

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

Benjamin Lipovšek

**WAH-WAH EFEKT  
ZA ELEKTRIČNO KITARO**

Seminarska naloga

pri predmetu  
Elektronska vezja

V Sevnici, maj 2006

# 1. UVOD

Seminarska naloga pri predmetu elektronska vezja se je izkazala kot ena najbolj pozitivnih, vsekakor pa najbolj poučnih obveznosti v četrtem letniku fakultete za elektrotehniko. Razlog je preprost: po neštetih urah grafita in krede je končno prav vsak prisiljen zavihati si rokave, poprijeti za spajkalnik in dejansko izdelati funkcionalno elektronsko napravo.

Sam se kot tipični predstavnik »gimnazijske« populacije prej z načrtovanjem in izdelavo vezij še nikoli nisem ukvarjal. Praktično delo mi je bilo milo rečeno tuje, zato sem bil sprva tudi nemalo v skrbeh, ali mi bo zastavljeni cilj sploh uspelo doseči. K sreči pa na večje probleme na poti nisem naletel (za kar se moram bržkone zahvaliti tudi preprostosti samega vezja); še več – delo mi je bilo v veselje, končni izdelek pa v moje vsesplošno zadovoljstvo deluje celo bolje, kot sem v začetku upal pričakovati!

## 1.1 WAH-WAH EFEKT

Vprašanje, kaj izdelati, je bilo pravzaprav lahko. Sem velik navdušenec nad glasbo, ljubiteljsko že nekaj let igram tudi kitaro, zato sem takoj vedel, da bo moje seminarsko delo plavalo v avdio vodah. Toda kaj točno? Predvsem sem želel sestaviti nekaj, česar še nimam in kar bi mi dejansko prav prišlo – odločil sem se za preprost wah-wah<sup>1</sup> efekt za električno kitaro.

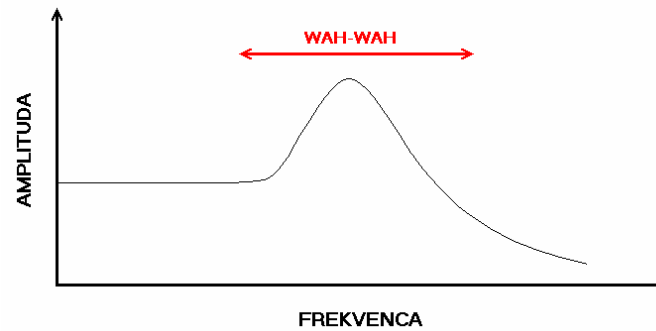
Ko v kitarskem žargonu govorimo o efektu, imamo pravzaprav v mislih celotno napravo – ohišje, priključke in elektronsko vezje, ki dejanski zvočni efekt (pojav) generira. Na trgu je malo morje različnih tipov efektov, večina pa jih temelji na enem in istem principu: igračkanju s harmonskimi komponentami zvočnega signala.

Glasbila (k sreči) namreč ne proizvajajo čistih sinusnih tonov. Struna na kitari tako ne niha zgolj z osnovno frekvenco, pač pa še s celo množico višjih harmonskih frekvenc (temu strokovno rečemo »zven«). In prav ta razgiban frekvenčni spekter je tisto, kar daje glasbi barvo in brez katerega bi pravzaprav vsi inštrumenti zveneli enako.

Wah-wah efekt je v svoji osnovi variabilni pasovno prepustni filter. Kitarist (navadno s pedalom) spreminja položaj vrha prevajalne funkcije glede na frekvenco, s tem pa enkrat prepušča pretežno nizke, drugič pa pretežno visoke frekvenčne komponente signala.

---

<sup>1</sup> Slovenski prevod bi se glasil »va-va« oziroma »ua-ua«, vendar se ga zaradi vsesplošne uporabe izvirne različice tudi sam ne bom posluževal.



Bistvo efekta pa je ravno prehod iz ene pozicije v drugo! Ob tem namreč nastane tisti značilni, človeškemu glasu podoben zvok »uuaa« (oziroma »aauu« za prehod v obratni smeri), zaradi katerega je wah-wah tako prepoznaven, vsesplošno uporabljan in skoraj kultno čaščen.

## 1.2 KRATKA ZGODOVINA

Wah-wah pojav kot tak je pravzaprav že precej star. Dušena trobenta, na primer, lahko proizvede podoben zvok, kar so igralci jazza izpilili do potankosti že v samih začetkih zvrsti. V dvajsetih letih prejšnjega stoletja je bila celo posneta skladba, ki je nosila naslov »Wawawa«.

Vsekakor pa je danes najbolj poznan prav elektronski efekt za električno kitaro, s katerim kitaristi uspejo dosežati še globlje ravni svojega glasbenega izražanja. Začetki tega sicer segajo že v štirideseta in petdeseta leta, prvo komercialno različico pa so sredi šestdesetih razvili v britanskem podjetju Vox. Omenjeni pasovno prepustni filter so zaprli v ohišje z vgrajenim pedalom, s katerim je lahko nato kitarist efekt krmilil.



Napravica, ki se je imenovala »Wah-Wah«, je postala takojšen hit. Vox je efekt v velikih količinah izdeloval v Italiji sprva zgolj za evropski trg, kmalu pa so se zanj začeli zanimati tudi preko Luže. Manjša birokratska zmeda je pri tem nastala, ker evropski in ameriški distributor nista hotela prodajati efektov pod istim imenom, zato so wah-wah naprave za ameriški trg enostavno preimenovali v »Crybaby«; gre pa seveda za povsem isto stvar.

## 2. NAČRTOVANJE

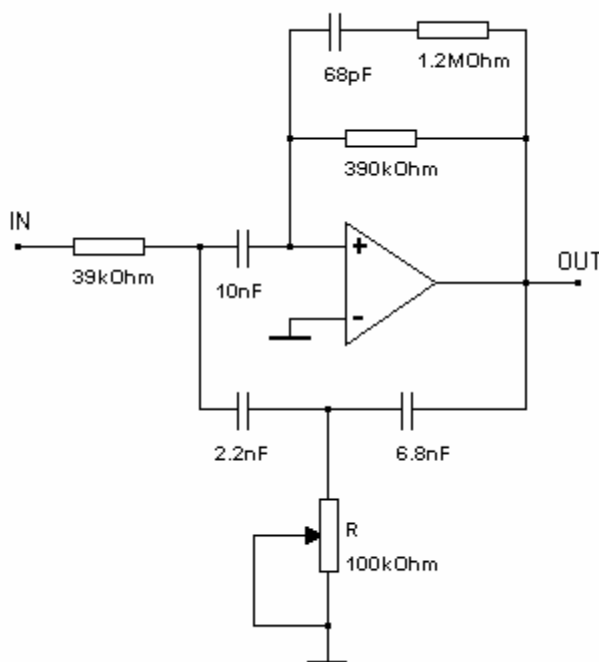
### 2.1 PASOVNO PREPUSTNI FILTER

Variabilni pasovno prepustni filter, srce wah efekta, lahko seveda realiziramo na več načinov. Dobri komercialni izdelki vsi po vrsti temeljijo na tranzistorskem vezju s selektivnim bremenom, ki naj bi dajalo najboljši zvok. Vendar pa je s takšnim vezjem tudi nekaj problemov. Potrebujemo induktivnost okoli 500mH, ki jo je morda malo težje najti, vezje je večje, pa še potenciometer, ki krmili vrh filtra, je vezan nekoliko neugodno kot plavajoči (neozemljen) napetostni delilnik.

Druga možnost pa je izdelava aktivnega RC filtra z operacijskim ojačevalnikom. Takšno vezje je mnogo cenejše in manjše, zato pa nič manj pogosto. Najdemo ga predvsem v raznih multiefektih, kjer je prostor poglavitna omejitev. Še ena prednost takega tipa pa je v vezavi krmilnega potenciometra, ki je tu vezan direktno na maso; spreminjamo zgolj njegovo vrednost. Prav to nam omogoča nekatere zanimive možnosti nadgradnje (glej razdelek 2.3.4), ki bi bile pri tranzistorski različici težje izvedljive.

Iz zgornjih razlogov sem se torej odločil za izdelavo druge, enostavnejše verzije z operacijskim ojačevalnikom. Najprej sem zbral cel kup različnih variant z interneta, opravil nekaj Spice simulacij, nato pa kar vse po vrsti zvezal na protoboardu, jih priključil na ojačevalnik in kitaro ter končno primerjal med seboj.

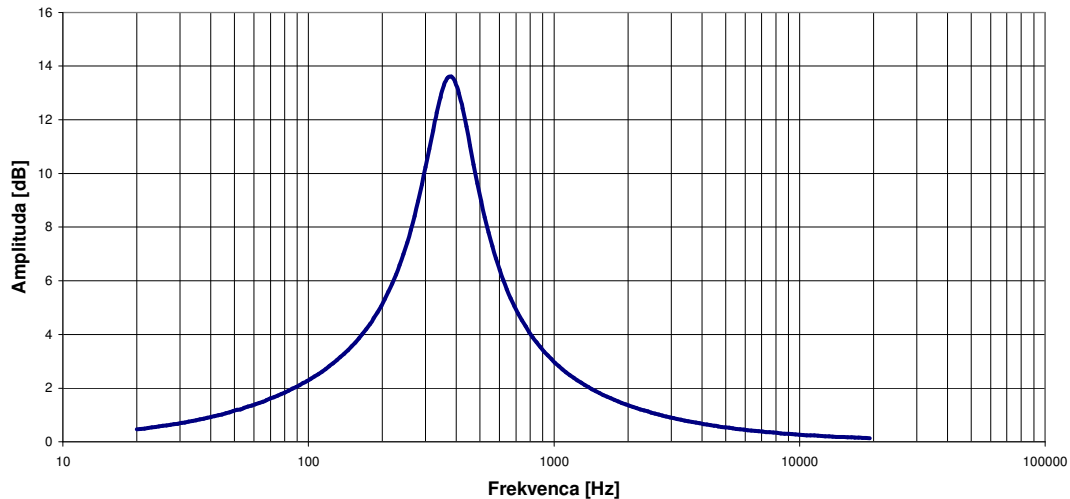
Na koncu sem se odločil za tisto različico<sup>2</sup>, ki se mi je zdela »na uho« najboljša:



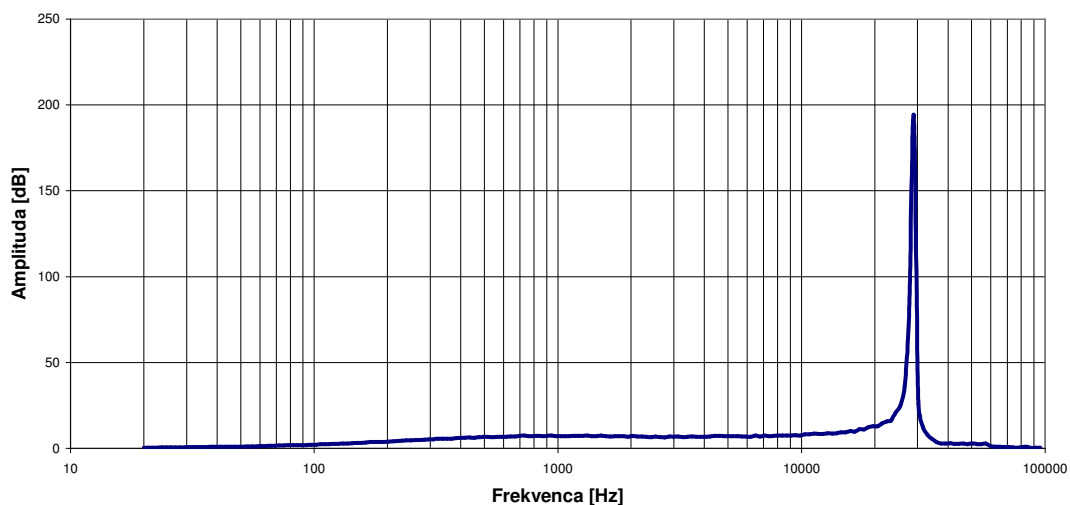
<sup>2</sup> Filter je povzet po vezju za efekt: MORLEY, Pro Series II, Distortion/Wah/Volume

Vrh prevajalne funkcije krmilimo s potenciometrom R, ki se tipično giblje med 0 in 100k. Frekvenčna analiza<sup>3</sup> za skrajni točki pokaže naslednji karakteristiki:

**PREVAJALNA FUNKCIJA, R=100k**



**PREVAJALNA FUNKCIJA, R=0**



Slika delovanja je torej jasna: pri velikih vrednostih bremena R bo wah-wah prepuščal nizke frekvenčne komponente signala, pri malih pa visoke (več o krmiljenju v razdelku 2.3).

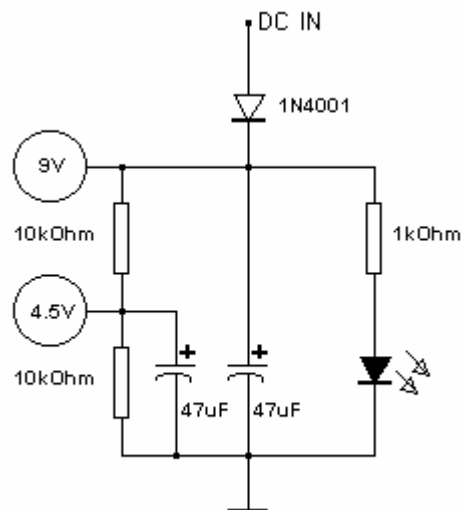
Vrednosti vseh ostalih uporov in kondenzatorjev pa seveda določajo obliko filtra: celotno frekvenčno območje, kvaliteto ter ojačanje posameznih prepustnih pasov itd. Izkaže pa se (to lahko preprosto preverimo s simulacijo v programu Spice), da so te lastnosti močno odvisne med seboj. Če bi želeli, na primer, izboljšati kvaliteto v nekem frekvenčnem pasu, bi s tem pokvarili lastnosti drugih pasov. Filtra torej ne moremo poljubno oblikovati.

<sup>3</sup> Vse frekvenčne analize so bile izvedene s spektralnim analizatorjem SRS Systems SR780 FFT Network Analyzer.

Zgornja shema tako kaže optimiziran primer za wah-wah efekt: frekvenčno območje (razpon) je dovolj širok, kvaliteta v posameznih pasovih je relativno konstantna, tudi ojačanje v posameznih pasovih je podobno (le v skrajno nizkem frekvenčnem pasu je morda nekoliko premajhno).

## 2.2 NAPAJANJE

Vezje je napajano z enosmerno napetostjo +9V. Dioda 1N4001 služi kot zaščita pred napačno polariteto, 10k upora pa kot delilnik, s katerim dobimo še polovično vrednost napajalne napetosti. Operacijski ojačevalnik je namreč napajan le na  $V_{cc}^+$  strani s polno napetostjo,  $V_{ee}^-$  sponka pa je vezana na maso. Zaradi tega mora neinvertirajoči vhod plavati na polovični vrednosti napajalne napetosti, da dosežemo maksimalno izkrmiljenje na izhodu. Zgolj kozmetični dodatek pa je še LED dioda s svojim 1k uporom, ki služi kot indikator.



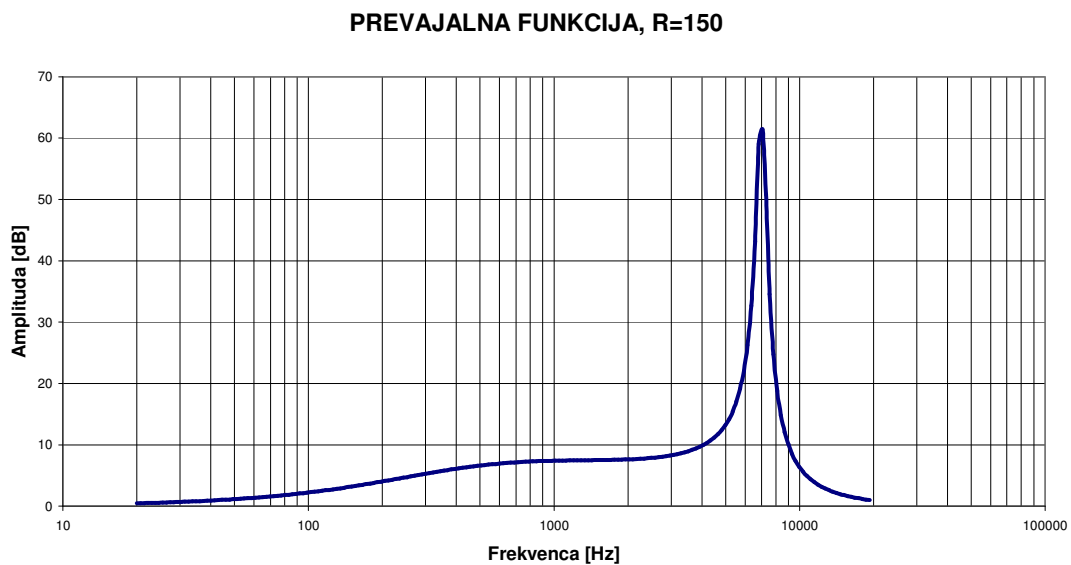
Za napajalnik lahko uporabimo standardni adapter, zahvaljujoč nizki porabi samega vezja pa je tudi 9V baterija povsem ustrezna. Najbolje je, da računamo kar na obe rešitvi: v ohišje zapremo baterijo, vtičnico za adapter pa vgradimo takšno s stikalom, tako da s priključitvijo adapterja hkrati odklopimo baterijo.

## 2.3 KRMILJENJE

Krmilni potenciometer standardno znaša 100k v praktično vseh izvedbah. Vendar pa obstajajo določene omejitve in karakteristike, ki jih je nujno potrebno upoštevati za izdelavo dobrega, funkcionalnega efekta.

### 2.3.1 ZGORNJA MEJA FREKVENČNEGA OBMOČJA

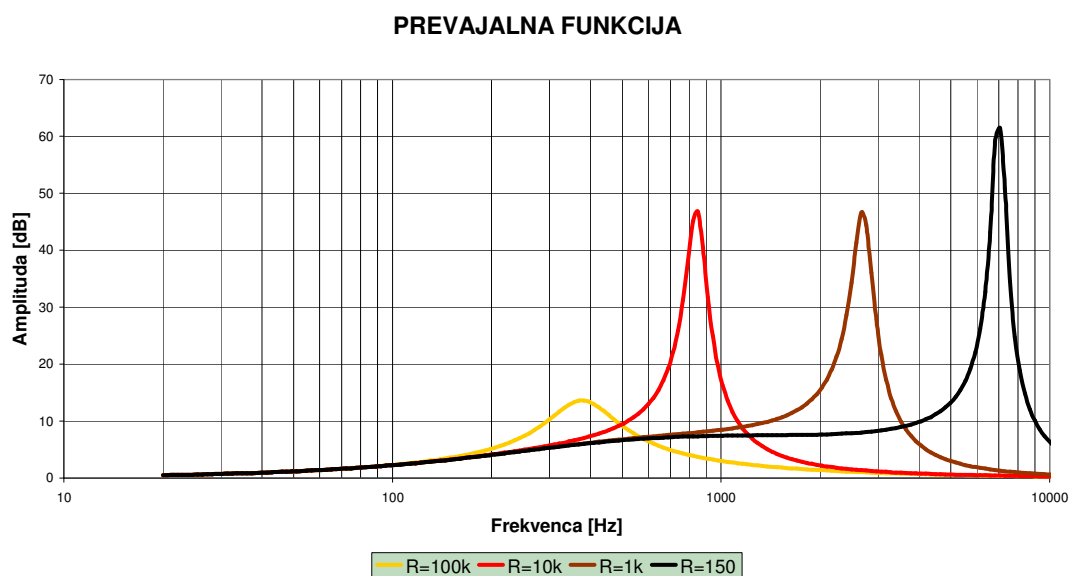
Prva omejitev je v spodnji vrednosti potenciometra. Pri prenizkih vrednostih, torej ko gre upornost  $R$  proti 0, vrh prevajalne funkcije pobegne iz avdio območja. To neprijetnost preprosto odpravimo z vključitvijo 150 ohmskega upora pred krmilni potenciometer, s čimer postavimo zgornjo mejo frekvenčnega območja:



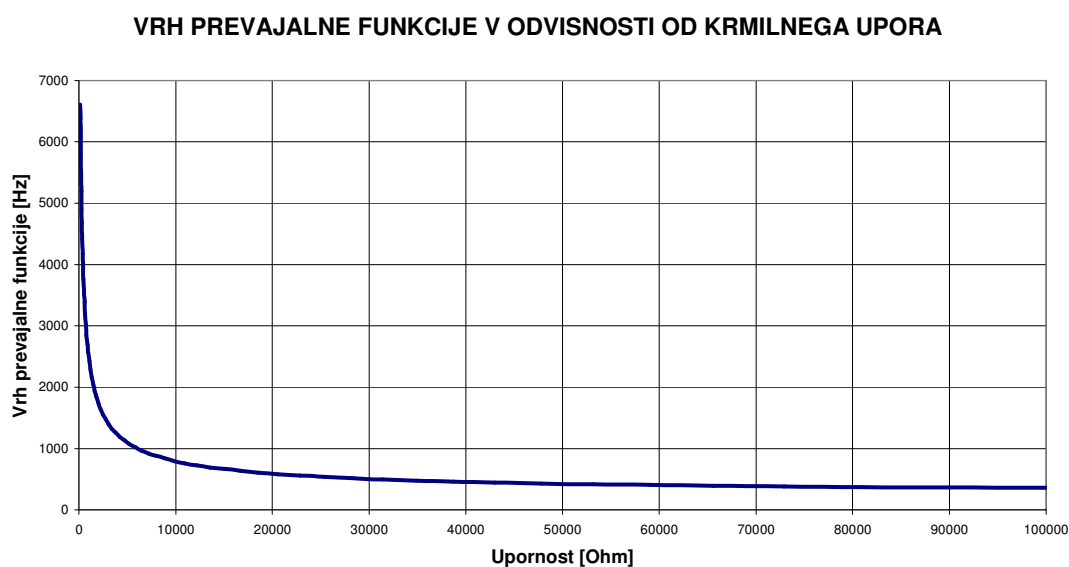
## 2.3.2 UPOROVNA KARAKTERISTIKA

Izkaže pa se, da je še mnogo bolj pomembna izbira potenciometra s pravilno karakteristiko, torej odvisnostjo upornosti od koraka (zasuka)!

Opravimo nekaj frekvenčnih analiz pri različnih vrednostih krmilnega upora R:



Dodatna analiza s Spice pa izriše še naslednjo, nadvse pomembno karakteristiko lege vrha prevajalne funkcije v odvisnosti od upora R:



Poraja se torej vprašanje, ali je linearni potenciometer ravno najboljša izbira. Resnično, med 100k in 30k se v tonu praktično ne pozna razlike – vrh filtra je skoraj pri miru. Ko pa upor manjšamo še naprej, se začne vrh najprej počasi, nato pa čedalje hitreje premikati k visokim frekvencam.



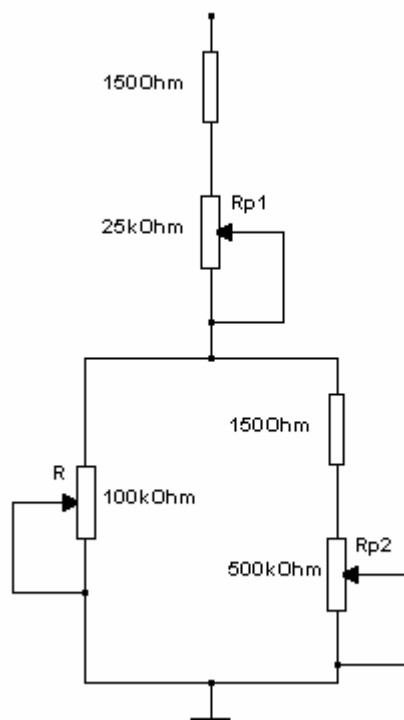
Efekt z linearnim uporom je sicer povsem izvedljiv (dejansko tudi pogost), vendar pa precej zahteven za uporabo. Območje, kjer se wah pojav dogaja, je namreč (glede na potenciometer) zelo ozko; kitarist mora biti res natančen, da ga lahko s pedalom dovolj dobro krmili. No, sam sem se konec koncev vendarle moral sprizajziniti ravno z linearno karakteristiko (glej razdelek 3.3.3), torej zadeva vseeno ni tako neuporabna, a še zdaleč tudi ne optimalna.

Precej boljša izbira je namreč potenciometer z logaritemsko karakteristiko upornosti v odvisnosti od koraka (zasuka)! Prehod filtra iz ene lege v drugo je sedaj počasnejši, zato pa toliko lažje vodljiv.

### 2.3.3 DODATNE NASTAVITVE

Seveda pa se lahko s krmilnim uporovnim vezjem še dodatno igramo po želji. Sam sem dodal še dva (prav tako logaritemska) potenciometra, s katerima lahko natančno nastavimo območje, v katerem naj se vrh filtra zapelje. Nastaviti se da tako zgornjo frekvenčno mejo (za to je odgovoren potenciometer Rp1) kot tudi spodnjo (Rp2).

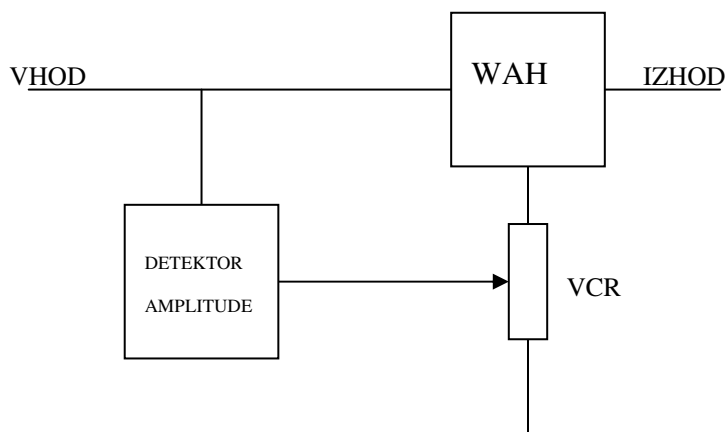
Celotno krmilno vezje je torej naslednje:



Omeniti velja še to, da potenciometer R seveda ne nastopa direktno v vezju. Skrit je namreč v pedalu, tega pa moramo v vezje pred uporabo šele priključiti (glej razdelek 3.3).

### 2.3.4 AVTOMATIČNI WAH-WAH

Zanimiva možnost nadgradnje pa bi bila izdelava integriranega avtomatičnega efekta, ki bi ga po želji vključili (in s tem seveda hkrati izključili pedal). Princip delovanja kaže naslednja slika:



Vhodni signal bi torej peljali na detektor amplitude, z izhodno napetostjo tega pa bi nato krmilili napetostno odvisni upor (VCR), ki bi zdaj igral vlogo potenciometra  $R$ . Učinek vsega tega pa bi bil naslednji: glasneje kot bi udarjali po strunah, dlje bi se vrh filtra zapeljal, ton bi toliko bolj »zavijal«.

Kaj uporabiti kot napetostno krmiljeni upor, je seveda spet stvar debate. Ena izmed možnosti bi bil na primer FET tranzistor v ohmskem področju delovanja, zelo uporaben element za ta namen pa je tudi fotoupor (LDR). Z izhodom detektorja amplitude bi lahko napajali LED diodo enkrat z večjim, drugič z manjšim tokom, ta pa bi enkrat bolj, drugič manj osvetljevala LDR, ki bi se tako obnašal v skladu z želenimi zahtevami.

Možnost avtomatičnega efekta sem imel namen realizirati v primeru, če ne bi uspel najti oziroma izdelati primerne pedala (glej razdelek 3.3). K sreči sem pedal dobil, zgoraj opisano idejo pa sem si tako prihranil za kdaj drugič.

Bi pa na tem mestu ponovno opozoril še na problem s tranzistorskim wah-wah vezjem. Kot že rečeno, tam potenciometer deluje kot napetostni delilnik in ne zgolj kot variabilni upor. Ravno zato pa bi bilo avtomatični efekt po zgoraj opisanem principu mnogo težje realizirati.

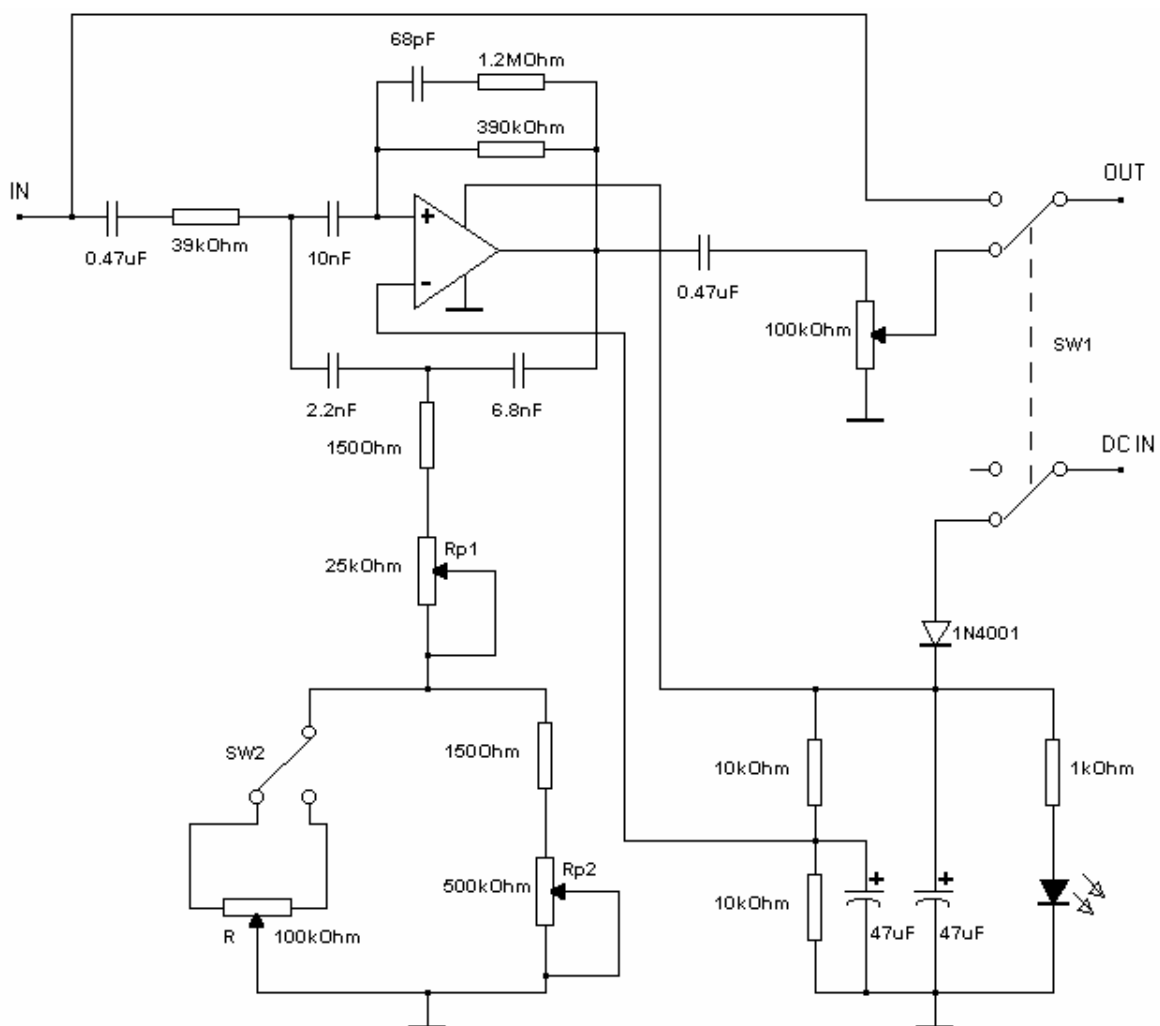
### 2.3.5 PERIODIČNI WAH-WAH

Privlačna izpeljanka iz avtomatičnega pa bi bil tudi wah-wah efekt z oscilatorjem. V tem primeru bi napetostno odvisni upor krmilili s sinusno napetostjo primerne amplitude, katere periodo bi bilo moč nastavljati. Rezultat bi bil tak, da bi se vrh prevajalne funkcije filtra periodično sprehajal od visokih do nizkih frekvenc in spet nazaj.

Frekvenca oscilatorja bi morala biti seveda nizka (nekje med 0.1 in 10 Hz), da bi bil pojav razločljiv, dobro pa bi bilo, če bi bila tudi precej natančno nastavljiva. Tako bi wah-wah lahko, na primer, sinhronizirali s tempom igrane melodije, kar bi bržkone obrodilo zanimive sadove.

### 2.4 CELOTNO VEZJE

Celotno wah-wah vezje je torej naslednje:



Vhodna in izhodna priključka sta standardni (kitarski) mono 6.3 milimetrski vtičnici, vtičnica za pedal pa je stereo – krmilni potenciometer ima namreč tri sponke (glej razdelek 3.3.1).

Ker wah-wah filter signal tudi nekoliko ojača, je na izhod priključen še 100k logaritemski potenciometer, ki služi za nastavitev glasnosti.

V vezje sta dodana tudi sklopna kondenzatorja 0.47uF, ki odstranita DC komponento signala.

Nekaj besed morda le še o obeh stikalih. Prvo, SW1 (DPDT), služi kot »ON/BYPASS« funkcija. Hkrati torej odklopi napajanje in poveže vhod direktno na izhod.

Drugo, SW2 (SPDT), pa zahteva nekoliko več razlage. To stikalo namreč zamenja »smer« krmiljenja s pedalom. Če v eni poziciji stikala nek efekt dosežemo z zasukom pedala naprej, v drugi poziciji isti efekt dosežemo z zasukom nazaj. Stikalo bi torej lahko poimenovali »REVERSE« funkcija.

Tu pa je treba takoj poudariti, da to stikalo nima nobenega smisla pri krmiljenju z logaritemskim potenciometrom. Logaritemski potenciometer s tremi priključki ima namreč logaritemsko karakteristiko le na eni »strani«, na drugi pa je karakteristika antilogaritemska, torej za wah še mnogo slabša od linearne in povsem neuporabna!

Vključitev stikala SW2 v vezje je torej odvisna od tega, kakšen pedal (potenciometer) bomo uporabili za krmiljenje. Kot že rečeno, sam sem se na koncu moral zadovoljiti z linearnim (glej razdelek 3.3.3), zato sem stikalo obdržal.

## 2.5 DODATNI EFEKTI

Še ena preprosta nadgradnja pa bi bila vključitev dodatnih »klasičnih« efektov, ki bi naredili zvok nekoliko bolj zanimiv. Tu imam v mislih seveda predvsem slavni »fuzz«, ki zvok nekoliko popači (preprost rezalnik za ta namen že povsem ustreza). Mnoge komercialne izvedbe dejansko pridejo v kompletu s tem efektom.

Vendar pa je pri tem treba paziti, v kakšnem zaporedju se oba efekta (oziroma efekti, če jih je več) priključita. Preprosto pravilo v splošnem svetuje, naj se wah-wah priključi v serijo za fuzzom in ne obratno. Po domače povedano namreč fuzz za svoje delovanje potrebuje tudi tiste frekvenčne komponente, ki mu jih lahko wah-wah, če je vezan prej, požre. Glede na svoje eksperimentiranje z efekti se s tem zaenkrat strinjam, vendar pa je verjetno najbolje, da se vse možnosti od primera do primera posebej preizkusijo kar »v živo« v fazi prvega testiranja.

Kakorkoli že, sam se za dodatni efekt nisem odločil iz preprostega razloga, ker fuzz že imam in še enega torej zaenkrat ne potrebujem.

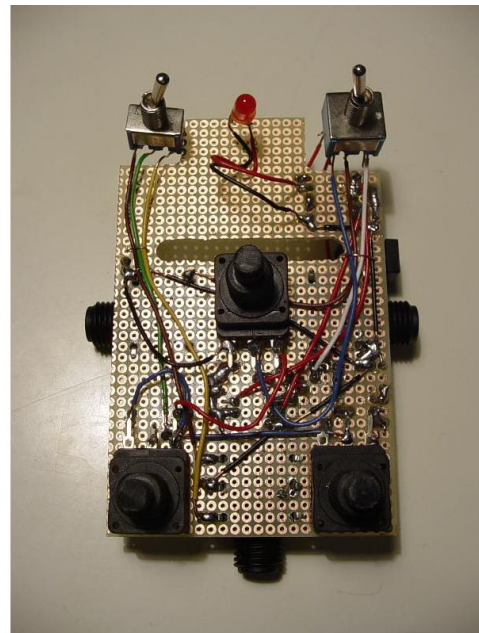
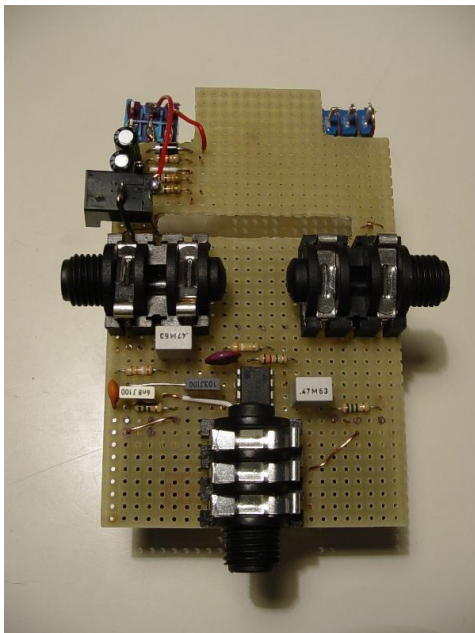
## 3. IZDELAVA

### 3.1 VEZJE

Najbolj elegantna rešitev za končno vezje je vsekakor izdelava tiskanine. Elementov je relativno malo, tudi povezave se da preprosto razporediti v dveh dimenzijah.

Vendar pa vsa stvar precej zavisi od oblike ohišja. Zase sem dobil relativno majhno ohišje, zato sem imel pri načrtovanju tudi manj svobode – paziti sem moral na točno lego vseh potenciometrov, vtičnic, stikal... In ker sem luknje v ohišje izvrtal, še preden sem izdelal samo vezje, me je tudi nekoliko skrbelo, da bo tiskanina z vsemi elementi res natančno ustrezala ohišju; že milimeter ali dva napake bi namreč lahko privedla do precejšnje zagate.

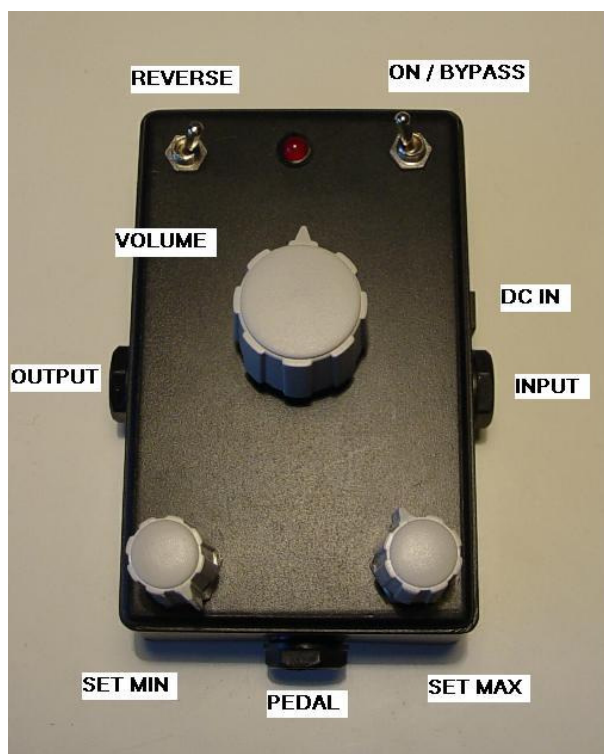
Na koncu sem se tako odločil kar za sprotno vezavo na prototipni ploščici (vitroplast), izdelavo tiskanine pa sem si prihranil za kdaj drugič. Vtičnice sem pritrdil kar na ploščico, do (nefiksiranih) stikal in potenciometrov pa sem speljal povezave. Stvar sicer izgleda grše kot tiskanina, zato pa je bila vezava lažja, ker je dopuščala večje tolerance v nameščanju priključkov, pa še za sproti sem lahko preverjal z ohišjem, če delam prav.



## 3.2 OHIŠJE

Najbolj smiselna rešitev za ohišje je, da za to uporabimo kar pedal, če se da. Vezje je tako mnogo bolj kompaktno. Tudi komercialne izvedbe so vse zgrajene na ta način.

Po drugi strani pa morda vsak pedal ni ustrezen, pa tudi vsa našeta stikala in gumbje bi bilo v pedal nekoliko težje vgraditi. Zato sem raje poiskal ohišje posebej za efekt, v katerega je možno pedal nato naknadno priključiti. Ohišje je ravno prave velikosti (dimenzije: 100 x 60 x 40), da sprejme vse elemente, na dnu pa ima tudi odprtino za 9V baterijo. Celoten efekt je tako zelo kompakten in praktičen.



## 3.3 PEDAL

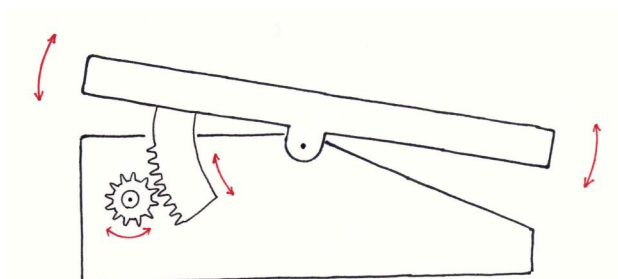
Zanimivo, toda izkaže se, da je prav pedal najbolj kritična komponenta celotnega efekta, čeprav pravzaprav ne vsebuje ničesar drugega kot krmilni potenciometer.

Problem je v mehaniki!

Wah-wah je namreč »dinamični« efekt – v mirovni legi se ne dogaja prav nič zanimivega, bistvo je ravno v prehajanju iz ene vrednosti upornosti krmilnega vezja v drugo. Da pa lahko kitarist to dovolj udobno in predvsem predvidljivo krmili, mora biti pedal kvaliteten in robusten, prehajanje upornosti pa gladko in s primerno karakteristiko (glej razdelek 2.3.2).

### 3.3.1 PRINCIP DELOVANJA

Princip delovanja klasičnega pedala prikazuje naslednja slika (manjši zobnik predstavlja potenciometer):



Glavni problem je torej očiten: premikanje pedala gor in dol (nazaj in naprej) je treba pretvoriti v vrtenje potenciometra; translacijo je treba pretvoriti v rotacijo, kar pa še zdaleč ni tako preprosto, kot morda na prvi pogled izgleda. Polmera obeh zobnikov in tudi zobci med seboj morajo biti natančno usklajeni, da res dobimo uporabno območje, ki ga efekt zahteva.

Izhodni priključek pedala pa je navadno kar standardni stereo 6.3 milimetrski vtikač. Stereo pač zato, ker ima potenciometer tri sponke – od načina priključitve na efekt pa je odvisno, po kakem pravilu bomo filter krmilili. Standardno velja, da pas visokih frekvenc dosežemo z zasukom pedala naprej; če ne bi imeli stikala za prekllop smeri (»reverse«), bi se torej ravnali po tem pravilu.

Na tem mestu pa je potrebno opozoriti še na eno pomanjkljivost vseh standardnih pedalov: mehanska obraba! Vsak, tudi še tako kvaliteten potenciometer se namreč s časom obrablja in izgublja na kakovosti.

Nadvse domiselno rešitev za ta problem, kot tudi za problem mehanskega prenosa, pa predstavlja uporaba fotoupora. Nekateri wah-wah modeli delujejo tako, da se s premikanjem pedala zgolj spreminja osvetljenost LDR! V pedalu je namreč skrita LED dioda, ki skozi režo sveti na fotoupor, premikanje pedala pa to režo zgolj širi in oži. Kot že rečeno – tu ni nobene rotacije (translatorsko gibanje pedala neposredno vpliva na upornost), pa tudi nobene mehanske obrabe; ideja je vsekakor dobra.

### 3.3.2 IZDELAVA LASTNEGA PEDALA

Narediti svoj pedal, tako rekoč »from scratch«, je izredno težavna naloga. Izdelati stabilno ohišje, dobiti kvalitetne in primerne zobnike, vgraditi potenciometer... Z uporabo fotoupora se seveda problem znatno oklesti, a še vedno ostane veliko dela in kalibriranja.

Bolje je, da poizkusimo primeren pedal (ohišje) že dobiti. Šivalni stroji, na primer, uporabljajo pedal za krmiljenje vrtljajev. Potenciometri v teh napravah so navadno sicer premajhni, a morda jih uspemo zamenjati s primernejšimi. Če nič drugega, vsaj ohišje imamo že narejeno.

Naslednja (verjetno najboljša) možnost pa je seveda nakup oziroma pridobitev okvarjenega ali celo povsem nedelujočega wah efekta s pedalom. V tem primeru le odstranimo nepotrebne dele, sam pedal z vgrajenim potenciometrom pa s pridom uporabimo.

### 3.3.3 UNIVERZALNI WAH/VOLUME PEDAL

Na trgu pa obstaja tudi cela serija t.i. univerzalnih »wah/volume« pedalov. Ti pedali so namenjeni kot dodatek, nadgradnja za razne multieffekte in podobno, z njimi pa navadno lahko krmilimo glasnost, wah-wah, višino tona itd. Vsebujejo samo 100k potenciometer in ničesar drugega, zato pa so kvalitetno narejeni in več kot primerni za svoj namen.

Zase sem tako uspel dobiti Zoomov univerzalni pedal FP02. Potenciometer v tem pedalu je sicer linearen (zato sem stikalo SW2 za obrat smeri obdržal; glej razdelek 2.4), vendar pa je pedal sam k sreči zelo kakovosten in udoben, tako da se z nekaj vaje da tudi krmiljenje efekta precej dobro naučiti.

Kompromis je bilo torej vsekakor smiselno sprejeti, s tem pa je bil rešen tudi levji delež celotne naloge.

## 3.4 KONČNI IZDELEK

Wah-wah efekt za električno kitaro je torej končan:





## 4. ZAKLJUČEK

Skozi celotno nalogo sem sproti opozarjal na nekatere slabosti in prednosti; naj jih zdaj še enkrat naštejemo:

Ena bistvenih prednosti je vsekakor preprostost vezja, posledično pa tudi nizka cena (z vsemi priključki in ohišjem vred okrog 4.000 SIT) in majhna velikost. Efekt ponuja dovolj zanimivih dodatnih nastavitev za uporabo (»reverse« funkcija, nastavitve zgornje in spodnje frekvenčne meje), proizvaja pa čist, nepopačen ton (THD znaša 0.03%).

Morebiten problem, oziroma pomanjkljivost, pa predstavlja vezava elementov. Vsekakor bi bila mnogo lepša tiskanina. Nekoliko (minimalno) moteča je tudi oblika prevajalne funkcije, ki višje frekvenčne komponente malenkost bolj ojača kot spodnje. Iskanje drugih, še boljših filtrov je torej vedno na mestu. Glavni problem pa v splošnem seveda tiči v pedalu – brez tega efekt ne deluje, in če ne uspemo dovolj dobrega dobiti ali narediti, smo v slepi ulici.

Kot že rečeno v uvodu, z izdelavo te seminarske naloge sem se veliko naučil o postopkih načrtovanja in izdelave elektronskih vezij, hkrati pa sem tudi pridobil napravo, ki sem si jo že dolgo želel. Končni izdelek – wah-wah efekt – pa deluje presenetljivo dobro! Cilj je torej vsekakor dosežen.

Najlepše se zahvaljujem as. dr. Marku Jankovcu za vse ideje in pomoč.

Benjamin Lipovšek

benolipovsek@yahoo.com