

Opinnäytetyö (AMK)  
Elektroniikka  
Tietoliikennejärjestelmät  
2014

Jere Ranta

# KITARAN TAAJUUSKORJAIN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka | Tietoliikennejärjestelmät

2014 | Sivumäärä 28

Ohjaaja: Yliopettaja Juha Nikkanen

Jere Ranta

## KITARAN TAAJUUSKORJAIN

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa EQ-pedaali eli taajuuskorjain kitaralle. Pedaali suunniteltiin käytettäväksi live-soittolanteessa tietyllä vahvistimella. Työssä käytiin tarkasti läpi eri suunnitteluvaiheet sekä toteutus. Tämä opinnäytetyö perehtyy audiokäyttöön tarkoitetun taajuuskorjaimen suunnitteluun.

Pedaali rakennettiin tietyn budjetin rajoissa, mikä vaikutti materiaali- ja komponenttivalintoihin. Mittaustuloksista ilmeni muutamia parannettavissa olevia epäkohtia, jotka ovat ratkaistavissa vaihtoehtoisilla materiaalivalinnoilla sekä suunnittelussa huomioon otettavilla asioilla.

Vaikka työn aikana ilmeni mahdollisuuksia kehittää taajuusmuunninta, saatiin työn tuloksena kuitenkin kokonaisuudessaan suunnittelun tavoitteita vastannut laite.

ASIASANAT:

sähkökitara, taajuusmuuttaja, esivahvistin

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Communication Systems

2014 | Total number of pages 28

Instructor: Juha Nikkanen, Lic.Sc.(Tech.), Principal Lecturer

Jere Ranta

## EQUALIZER PEDAL FOR ELECTRIC GUITAR

The aim of this Bachelor's Thesis was to design and implement an equalizer pedal for an electric guitar. The equalizer was designed to be used with a specific amplifier during live performances. This thesis examines the different phases of designing and implementing the equalizer pedal in detail.

The pedal was built on a limited budget, which affected the choice of building materials and components. A detailed analysis of audio measurements of the equalizer show possible improvements with higher grade building materials as well as with some adjustments in the design.

Even though there are various possibilities for additional research and development, the equalizer meets the design requirements.

This thesis is suitable as a guide to designing an equalizer for audio applications.

### KEYWORDS:

electric guitar, equalizer, preamplifier

## **KÄYTETYT LYHENTEET**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 SUUNNITTELU</b>	<b>2</b>
2.1 Taajuusmuunnin	3
2.2 Vahvistin	6
2.3 Piirilevyn suunnittelu	8
<b>3 TOTEUTUS</b>	<b>10</b>
3.1 Piirilevyn valmistus	10
3.2 Kotelo	11
<b>4 MITTAUKSET</b>	<b>13</b>
4.1 Mittausten tulokset	14
<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>17</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>18</b>

# KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Lyhenteen selitys
$\Omega$	Ohmi
dB	Desibeli
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus (electromagnetic compatibility)
EQ	Ekvalisaattori, Taajuuskorjain, (equalizer)
f	Taajuus
F	Faradi
Hz	Hertsi
R	Resistanssi
Bass	Matalan taajuusalueen säädin
High	Korkea taajuusalue
low	Matala taajuusalue
Mid	Keskitaajuusalue, Keskitaajuusalueen säädin
Soundi	Äänen sävy (tone)
Treble	Korkean taajuusalueen säädin

# 1 JOHDANTO

Lähes kaikki kitaristit käyttävät kitaran ja vahvistimen väliin ketjutettavia pedaaleja. Pedaaleja on monenlaisia, mutta mahdollisesti aliarvostetuimpana kaikista on ns. EQ-pedaalit, eli taajuuskorjaimet. Miltei kaikista vahvistimista sekä pedaaleista löytyy jonkinlainen taajuuskorjain, joten ylimääräisen taajuuskorjaimen käyttö on harvinaisempaa.

Taajuuskorjain on insinöörin näkökulmasta erittäin yksinkertainen, mutta äärimmäisen tehokas äänenmuunnin. Se koostuu kahdesta tai useammasta ylipäästö-, alipäästö- tai kaistanpäästösuodattimesta. Sillä hienosäädetään kitaran äänimaailmaa, vahvistetaan haluttuja ääniä tai leikataan ylimääräisiä pois. Taajuuskorjaimessa on yleensä kaksi tai kolme säädintä eri taajuusalueille: low, mid, high, tai pelkästään low, high, jolloin keskitaajuuksien säätäminen on korvattu kiinteällä vastuksella. Näillä säätimillä saadaan muokattua taajuusvastetta koko kitaran taajuusalueelta.

Turun ammattikorkeakoulussa on tehty ainakin yksi kitaravahvistimiin liittyvä työ (Mäkynen 2012). Työssä suunnitellaan kitaravahvistin, jossa käytetään puolijohdekomponentteja. Kyseisessä työssä ei kuitenkaan oteta kantaa kitarasoundin muuttamiseen taajuusmuuntimen avulla.

Tämän työn tarkoitus on suunnitella sekä toteuttaa kolmella säätönupilla toimiva taajuusmuuttaja. Taajuuskorjaimessa käytetään puolijohdekomponentteja. Tarkoituksena on rakentaa erillinen pedaali, joka voidaan kytkeä kitaran ja päätevahvistimen väliin.

## 2 SUUNNITTELU

Ylimääräistä taajuuskorjainta käytetään pääsääntöisesti parantamaan kitaran soundia tilanteessa, jossa vahvistimen sisäinen taajuuskorjain ei riitä. Pääpaino on tässä tapauksessa ollut kitaran matalien taajuuksien vaimentaminen. Tarkoitus on suunnitella taajuuskorjain, joka tulee käytettäväksi tietyn kitaran sekä vahvistimen kanssa.

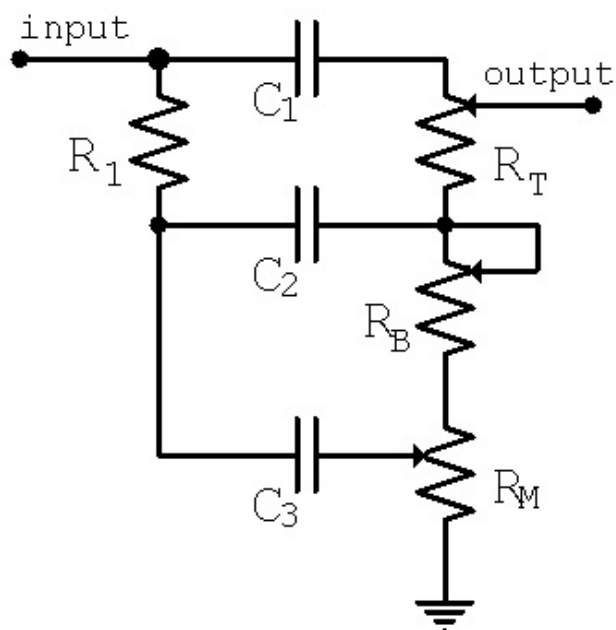
Kyseessä oleva kitaravahvistin on Hughes & Kettner Trilogy. Vahvistin antaa soundiltaan erittäin synkän särön, joka pienellä äänenvoimakkuudella, tai yksinään soittaessa kuulostaa mahtipontiselta. Mutta suurella äänenvoimakkuudella ja muiden soittajien kanssa soittaessa vahvistaa alataajuuksia liian voimakkaasti. Työn tarkoitus on suunnitella taajuuskorjain, joka täydentää vahvistimen, tai ominaisuuksiltaan vastaavan vahvistimen puutteita, kun soitetaan live-tilanteessa.

Taajuuskorjaimen pohjana käytetään Fenderin vuonna 1952 suunnittelemaa Bassman 5F6-A -bassovahvistinta, josta myöhemmin kehitettiin useita legendaarisia Marshallin vahvistinmalleja [1].

Bassman sopii hyvin taajuuskorjaimen pohjaksi yksinkertaisen, sekä helposti muokattavissa olevan mallinsa ansiosta. Tärkeä suunnittelukriteeri on myös mahdollisuus säätää kitaran koko taajuusaluetta tarkasti. Monissa taajuuskorjaimissa on mahdollista säätää vain taajuusalueen ylä- sekä alapäätä käyttäen yhtä ylipäästösuodatinta ja yhtä alipäästösuodatinta. Suunnittelun yhtenä tavoitteena on kuitenkin tarkoitus saada tarkempi säätömahdollisuus myös keskitaajuuksille sekä mahdollisuus kokonaisvaimennuksen tason säätöön. Tämä takaa sen, että alataajuuksia voidaan säätää tarkasti halutun kuuloiseksi, soitetaan sitten joko standardi E A D G B E – vireessä tai matalammassa D G C F A D -vireessä, jota mielessä pitäen taajuuskorjain suunnitellaan.

## 2.1 Taajuusmuunnin

Taajuusmuuntimen pohjaksi valittiin Fenderin Bassman-tyylinen piiri (kuva 1). Tässä mallissa on kaksi pääpiirrettä jotka tekevät siitä sopivan haluttuihin ominaisuuksiin. Siinä on kolme säätönappia: korkeille, keski- ja matalille taajuuksille. Kun asetetaan  $R_b$  ja  $R_m$  minimiasentoon, toimii piiri ylipäästösuodattimena, jossa  $R_t$  säätelee päästöalueen amplitudia. Vastaavasti, kun  $R_t$  ja  $R_m$  ovat minimissä, toimii piiri alipäästösuodattimena.  $R_t$  ja  $R_b$  ollessa minimissä,  $R_m$  on kaistanpäästösuodatin jolla voidaan säätää koko kitaran taajuusalueen amplitudia. Tämä mahdollistaa korkeiden ja matalien taajuuksien vaimennuksen kompensoinnin, sekä mahdollistaa koko vaihevasteen tarkan säädön  $R_b$ -,  $R_m$ - ja  $R_t$ - säätimillä.



Kuva 1: Bassman tonestack [2]

Suunnittelu aloitettiin keskitaajuusalueelta. Keskitaajuusnappi määrittää kokonaisvaimennuksen, kun Bass ja Treble on asetettu minimiin. Bassman 5F6-A käyttää 25 k $\Omega$ :n potentiometriä keskitaajuuden säädössä. Tähän voidaan valita pienempi, esim. 10 k $\Omega$ :n potentiometri, mikäli halutaan pikkutarkkaa TURUN AMK:N OPINNÄYTETYÖ | Jere Ranta



säätömahdollisuutta, mutta 25 kΩ:n potentiometrin pitäisi riittää tähän työhön hyvin.

Valitaan myös vaimennus A desibeleinä, kun mid-valitsin on maksimiarvossa. Pysytään samassa 10 dB:n vaimennuksessa, jota Bassman 5F6-A käyttää [2]. Kun on valittu haluttu potentiometrin arvo  $R_m$  sekä päätetty vaimennuksen taso, voidaan laskea vastuksen  $R_1$  arvo.

$$R_1 = (10^{(A/20)} - 1) R_m = 54 \text{ k}\Omega \quad (1)$$

Taajuusvaste muuttuu bass-mid- sekä mid-treble-rajoilla noin 6 dB oktaavia kohti. Siksi on tärkeää määrittää missä kohtaa otelautaa nämä rajat sijaitsevat. Kun kitaristi liikkuu otelaudalla ylös tai alas, taajuusvaste muuttuu tasaisesti noin 6dB per oktaavi. Se määrää käytännössä taajuusmuuntimen äänen sävyn, eli soundin. Signaalin vaste vakioituu, kun signaali siirtyy kokonaan päästöalueelle. Ei ole mitään ennalta määrättyä paikkaa sille, missä kohtaa taajuusspektriä nämä rajat sijaitsevat. Taajuusmuuntimen soundin hakeminen tapahtuukin lähinnä kokeilemalla.

Määritellään ensin bass-mid raja-, eli bassokanavan ylärajataajuus. Tähän valittiin G3-nuotti, joka vastaa taajuudeltaan 196 Hz:ä.

$$C_3 = 1 / (2\pi F_1 R_1) = 15 \text{ nF} \quad (2)$$

Lasketaan seuraavaksi  $C_2$ :n arvo. Taajuusmuuntimella on kondensaattoreiden takia ääretön vaimennus DC-alueella, joten bassoalueen päästökaistalla on oltava alaraja. Raja on kuitenkin reilusti kitaran taajuusalueen alapuolella, kunhan valitaan  $R_b$ :n arvo riittävän suureksi. Molemmat sekä Fender että Marshall käyttävät tässä 1 MΩ:n vastusta. Ei ole syytä muuttaa sitä, joten valitaan sama.

$C_2$  määrittää alataajuuden vaimennuksen basso-nupin ollessa minimissä. Normaalisti bassovaimennuksen tulisi olla sama, kuin keskitaajuuden vaimennuksen silloin, kun  $R_m$  on maksimiarvossa. Lähtökohtana kuitenkin oli

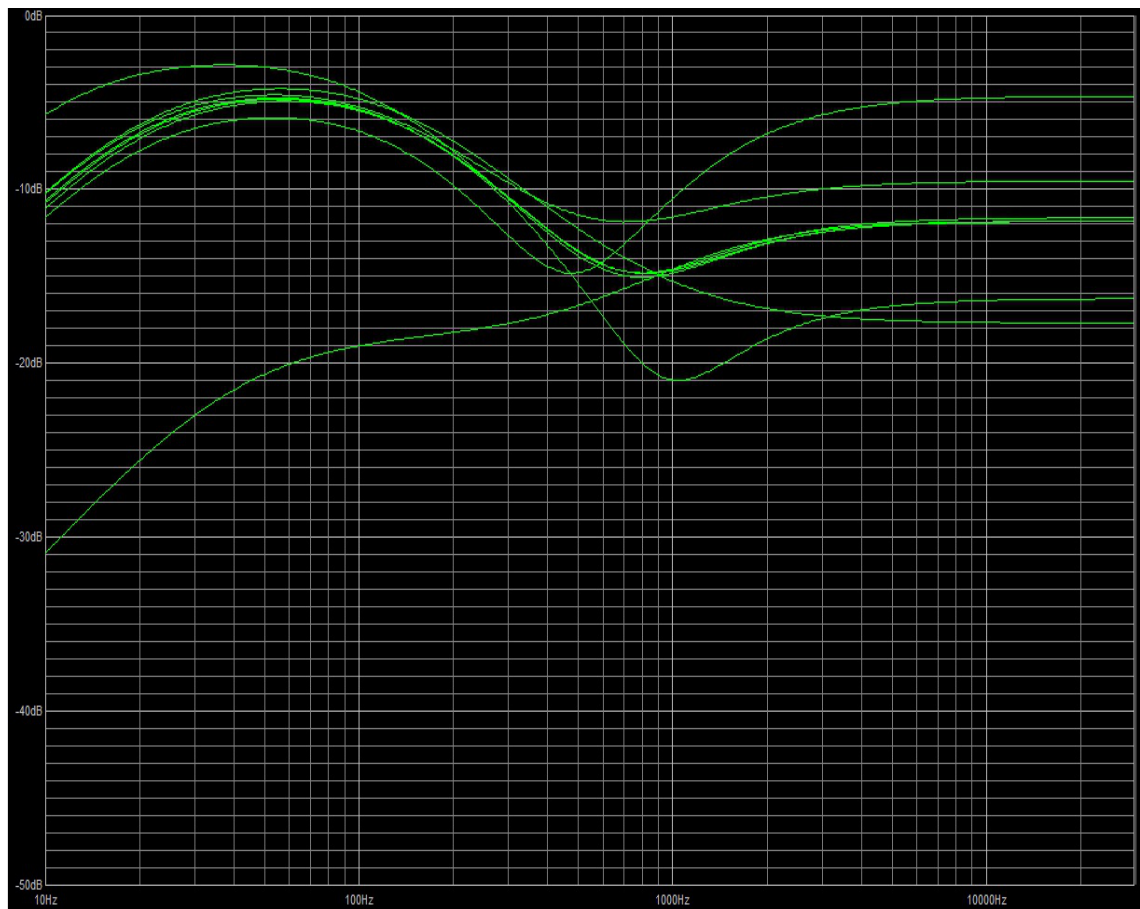
saada voimakkaampi vaimennus alataajuuksille, joten valitaan bassoalueen alaraja tarpeeksi alas. Otetaan huomioon myös mahdollisuus soittaa matalammilla kitaran vireillä. Valitaan  $f = 55\text{Hz}$  joka vastaa A1-nuottia (vapaa D-kieli on 73Hz:ä DGCFAD -vireellä).

$$C_2 = \left( \frac{1}{2\pi f_2 (R_1 + R_m)} \right) - C_3 = 22\text{nF} \quad (3)$$

Määritetään Treble-alueen rajataajuus. Koska tämän taajuuskorjaimen päätarkoituksena on säätää ala- ja keskitaajuuksia, voidaan treble-alueen raja asettaa reilusti yläkanttiin. Tässä on kuitenkin varottava, ettei  $C_1$  ole liian pieni ja häviä piirilevyn komponenteista syntyvään loiskapasitanssiin. Alarajana voidaan pitää Leo Fenderin valitsemaa 250 pF:n kapasitanssia. Valitaan  $R_t$ -säätimeksi 250 kΩ:n potentiometri ja rajataajuudeksi  $f = 1319\text{Hz}$  eli E7-nuotti.

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_3 * R_t} = 480\text{pF} \quad (4)$$

Simuloidaan piiriä käyttäen Tonestack calculator 1.3-ohjelmaa (LIITE 3). Piirin simulointi lasketuilla arvoilla antaa hyvännäköisen vasteen. Kuvassa 2 on simuloitu EQ:n toiminta säätönappien eri asennoissa. Kuvassa on jokaisen nupin asennot minimi-, maksimi- sekä keskiasennossa. Alataajuuksia pystytään säätämään todella voimakkaasti, jopa 50dB vaimennukseen asti. Mid-nappi antaa myös mahdollisuuden muokata taajuusvasteen muotoa vahvasti. Päästään hyvin tasaisesta koko taajuusalueen vaimennuksesta jyrkkään alataajuuksien vaimennukseen. Korkea treble-raja mahdollistaa myös ylääänien vaimennuksen haluttaessa, mikä antaa taajuuskorjaimelle enemmän käyttömahdollisuuksia.



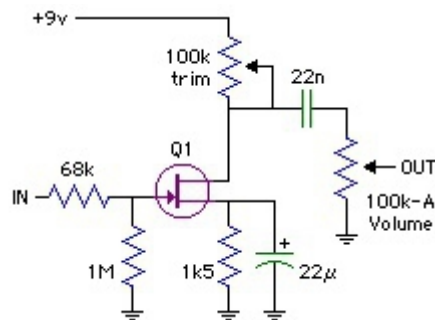
*Kuva 2: Taajuuskorjaimen simuloitu taajuusvaste*

## 2.2 Vahvistin

Taajuusmuuntimen suurehkoa vaimennusta kompensoimaan tarvitaan etuvahvistin. Tarkoitus etuvahvistimella ei ole kuitenkaan varsinaisesti vahvistaa päätevahvistimelle menevää signaalia, vaan kompensoida signaalin kokonaisvaimennusta suunnilleen samalle tasolle, kun se olisi päätevahvistimelle mennyt ilman EQ-pedaalia.

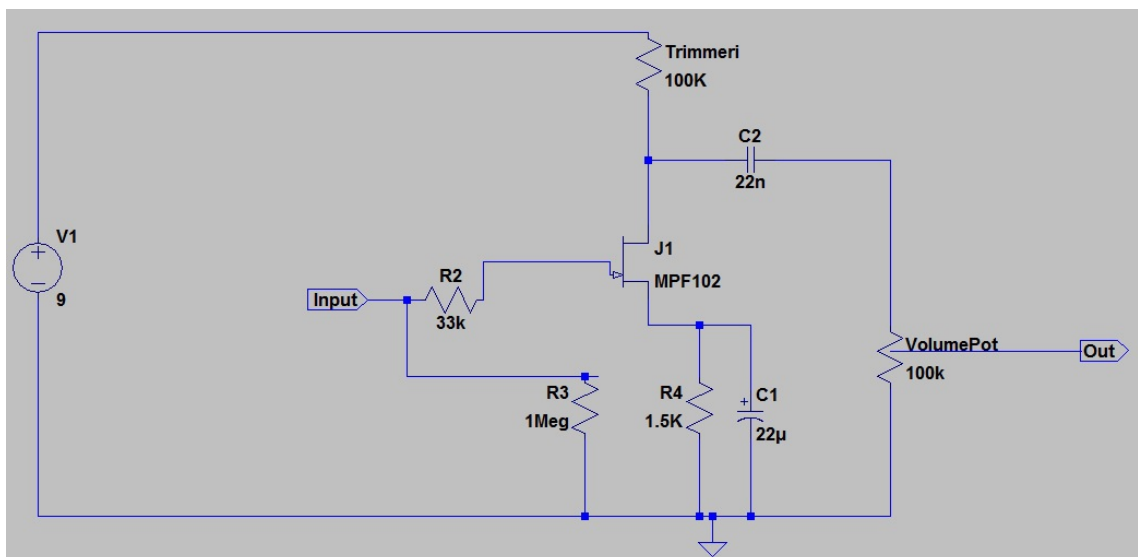
Vahvistimen mallina käytettiin Fenderin klassista etuastetta. Vahvistin, joka työhön valittiin, on fetillä toteutettu versio alkuperäisestä Fender 7025 tube input

stage -etuvahvistimesta. Eli ns. Fetzer Valve, Fender-tyylinen etuvahvistin (kuva 3) [3].



*Kuva 3: Fetzer Valve*

Vahvistimessa oli tarkoitus käyttää 2N5457 tai MPF102 JFET:iä, mutta kumpaakaan ei ollut saatavilla. Transistorina päädyttiin käyttämään BF256:a (LIITE 4), joka soveltuu korvaavaksi transistoriksi, mutta eroaa ominaisuuksiltaan hieman verrattuna MPF102:een. Tärkeää on kuitenkin, että transistorin  $V_{GS}$  on sama. Silloin ei tarvitse laskea source-vastusta uudelleen ja voidaan käyttää alkuperäistä fetzer valvea pohjana.



*Kuva 4: Muokattu Fetzer Valve*

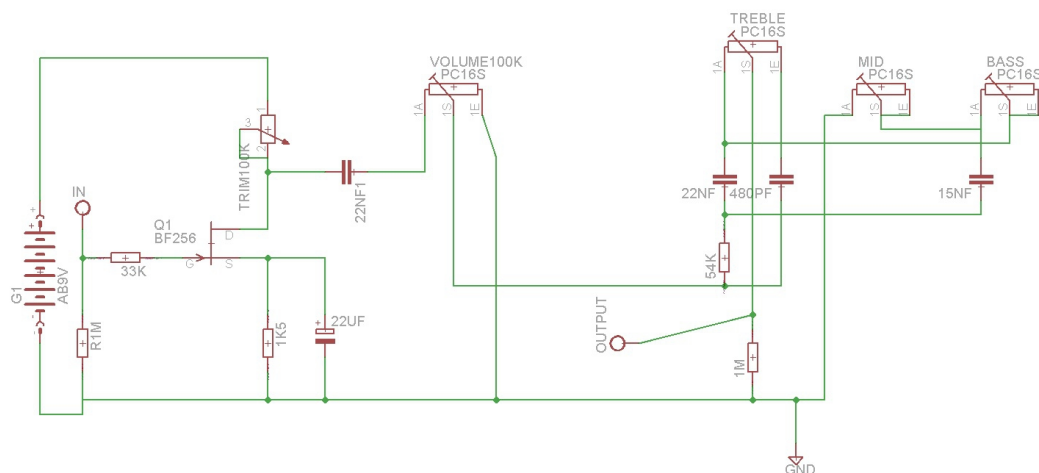
Vahvistinpiiriä muokattiin käyttäen apuna LT Spice simulaatio-ohjelmaa (kuva 4). Tarkoitus oli saada piirin vahvistus suunnilleen samaksi kuin taajuuskorjaimen kokonaisvaimennukseksi valittu  $A = 10\text{dB}$ . Koska vahvistuksen tasoa on kuitenkin mahdollista säätää volume-nupilla ja ylimääräistä vaimennusta saattaa syntyä arvioitua enemmän, päädyttiin vahvistus tuplaamaan  $10\text{ dB}$ :stä noin  $20\text{ dB}$ :in. Liitteessä 5 nähdään simuloitu vaste muokkauksen jälkeen. Taajuusvasteen alapää vahvistuu noin  $3\text{ dB}$ :ä vähemmän kuin yläpää, mutta niin pieni ero on käytännössä mitätön.

## 2.3 Piirilevyn suunnittelu

Suunnittelu aloitettiin käyttäen PADS -ohjelmistoa, mutta sen komponenttikirjasto osoittautui puutteelliseksi ja paremman ohjelmistoversion hankinta ei olisi ollut taloudellisesti kannattavaa.

Koko suunnittelu aloitettiin uudelleen EAGLE -ohjelman ilmaisversiolla, jonka komponenttikirjastot ovat kattavampia sekä helposti muokattavissa.

Suunnittelussa päädyttiin käyttämään yksipuolista piirilevyä, koska komponenttimäärä oli pieni ja yksipuolisen piirilevyn valmistus on helpompaa. Etuvahvistinpiiri ja taajuusmuunninpiiri suunniteltiin erikseen ja lopuksi yhdistettiin yhdeksi kokonaisuudeksi (kuva 5).

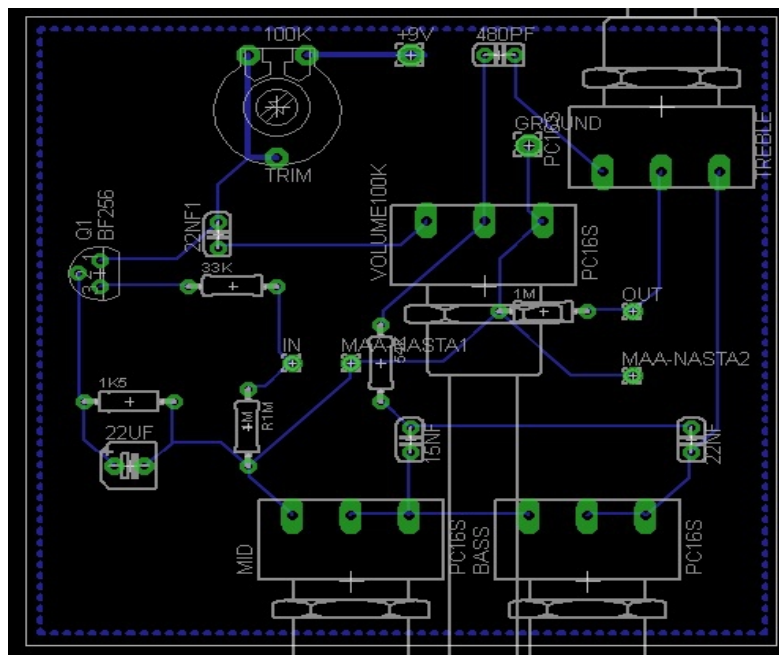


Kuva 5: Piirilevysuunnitelma

Ainoaksi ongelmaksi piirilevysuunnittelussa ilmeni signaaliteiden suuri määrä, joka johtui piirin tulevista potentiometreista. Piirilevyn maksimikoko sai olla vain 80 mm x 80 mm, jotta se mahtuisi koteloon. Tämä aiheutti ongelmia signaaliteiden kanssa, koska päällekkäisiltä signaalireiteiltä ei voinut välttyä. Myös 90°:n kulmia olisi syntynyt signaaliteihin mikä olisi johtanut suurempiin heijastuksiin.

Potentiometrit kiinnitettiin suoraan kanteen piirilevyn sijaan, jolloin komponenttien paikat piirilevyllä eivät olisi enää merkityksellisiä. Tästä seurasi suuri määrä hyppylankoja, joka helpotti piirilevyn layoutin tekoa suuresti, mutta häiriöiden määrä signaalissa saattaisi kasvaa. Ylimääräistä kapasitanssia tai induktanssia hyppylangoista ei kuitenkaan synny merkityksellistä määrää, koska signaalin taajuudet ovat pieniä.

Koska potentiometrejä ei kiinnitetä suoraan piirilevyyn, voidaan komponenttien paikkoja muuttamalla välttyä päällekkäisiltä signaalireiteiltä. Tämä mahdollisti myös maa-sekä signaalinastojen sijoittamisen optimaalisiin paikkoihin piirilevyllä. Myös maa-alueet pysyvät yhtenäisinä sekä tarpeeksi suurina. Signaalireiteissä ei myöskään enää tarvinnut olla liian tiukkoja kulmia ja piirilevystä tuli tiivis sekä siisti. Kuvassa 6 näkyy lopullisen piirilevyn layout.



Kuva 6: Piirilevyn layout

## 3 TOTEUTUS

Suunnitteluvaiheeseen käytettiin runsaasti aikaa. Varsinkin piirilevysuunnitelmaan perehdyttiin erittäin huolellisesti. Pienen budjetin, sekä yksittäisten komponenttien hinnan takia virheisiin ei ollut toteutusvaiheessa varaa. Varsinainen toteutusvaihe sujui suunnitelmien mukaan ilman suurempia ongelmia.

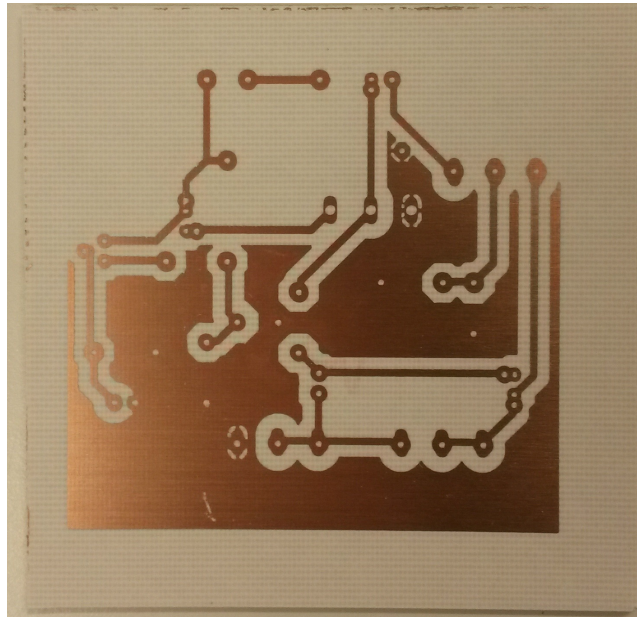
### 3.1 Piirilevyn valmistus

Ensimmäinen vaihe oli tehdä piirilevy. Vaikka piirilevyllä kulkevat virrat ovat todella pieniä ja näin ollen signaalitiet voisivat olla kapeita, ihanteellisissa oloissa noin 40 nm:n paksuisia, on parempi ottaa mahdollisimman suuri viivanleveys. Tämä johtuu siitä, ettei Turun ammattikorkeakoulun elektroniikkalaboratoriossa olevilla välineillä pystytä tekemään elektroniikkateollisuuden tasoista jälkeä. Piirilevyn syövytyksen takia on myös parempi käyttää mahdollisimman suurta viivanleveyttä, tämä helpottaa myös komponenttien kiinnitystä. Piirilevyn teko onnistui hyvin ja jälki oli erittäin hyvää (kuva 7).

Komponenttien juottamisessa ilmeni muutama pieni ongelma. Koska alkuperäistä transistoria ei ollut saatavilla ja haluttiin myös mahdollisuus vaihtaa transistoria tarvittaessa, päätettiin käyttää transistorikantaa pelkän transistorin sijaan. Tämä päätös syntyi kuitenkin jo piirilevysuunnitelman teon jälkeen ja juottaessa ilmeni, ettei transistorikanta mahdu piiriin. Koska piirilevy oli jo tehty, ei alettu enää muuttamaan suunnitelmaa tai tekemään uutta levyä, joten transistori päädyttiin kuitenkin juottamaan piirilevyyn ilman transistorikantaa.

Toinen vastaava ongelma oli, kun havaittiin yhden kondensaattoreista olevan väärä. 22 nF sijaan olikin tilaukseen laitettu 220 nF:n kondensaattori. Koulun varastosta löytyi oikeanlainen kondensaattori, mutta se oli eri kotelolla. Piirilevy

oli kuitenkin valmistettu suurella viivanpaksuudella, joten reikä komponenttia varten pystyttiin poraamaan suoraan signaalitiehen. Näin komponentti saatiin sopimaan piirilevyyn.



*Kuva 7: Valmis piirilevy*

### 3.2 Kotelo

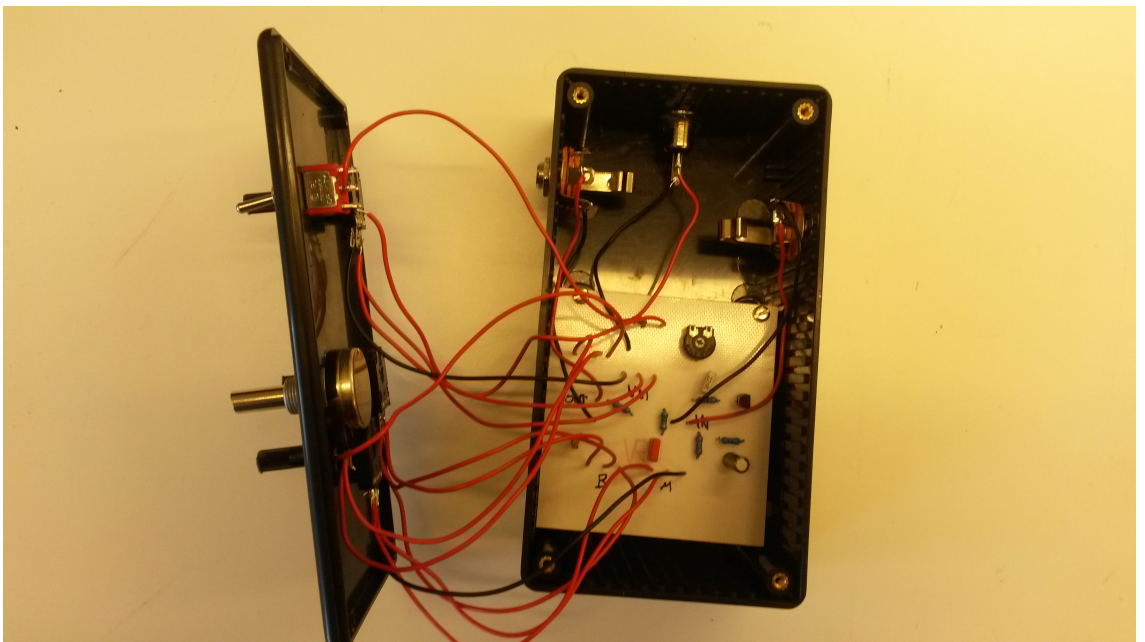
Ihanteellisessa tilanteessa metallikotelo olisi ollut paras vaihtoehto ulkopuolisten häiriöiden estämisen takia. Metallikotelot olivat kuitenkin budjetin ulkopuolella, joten päädyttiin yksinkertaiseen muovikoteloon. Kotelon täytyi olla tarpeeksi suuri, jotta kanteen kiinnitettävillä potentiometreillä on tarpeeksi tilaa ja etteivät ne ota piirilevyyn kiinni. Kannen ja seinien tulisi myös olla tarpeeksi paksua muovia, että siihen voidaan porata reiät tarvittaville liittimille. Kotelon tulisi myös kestää treenausolosuhteita.

Sopivan kotelon löydyttyä täytyi siihen porata reiät potentiometreille, in/out liittimille sekä käyttäjänniteliittimelle ja on-off-kytkimelle. Kotelon mitat ovat 80 mm x 50 mm x 150 mm ja seinät ovat 3 mm paksut, joten kotelossa on hyvin tilaa liittimille sekä lukuisille hyppylangoille.



Ongelmakohtaksi nousi piirilevyn kiinnitys koteloon, koska koteloa ei varsinaisesti ole tarkoitettu elektroniikkalaitteelle. Siinä ei ollut kiinnitysuria eikä ruuvien paikkoja. Siksi kiinnityksessä päädyttiin käyttämään neljää korkeudeltaan 15mm olevaa korotepalaa, jotka kiinnitettiin levyn pohjaan kuumaliimalla. Piirilevy asetettiin korotepalojen päälle ja se kiinnitettiin reunoista siististi ja tukevasti ruuveilla.

Kuvassa 8 näkyy kotelo valmiina. Kanteen menevät hyppylangat jätettiin melko pitkiksi, jotta kotelo on tarvittaessa helppo avata ja piirilevyyn pääsee helposti käsiksi.



*Kuva 8: Valmis kotelo*

## 4 MITTAUKSET

Ennen mittausten aloittamista laitteen toiminta piti tarkastaa. Laite kytkettiin käyttöjännitteeseen ja transistorin drain-jännite säädettiin oikeaksi, n. 4,5 V:iin. Tämän jälkeen pedaaliin kytkettiin signaaligeneraattorista lähtevä pienitehoinen sinisignaali EQ:n sisääntuloon ja uloslähdöstä oskilloskooppiin.

Oskilloskooppi ei saanut mitään lukemaa laitteesta. Asiaa tutkiessa vian syyksi paljastui, että trebleä säätävä potentiometri oli viallinen. Potentiometri oli todennäköisesti hajonnut kolvatessa, vaikka siinä ei näkynyt ulkoisesti mitään vikaa.

Vioittuneen potentiometrin vaihtamisen jälkeen laite toimi oikein. Oskilloskoopilla satunnaisia taajuuksia kokeilemalla näytti pedaali toimivan juuri niin kuin sen pitikin.

Pedaalin testaaminen kitaran ja vahvistimen kanssa suoritettiin välittömästi kun havaittiin laitteen toimivan. Kun pedaali oli kytketty vahvistimeen, kuului heti voimakasta huminaa. Tarkkaan kuunnellessa voitiin havaita kitaran oma ääni huminan alta, mutta humina peitti sen miltei kokonaan.

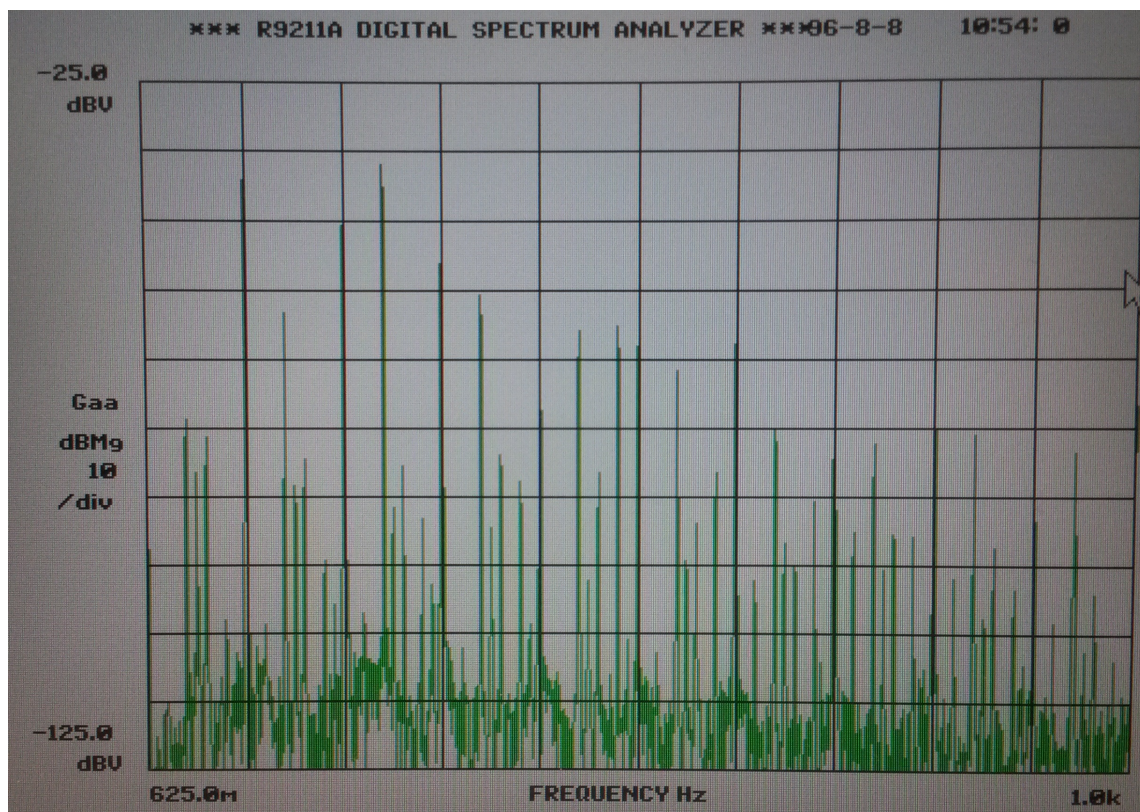
Huminan syytä lähdettiin selvittämään Digitaalisella spektrianalysointilaitteella. Pedaaliin kytkettiin signaaligeneraattorista 240Hz:n sinisignaali (ks. Kuvio 1).

Mittauksista paljastui huminan syyksi pedaalissa käytetty muuntaja. Kyseinen muuntaja ei sovellu käytettäväksi pedaalissa sen aiheuttamien häiriöiden ja säröjen vuoksi. Tarkoituksena oli myös mitata EQ:n käyttäytyminen, kun vastetta säädetään säätönupeista ja verrata todellista käyttäytymistä simuloituun vasteeseen.

Seuraavassa osiossa tarkastellaan mittaustuloksia tarkemmin.

## 4.1 Mittausten tulokset

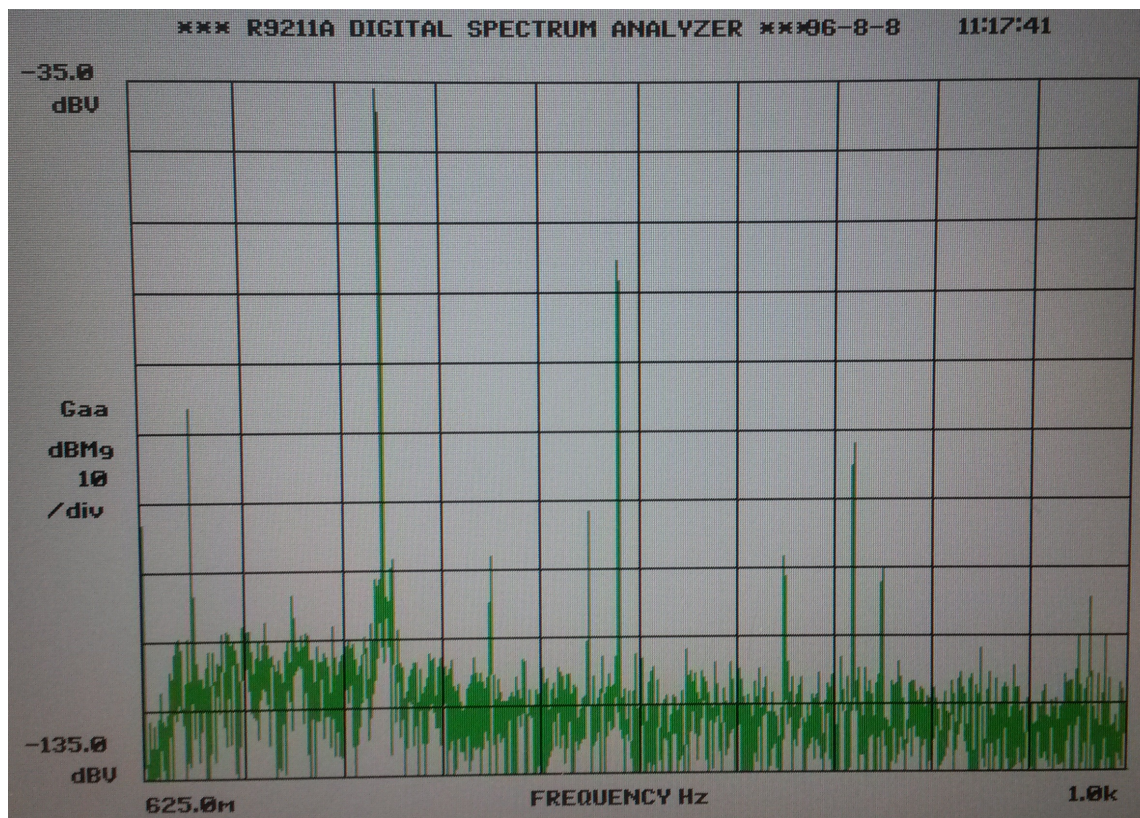
Kuviosta 1 voidaan heti huomata spektrissä ylimääräistä häiriötä. Tässä näkyy varsinkin 100 Hz:n välein toistuva spektriviiva, joka on amplitudiltaan yhtä voimakas kuin 240 Hz signaali. Spektrissä toistuu myös 50 Hz:n särö, joka ei sinne kuulu. Tämä selittää vahvistimesta kuuluneen huminan.



*Kuvio 1: Spektrianalysointimittaus*

Nämä häiriöt aiheutuvat todennäköisesti pedaalissa käytettävästä jännitelähteestä. Kyseessä on vanha muuntaja, joka ei ole laadultaan kovin hyvä. Tätä on helppo testata laboratoriossa kytkemällä pedaaliin säädettävä jännitelähde.

Kun verrataan kuvio 1:n spektriä kuvio 2:n spektriin, on ero todella selkeä. Nyt kuvassa näkyy vain 240 Hz:n signaali sekä sen harmoniset komponentit (480 Hz, 720 Hz). Vaikka muutamia satunnaisia ylimääräisiä spektriviivoja voidaan myös havaita, ovat ne amplitudiltaan niin paljon pienempiä, ettei niistä pitäisi koitua haittaa. Osa spektriviivoista sekä harmonisista säröistä saattaa johtua mittauksessa käytetystä sinisignaalista. Todellisessa tilanteessa pedaaliin tuleva signaali ei ole tasaista jaksollista sinisignaalia, mutta se antaa silti hyvän kuvan pedaalin toiminnasta.



*Kuvio 2: Spektrianalysointimittaus erillisellä jännitelähteellä*

Seuraavaksi oli tarkoitus mitata EQ:n toimintaa ja eri taajuuksien vaimenemista. Vektoripiirianalysointilaite soveltuu tähän mittaukseen hyvin, koska sen taajuusalue alkaa jo 5 Hz:stä. Ongelmallista oli kuitenkin se, että todellisia mittaustuloksia vektoripiirianalysointilaite antoi vasta noin 1 kHz:stä ylöspäin. Koska EQ:n suunniteltu toiminta-alue on n. 50 Hz – 1 300 Hz, ei tästä juurikaan

saada hyödyllistä dataa. EQ toimii käyttöalueen yläpuolella ylipäästösuodattimena, tästä voidaan tutkia kuitenkin treble-nupin vaimennusta minimi- ja maksimiasennoissa.

Liitteessä 1 nähdään EQ:n vaimennus 5 Hz – 20 kHz:n alueelta. Vaikka luotettavia tuloksia saadaan vasta noin 2 kHz:n jälkeen, voidaan silti nähdä n. 10 dB:n vaimennus.

Lopuksi mitattiin EQ:n todellinen toiminta käyttäen Neutrikin A2 – Audio Measurement System –audiomittaria. Liitteessä 2 on kolme mittausta EQ:n säätönappien eri asennoissa. Kun verrataan EQ-käyrän toimintaa kuvan 2 simuloituun toimintaan, voidaan huomata että EQ käyttäytyy lähes täysin samalla tavalla, kuin simuloitu versio.

Mittaustuloksista voidaan päätellä EQ:n toimivan odotetusti. Spektrianalysointimittauksessa ilmenneet häiriöt saattavat johtua muovikotelosta johtuvasta EMC-suojauksen puuttumisesta sekä monista hyppylangoista. Ylimääräisiä häiriöitä voitaisiin välttää käyttämällä suojattuja johtimia sekä maadoitettua metallikoteloita. Mittaustulosten analysoinnissa täytyy pitää mielessä, että tulokset eivät kerro miltä EQ-pedaali kuulostaa kitaran kanssa. Kitaraa soittamalla ja soundia kuuntelemalla selviää, kuinka paljon häiriöt vaikuttavat EQ-pedaalin soundiin.

## 5 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa EQ-pedaali kitaralle käytettäväksi treeniolosuhteissa. Pedaalin vahvistin on transistoreilla toteutettu ja kitaralle muunnettu versio Fenderin alkuperäisestä Bassman-bassovahvistimen etuasteesta.

EQ-pedaali suunniteltiin täydentämään kitaran päätevahvistimen puutteellista taajuuskorjainta. Suunnittelussa on otettu huomioon päätevahvistimen heikko matalien taajuuksien vaimennus, jota pedaalin on tarkoitus tehostaa.

Vaikka pedaalin toiminta vastasi tavoitteita, on siinä silti mahdollisuus jatkokehitystä varten. Budjetin ollessa joustavampi voidaan pedaalaa parantaa materiaalivalinnoilla, varsinkin metallikotelon käytöllä muovikotelon sijaan. Pedaalissa ei myöskään ole käyttöjännitteen regulointia ollenkaan. Koska lähes ideaalista jännitelähdettä ei ole käytettävissä laboratorio-olosuhteiden ulkopuolella, on vaivalloista ja epäkäytännöllistä säätää käyttöjännitettä aina muuntajan mukaan. Huono jännitelähde saattaa myös aiheuttaa selkeästi kuultavissa olevia häiriöitä, joita voidaan jännitettä reguloimalla sekä signaalia paremmin suodattamalla välttää.

Erilaisilla transistorivalinnoilla voidaan myös vaikuttaa taajuusmuuntimen soundiin. Transistorien erojen testaaminen tapahtuu kuitenkin soundia kuuntelemalla, siksi transistorikannan käyttö piiriin juotetun transistorin sijaan on järkevää.

Taloudelliselta näkökannalta EQ-pedaalin tekeminen ei ole kovin kannattavaa. Kaupalliset pedaalit ovat nykyään niin edullisia, ettei ole järkevää käyttää aikaa ja resursseja pelkän EQ-pedaalin tekoon. Jos kuitenkin tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa vaikkapa audiovahvistin, kannattaa silloin suunnitella vahvistimelle hyvä ja tehokas taajuuskorjain, jolloin ylimääräistä EQ-pedaalia ei edes tarvita. Tämä opinnäytetyö antaa hyvän pohjan taajuuskorjaimen suunnittelua varten. Se myös tuo esille mahdollisia ongelmia sekä haasteita, joita vastaavassa projektissa voi esiintyä.

## LÄHTEET

[1] Ampwares, Fender Amp Field Guide, [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.thevintagesound.com/ffg/> (luettu: 15.8.2014).

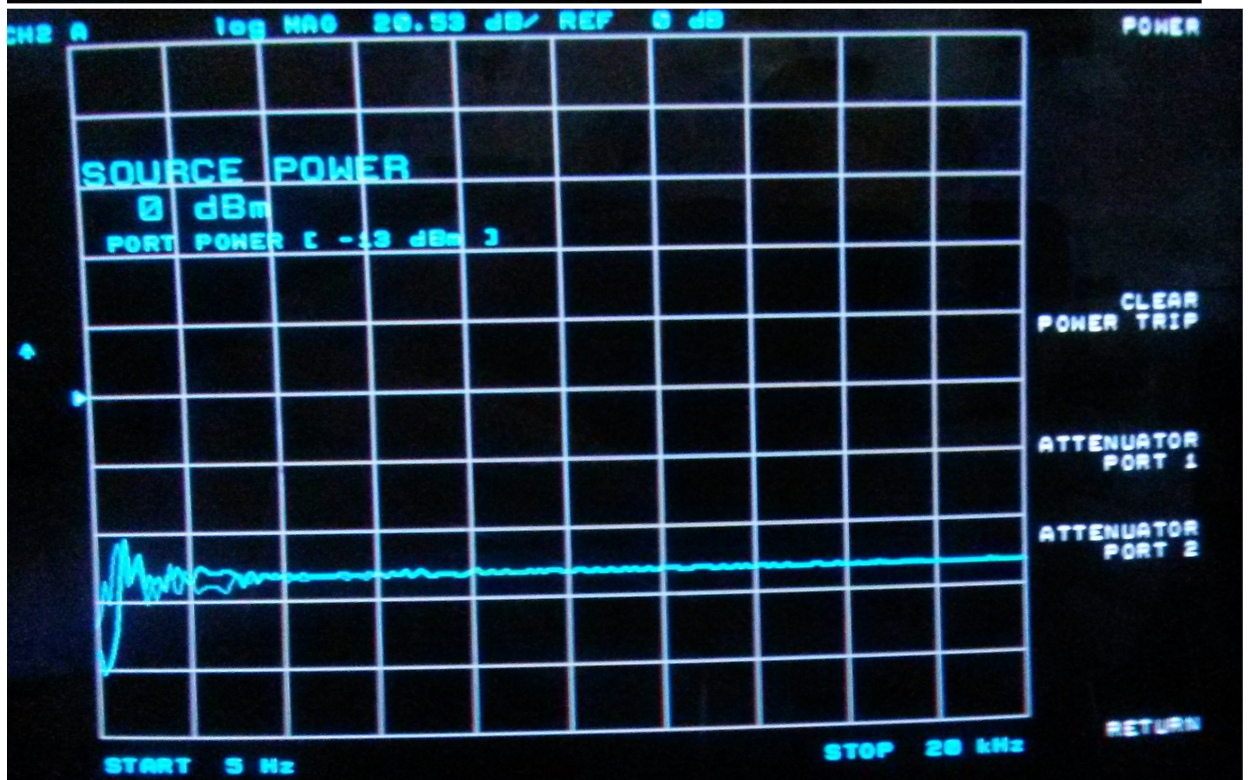
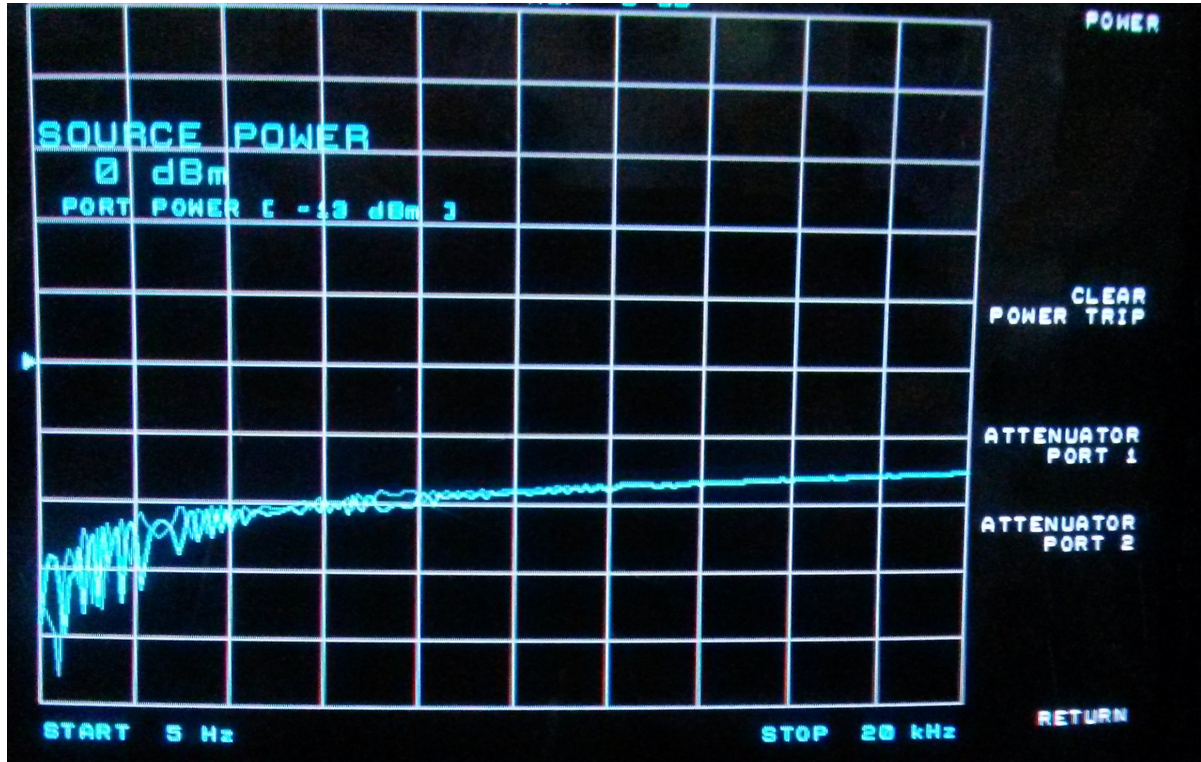
[2] Amp Books, Tonestacks: BASSMAN 5F6-A vs. MARSHALL MODEL 1987, [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.ampbooks.com/home/classic-circuits/bassman-tonestack-intro/> (luettu 4.7.2014).

[3] Run Off Groove, Fetzer Valve, [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.runoffgroove.com/oldfetzer.html> (luettu: 9.7.2014).

Linsley, J Hood, Audio Electronics 2<sup>nd</sup> edition. Yhdysvallat, Elsevier 1998

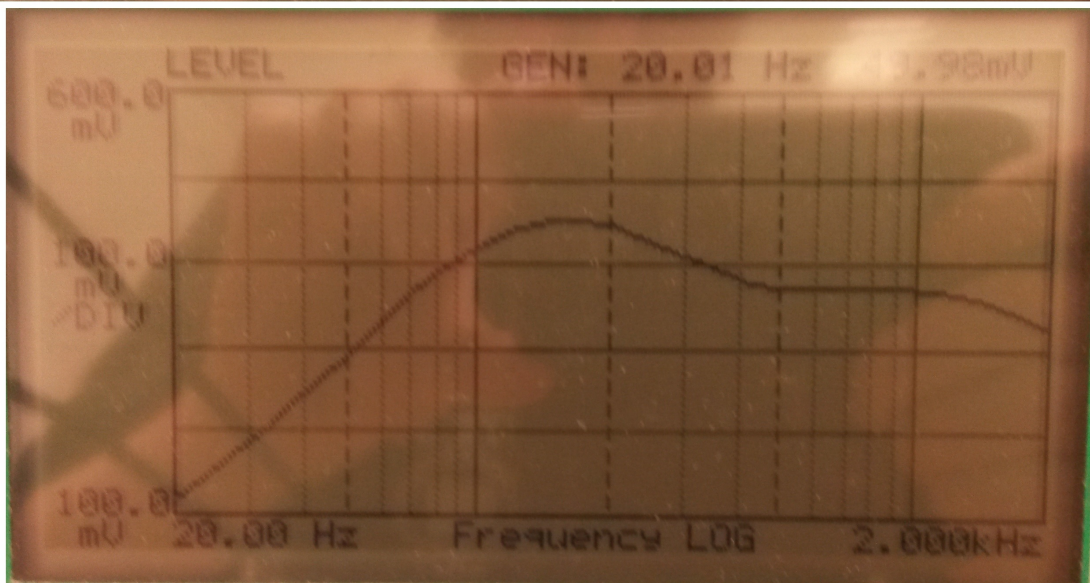
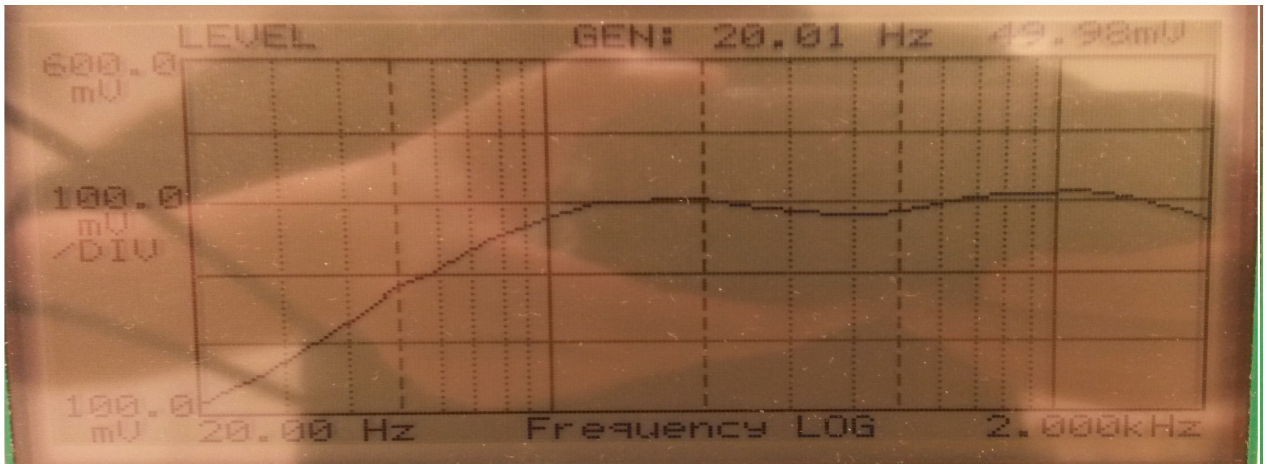
Valve Wizard, Note and frequency in Hertz (approx.) for standard tuning, [online]. Saatavilla: <http://www.valvewizard.co.uk/FretFreq.jpg> (luettu 1.9.2014).

## Vektoripiirianalysoittorimittaus

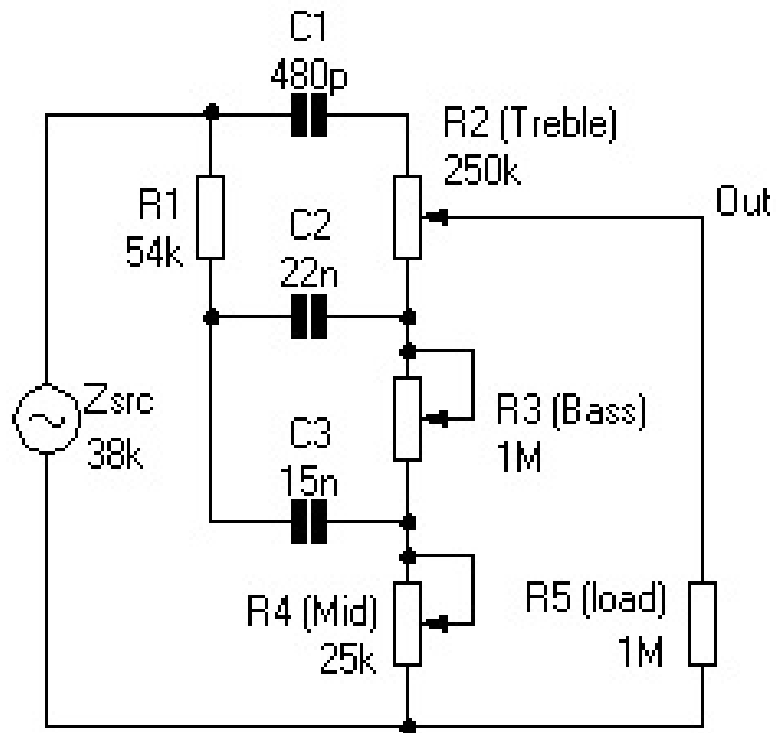




## Mitattu taajuusvaste



## Simuloitu EQ-piiri



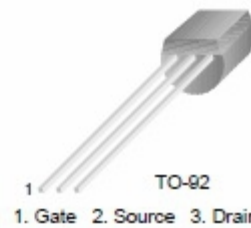
# BF256 Datasheet

**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR®

## BF256A/BF256B/BF256C

### N-Channel RF Amplifiers

- This device is designed for VHF/UHF amplifiers.
- Sourced from process 50.



### Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{DG}$	Drain-Gate Voltage	30	V
$V_{GS}$	Gate-Source Voltage	-30	V
$I_{GF}$	Forward Gate Current	10	mA
$P_D$	Total Device Dissipation @ $T_A=25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	350 2.8	mW mW/ $^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Operating and storage Temperature Range	-55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

### Electrical Characteristics $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
<b>Off Characteristics</b>					
$V_{(BR)GSS}$	Gate-Source Breakdown Voltage	$V_{DG} = 0, I_G = 1\mu\text{A}$	-30		V
$V_{GS}$	Gate-Source	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 200\mu\text{A}$	-0.5	-7.5	V
$V_{GS(off)}$	Gate-Source Cutoff Voltage	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 10\text{nA}$	-0.5	-8	V
$I_{GSS}$	Gate Reverse Current	$V_{GS} = -20\text{V}, V_{DS} = 0$		-5	nA
<b>On Characteristics</b>					
$I_{DSS}$	Zero-Gate Voltage Drain Current BF256A BF256B BF256C	$V_{GS} = 15\text{V}, V_{DS} = 0$	3 6 11	7 13 18	mA
<b>Small Signal Characteristics</b>					
$g_{fs}$	Common Source Forward Transconductance	$V_{DG} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1\text{KHz}$	4.5		mmhos

## Muokatun vahvistimen simuloitu taajuusvaste

