

# **Signali i sistemi**

## **Domaci 2**

Anja Vujačić

Br. indeksa: 0307/2021

Parametri

$P = 2$

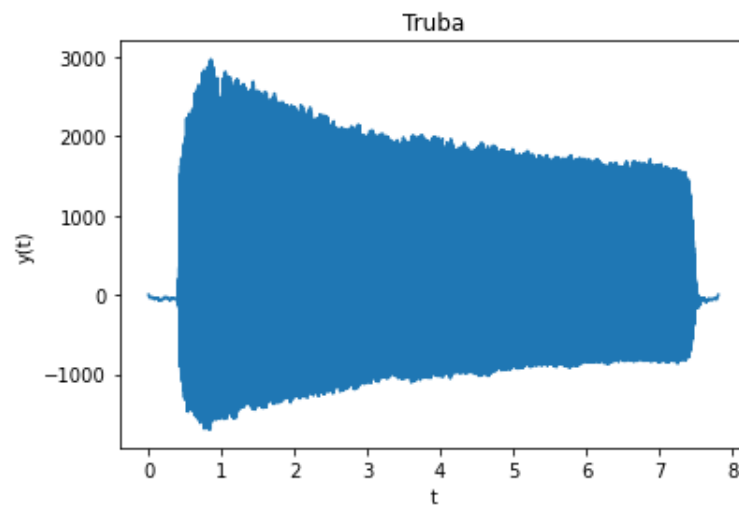
# Sadržaj

<b>1</b>	<b>Time and Frequency Domain</b>	<b>2</b>
1.0.1	Pod a i b: Ucitavanje signala, vremenske i amplitudske karakteristike .	2
1.0.2	Pod c: . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Spektrogram</b>	<b>6</b>
2.0.1	Pod a: . . . . .	6
2.1	Pod b) i c) . . . . .	8
2.2	Prvi deo . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Frequency Division Multiplex</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Filtri FDM sistema za paralelni prenos</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>b)</b>	<b>12</b>
5.1	c) . . . . .	14
<b>6</b>	<b>d)</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>d)</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>f)</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>g)</b>	<b>19</b>

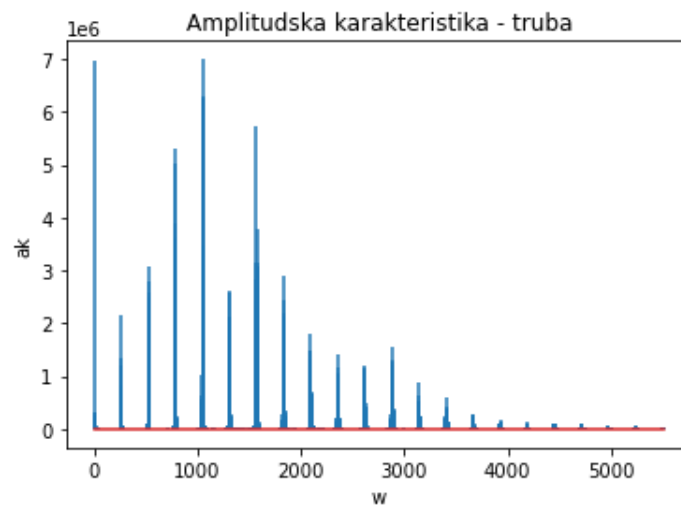
# 1 Time and Frequency Domain

## Osnovne osobine i vremenske transformacije signala

### 1.0.1 Pod a i b: Ucitavanje signala, vremenske i amplitudske karakteristike

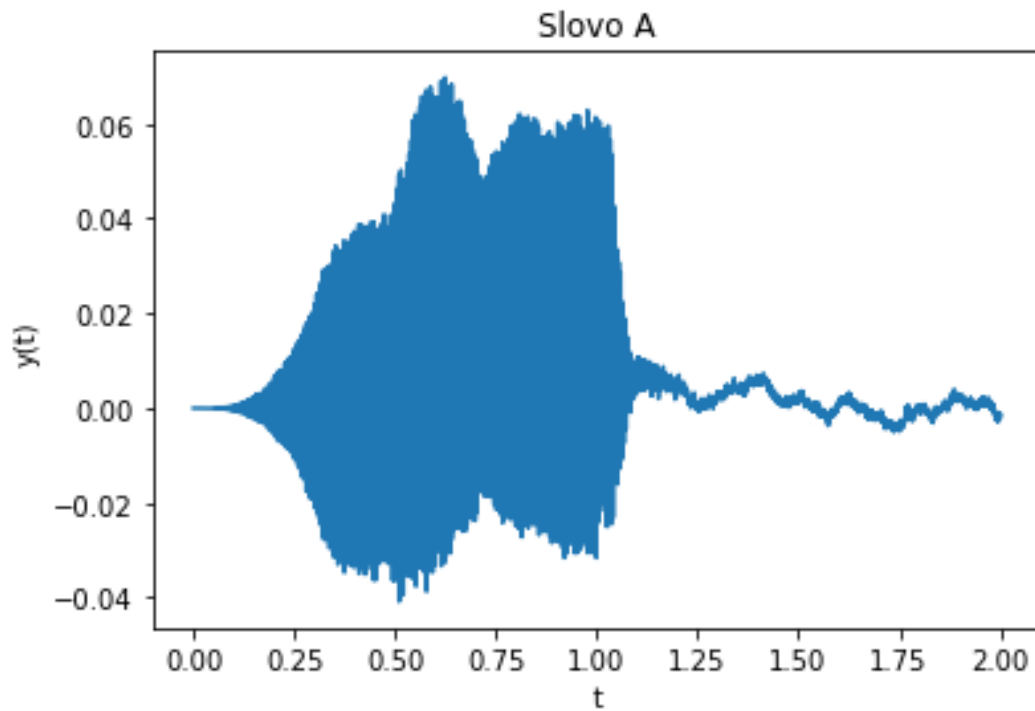


Slika 1: Vremenska karakteristika



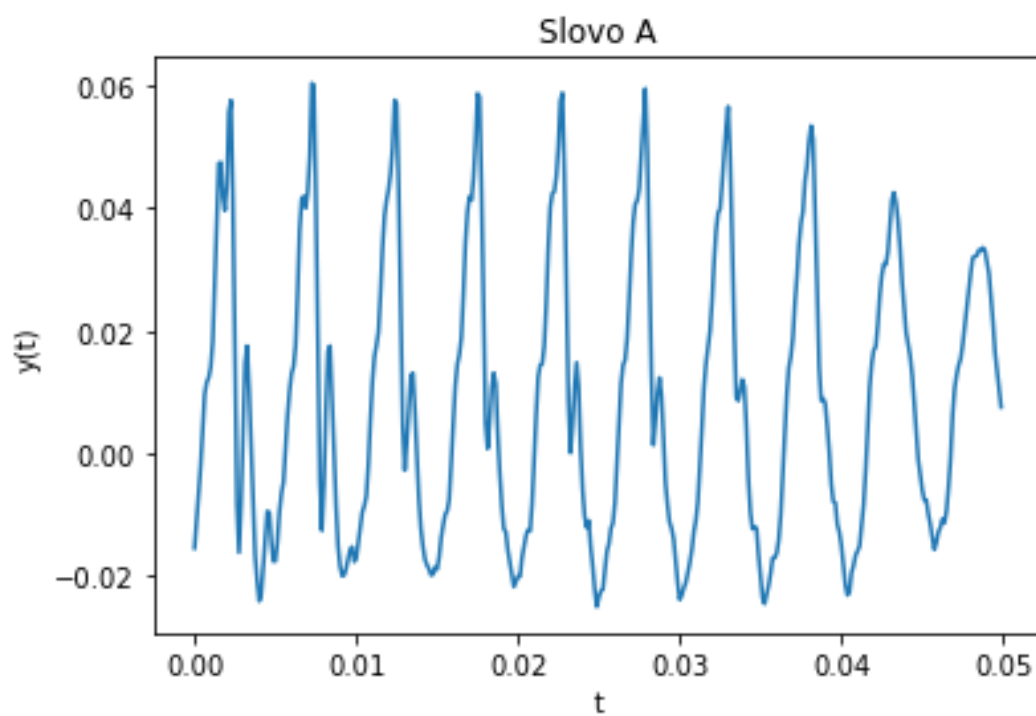
Slika 2: Amplitudska karakteristika

### 1.0.2 Pod c:

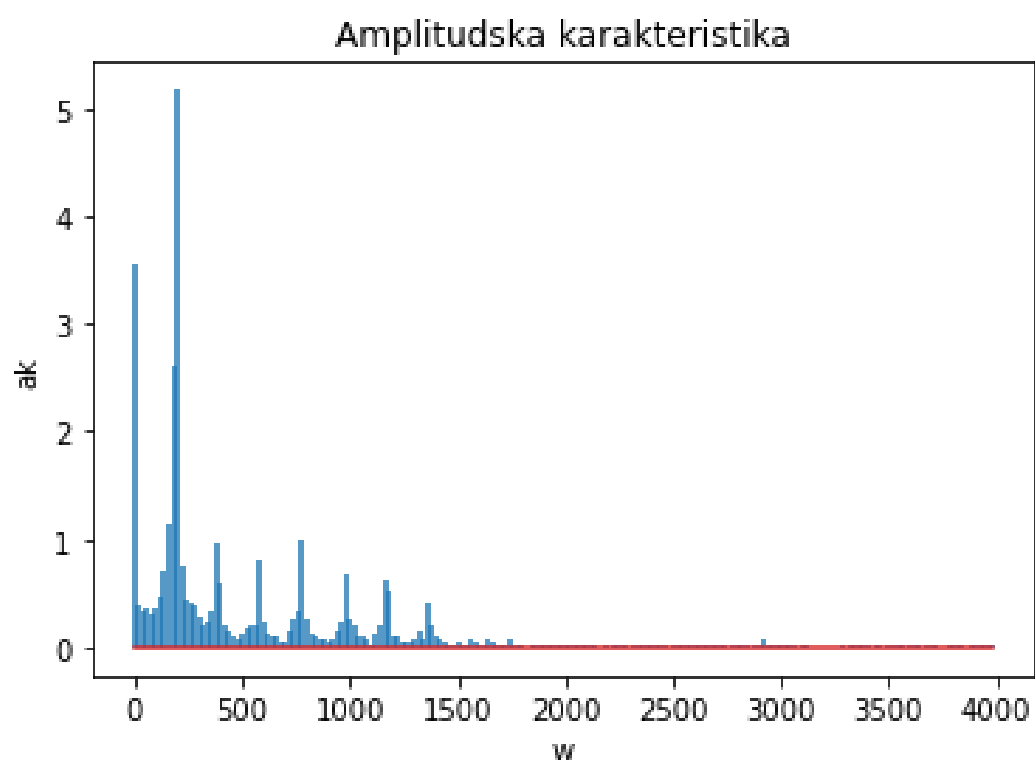


Slika 3: Slovo A

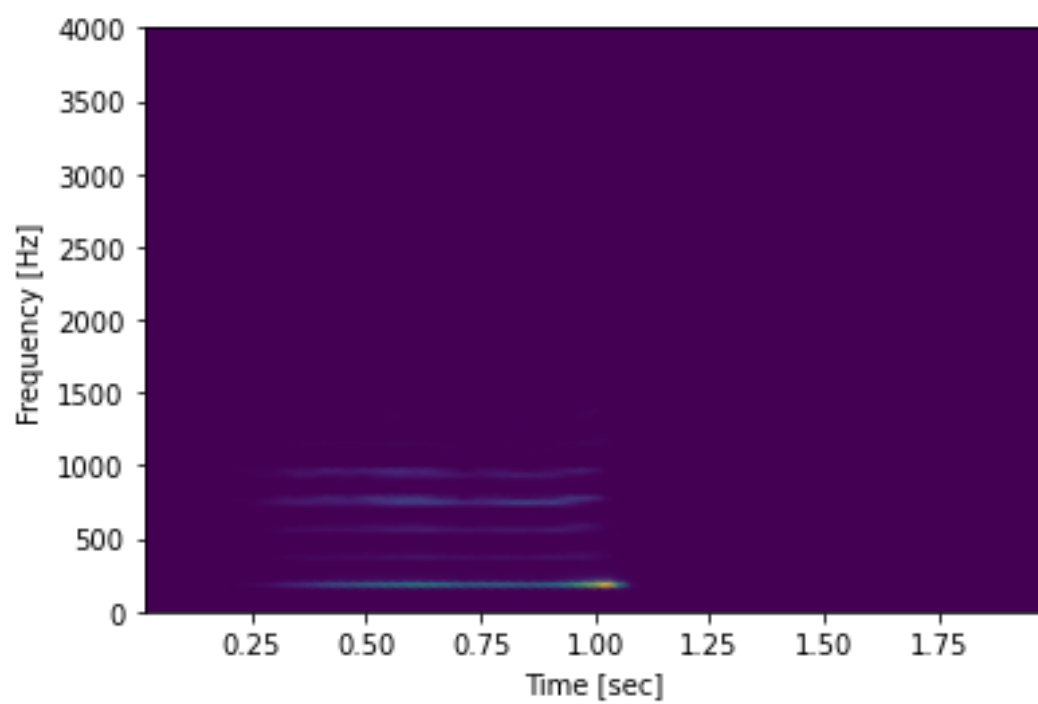
Mozemo приметити да је  $T = 0.02/4 = 0.005$  одакле следи  $W = \frac{2\pi}{T} = 1256$ .  $W$  се не може одредити из фреквенцијског домена.



Slika 4: Vremenski domen



Slika 5: Amplitudska karakterisitka



Slika 6: Spektrogram slovo A

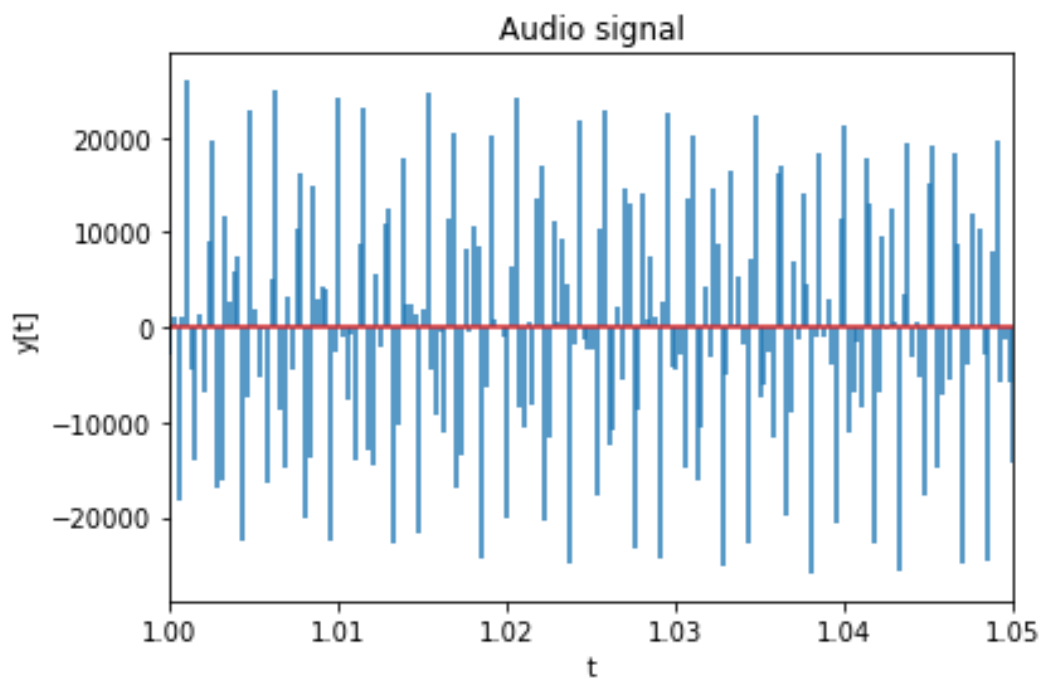
## Zadatak 2.

## 2 Spektrogram

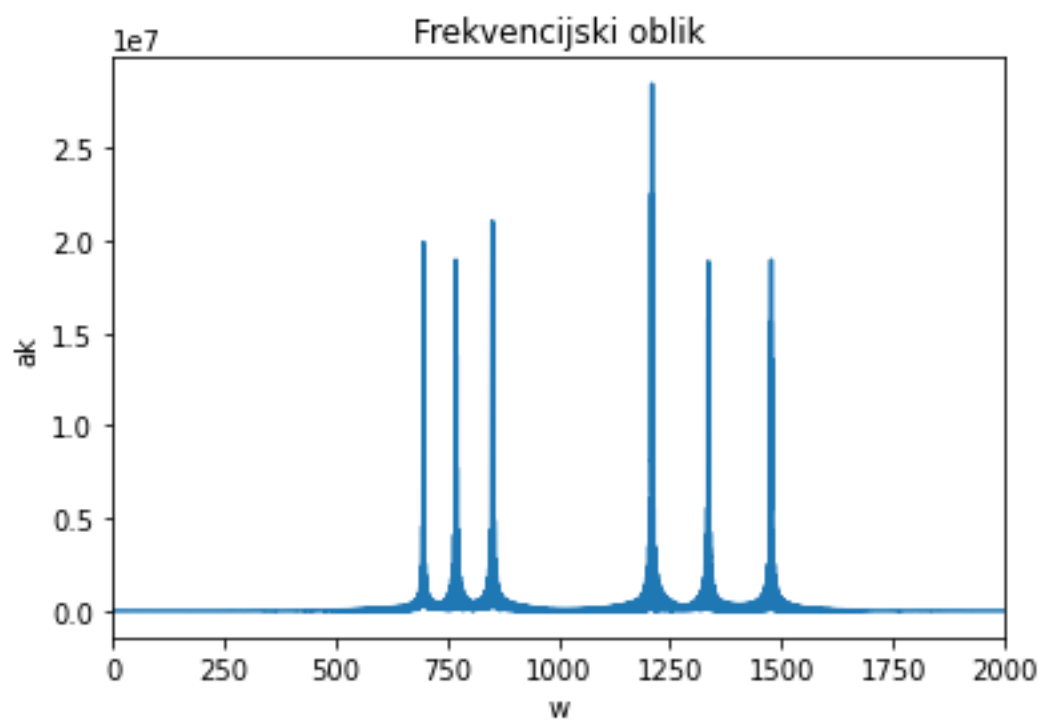
Spektrogram je vremensko-frekvencijska reprezentacija signala. Naime, za nestacionarne signale informacija o Furijeovoj transformaciji nije korisna. Ideja spektrograma je da se signal podeli na podintervale (prozore) u okviru kojih se može smatrati stacionarnim. Za takve stacionarne signale i Furijeova transformacija nudi relevantne informacije. Posmatranjem spektrograma se može videti kako se u vremenu menja spektar signala.

### 2.0.1 Pod a:

Iz fajla je učitani odgovarajući zvucni signal. Na slikama ispod dat je prikaz njegovog vremenskog i frekvencijskog oblika. Na osnovu prve dve slike ne može se zaključiti mnogo o datom signalu, ali će nam spektrogram pružiti više informacija.



Slika 7: Vremeska karakteristika



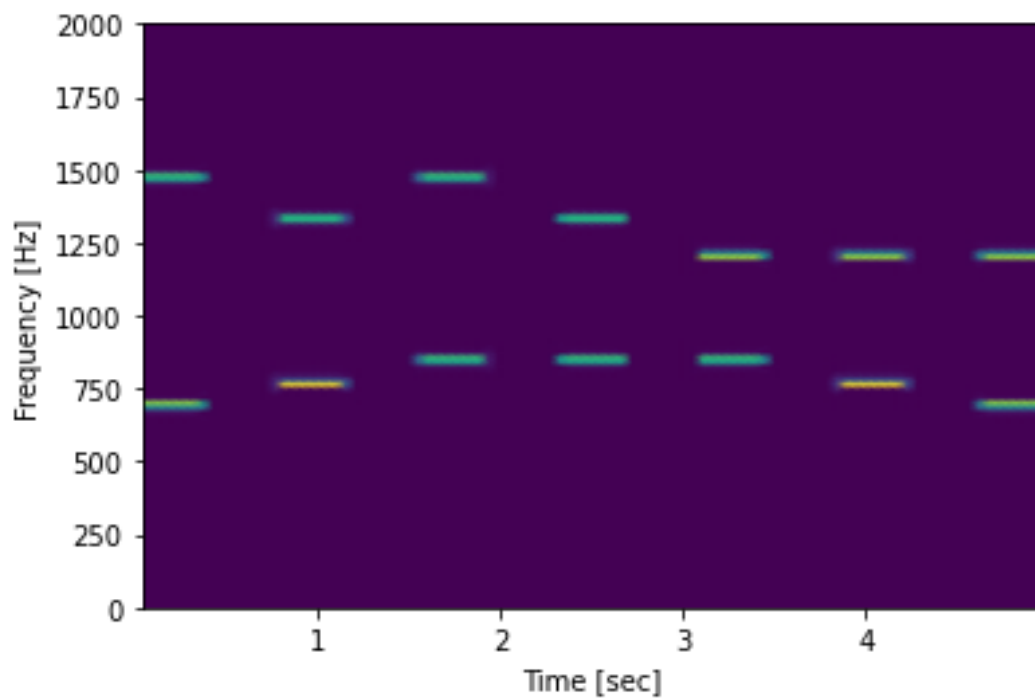
Slika 8: Amplitudska karakteristika



## 2.1 Pod b) i c)

Iz spektrograma mozemo odrediti kojom frekvencijama je u kom trenutku definisan signal. Posto imamo tabelu kojim frekvencijama je definisan koji broj, mi mozemo odavde desifrovati pocetni signal. Posto nam je data tabela gde je svaki taster telefona okarakterisan sa dve ucesta-nosti, posmatranjem mozemo desifrovati pocetni signal i odrediti kombinaciju tastera koja je proizvela ucitani signal.

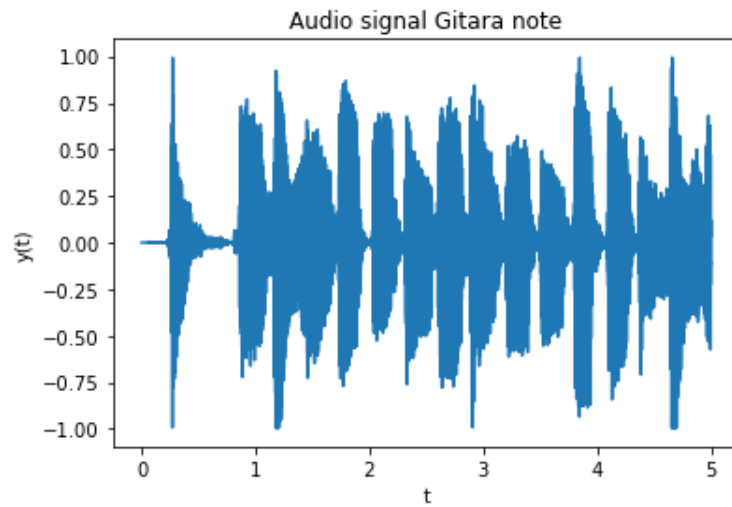
U nasem slucaju, trazena kombinacija tastera je: 35941



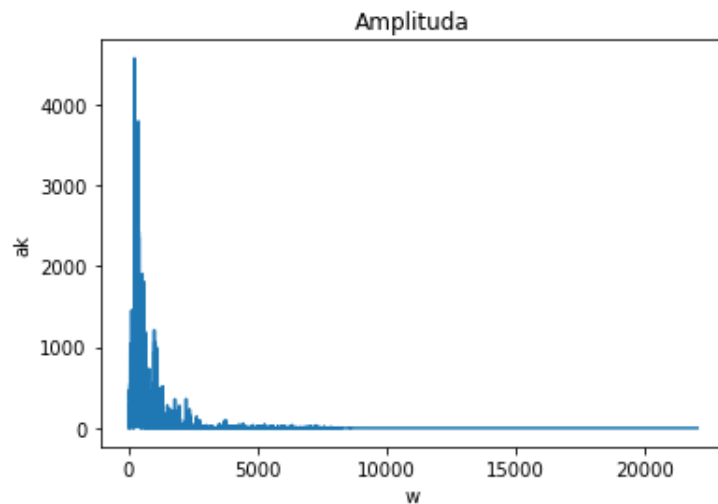
Slika 9: Spektrogram - telefonski broj

## 2.2 d:

Snimljena je zvučna sekvenca u trajanju od 3 s sa učestanošću odabiranja 16 kHz.

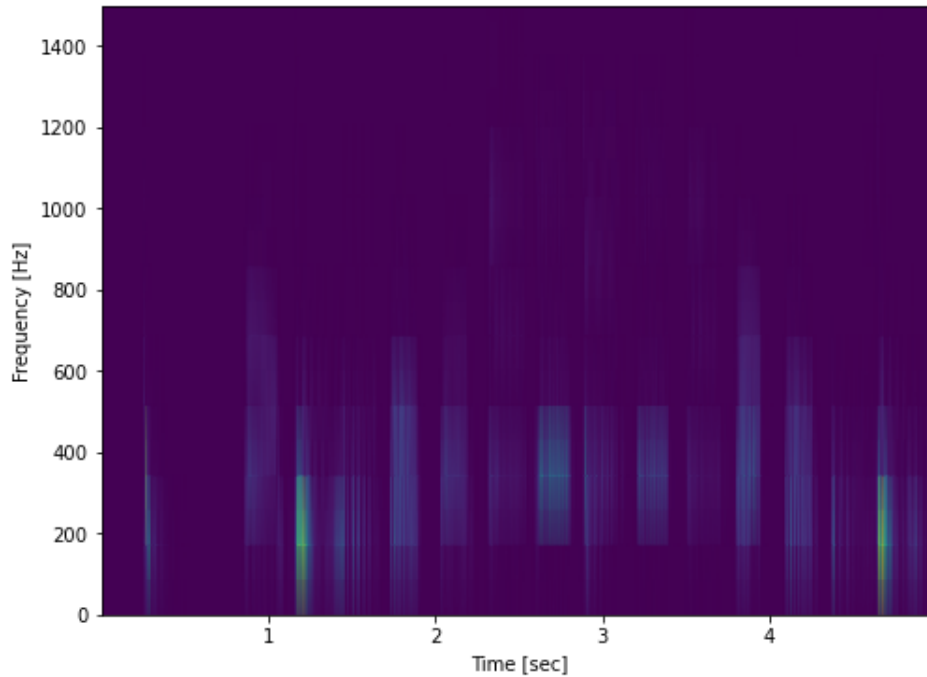


Slika 10: Vremenska karakteristika



Slika 11: Vremenska karakteristika

Uzeta je učestanost 44100 zato što je u pitanju muzički instrument i da bi zvuk bio čistiji. Na spektrogramu možemo vidjeti odvojene uske pravougaonike, svaki odgovara jednom tonu. Možemo citati njihove frekvencije i tako zaključiti koje note su odsvirane



Slika 12: Vremenska karakteristika

### 3 Frequency Division Multiplex

FDM sistem za paralelni prenos iz zadatka nazivaćemo jednostavno "Sistem". Sistem se sastoji od više filtara, sabirača i modulatora. Funkcije filtara će biti opisane u narednoj sekciji. Sistem sadrži dva modulatora kojima se moduliše i demoduliše jedan od prenošenih signala. Sabirač služi za kombinovanje prenošenih signala, kako bi se oni mogli prenositi istim kanalom.

### 4 Filtri FDM sistema za paralelni prenos

Prvo ćemo imenovati različite filtre u Sistemu. Usvajamo notaciju za obeležavanje filtara:

$$X[TF] \Big| \omega_x : x(t) \rightarrow y(t).$$

Pri ovoj notaciji  $X$  je ime funkcije frekvencijskog odziva filtra  $X(j\omega)$ ,  $TF$  je tip filtra,  $\omega_x$  je granična učestanost filtra, dok su signali  $x(t)$  i  $y(t)$  ulazni, odnosno izlazni, signal filtra. Pri ovoj

notaciji filtri koje imamo u Sistemu su:

$$\begin{array}{l}
 H_{n_1} \text{ [NF]} \left| \omega_{u1} : y_1(t) \rightarrow y_1^n(t) \right. \\
 H_{n_2} \text{ [NF]} \left| \omega_{u2} : y_2(t) \rightarrow y_2^n(t) \right. \\
 H_{kv} \text{ [NF]} \left| \omega_{kv} : y_T(t) \rightarrow y_R(t) \right. \\
 H_{Rb_1} \text{ [NF]} \left| \omega_{i1} : y_R(t) \rightarrow y_1^r(t) \right. \\
 H_{Rb_2} \text{ [PO]} \left| \omega_{o2} : y_R(t) \rightarrow y_2^b(t) \right. \\
 H_{d_2r_2} \text{ [NF]} \left| \omega_{i2} : y_2^d(t) \rightarrow y_2^r(t) \right.
 \end{array}$$

$H_{n_1}$  je ulazni filter Sistema. Njegova uloga je uklanjanje slabije izraženih učestanosti iz spektra ulaznog signala  $y_1(t)$ . Ovime se omogućava prenošenje signala  $y_1(t)$  i  $y_2(t)$  bez njihovog mešanja, tako što će sekanalom veze prenositi samo korisne, odnosno najizraženije, učestanosti.

$H_{n_2}$  je, takođe, ulazni filter Sistema. Vršiti istu funkciju kao i filter  $H_{n_1}$ , ali nad signalom  $y_2(t)$ .

$H_{kv}$  je filter kojim modeluje kanal veze. Prenošeni signal  $y_T(t)$  prenosi informacije na nižim učestanostima, tako da je potrebno sprečiti smenje na ovim učestanostima. Na višim učestanostima nema značajnih informacija. Kanal veze se treba modelovati tako da što manje utiče na prenošeni signal. Zbog ovoga ga, kanal veze modelujemo filtrom niskih učestanosti.

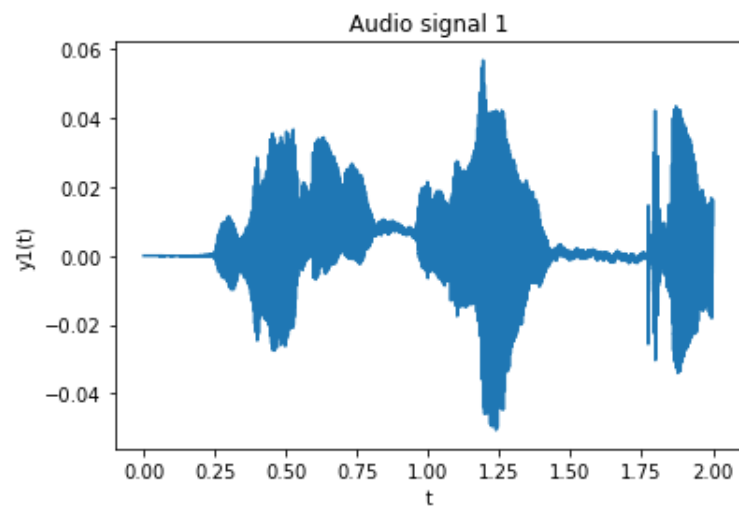
$H_{Rb_1}$  prihvata prenešeni signal i iz njegovog spektra izdvaja učestanosti koje nose korisne o prvobitnom signalu  $y_1(t)$ . Pod korisnim informacijama smatraju se učestanosti prvobitno izdvojene ulaznim filterima.

$H_{Rb_2}$  takođe prihvata prenešeni signal, ali iz njega izdvaja spektar učestanosti koji predstavlja signal  $y_2(t)$ . Pošto je pre prenošenja signal bio modulisan, njegov spektar se nalazi levo i desno u odnosu na spektar ulaznog signala  $y_2(t)$ . Zbog ovoga je ovaj filter propusnik opsega; potrebno je prigušiti spektar učestanosti signala  $y_1(t)$ , kao i učestanosti viših od onih na kojima se prenosi signal  $y_2(t)$ .

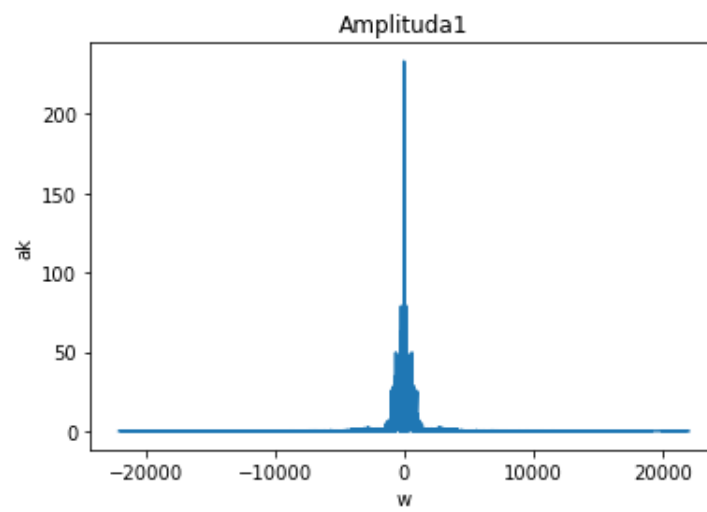
$H_{d_2r_2}$  je filter koji uklanja duplikate spektra početnog signala, tj. one učestanosti koje su se pojavile u spektru usled postupaka modulacije i demodulacije.

## 5 b)

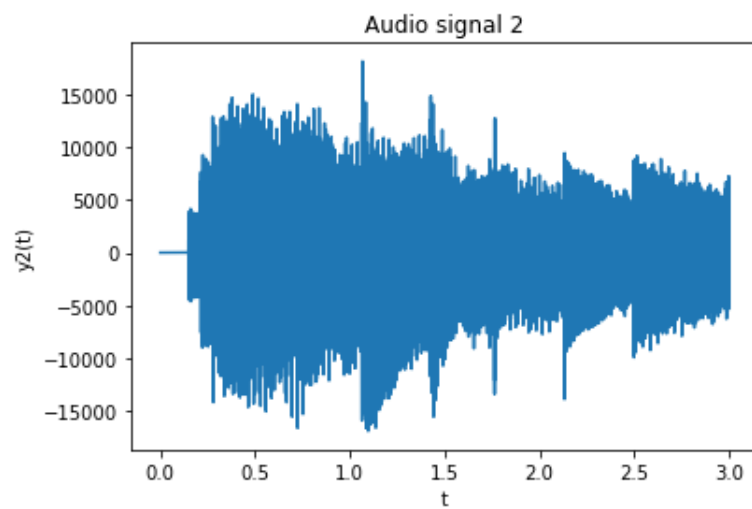
Signal y2:



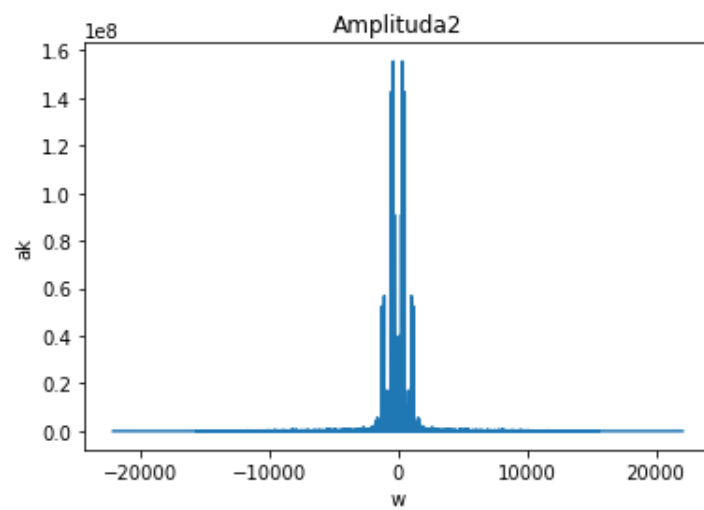
Slika 13: Vremenska karakteristika y1



Slika 14: Amplitudski spektar y1



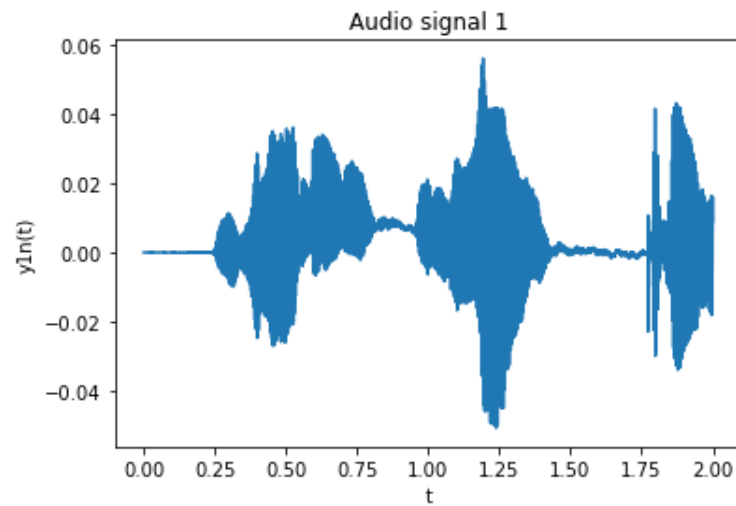
Slika 15: Vremenska karakteristika y2



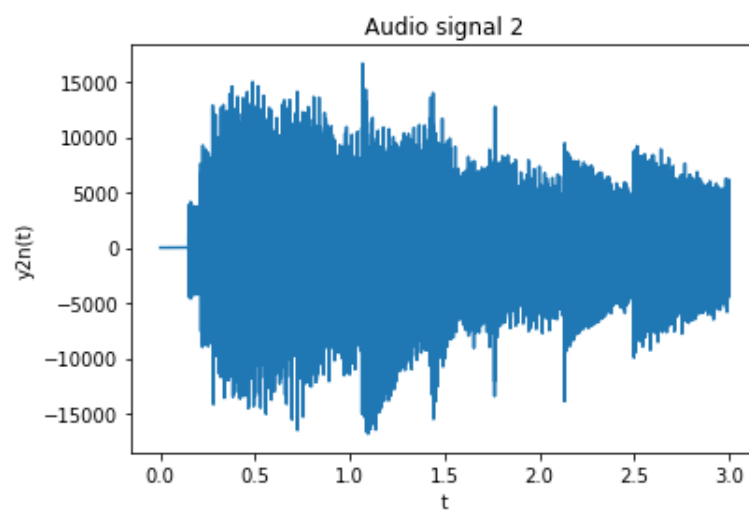
Slika 16: Amplitudski spektar y2

## 5.1 c)

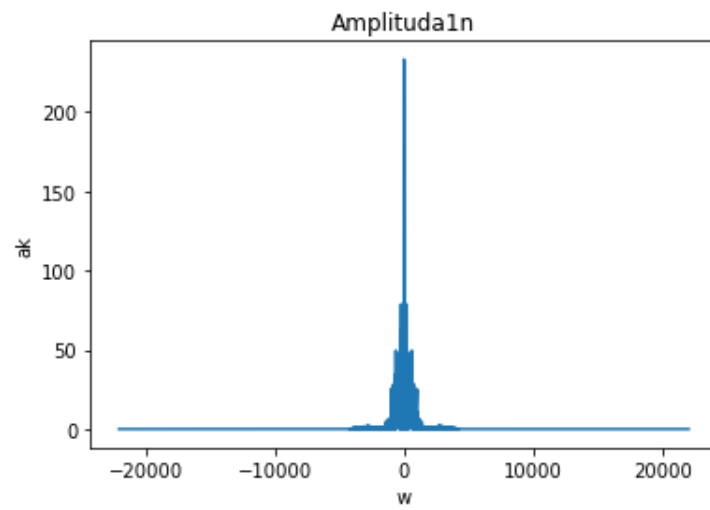
NP1: Iz slika se može videti da vremeski i amplitudski oblici izgledaju isto tj nije doslo do promene.



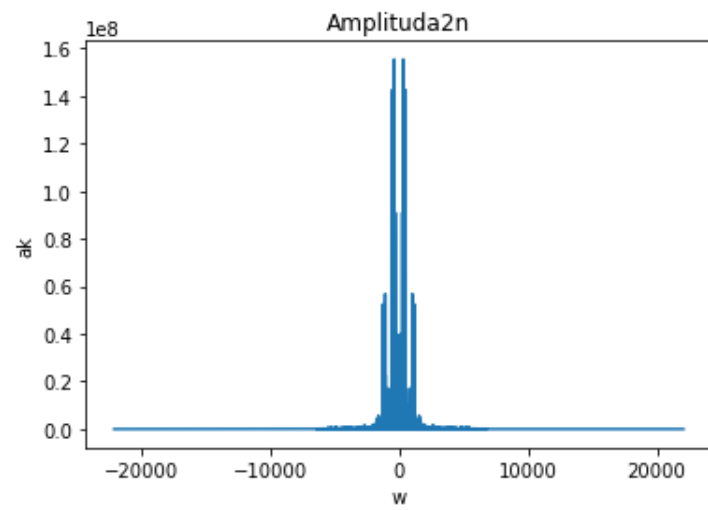
Slika 17: Vremenska karakteristika  $y1$



Slika 18: Amplitudski spektar  $y1$



Slika 19: Vremenska karakteristika  $y_2$



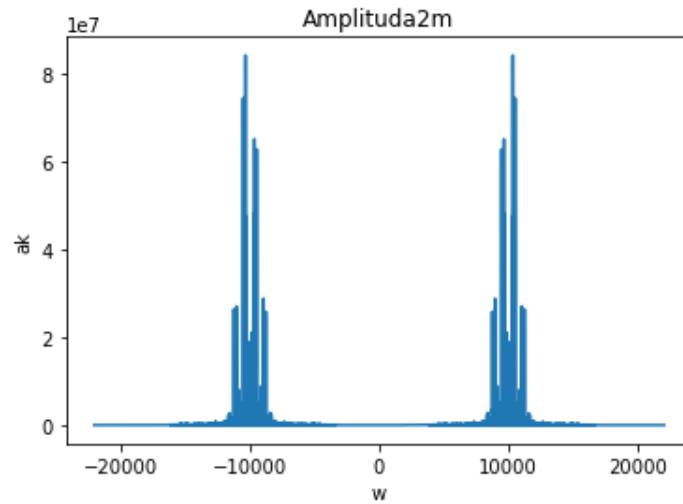
Slika 20: Amplitudski spektar  $y_2$



## 6 d)

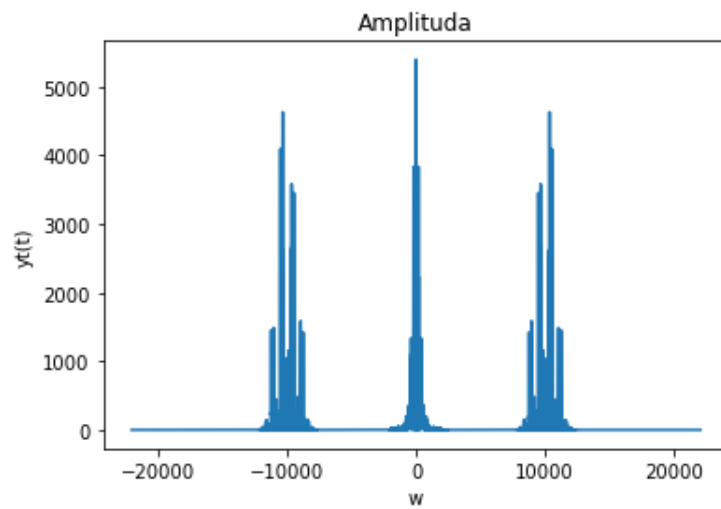
Frekvencijski oblik se promenio tj duplirao se i razdvojio. Ovim se pravi mesto da se ubaci  $y_{1n}$  izmedju. Takodje su amplitude duplo manje kao posledica modulacije.

Sada se vise ne cuje zvuk koji je bio vec pistanje.

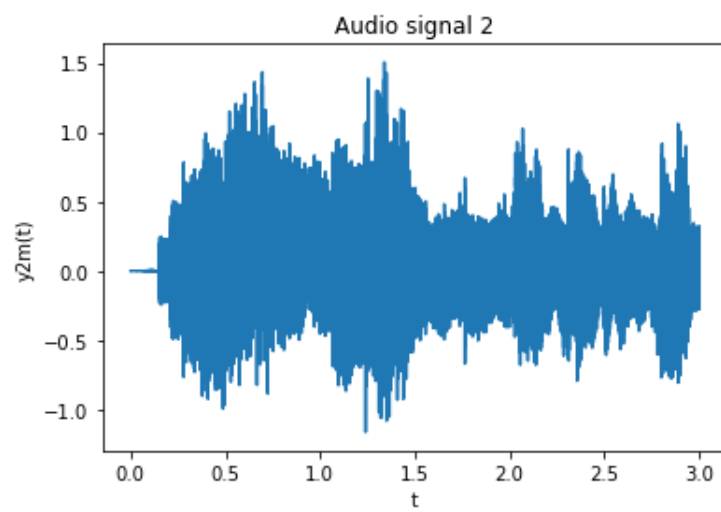


Slika 21: Modulacija

7 d)



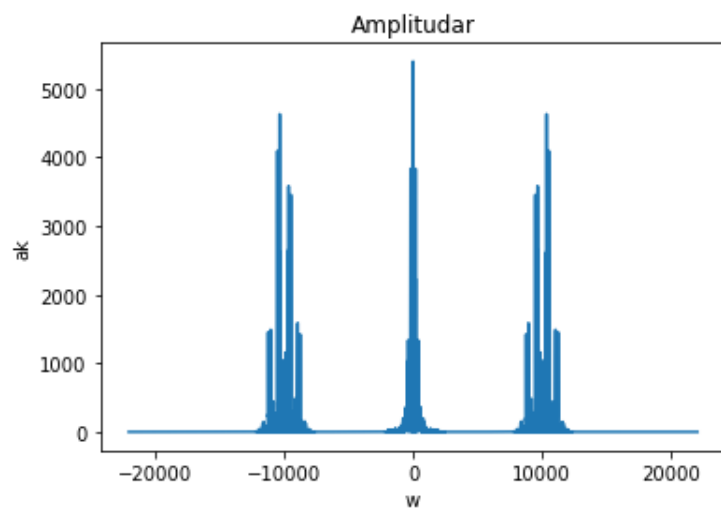
Slika 22: Amplituda dodavanje



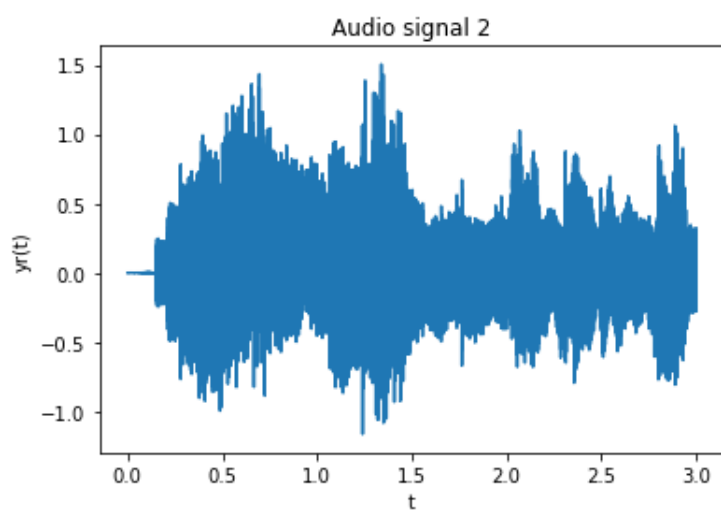
Slika 23: Vremenski signal

Vremenski oblik se promenio i sada predstavlja zbir 2 vremenska oblika  $y_1$  i  $y_2$ .

8 f)



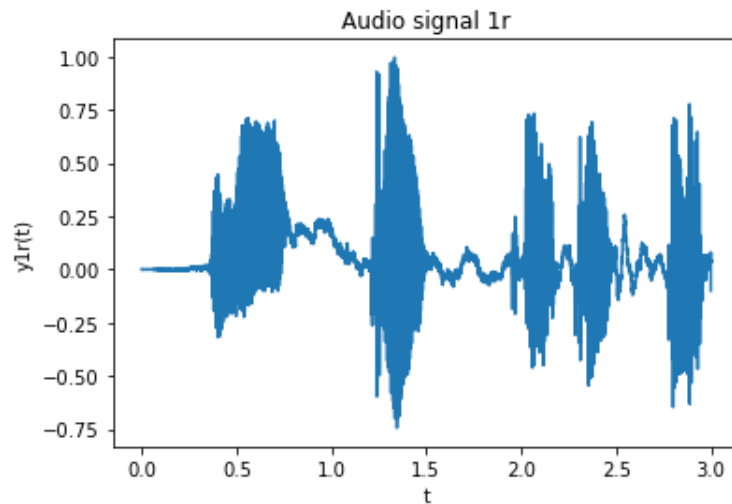
Slika 24: Amplituda



Slika 25: Vremenski signal

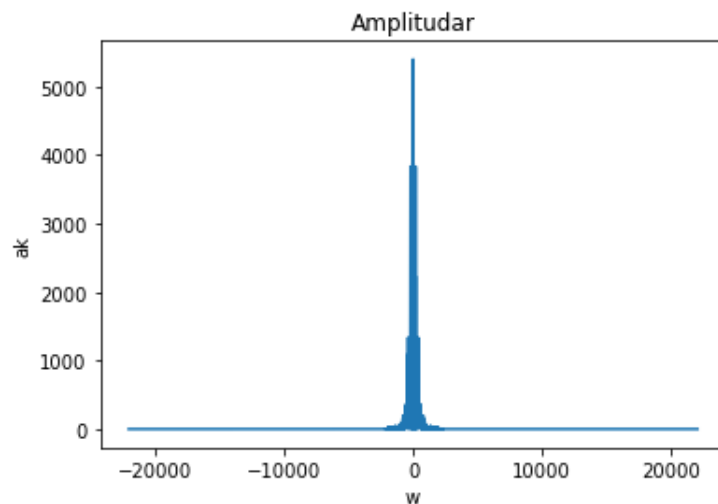
Sve ostaje nepromenjeno.

9 g)



Slika 26: Vremenski signal

Ovde je dobijen isti signal kao ulazni, ima odstupanja. Njegov frekvencijski deo je:



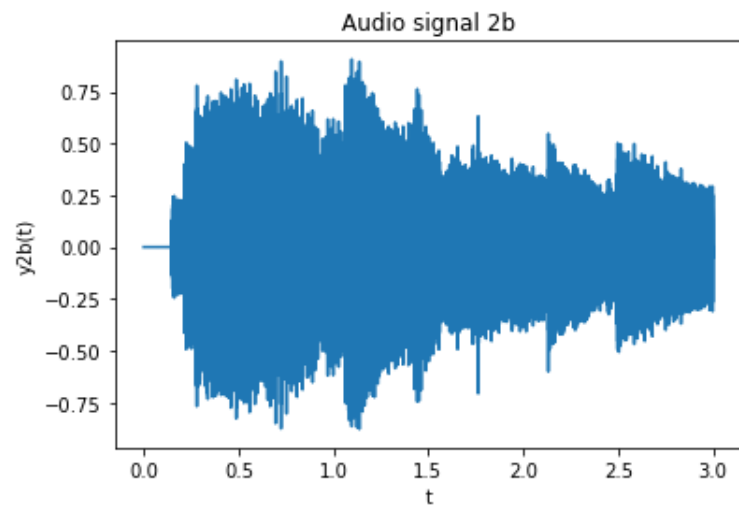
Slika 27: Frekvencija

PO:

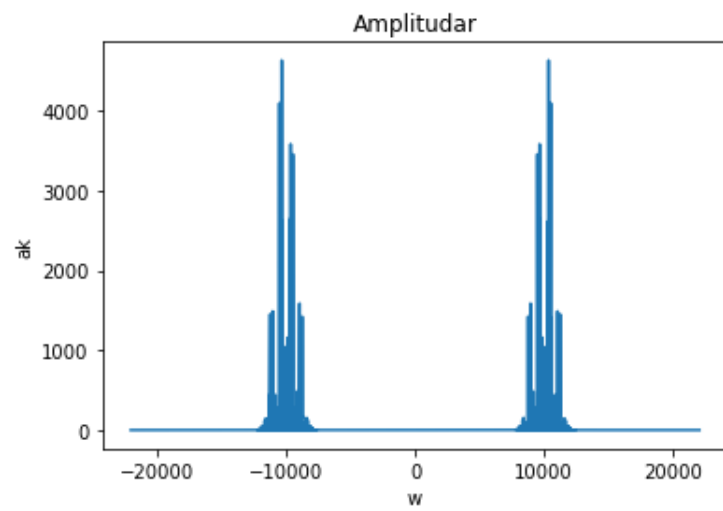
Demodulacija:

Sada nam se u sredini ponovo pojavljuje originalni deo frekvencijskog signala koji cemo izolovati kroz NF filter. Tako bi trebalo da dobijemo originalni signal  $y_2$ .

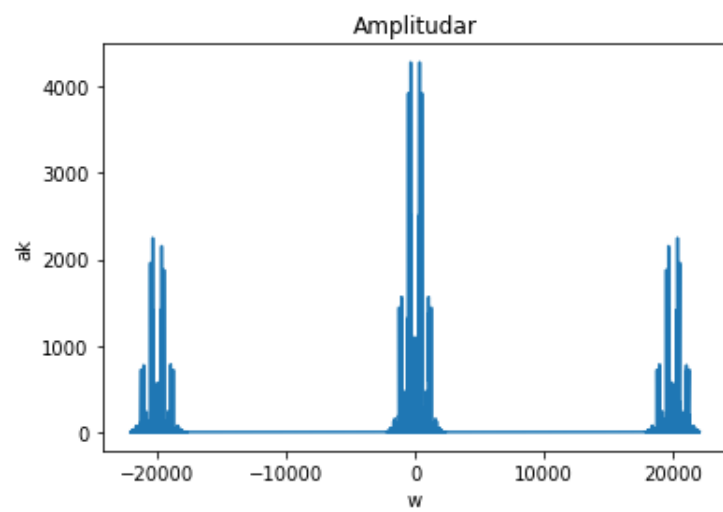
Vremenski grafik izgleda isto kao na pocetku. Frekvencijski takodje. Zvuk je isti kao i na pocetku.



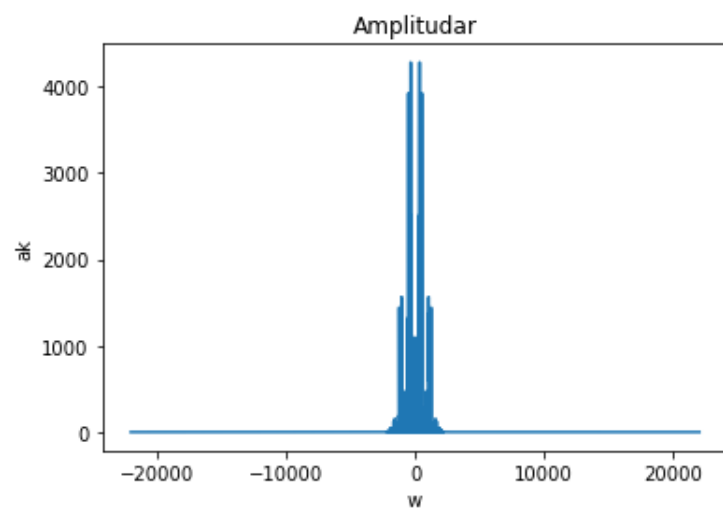
Slika 28:



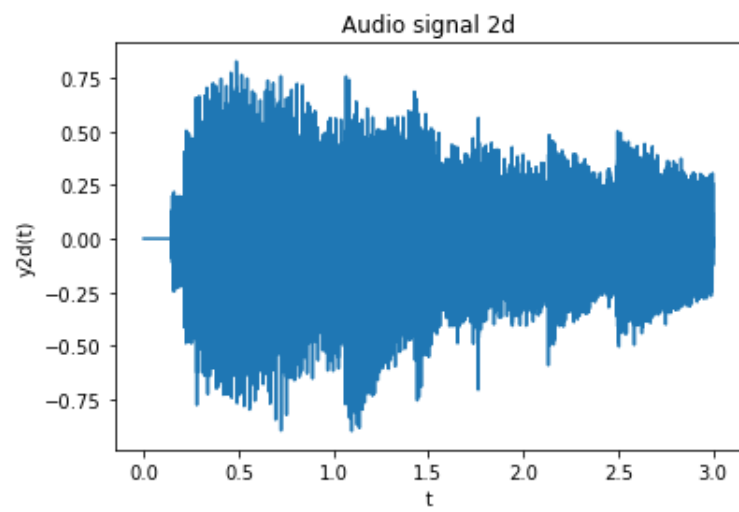
Slika 29:



Slika 30:



Slika 31:



Slika 32: