

# Filtar envelope signala

---

**Mihić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:502495>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija**

**FILTAR ENVELOPE SIGNALA**

**Završni rad**

**Ivan Mihić**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P: Obrazac za ocjenu završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Ivan Mihić
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	4710, 22.07.2019.
<b>JMBAG:</b>	0165083287
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Davor Vinko
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Filtar envelope signala
<b>Znanstvena grana završnog rada:</b>	<b>Elektronika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rada:</b>	Opis: Zadatak završnog rada je opisati princip rada filtra envelope signala. Napraviti simulaciju rada odabranog sklopa. Na izrađenom sklopu izvršiti laboratorijska mjerenja u vremenskoj i frekvencijskoj domeni. Usporediti rezultate mjerenja i simulacija. Tema rezervirana za: Ivan Mihić
<b>Datum prijedloga ocjene završnog rada od strane mentora:</b>	23.08.2024.
<b>Prijedlog ocjene završnog rada od strane mentora:</b>	Dobar (3)
<b>Datum potvrde ocjene završnog rada od strane Odbora:</b>	27.09.2024.
<b>Ocjena završnog rada nakon obrane:</b>	Dobar (3)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio sveučilišni prijediplomski studij:</b>	27.09.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 27.09.2024.

Ime i prezime Pristupnika:	Ivan Mihić
Studij:	Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	4710, 22.07.2019.
Turnitin podudaranje [%]:	6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Filtar envelope signala**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Davor Vinko

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ZADATAK.....</b>	<b>1</b>
<b>2. FILTAR ENVELOPE SIGNALA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. POVIJEST .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 PRINCIP RADA FILTRA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.3 SHEMA/PCB.....</b>	<b>6</b>
<b>3. SIMULACIJA RADA .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. REZULTATI SIMULACIJE .....</b>	<b>12</b>
<b>4. IZRADA FIZIČKOG MODELA.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1. REZULTATI MJERENJA .....</b>	<b>20</b>
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>26</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>27</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>28</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>29</b>

# 1. UVOD

Sviranjem žičnih električnih instrumenata poput bas gitare ili obične gitare nastaju vibracije to jest analogni signal koji je potrebno putem instrumentalnog kabela poslati do pojačala jer ti instrumenti ne proizvode dovoljno glasan akustični zvuk. Pojačalo pojačava analogni signal i ovisno o potencijometrima mijenja karakteristike signala, no pojačalo ne pruža dovoljno fleksibilnosti te se u tu svrhu koriste efekt-pedale ili filtri kako bi se glazbenicima pružilo više mogućnosti za izražavanje i kreativnost. Filtar je elektronički sklop koji na osnovi amplitude signala utječe na sam signal i na izlaz šalje signal nakon primijenjenih funkcija. Postoji više vrsta efekt-pedala te filtera poput: *envelope filter*, *fuzz*, *overdrive*, *compressor* i slično. Glavna razlika između pedale i filtra je što se pedalom upravlja pomoću papučice dok filtari reagira na amplitudu signala to jest na intenzitet sviranja. Filtar manipulira envelopom signala ovisno o vrijednostima otpora potencijometara.

Kroz rad „Filtar envelope signala“ je pobliže opisana njegova povijest, zašto se pojavila potreba za njime te njegov princip rada.

## 1.1. ZADATAK

Zadatak završnog rada je opisati princip rada filtra envelope signala. Napraviti simulaciju rada odabranog sklopa. Na izrađenom sklopu izvršiti laboratorijska mjerenja u vremenskoj i frekvencijskoj domeni. Usporediti rezultate mjerenja i simulacija.

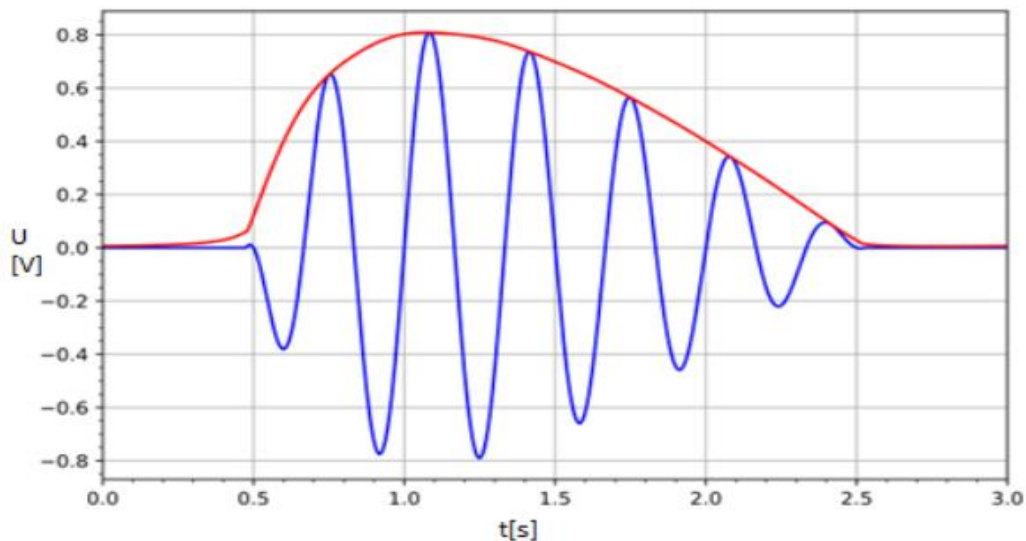
## 2. FILTAR ENVELOPE SIGNALA

### 2.1. POVIJEST

Prvi filter envelope signala pojavio se 1972. pod nazivom *MU-TRON 3*. Njegov izumitelj je Mike Beigel iz *Musitronics Corporation*. Filtar envelope signala je ubrzo postao neizbježni zvučni efekt za funk žanr i njegove glazbenike. Filtar envelope signala je od početka njegovog nastanka osmišljen za brojne instrumente što vrijedi i danas jer se može primijeniti i na običnu gitaru, na bas gitaru te na klavijature. Samo elektroničko rješenje sklopa je Mike Beigel patentirao i dalje distribuirao drugim proizvođačima tijekom 1970-ih. Neki od poznatijih glazbenika koji smatraju ovaj filter neizostavnim dijelom njihove glazbe su: *Lenny Kravitz*, *Jamiroquai*, *Red Hot Chili Peppers*, *Parliament* i drugi.

### 2.2 PRINCIP RADA FILTRA

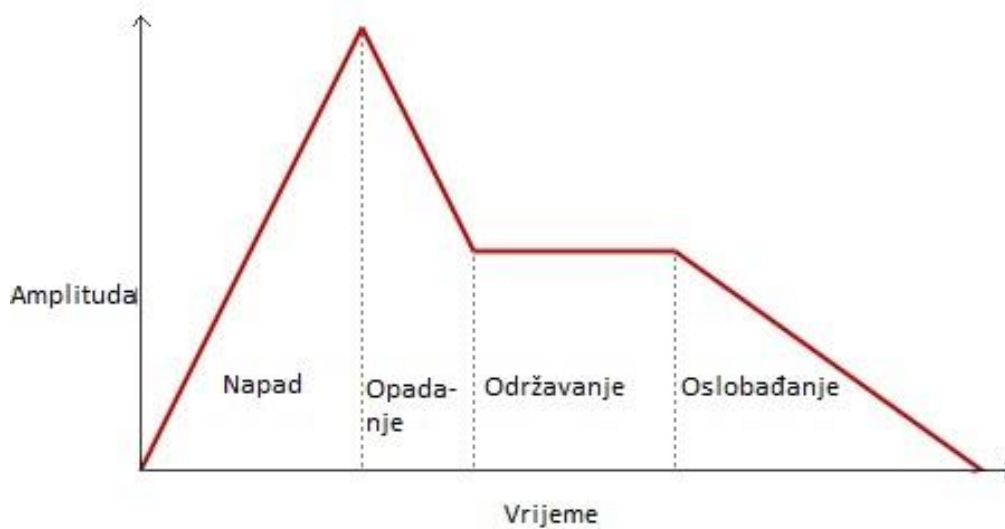
Kako bi pobliže opisali filter prvo trebamo znati što je envelope signala. Envelope signala opisuje kako se mijenja maksimalna amplituda kroz duže vremensko razdoblje. Može se koristiti u filtru kao u ovom primjeru, te na drugim parametrima akustičnog signala.



Sl. 2.1. Prikaz envelope zvučnog signala [9]

Amplituda signala na slici 2.1. postupno se smanjuje, a sam vrh to jest maksimalna amplituda predstavlja trenutak kada zasviramo po žici. Smanjenje amplitude predstavlja smanjenje vibracija. Envelopu signala možemo generirati elektronički i koristiti za filtre i efekte.

Osnovni generator envelope se sastoji od 4 parametra: napada (*attack*), opadanja (*decay*), održavanja (*sustain*) i oslobađanja (*release*).



Sl. 2.2. Prikaz envelope i njezina 4 parametra [2]

**Napad** (sl. 2.2.) je vrijeme potrebno da envelope signala dosegne maksimalnu amplitudu u trenutku kada se zasvira po žici ili pritisne tipka na klavijaturama, ovisno o instrumentu napad može biti trenutačan ili usporen.

**Opadanje** (sl. 2.2.) je vrijeme koje je potrebno da signal od maksimalne amplitude (*peak*) dođe u stanje održavanja nivoa (*sustain level*).

**Održavanje** (sl. 2.2.) je konstantna jačina signala koju zvuk zauzme nakon opadanja.

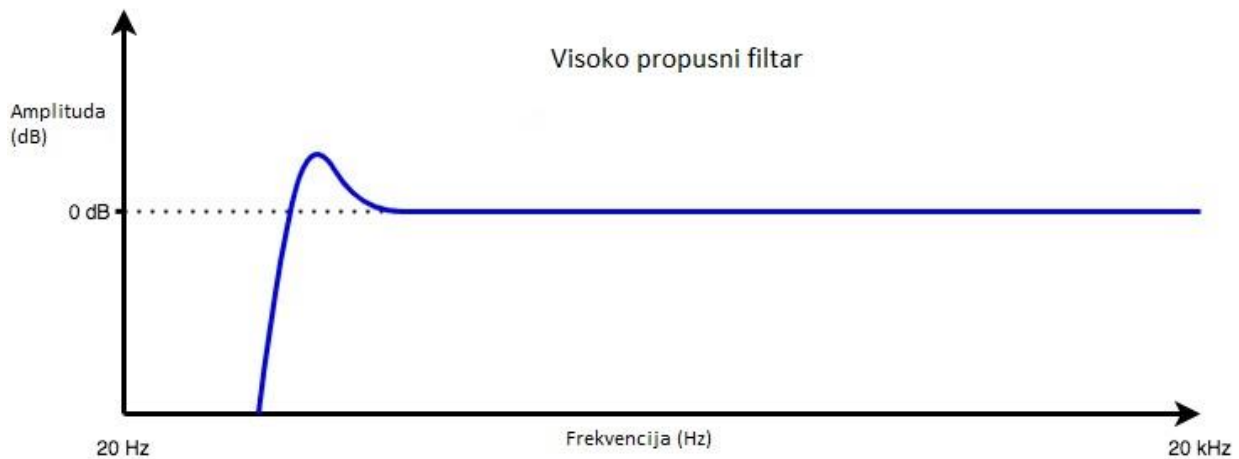
**Oslobađanje** (sl. 2.2.) prikazuje vrijeme potrebno da zvuk potpuno nestane, ovo vrijeme treba biti kratko kako bi se note odsvirale što preciznije.



Filtar envelope signala se može izvesti kao visoko, nisko i pojasno propusni filter. Filtri se mogu ostvariti pasivno sa otpornicima, kondenzatorima i zavojnicama ili aktivno pomoću operacijskih pojačala, otpornika i kondenzatora kao u ovom slučaju. Sklop je izveden sa pojasno propusnim filtrom s rezonantnim vrhom. Pojasno propusni filter se ostvaruje kombinacijom nisko i visoko propusnog filtra (sl. 2.3.). Donja granična frekvencija visoko propusnog filtra (sl. 2.4.) i gornja granična frekvencija nisko propusnog filtra (sl. 2.5.) čine raspon frekvencija koje pojasno propusni filter propušta (sl. 2.6.).



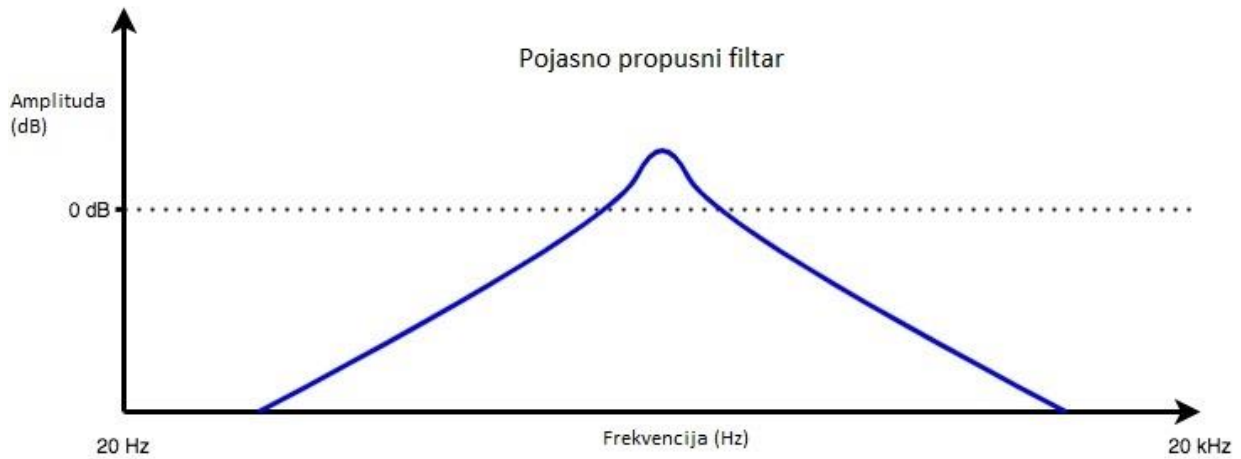
Sl. 2.3. Princip rada pojasno propusnog filtra [8]



Sl. 2.4. Prikaz visoko propusnog filtra s rezonantnim vrhom [2]

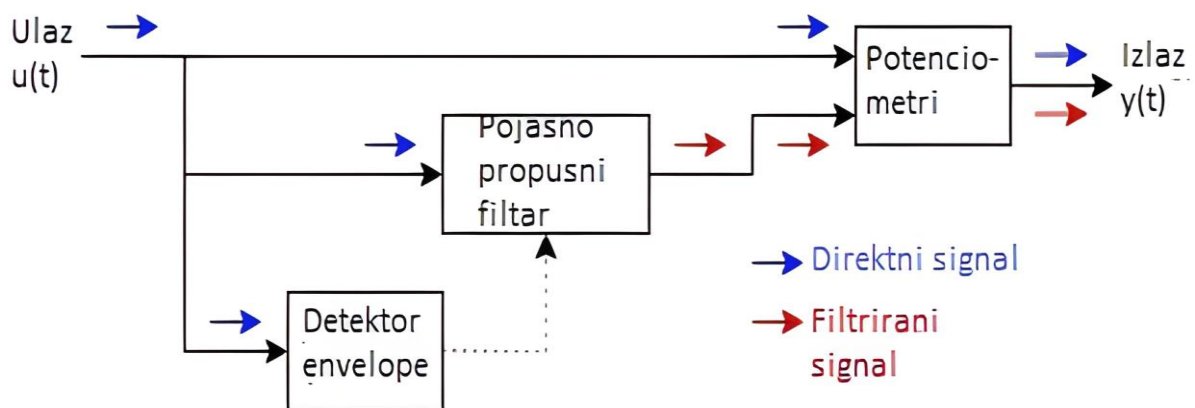


Sl. 2.5. Prikaz nisko propusnog filtra s rezonantnim vrhom [2]



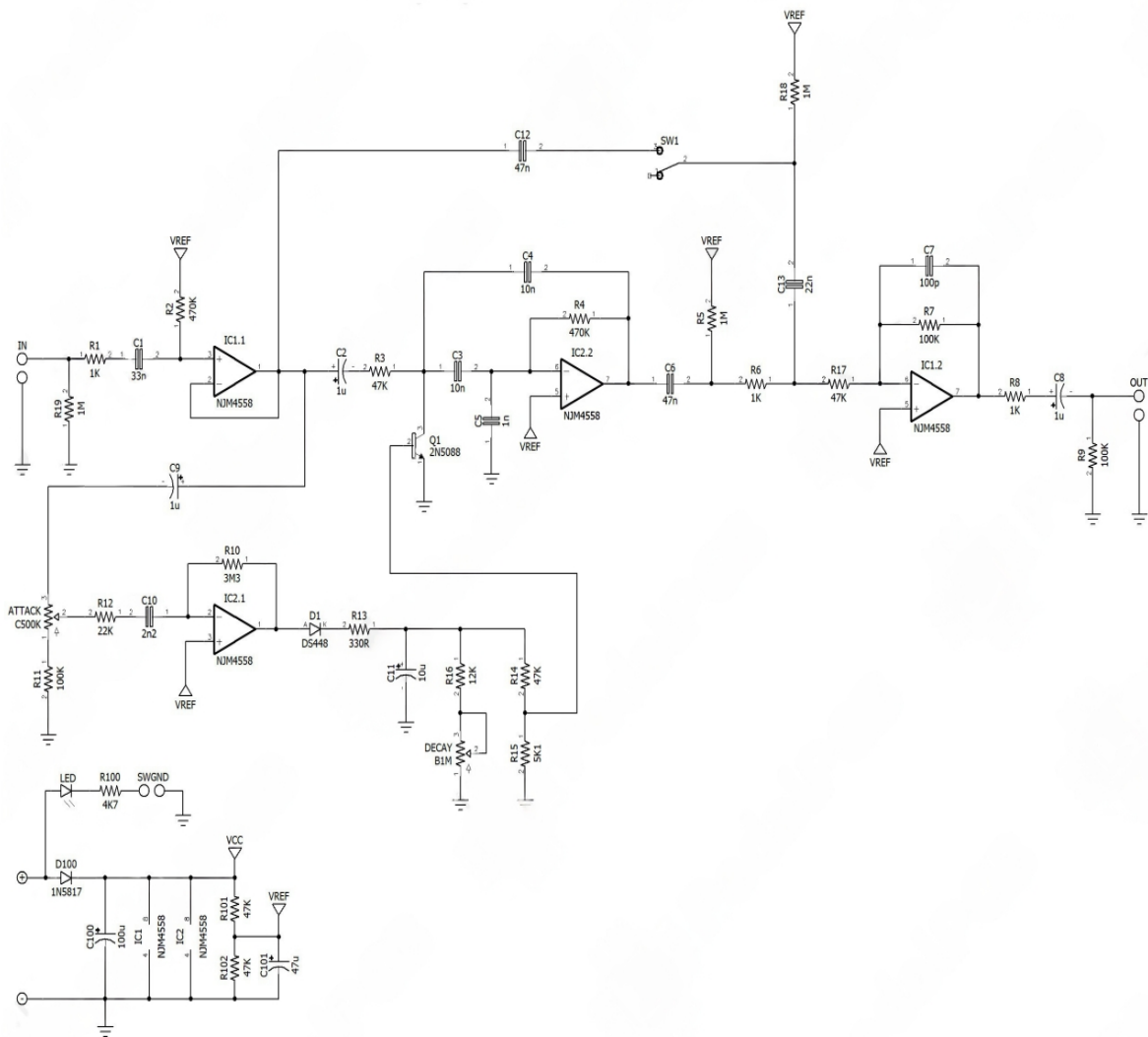
Sl. 2.6. Prikaz pojasno propusnog filtra s rezonantnim vrhom [2]

Prema slici 2.7. ulazni signal može proći kroz isključeni sklop, ali ako je sklop uključen detektor envelope stvara envelope signala koja prolazi zajedno sa signalom kroz zvučni filter koji je pojasno propusni u ovom slučaju. Prije izlaza postoje potencijometri kojima utječemo na napad i opadanje envelope signala.



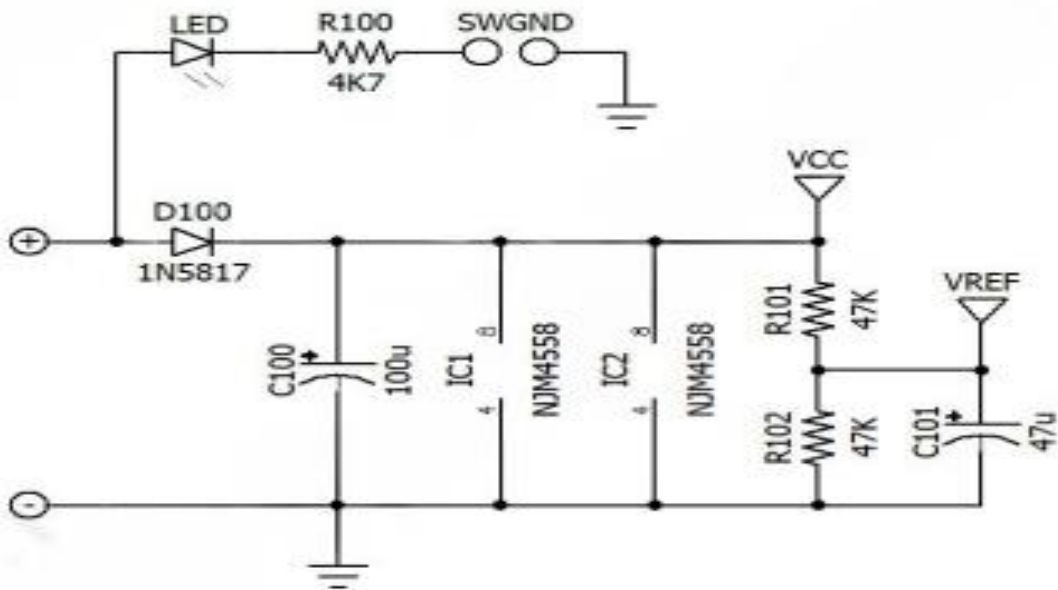
Sl. 2.7. Pojednostavljeni prikaz principa rada filtra envelope signala [2]

## 2.3 SHEMA/PCB



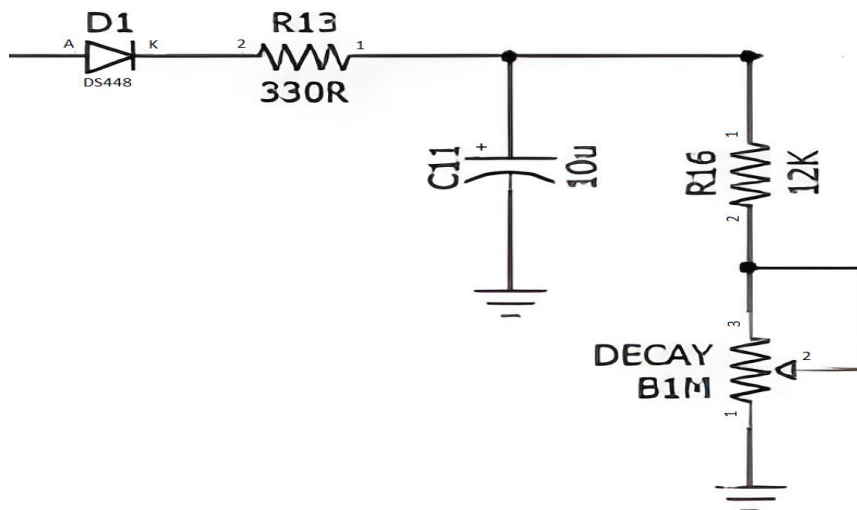
Sl. 2.8. Prikaz sheme sklopa [10]

IN je ulaz u pedalu gdje dolazi kabel kojim prenosimo zvuk gitare, a OUT je izlaz iz pedale gdje dovodimo pojačalo (sl. 2.8.). U simulaciji i laboratoriju koriste se funkcijski generatori sinusnog signala vrijednosti 1Vpp (amplitude napona sinusa su 500mV i -500mV), a na ulaz i izlaz je spojen osciloskop zbog usporedbe valnih oblika ulaza i izlaza te prikaza efekta koji stvara pedala na ulazni signal. Na ostatak sklopa primjenjuju se efekti ovisno o dva potencimetra. *Attack* i *decay* su potencimetri koji mijenjaju karakteristike envelope, povećavanjem otpora potencimetra (zakretanjem u desno), vrijeme trajanja napada ili opadanja će se povećavati, a na druga dva parametra održavanje i oslobađanje ne možemo utjecati.



Sl. 2.9. Naponski dio sheme [10]

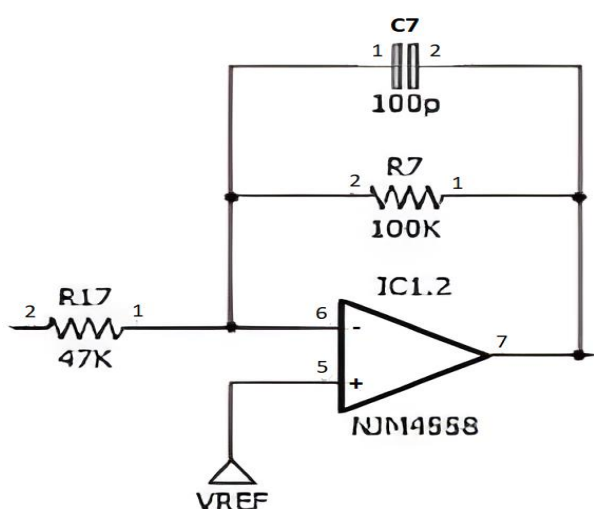
Naponski dio sheme (sl. 2.9.) prikazuje istosmjerno napajanje od 9V putem baterije (BAT) ili adaptera (DC). Prekidač je smješten u sredini i on zapravo omogućuje napajanje za dva IC-a koji koriste taj napon za filtriranje i pojačanje signala. R100 i LED su otpornik i statusna LED-ica koja prikazuje je li pedala uključena ili isključena.



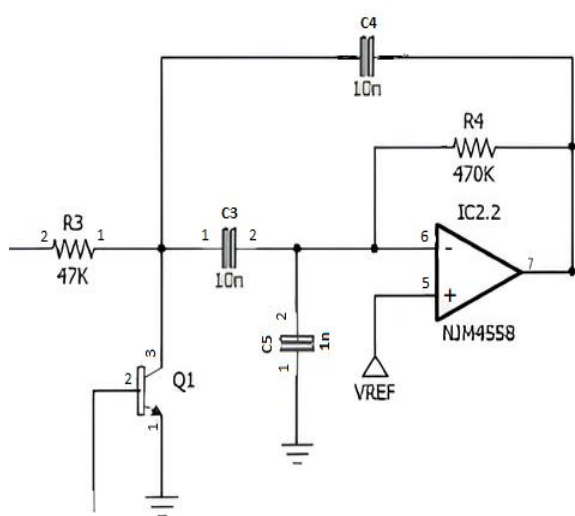
Sl. 2.10. Detektor envelope [10]

Detektor envelope je ostvaren sa diodom, kondenzatorom i otpornikom (sl. 2.10.). Dioda poluvalno ispravlja signal, zatim se kondenzator puni kada signal dosegne pozitivne vrhove, a prazni se u ostalim trenucima preko otpornika, za rezultat daje promjenu amplitude kroz vrijeme. Kondenzator C11, otpornik R16 i potencijometar DECAJ zajedno čine nisko propusni filter koji prigušuje sve frekvencije više od njegove granične frekvencije (formula 2-1).

$$f_{gr} = \frac{1}{2\pi \times C_{11} \times (R_{16} + R_{decay})} \quad (2-1)$$



Sl. 2.11. Invertirajući pojasno propusni filter [10]



Sl. 2.12. Pojasno propusni filter sa beskonačnim pojačanjem [10]

Invertirajući pojasno propusni filter (sl. 2.11.) je dizajniran tako da ima puno uži pojas frekvencija koje propušta, glavna frekvencija i frekvencijski pojas ovise od otporniku R17, R7 i kondenzatoru C7 (formula 2-3), a naponsko pojačanje ovisi o otpornicima R7 i R17 (formula 2-2). Izlaz iz filtra je izlaz iz operacijskog pojačala.

$$A_v = -\frac{R7}{R17} \quad (2-2)$$

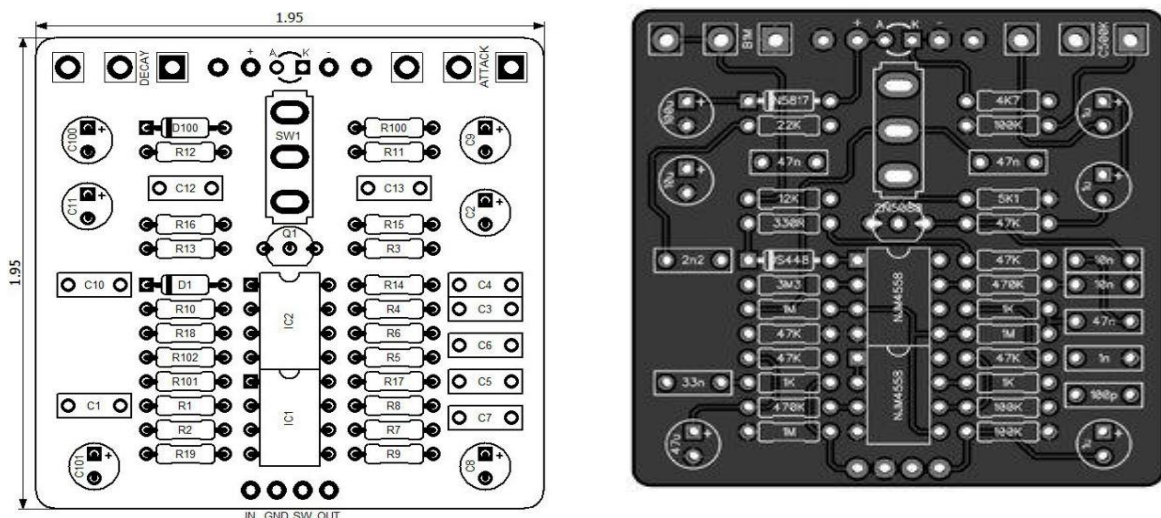
$$f_{C_7} = \frac{1}{2\pi \times R_7 \times C_7} \quad (2-3)$$

Pojasno propusni filtar sa beskonačnim pojačanjem (sl. 2.12.) iskorištava potpuno pojačanje operacijskog pojačala, sa dvostrukom negativnom povratnom vezom preko otpornika R4 i kondenzatora C4. Veza između otpornika R3 i R4 određuju Q-faktor (formula 2-6), naponsko pojačanje (formula 2-4) i frekvenciju pri kojoj se pojavljuje maksimalna amplituda (formula 2-5). Q-faktor je osnovni pokazatelj koliko precizno možemo odabrati jednu frekvenciju od širokog raspona frekvencija.

$$A_v = -\frac{R_4}{R_3} \quad (2-4)$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{(R_4 \times R_3 \times C_3 \times C_4 \times C_5)}} \quad (2-5)$$

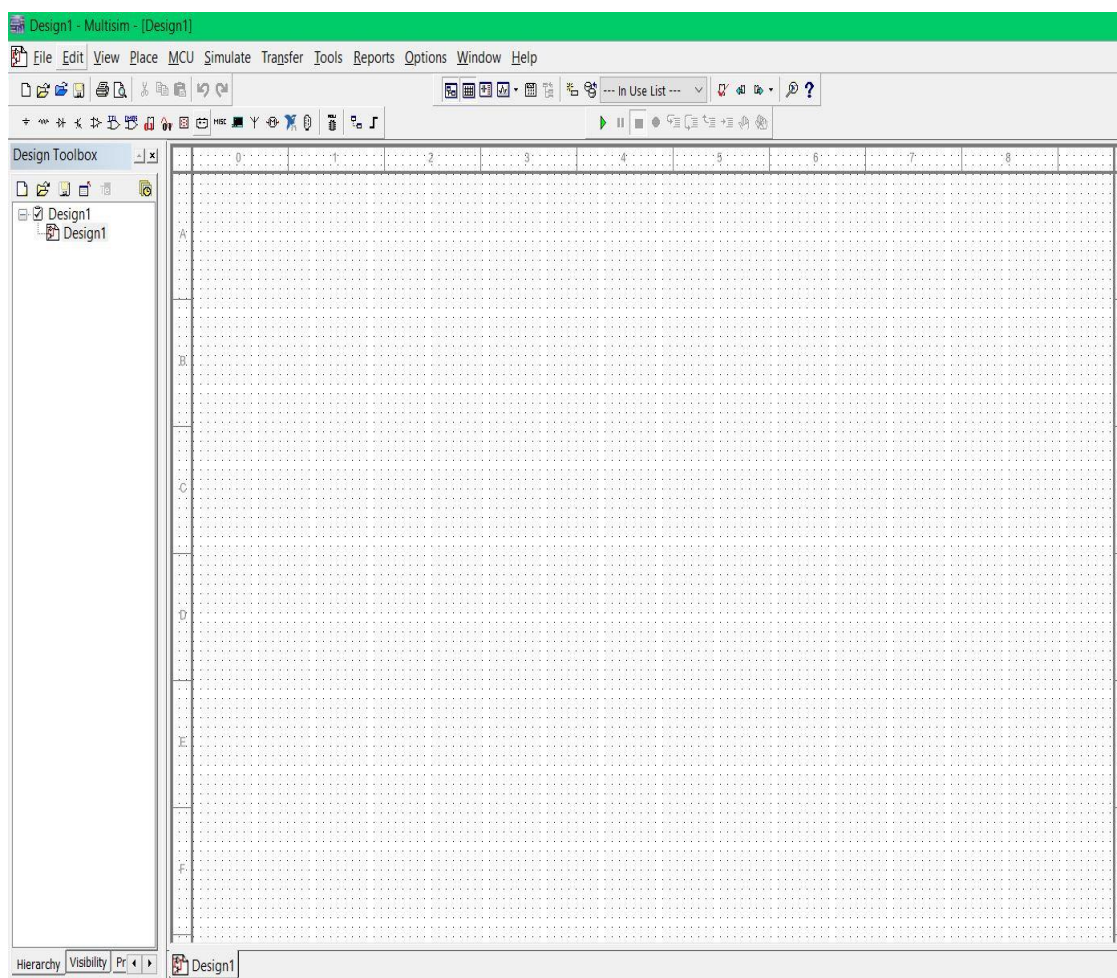
$$Q_{BP} = \frac{f_r}{BW_{(3dB)}} = \frac{1}{2} \times \sqrt{\left(\frac{R_4}{R_3}\right)} \quad (2-6)$$



Sl. 2.13. Prikaz PCB-a sklopa [10]

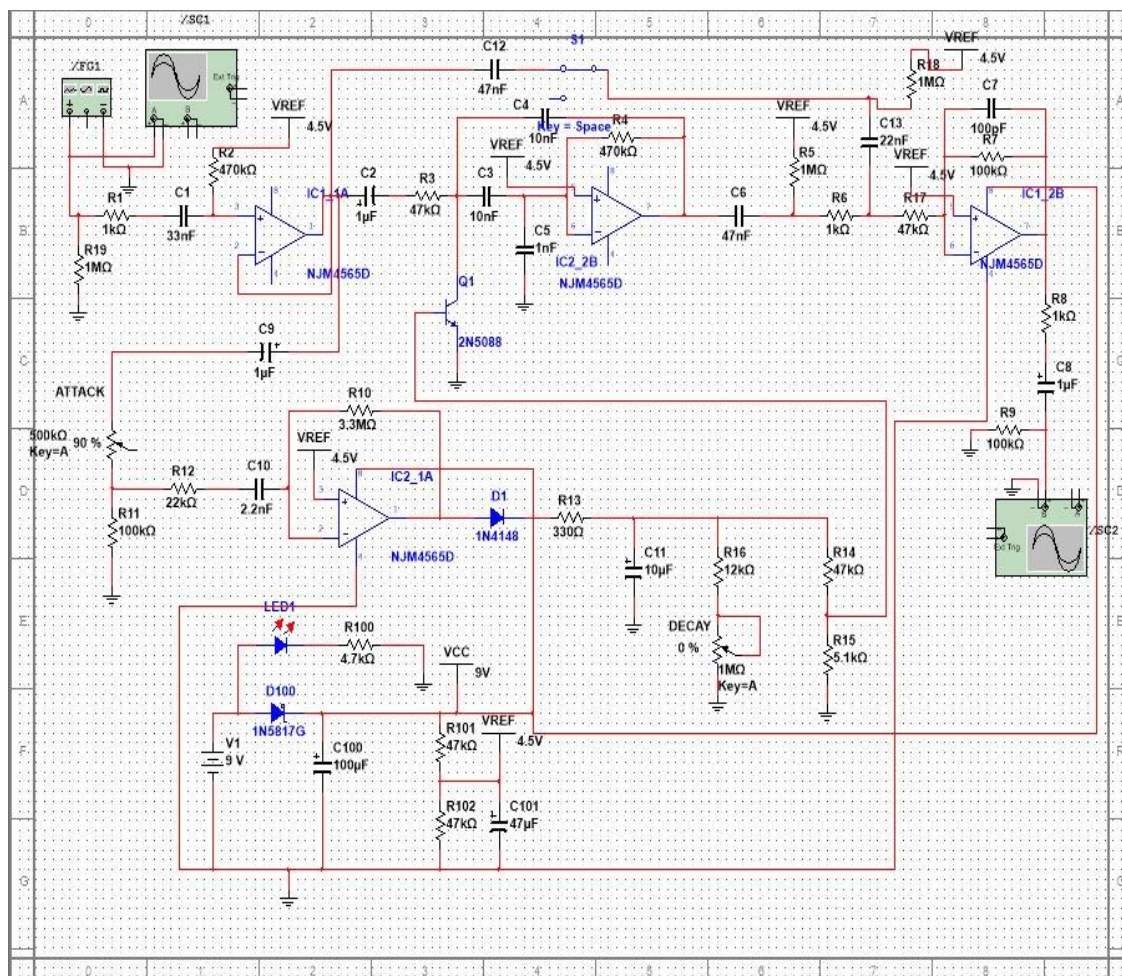
### 3. SIMULACIJA RADA

Simulacija je ostvarena pomoću *Multisim* programa (sl. 3.1). *Multisim* je današnji standard za *SPICE* (engl. „Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis“) simulacije. Takvim programom se dizajniraju strujni krugovi, simulira se njihov rad u pravom vremenu i pomoću njih predviđaju određene vrijednosti struje, napona i slično. Prednost simulacije je testiranje određenih strujnih krugova bez ulaganja u fizički model, no važno je napomenuti kako simulacija ima savršene uvjete rada za razliku od stvarnog svijeta gdje će doći do odstupanja u vrijednostima napona, struje i izmjerenog signala. Program je jednostavan za korištenje jer zahtijeva samo postavljanje komponenata na mrežu (engl. *grid*) te njihovo spajanje prema shemi virtualnim vodičima koji nemaju otpor. Kao ulaz u sklop koristi se funkcijski generator sinusnog signala 1Vpp, kao i na funkcijskom generatoru u laboratoriju te se uspoređuju rezultati.



Sl. 3.1. Početni zaslon Multisim programa





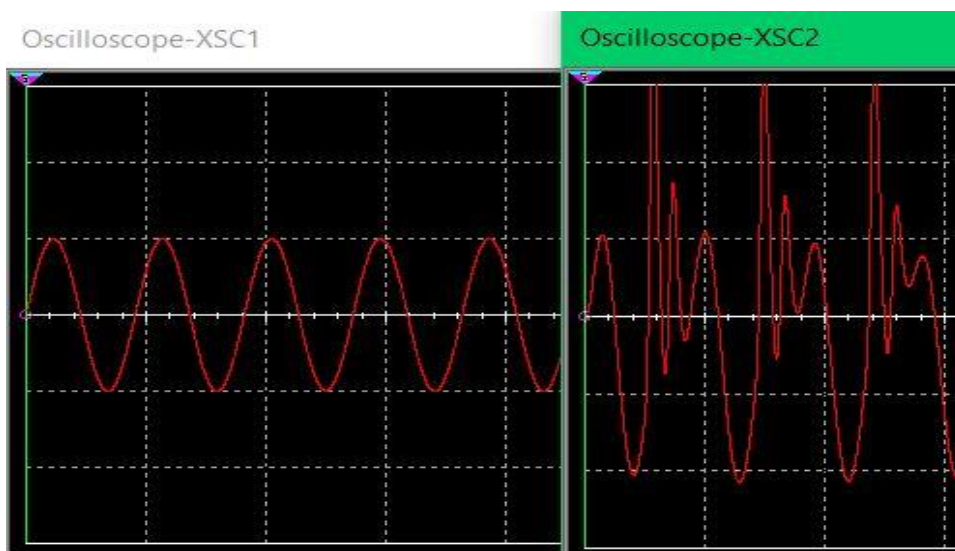
Sl. 3.2. Prikaz sheme u Multisim programu

Shema je jednaka kao na slici 2.8, samo je potrebno koristiti zamjenu za diodu i IC (sl. 3.2.). Umjesto diode DS448 korištena je dioda 1N4148. Umjesto IC-a NJM4558 je korišten IC NJM4565D, oba IC-a služe kao dvostruko operacijsko pojačalo i približno su jednakih karakteristika s podatkovnih tablica.

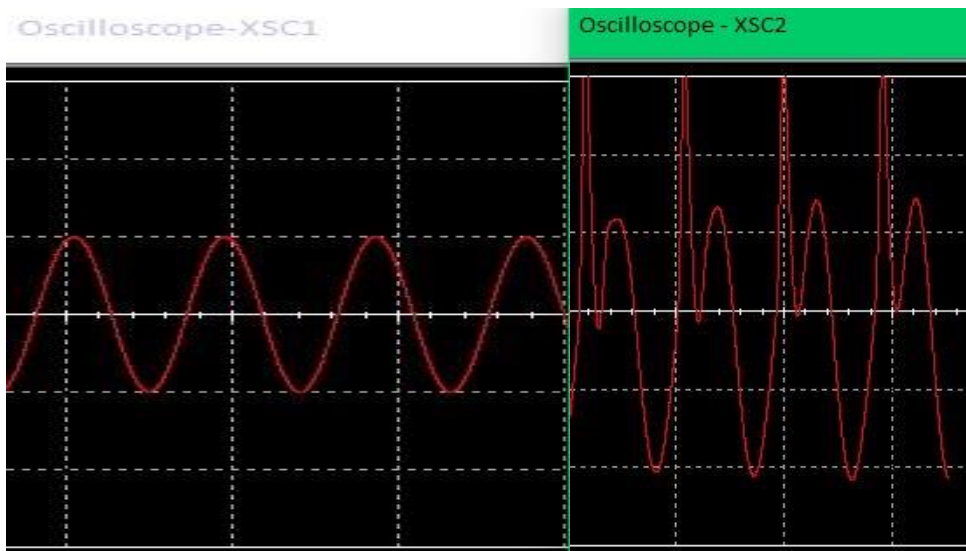


### 3.1. REZULTATI SIMULACIJE

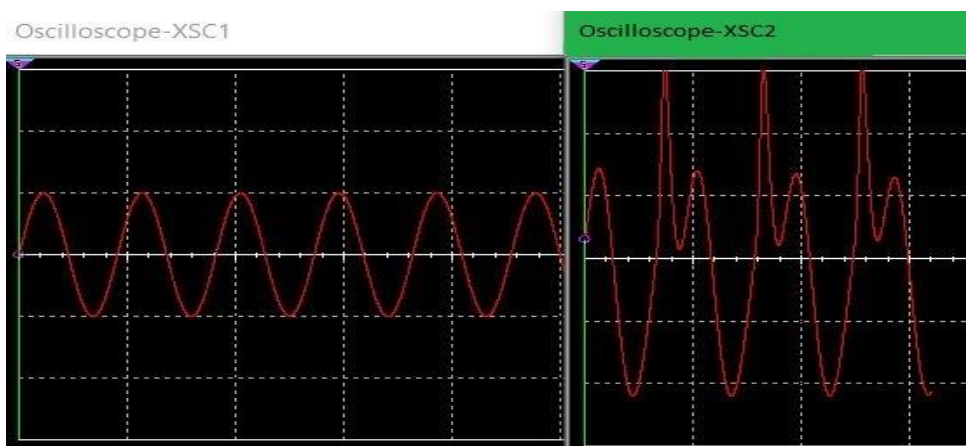
U nastavku će biti prikazan efekt pedale te funkcija potencijometara na pojedinačne intervale i na envelopu signala. Frekvencije signala i razine potencijometara su odabrane za one razine gdje se mogu uočiti najveće razlike u rezultatima mjerenja. Pedala najbolje radi na frekvencijama od 200-1000 Hz. Za primjer na pojedinim intervalima frekvencija funkcijskog generatora je namještena na 55Hz. U nastavku je pokazan utjecaj potencijometara na valne oblike, kada pedala radi u rasponu frekvencija za koji je namijenjena, ona zapravo ne mijenja oblik sinusoide već samo utječe na envelopu signala to jest na amplitude signala što je prikazano na slici 3.11. Na grafovima simulacije lijevi signal biti će ulazni, a desni izlazni. Vrijeme je podešeno na 20ms/div, oba kanala su podešena na 500mV/div.



Sl. 3.3. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 55Hz, A=0 D=0



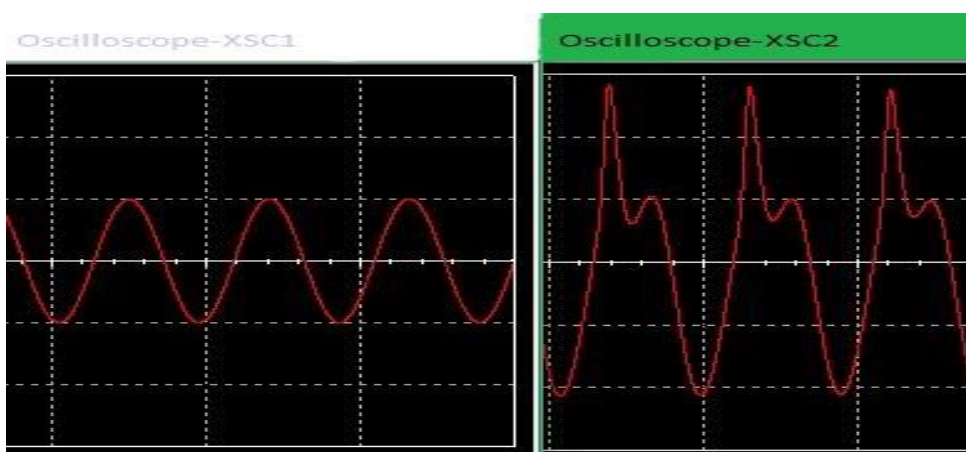
Sl. 3.4. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 55Hz, A=25 D=25



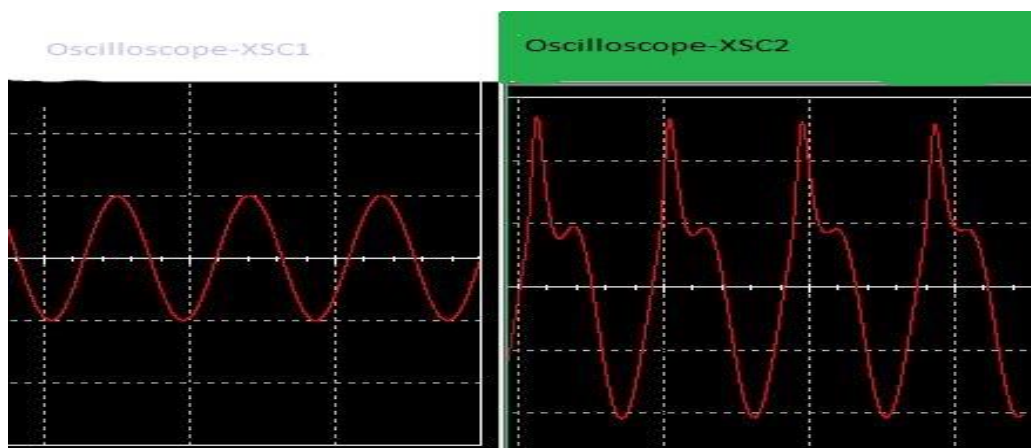
Sl. 3.5. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 55Hz,  $A=50$   $D=25$



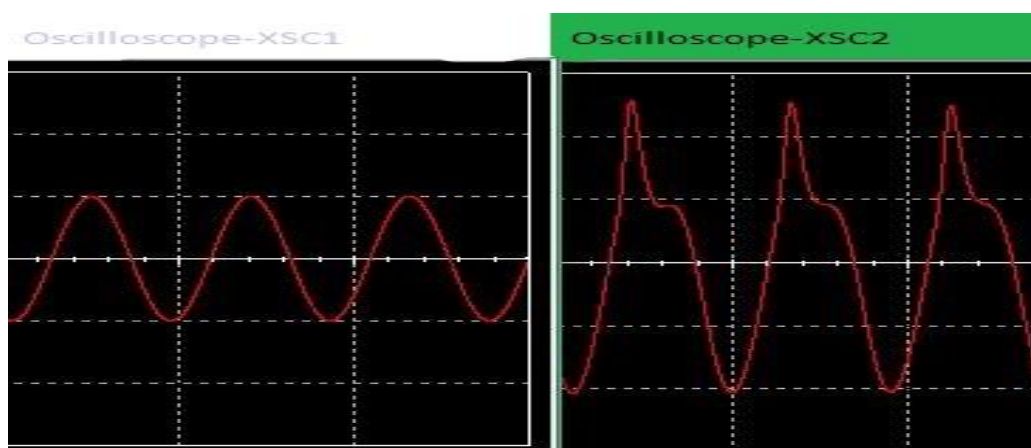
Sl. 3.6. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 55Hz,  $A=50$   $D=50$



Sl. 3.7. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 55Hz,  $A=75$   $D=50$

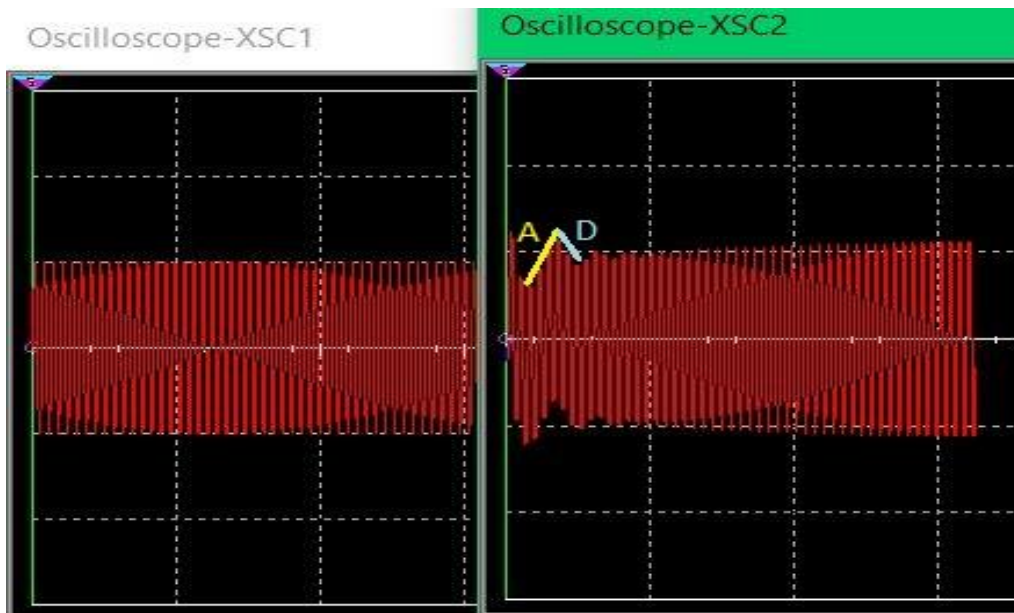


Sl. 3.8. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 55Hz, A=75 D=75

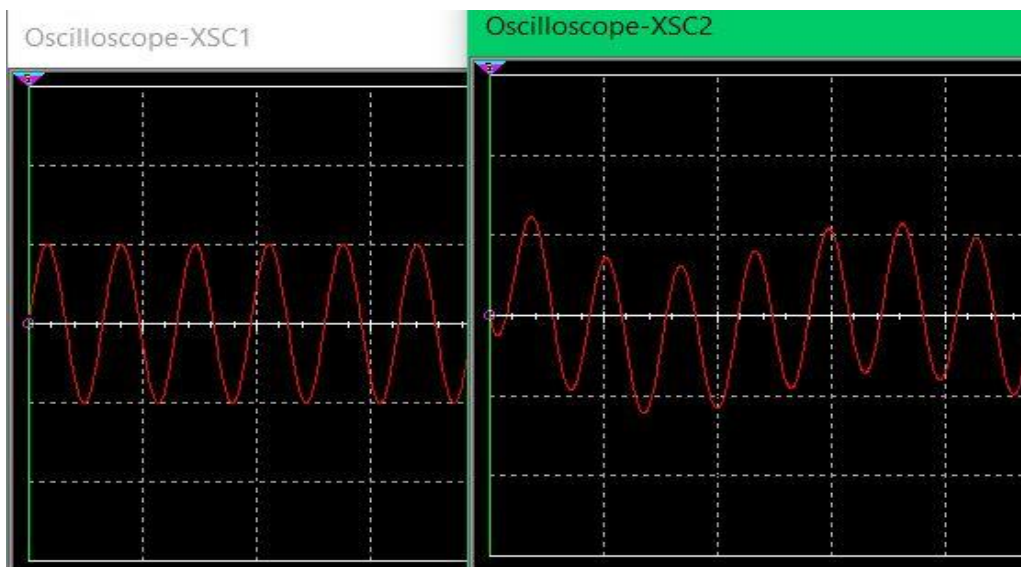


Sl. 3.9. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 55Hz, A=100 D=100

Povećanjem vrijednosti potencijometara mijenja se oblik signala, vrijeme potrebno signalu da dođe do maksimalne amplitude se povećava kao i vrijeme padanja (sl. 3.3. – sl. 3.9.), to se događa samo pri frekvencijama nižim od 200Hz, pedala zapravo ne bi trebala mijenjati oblik sinusoide.



Sl. 3.10. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 770Hz, A=50 D=50



Sl. 3.11. Ulazni signal (lijevo) i izlazni signal (desno), frekvencija 770Hz, A=50 D=50

Pedala na frekvenciji od 770Hz ne mijenja oblik sinusoide (sl. 3.11.), već je jasno vidljivo vrijeme napada (A) i opadanja (D) envelope signala (sl.3.10.). Održavanje i oslobađanje se ne mogu dogoditi jer funkcijski generator generira sinusni signal sa konstantnom amplitudom, dok se akustičnom analognom signalu amplituda postupno smanjuje kroz vrijeme.

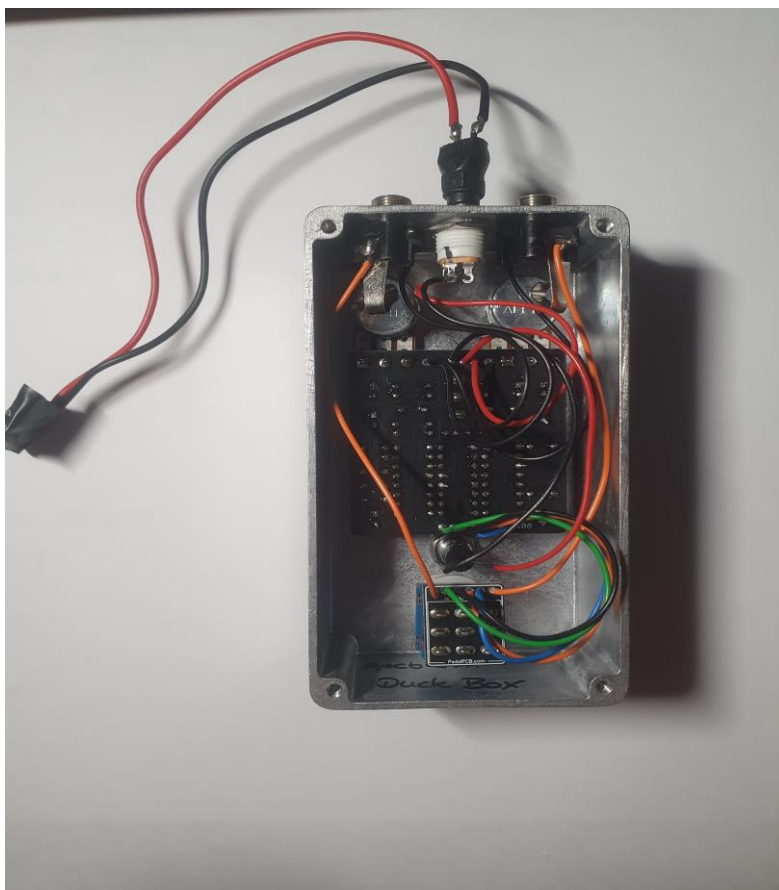
## 4. IZRADA FIZIČKOG MODELA

Izrada fizičkog modela obuhvaća lemljenje DIY kit-a po priručniku sa stranice *Musikding*. DIY kit je inspiriran *DUCKBOX ENVELOPE FILTER* pedalom kojoj je svrha postizanje prepoznatljivog efekta zvuka koji se koristi u funk žanru. DIY kit dolazi sa aluminijskim kućištem koje je već probušeno na predviđenim mjestima (sl. 4.1.), otpornicima, kondenzatorima, diodama, tranzistorima, IC-ovima, priključcima za instrumentalni kabel, led diodom i njenim pripadajućim otpornikom, 3PDT sklopkom, te sa jednom sklopkom i 2 potencijometra sa kojima reguliramo efekt sklopa, za napajanje je potrebno koristiti bateriju od 9V ili istosmjerno napajanje putem adaptera *DC JACK*.



Sl. 4.1. Prikaz aluminijskog kućišta

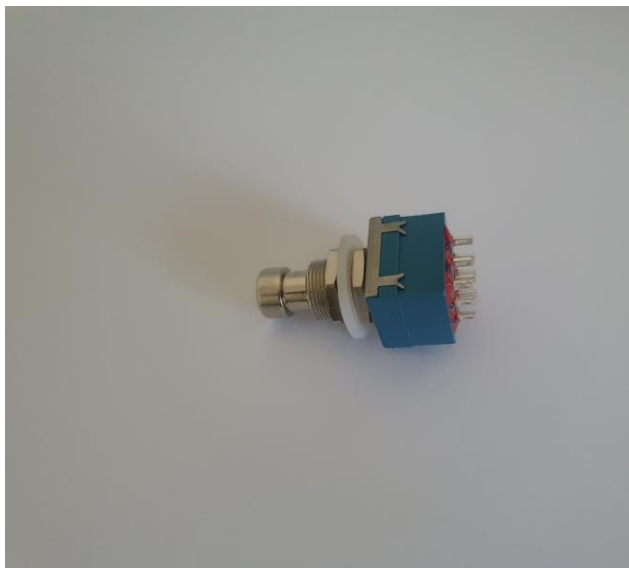
Sve omogućene komponente potrebno je zalemiti na predviđena mjesta po PCB-u te sve skupa montirati u kućište (sl. 4.2.).



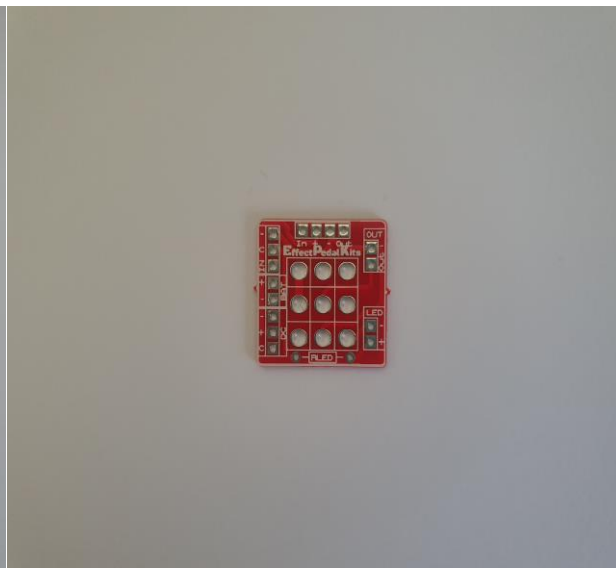
Sl. 4.2. Prikaz unutrašnjeg rasporeda komponenti nakon montiranja

Na bočnoj strani dolazi instrumentalni kabel kojim prenosimo zvuk gitare to jest akustični signal, donja pločica (sl. 4.4.) je pločica gdje je zalemljena 3PDT sklopka (sl. 4.3.) koja omogućuje uključivanje i isključivanje same efekt pedale. Gornja pločica sadrži sve ostale komponente te sklopke i potencioetre za prilagođavanje signala glazbeniku, a pored ulaza nalazi se izlaz kojim spojen na osciloskop za prikazivanje oblika izlaznog signala.





Sl. 4.3. 3PDT sklopka

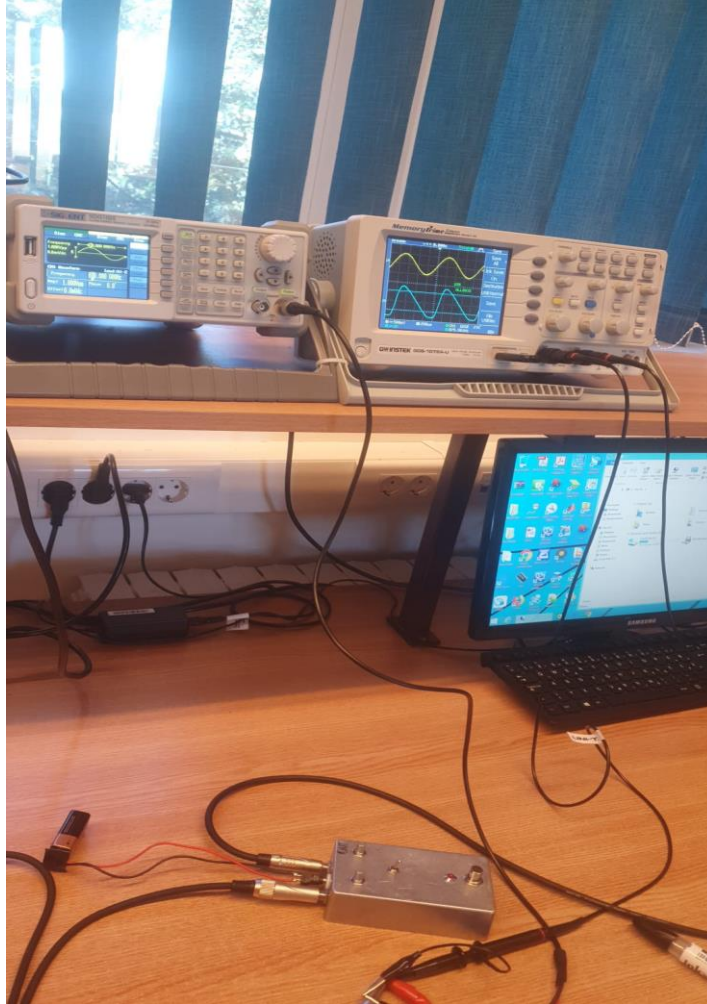


Sl. 4.4. Tiskana pločica na koju se spaja 3PDT sklopka



Sl. 4.5. Prikaz sklopljene efekt pedale

Nakon završetka lemljenja i montiranja cijele efekt pedale (sl. 4.5.), ulaz i izlaz pedale spojeni su na osciloskop (sl. 4.6.) i provjeren je njezin efekt na frekvencije manje od 200Hz za pojedine intervale sa funkcijskim generatorom te utjecaj pedale na envelope signala gitare.

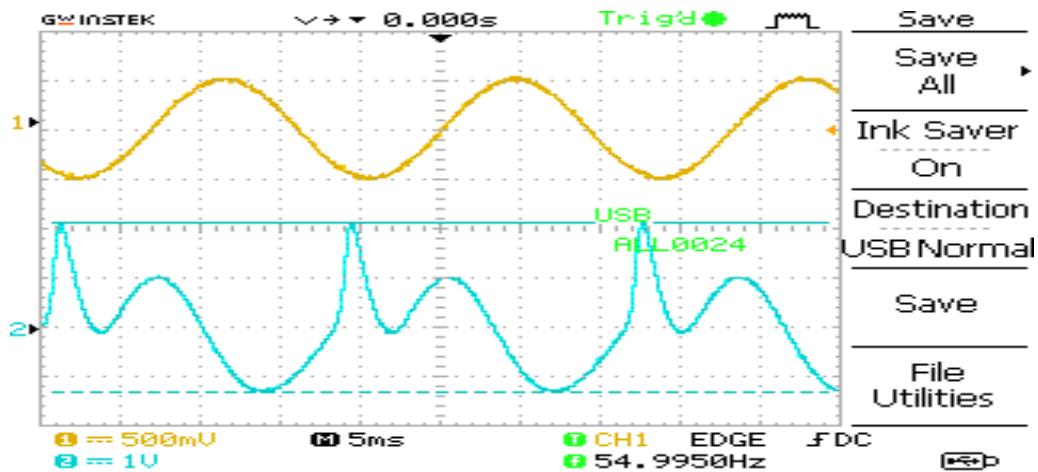


Sl. 4.6. Prikaz funkcijskog generatora i osciloskopa

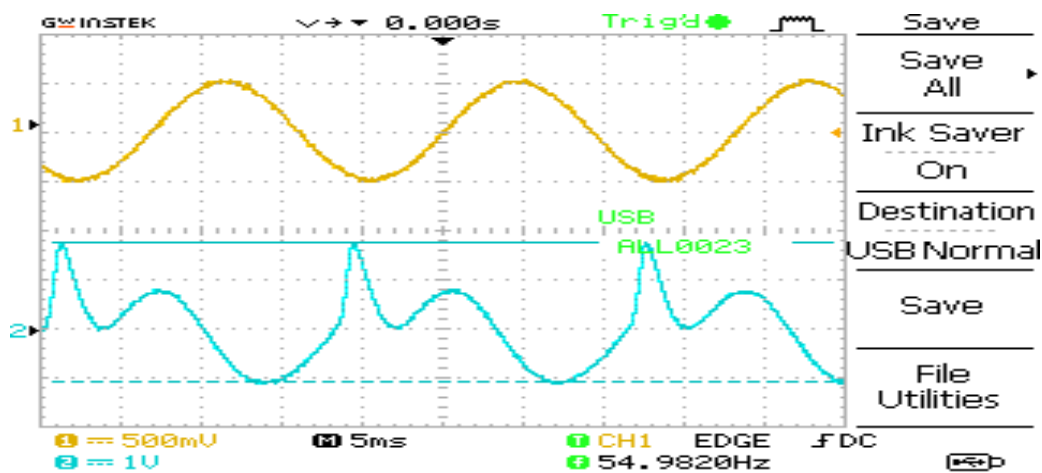


## 4.1. REZULTATI MJERENJA

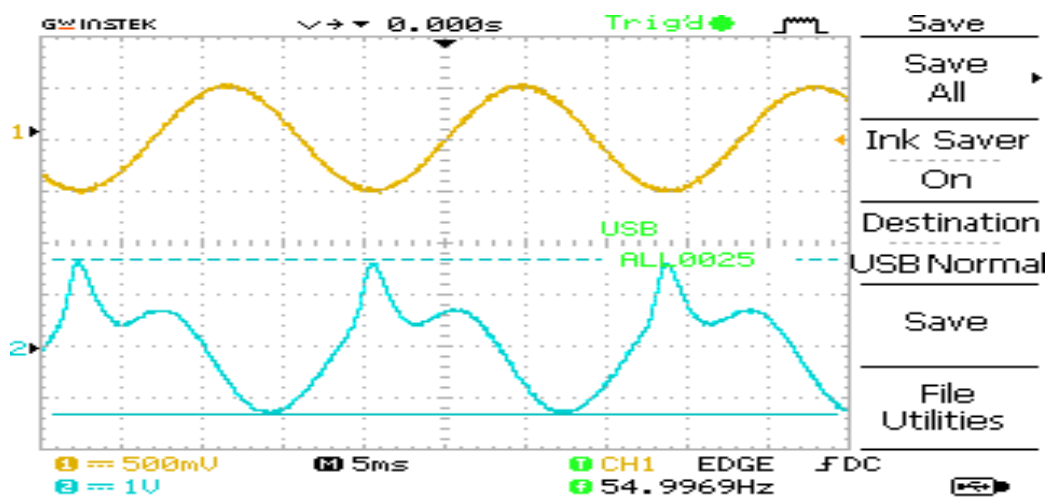
Kao i kod simulacije na ulazu imamo funkcijski generator sinusoide 1Vpp, frekvencije 55 Hz, mijenjamo položaj potencijometara na onaj način gdje se mogu uočiti najveće razlike na grafovima (sl. 4.7. – sl. 4.12.). Nakon promatranja oblika izlaznog signala na pojedinim intervalima prikazani su grafovi envelope signala same bas gitare sviranjem note A pri 220Hz.



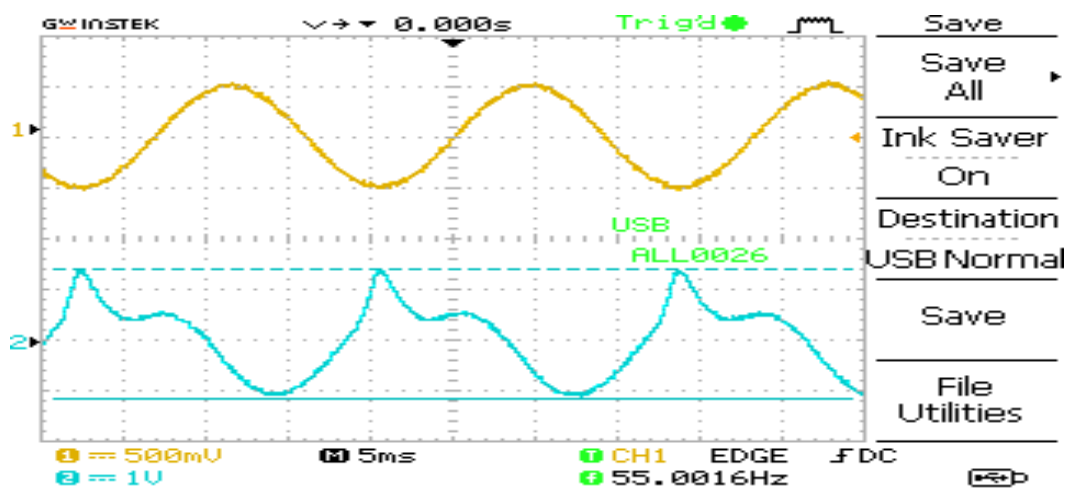
Sl. 4.7. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 55Hz, A=0 D=0



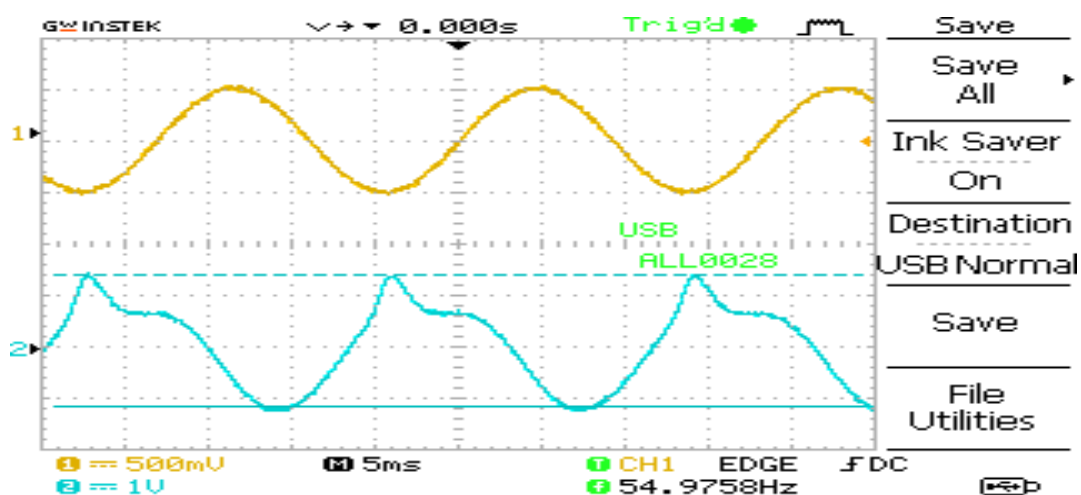
Sl. 4.8. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 55Hz, A=25 D=25



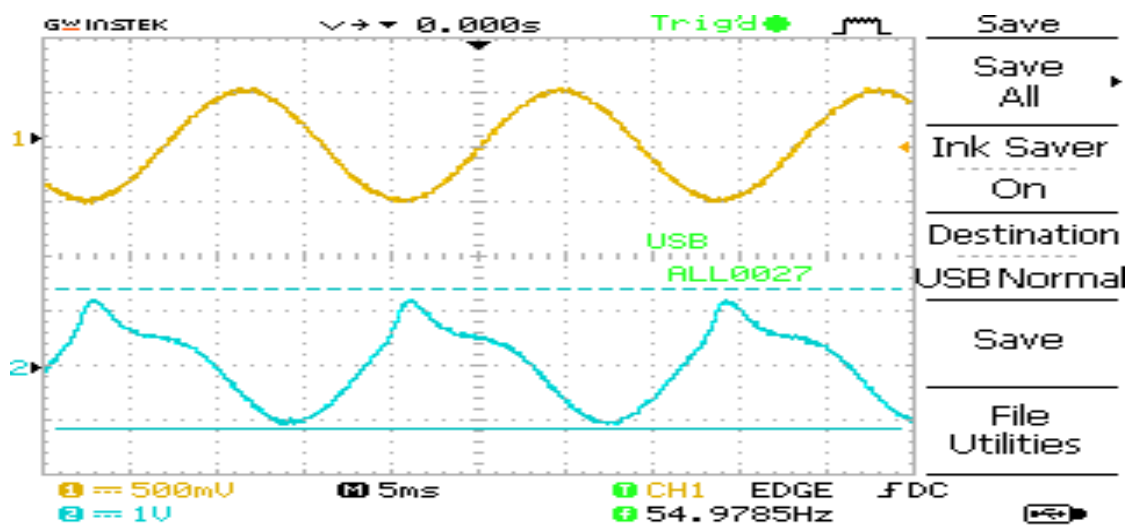
Sl. 4.9. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 55Hz, A=50 D=25



Sl. 4.10. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 55Hz, A=50 D=50

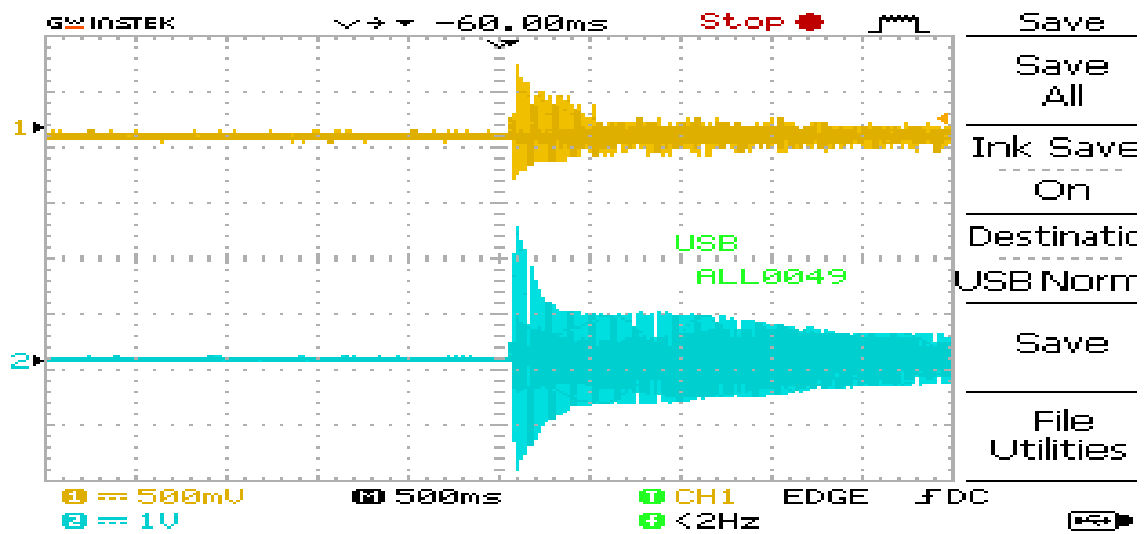


Sl. 4.11. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 55Hz, A=75 D=50

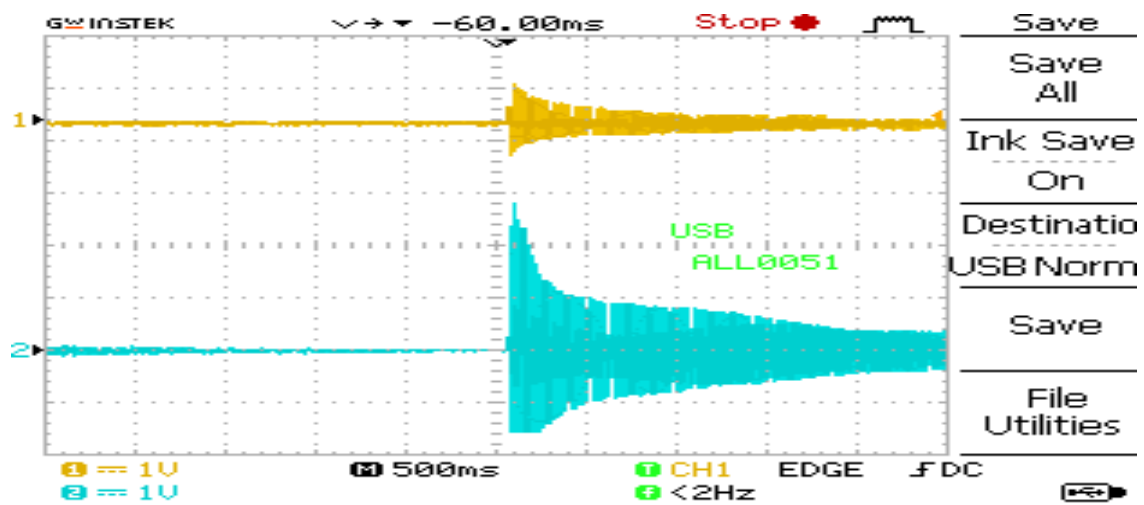


Sl. 4.12. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 55Hz, A=75 D=75

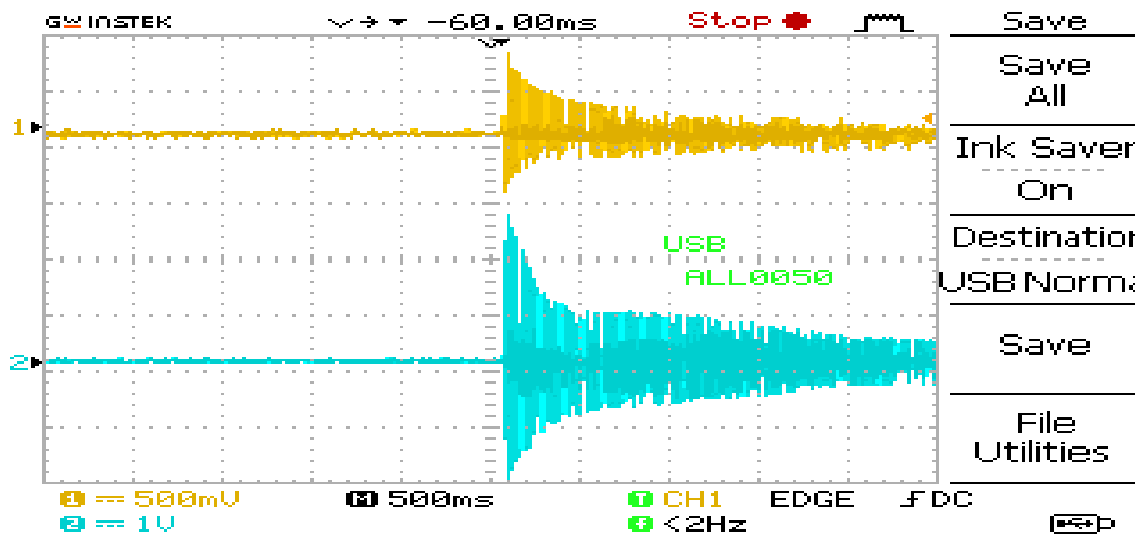
Kao što smo uočili i kod simulacije, povećanjem vrijednosti potencijometara produžujemo oblik signala, vrijeme potrebno da signal dosegne amplitudu raste kao i vrijeme padanja. Simulacija pokazuje pojačanje amplitude do 2.5V, dok rezultati mjerenja pokazuju pojačanje amplitude čak do 3V. Simulacija sklopa pri nultom položaju potencijometara pokazuje veliko osciliranje vrhova (sl. 3.3. i sl. 4.7.). Rezultati mjerenja su stabilniji od simulacije i vremena napada i opadanja su veća od simulacije u svakom položaju potencijometara. Mogući razlozi za to su korištenje zamjenskih IC-ova ili greška u simuliranju električne sheme.



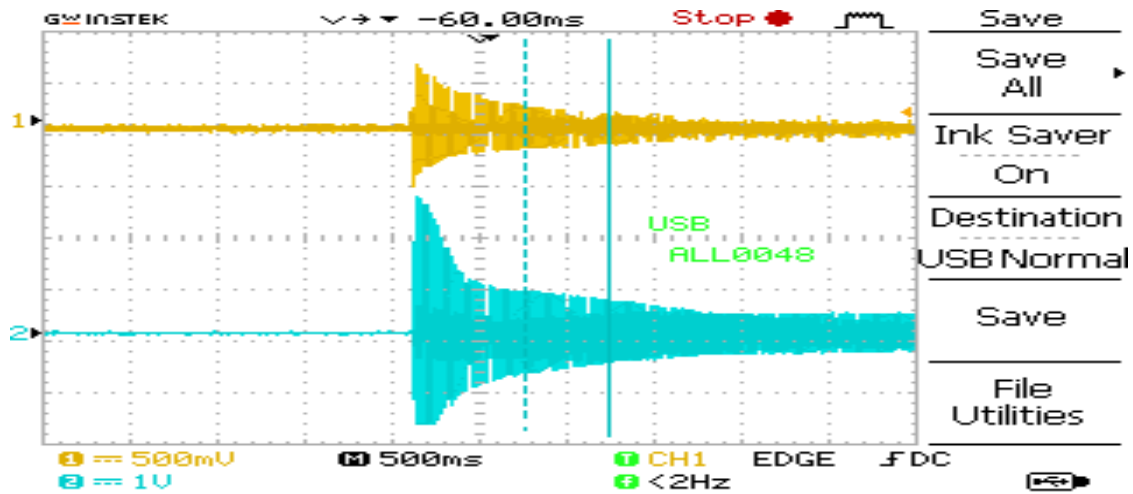
Sl. 4.13. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 220Hz, A=0 D=0



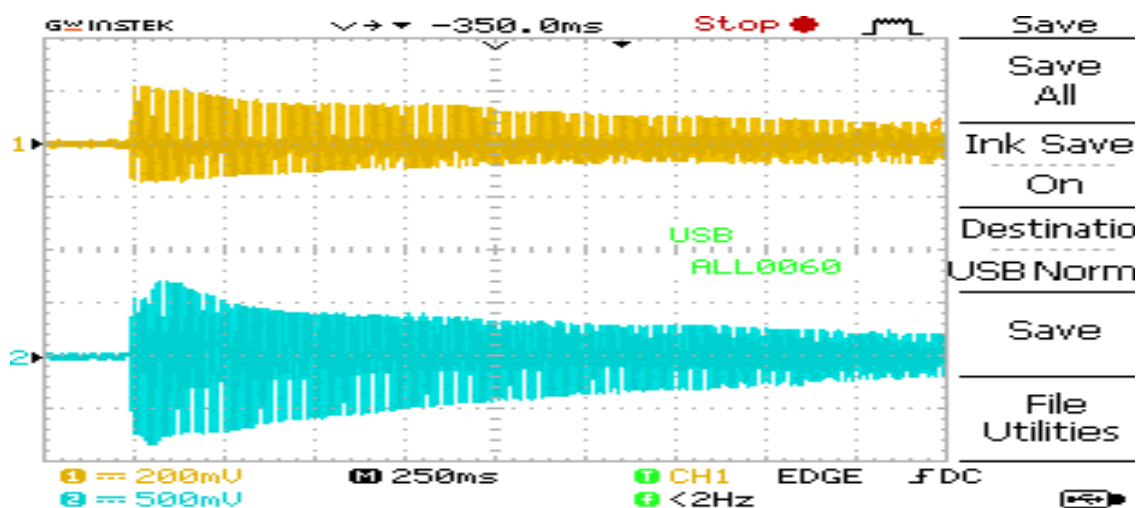
Sl. 4.14. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 220Hz, A=25 D=25



Sl. 4.15. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 220Hz, A=50 D=25



Sl. 4.16. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 220Hz, A50= D=50



Sl. 4.17. Ulazni signal (gore) i izlazni signal (dolje), frekvencija 220Hz, A=75 D=75

Kao i kod simulacije, mjerenjem (sl. 4.13. – sl. 4.17.) je utvrđeno kako povećanjem vrijednosti potenciometra povećamo vrijeme napada (osim u slučaju 50-50) i opadanja (tablica 4.1.), ali se u ovom slučaju jasno vide svi parametri envelope signala kao što je pobliže prikazano i objašnjeno na slici 2.2. Prisutni su i parametri održavanje (engl. *sustain*) i oslobađanje (engl. *release*) jer signal gitare ima smanjenje amplitude kroz vrijeme za razliku od generiranog signala funkcijskim generatorom.

Tablica 4.1. Vrijeme trajanja parametara envelope

Parametri	A	D	S	R
A=0%, D=0%	100ms	400ms	500ms	800ms
A=25%, D=25%	110ms	420ms	480ms	800ms
A=50%, D=25%	120ms	480ms	500ms	600ms
A=50%, D=50%	90ms	510ms	400ms	400ms
A=75%, D=75%	140ms	560ms	800ms	800ms

## 5. ZAKLJUČAK

Zadatak završnog rada je izrada sklopa filtra envelope signala bas gitare. Sklop se sastoji od kućišta sa svim potrebnim komponentama i PCB pločicama. Komponente su zalemljene na predviđena mjesta i sve zajedno je montirano u dostupno kućište. Nakon izrade sklopa izvršena je simulacija sheme sklopa i mjerenje u laboratoriju, gdje se osciloskopom u oba slučaja prikazuje oblik signala i izvršava se usporedba simulacije i rezultata mjerenja u laboratoriju na fizičkom sklopu. Mjerenjem se ustanovilo da povećanjem otpora potencijometara povećavamo i vrijeme trajanja parametara envelope signala, kao i frekvencijski raspon za koji sklop radi ispravno (200Hz – 1000Hz). Napad se može produžiti za maksimalno 40ms, a opadanje za 160ms. Usporedbom rezultata utvrdile su se značajne razlike u simulaciji i mjerenjima kod pojačanja amplitude signala zbog korištenja zamjenskih komponenti i konstante amplitude simuliranog signala.

## LITERATURA

- [1] Wikipedia „Mu-Tron III“, 17.5.2014.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Mu-Tron\\_III#:~:text=%22The%20world's%20first%20envelope%2Dcontrolled,a%20modified%20version%2C%20in%202014.](https://en.wikipedia.org/wiki/Mu-Tron_III#:~:text=%22The%20world's%20first%20envelope%2Dcontrolled,a%20modified%20version%2C%20in%202014.) [14.08.2024.]
- [2] mynewmicrophone „What Are Envelope Filter Effects Pedals & How Do They Work?“, 08.10.2020.  
[https://mynewmicrophone.com/what-are-envelope-filter-effects-pedals-how-do-they-work/#:~:text=An%20envelope%20filter%20pedal%20\(also,for%20guitar%20or%20bass%20guitar.](https://mynewmicrophone.com/what-are-envelope-filter-effects-pedals-how-do-they-work/#:~:text=An%20envelope%20filter%20pedal%20(also,for%20guitar%20or%20bass%20guitar.) [11.08.2024]
- [3] pLOGi „ADSR“, 08.01.2009.  
<https://bplogi.wordpress.com/2009/01/08/adsr-attack-decay-sustain-release-info/> [12.08.2024]
- [4] NI „Multisim“,  
<https://www.ni.com/en-us/shop/software/products/multisim.html#:~:text=Multisim%20is%20industry%20standard%20SPICE,and%20analyze%20electronic%20circuit%20behavior.> [24.06.2024]
- [5] Musikding „Duck Box Envelope Filter kit“,  
<https://www.musikding.de/Duck-Box-Envelope-Filter-kit> [05.05.2024.]
- [6] Mouser „NJM4558 Data Sheet“,  
[https://www.mouser.com/datasheet/2/294/NJM4558\\_E-1917509.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/294/NJM4558_E-1917509.pdf) [02.08.2024.]
- [7] Mouser „NJM4565 Data Sheet“,  
[https://www.mouser.com/datasheet/2/294/NJM4565\\_E-1917662.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/294/NJM4565_E-1917662.pdf) [02.08.2024.]
- [8] ElectronicsTutorials „Active Band Pass Filter“,  
[https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter\\_7.html](https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_7.html) [10.08.2024.]
- [9] Wikipedia „Envelope detector“,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Envelope\\_detector](https://en.wikipedia.org/wiki/Envelope_detector) [10.08.2024.]
- [10] „Duck Box Filter“ PDF  
<https://docs.pedalpcb.com/project/DuckBox-PedalPCB.pdf> [10.08.2024.]



## SAŽETAK

Zadatak ovog završnog rada je izrada DIY-sklopa filtra envelope signala te prikazivanje signala u vremenskoj domeni preko osciloskopa u laboratoriju i simulaciji ovisno o iznosu otpora potencijometra kao i mijenjanja stanja sklopke. U sadržaju je objašnjena pozadinska teorija oko envelope signala. Sklop je potrebno montirati i zalemiti pojedinačne komponente na mjesta određena PCB-om. Nakon izrade sklopa izvršava se simulacija sheme i laboratorijska mjerenja fizičkog sklopa. Osciloskopom se utvrdila značajna razlika u obliku signala u simulaciji i mjerenjima u laboratoriju zbog korištenja zamjenskih komponenata u simulaciji kao i simuliranje signala sa konstantnom amplitudom. Mjerenjem se utvrdilo frekvencijsko područje u kojem sklop ispravno radi.

Ključne riječi: envelope filtra signala, PCB, simulacija, mjerenje, shema

## **ABSTRACT**

The task of this final paper is to solder a DIY envelope signal filter circuit and to display the signal in the time domain using an oscilloscope in the laboratory, while also simulating it depending on the resistance value of potentiometers and the position of the switches. The content includes the background theory of envelope filters. It was necessary to assemble and solder the individual components onto the designated places on the PCB. After completing the assembly, the circuit simulation and laboratory measurements of the physical circuit were carried out. The oscilloscope revealed a significant difference in the signal shape between the simulation and the laboratory measurements due to the use of substitute components in the simulation as well as simulating the signal with constant amplitude. The measurements determined the frequency range in which the circuit operates correctly.

Key words: envelope filter, PCB, simulation, measurement, scheme