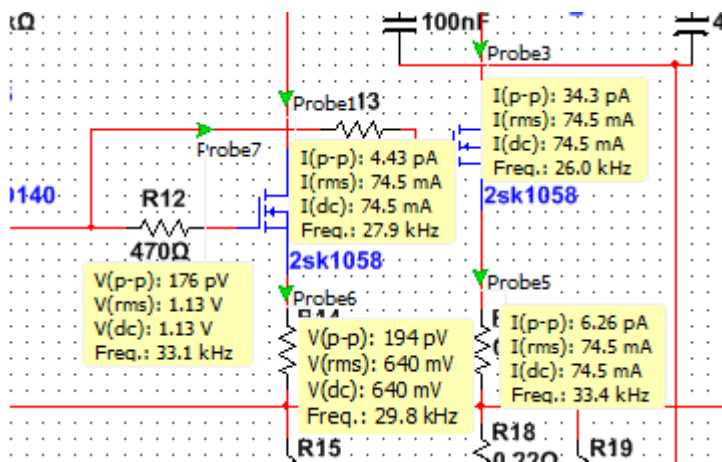


Joonis 4.1 Transistorite Q2 ja Q3 voolud

4.2 Transistor Q4 ja Q5

Arvutuslikult oli $U_{GS}=0,7V$ ja $I_D= 120mA$

Multisimi tulemus vähe erineb. Arvatavasti kasutab Multisim vähe erinevat U_{GS} ja I_D graafikut.

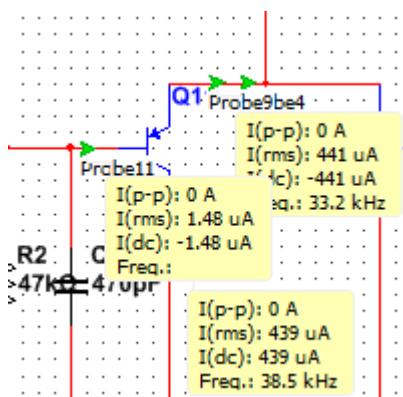


Joonis 4.2 Transistorite Q4 ja Q5 voolud

4.3 Transistori Q11 voolud

Arvutuslikult $I_E=0,439\text{mA}$, $I_C=0,433\text{mA}$ ja $I_B=0,006\text{mA}$

Multisim kasutas erinevat β -d. Multisimi väärtustega valemi $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ põhjal, siis $\beta=296$

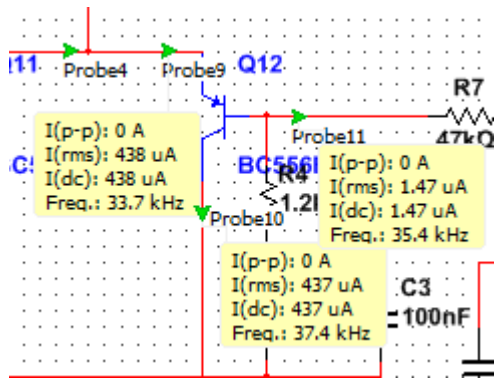


Joonis 4.3 Transistori Q11 voolud

4.4 Transistor Q12

Arvutuslikult $I_E=0,439\text{mA}$, $I_C=0,433\text{mA}$ ja $I_B=0,006\text{mA}$

Multisim kasutas erinevat β -d. Multisimi väärtustega valemi $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ põhjal, siis $\beta=297$

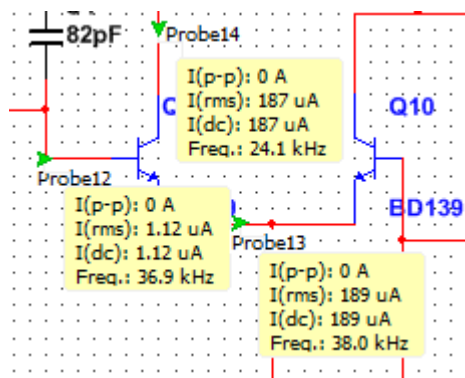


Joonis 4.4 Transistori Q12 voolud

4.5 Transtor Q9 voolud

Arvutuslikult $I_E=0,182\text{mA}$, $I_c=0,175\text{mA}$ ja $I_B=0,007\text{mA}$

Multisim kasutas erinevat β -d. Multisimi väärtustega valemi $I_B = \frac{I_c}{\beta}$ põhjal, siis $\beta=167$

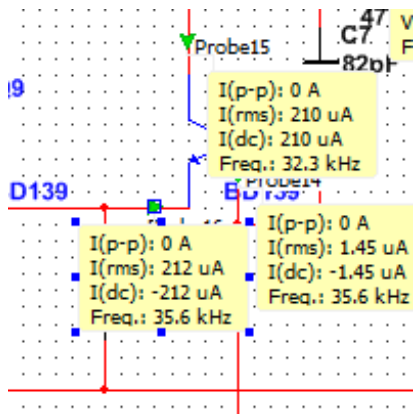


Joonis 4.5 Transistori Q9 voolud

4.6 Transistor Q10

Arvutuslikult $I_E=0,182\text{mA}$, $I_c=0,175\text{mA}$ ja $I_B=0,007\text{mA}$

Multisim kasutas erinevat β -d. Multisimi väärtustega valemi $I_B = \frac{I_c}{\beta}$ põhjal, siis $\beta=145$

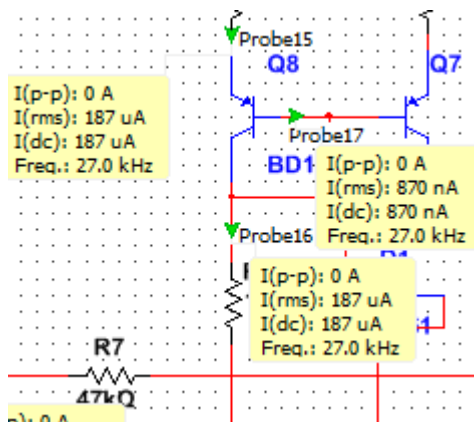


Joonis 4.6 Transistori Q10 voolud

4.7 Transistor Q8 voolud

Arvutuslikult $I_E=0,175\text{mA}$, $I_C=0,168\text{mA}$ ja $I_B=0,007\text{mA}$

Multisim kasutas erinevat β -d. Multisimi väärtustega valemi $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ põhjal, siis $\beta=215$

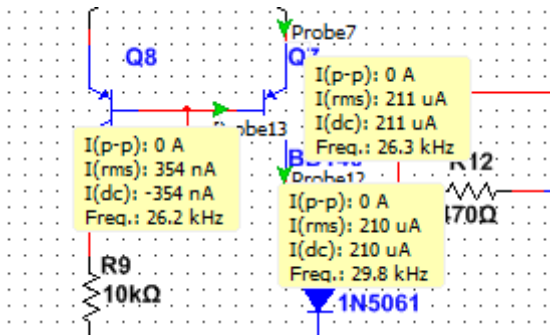


Joonis 4.7 Transistori Q8 voolud

4.8 Transistor Q7

Arvutuslikult $I_E=0,182\text{mA}$, $I_C=0,175\text{mA}$ ja $I_B=0,007\text{mA}$

Multisim kasutas erinevat β -d. Multisimi väärtustega valemi $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ põhjal, siis $\beta=593$



Joonis 4.8 Transistoir Q8 voolud

4.9 Võimendusastme logaritmiline amplituud sageduskarakteristika

Simuleerisin Multisimiga skeemi logaritmilise sageduse amplituudkarakteristikat, et leida alumine piirsageduse(f_{al}) ja ülemise piirsageduse($f_{ül}$)

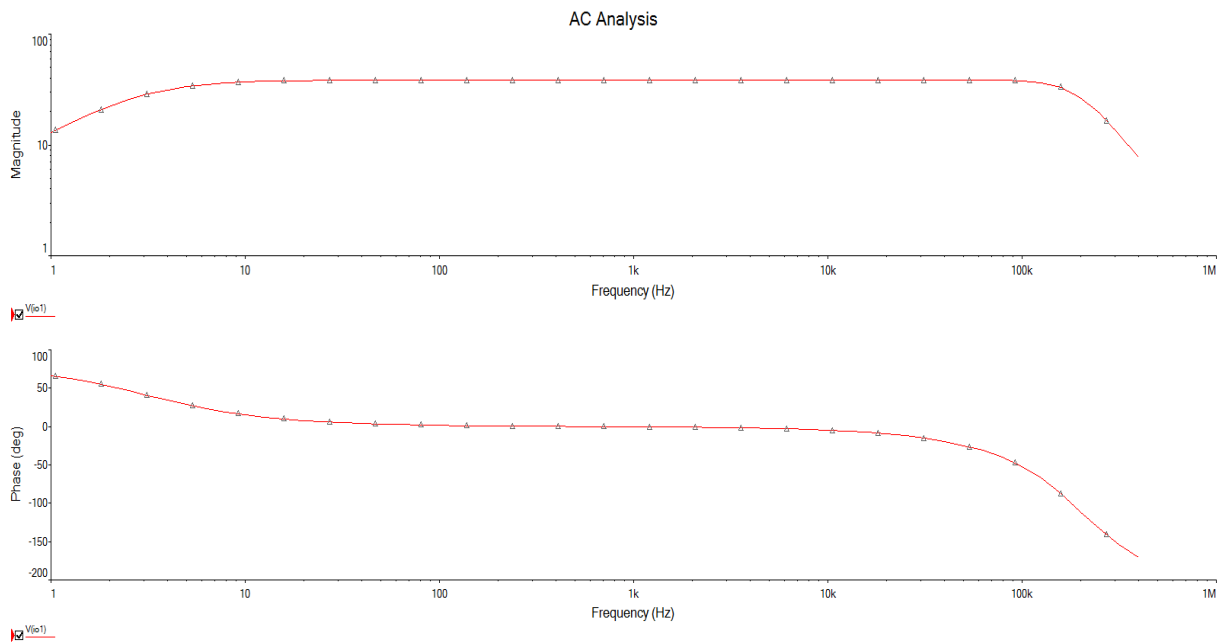
Piirsagedus on sagedus, mille korral väljundvõimsus on langenud ette antud suuruse võrra madalamaks võrreldes võimendusega keskmisel sagedusel. Tavaliselt võetakse selleks suuruseks 3dB, sest võimenduse langus -3dB võrra tähendab, et võimsuses kaotatakse poole võrra[1].

Kesksageduseks on valitud 1kHz, mille puhul on võimendus on 19dB

$$19-3=16\text{dB}$$

Tabel 4.1 Alumine ja ülemine piirsagedus

Sagedus (Hz)	Kv (dB)
f_{al} 6,3 Hz	35 dB
1000 Hz	38 dB
$f_{ül}$ 138 kHz	35 dB



Joonis 4.9 Võimendusastme logaritmiline amplituud-sageduskarakteristik

4.10 Fourier' analüüs

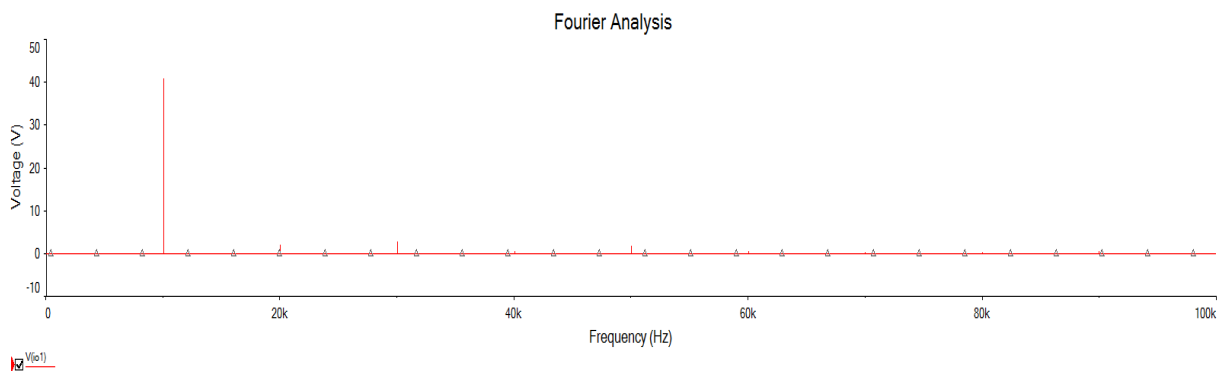
Fourier' analüüs võimaldab teisaldada signaali ajavallast sagedusvalda ja seeläbi on võimalik uurida väljundis esinevaid sageduskomponente. Harmoonilise moonutusekorral on väljundsignaalile lisatud harmoonilisi sagedusi.

Tabel 4.2 Fourier' analüüs sagedusel 1kHz

V_{in} (V)	THD (%)
0,4	0,003
0,8	0,004
1,1	9,18

Tabel 4.3 Fourier' analüüs sisendpingel 1V

F (Hz)	THD (%)
100	0,87
1000	0,004
10000	2,1



Joonis 0.1 Fourier' analüüsi graafik 1,2V sisendpinge korral

Antud analüüsist võib järeldada, et sisendpingel alates 1,1V tekivad suured moonutused. Seega hea väljundsignaali saamiseks peab sisendpinge olema alla 1,1V.

5. Võimendi trükkplaadi disain

Trükkplaadi mõõdud on 120x85 mm. Plaanis on trükkplaat valmis teha freesimise teel tooriktrükkplaadist mille vasekihi paksus on 35 μ m.

Radade puhul mida läbivad suuremad voolud, sai arvatatud radade laiused. Vask ei ole ideaalne voolujuht ja omad kindlat takistust. Mida kitsam on rada seda suurem osa energiast läheb soojuseks. Raja laiuse arvutasin valemiga[7]:

$$Laius[mils] = \frac{Pind}{l \times y}$$

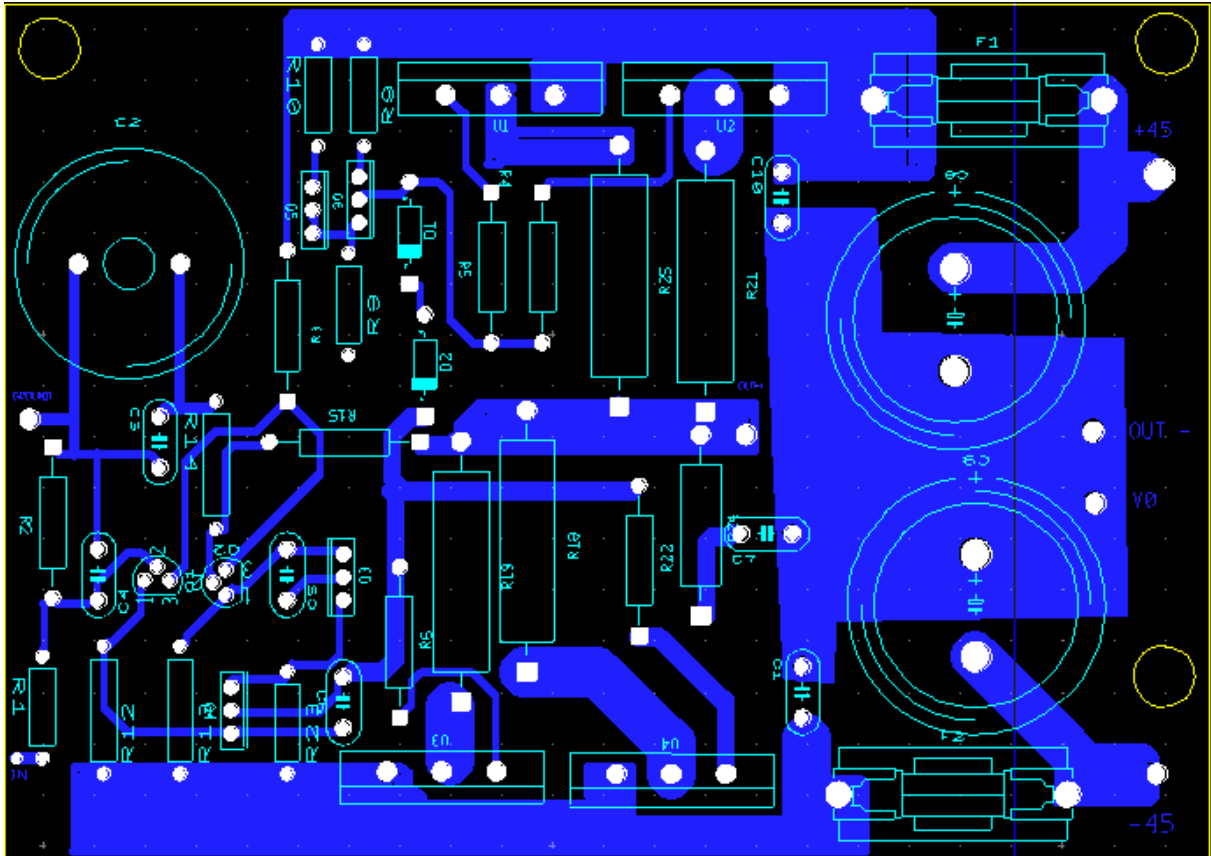
Δt – temperatuuri muutus (10°C),

l – vasekihi paksus.

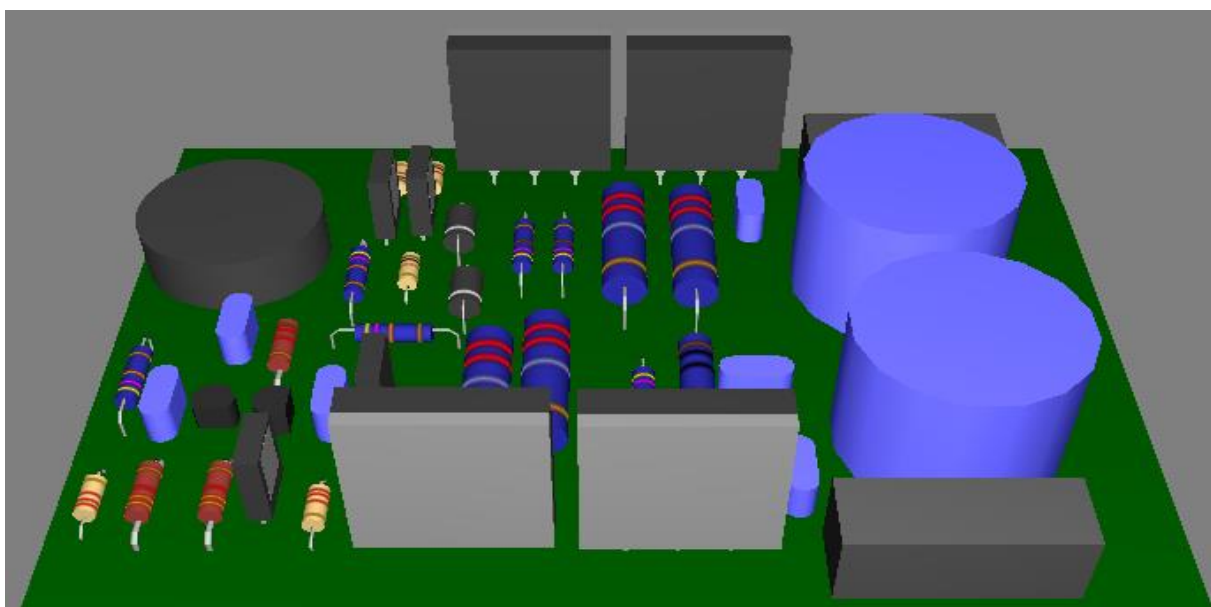
y – on 1,378[mils/oz] vase puhul

k , b , ja c on konstandid vastavalt IPC-2221-le[9]: $k=0,024$; $b=0,44$; $c=0,725$

Selle valemi põhjal sain toite radade laiuksiks 6,99mm. Kuna plaat on kavas teha freesimise teel, siis sai tähtsamad rajad vaba ruumi arvelt laiemad tehtud.



Joonis 5.1 Võimendi trükkplaat



Joonis 5.2 Võimendi trükkplaadi 3D

6. Jahutusradiaatorite arvutus

Radiaatori ülesanne on soodustada transistoritelt eralduva soojuse paremaks hajutamiseks. Teatavasti on õhk halb soojusjuht ja radiaator aitab vähendada soojustakistust jahutava seadise ja õhu vahel. Väikeste võimsuste hajutamiseks saab kasutada plaatradiaatorit, aga suurte võimsuste puhul läheb see liiga suureks. Väiksemate võimsuste puhul võib kasutada radiaatoriks ka seadme enda metallist korpust. Antud võimendil on tegu suure võimsusega ja antud juhul ei ole otstarbeline kasutada plaatradiaatorit, kuna selle mõõtmed läheksid väga suureks. Parim lahendus on kasutada riba-, nõel- või traatspiraalaradikaid.

Plaatradiaatori arvutamiseks on vaja järgmisi parameetreid[1]:

P_h – seadisel hajuv võimsus

t_{amb} – radiaatorit ümbritseva õhu temperatuur

t_j – transistori siirde lubatav temperatuur, töökindluse mõttes valitakse see 80-90% maksimaalsest lubatavast temperatuurist

R_{ther} – transistori korpuse ja radiaatori vaheline soojuslik kontakttakistus

R_{thjc} – siirde ja korpuse vaheline soojustakistus

Hajuvõimsuse leian, kui võimendi poolt kasutatavast võimsusest lahutan väljundvõimsuse.

Seega: $P_h = P_{toite} - P_t = 38W$

Kuna transistorid asetsevad kahe paarina erineval poolel, siis peab kasutama kahte erinevat radikat kummagile paarile. Seega arvutan ühe radika kohta.

Radiaatori vajalik soojustakistus R_{thca} :

$$R_{thca} = \frac{t_j - t_{amb}}{P_h} - R_{thjc}$$

Väljund transistori 2SK1058 andmelehe andmetel[12] R_{thca} :

$$R_{thca} = \frac{120-40}{19} - 0,7 = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Radiaatori kogupindala A:

$$A = \frac{0,16}{R_{thca}} = \frac{0,16}{3,5} = 0,046\text{m}^2$$

Ruudukujulise radiaatori külje pikkus a:

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{0,046}{2}} = 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$$

Radiaatori plaadi paksus alumiiniumi või vaskpleki puhul c:

$$c = \frac{a}{40} = \frac{15}{40} = 0,375\text{cm} = 3,75\text{mm}$$

Hajuvõimsus ühe radika kohta on 19W, siis plaatradiaatori kasutamine ei ole mõistlik kuna tema mõõtmed oleks 15x15cm. Kuna meil on leitud R_{thca} 3,5 °C/W, siis selle järgi saame otsida ribiradiaatori, mis on kompaktsem. Farnelli lehelt leidsin vastava radiaatori, mille mõõtmed on 40x40x20 mm[9].

7. Töö majanduslik ülevaade

Antud peatükki eesmärgiks on antudskeemi ehituse maksumus. Maksumuse arvutamisel on jäetud arvestamata enda tööaeg nii koostamiseks, kui eeltöoks. Hinnas ei ole kajastatud ka korpuse ehitamiseks kuluva materjaali ja trükkplaadi materjaali maksumus. Arvestatud on ainult võimendi ja toiteploki komponentide hinnad[9],[11].

Tabel 7.1 Võimendi komponentide maksumus

Komponent	Suurus	Kogus	Hind	Hind kokku
Takisti	0,22Ω	4	0,25	1
Takisti	10Ω	1	0,1	0,1
Takisti	10kΩ	1	0,05	0,05
Takisti	1kΩ	2	0,5	1
Takisti	1,2kΩ	1	0,05	0,05
Taksiti	2,2KΩ	2	0,3	0,6
Takisti	3,3kΩ	2	0,05	0,1
Takisti	47kΩ	3	0,05	0,15
Takisti	470Ω	4	0,05	0,2
El.Kondensaator	4700uF	2	3,2	6,4
El.Kondensaator	47uF	1	0,4	0,4
Kondensaator	100nF	4	0,1	0,4
Kondensaator	82pF	2	0,13	0,26
2SK1058		2	8	16
2SJ162		2	12	24
BD139		2	0,4	0,8
BD140		2	0,3	0,6
BC556		2	0,1	0,2
Radikas	40x40x20mm	2	11	22
Kokku		41		74,31

Tabel 7.2 Toiteploki arvutus

Komponent	Kogus	Hind	Hind kokku
Trafo	1	50	50
Diod	4	0,9	3,6
Kondensaator	2	3	6
Kokku	7		59,6

Tabelis on toodud ühe kanali maksumus, kuna tuleb kahe kanaliga võimendi siis koguhind on 148,2€. Lisaks on toiteplokki hind 59,6€ ja seega teeb koguhinnaks 208,22€. Kokkuvõttes ei ole hind just väga meeldiv, aga jaekaubanduses pakutavate võimenditega on hind samas klassis.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida RAS300 võimsusvõimendi skeemi. Skeemi uurimise põhjuseks oli soov ehitada endale antud võimendi koduseks kasutamiseks ja sellepärast tuli uurida, et kas antud skeem vastab talle püstitatud nõuetele ja kirjeldusele.

Esimese poole ülesandeks oli võimendi skeemi analüüsida teoreetiliselt ja teostada arvutusi.

Töö teises osas sai teostatud simulatsioon, et kontrollida teoreetiliste arvutuste õigsust. Tulemused võib lugeda kokkulangevaks väikese veaga. Erinevusi oli transistori voolude puhul, põhjenduseks on see, et Multisim kasutab arvutusteks erinevaid algandmeid. Teoreetilises osas sai kasutatud minimaalset β väärtust, aga multisim kasutab suurimat β väärtust.

Järgnevalt sai disainitud võimendile trükkplaat ja sai tehtud ka arvutused kriitilistele radadele minimaalse laiuse leidmiseks. Kuna plaanis on plaat välja freesida toorikmaterjaalist, siis sai radu laiendatud vaba pindala arvelt.

Viimases osas sai teostatud majanduslikud arvutused võimendi ehitamise kohta. Võib järeldada, et oma tööd mitte majanduslikult kuluks arvestades pole võimendi ehitamine väga kallis.

Antud töö ülesandeks oli teha vajalikud ettevalmistused kodutarbeks võimsusvõimendi ehitamiseks ja need eesmärgid sai täidetud.

Kirjandus

1. Raadiolülitused. (1990)./ L. Abo. Tallinn: Valgus.
2. <http://gladis2011.hubpages.com/hub/300-watt-Mosfet-Ampiflier-Circuit-Explained> (10.05.2015)
3. http://www.decdun.me.uk/gainclone_psu.html (15.05.2015)
4. <http://sound.westhost.com/> (20.05.2015)
5. http://www.tnt-audio.com/clinica/ssps1_e.html (20.05.2015)
6. http://www.kennethkuhn.com/students/ee351/power_supplies_filter_capacitor.pdf (20.05.2015)
7. <http://circuitcalculator.com/wordpress/?p=25/> (20.05.2015)
8. http://www.kennethkuhn.com/students/ee351/power_supplies_filter_capacitor.pdf (20.05.2015)
9. <http://ee.farnell.com/>(20.05.2015)
10. https://www.elfa.se/elfa3~ee_et/elfa/init.do?toc=0 (20.05.2015)
11. <http://www.oomipood.ee/> (20.05.2015)
12. <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/HitachiSemiconductor/mXwvqss.pdf> (20.05.2015)
13. <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/6/0rwiehk82adehe25p4gkxjros2yy.pdf> (20.05.2015)
14. <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/5/0w3i9t2opwqz5ys847476cihx9ky.pdf> (20.05.2015)
15. <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/boca/BC556A.pdf> (20.05.2015)
16. <http://www.bcspeakers.com/products/coaxial/5-0/5fcx44> (20.05.2015)
17. <http://www.hifivision.com/amplifiers/174-types-amplifiers-class-class-b-class-ab-class-d.html> (20.05.2015)