



UNIVERZITET U TUZLI  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE

## ZADAĆA 2: Obrada audio signala

PREDMET: Obrada digitalnih signala  
STUDENTI: Fazlić Amina i Tanović Azur

Januar 2023

## Kratak sadržaj

1	Teoretske postavke	3
2	Blok shema sistema	4
3	Detaljan opis rješenja sa grafičkim prikazom talsanih oblika nakon svakog bloka	6
4	Zaključak	8

# 1 Teoretske postavke

U programu za obradu audio signala implementirano je nekoliko funkcija: `echo`, `reverse`, `fadeIn`, `fadeOut` i `pitchBy`.

Funkcija `echo` zasnovana je na kašnjenju signala za  $n_d$  uzoraka, a zatim kašnjenju njegovih zakašnjelih verzija također za  $n_d$  uzoraka. Nakon unošenja kašnjenja sve zakašnjele verzije signala se sabiraju. Odziv `echo` bloka je delta impuls  $\delta(n - n_d)$ . S obzirom na to da njegov impulсни odziv ima konačan broj uzoraka, ovaj blok predstavlja FIR sistem. Svi FIR sistemi, pa i ovaj su stabilni. On je također kauzalan LTI sistem. Pored kašnjenja signala, svaka zakašnjela verzija ima amplitudu koja je manja u odnosu na prethodnu verziju signala. Kod realnih audio signala, echo se dešava usljed odbijanja datog signala od neku površinu. Što je ta površina više udaljena od signala od izvora zvučnog signala, to će echo biti tiši.

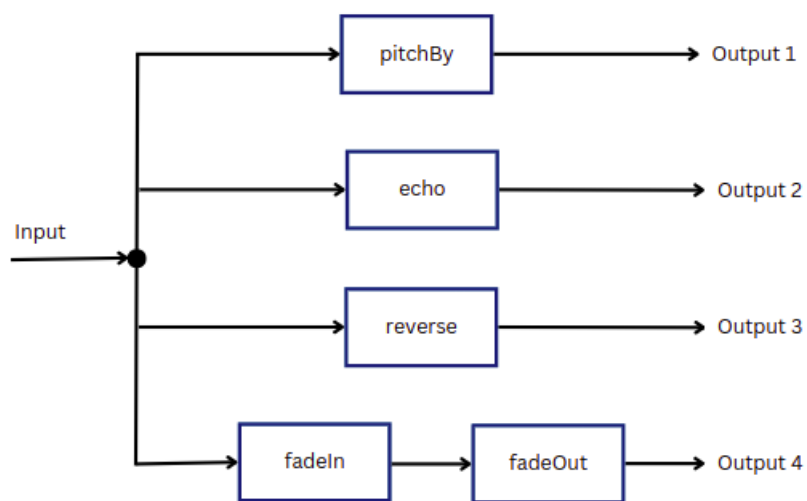
Funkcija `reverse` ima za rezultat obrnut audio signal, tj. obrnut redoslijed njegovih uzoraka od kraja do početka originalnog audio signala. Drugim riječima, vrši se inverzija vremenske ose.

Funkcija `fadeIn` postepeno pojačava amplitudu prvih nekoliko uzoraka audio signala od 0 do vrijednosti originalnog audio signala u određenom vremenu.

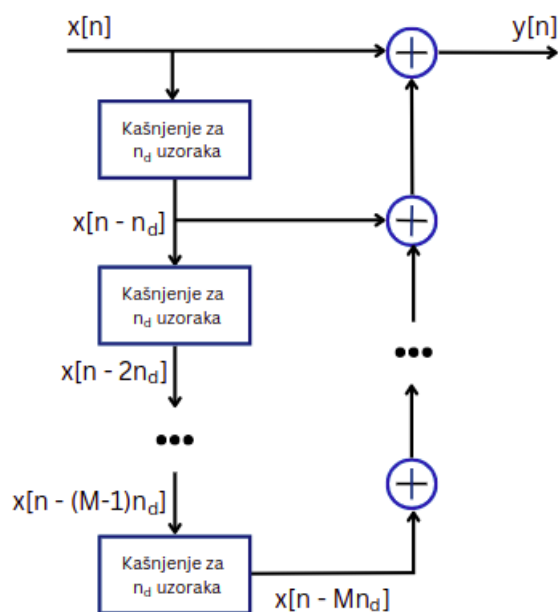
Funkcija `fadeOut` radi na sličnom principu - ona postepeno utišava posljednjih nekoliko uzoraka signala od vrijednosti originalnog signala do vrijednosti 0.

Funkcija `pitchBy` zasniva se na promjeni frekvencije uzorkovanja signala (upsampling ili downsampling). Frekvencija uzorkovanja sekvence može se reducirati „uzorkovanjem“, odnosno definiraњem nove sekvence  $x_d[n] = x[Mn] = x_c(MnT)$ . Signal  $x_d[n]$  se može dobiti uzorkovanjem signala  $x_d[n] = x[Mn] = x_c(t)$  sa periodom uzorkovanja  $T' = MT$ . Frekvenciju uzorkovanja možemo umanjiti za faktor M bez preklapanja spektara uzorkovanog signala ako je izvorna frekvencija uzorkovanja barem M-puta veća od Nyquistove brzine ili ako se prvo frekventni opseg sekvence umanjuje za M-puta digitalnim filtriranjem. Engleski izraz za smanjenje frekvencije uzorkovanja signala je *downsampling*. Ako želimo frekvenciju uzorkovanja signala  $x[n] = x_c(nT)$  da povećamo za faktor L, potrebno je da vremenski-kontinualni signal  $x_c(t)$  uzorkujemo sa periodom  $T' = \frac{T}{L}$ . Ovim postupkom dobijamo novi signal  $x_i[n] = x[\frac{n}{L}] = x_c(\frac{nT}{L})$ . Engleski izraz za povećanje frekvencije uzorkovanja signala je *upsampling*. Pitch, odnosno visina tona zvuka, zavisi od frekvencije signala. Audio signali sa manjom frekvencijom su "niži", dok su audio signali sa većom frekvencijom "viši". Promjenom frekvencije uzorkovanja signala, dakle, možemo uticati na visinu tona, što i postiže funkcija `pitchBy`. Također, promjena frekvencije uzorkovanja našeg audio signala utiče na njegovu dužinu - povećanje frekvencije izaziva kraće trajanje signala, dok smanjenje frekvencije izaziva produženo trajanje signala.

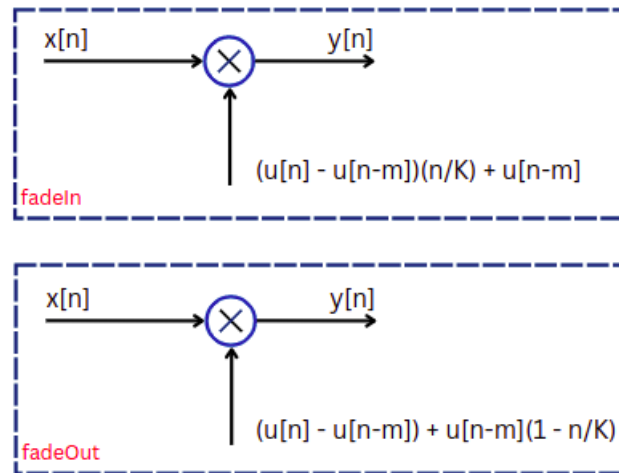
## 2 Blok shema sistema



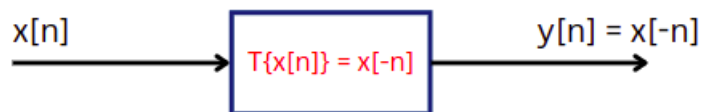
Slika 1: Sve funkcije programa za obradu audio signala



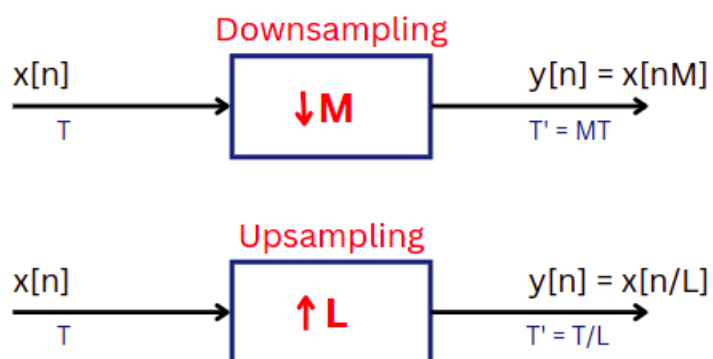
Slika 2: Blok shema sistema za postizanje efekta echo



Slika 3: Blok shema sistema za postizanje fadeIn efekta (iznad) i fadeOut efekta(ispod)

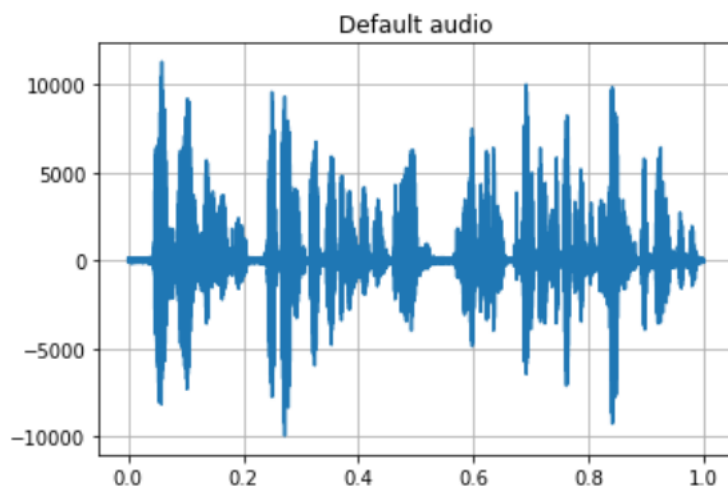


Slika 4: Blok shema sistema za obrtanje signala



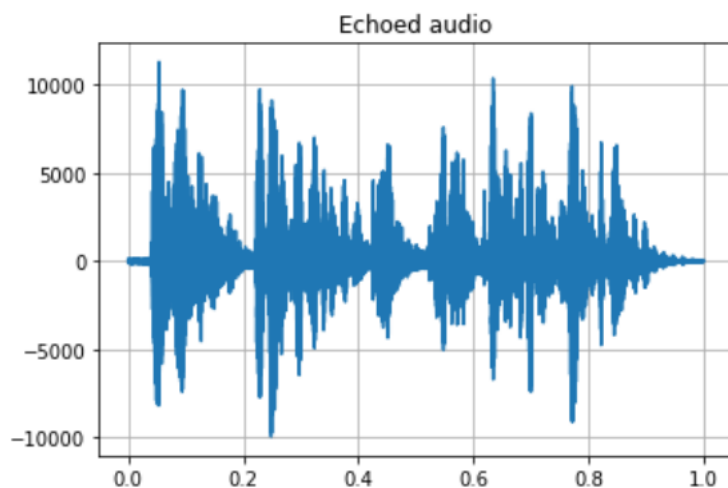
Slika 5: Blok shema sistema za smanjenje (iznad) i povećanje frekvencije uzorkovanja signala (ispod)

### 3 Detaljan opis rješenja sa grafičkim prikazom talasnih oblika nakon svakog bloka



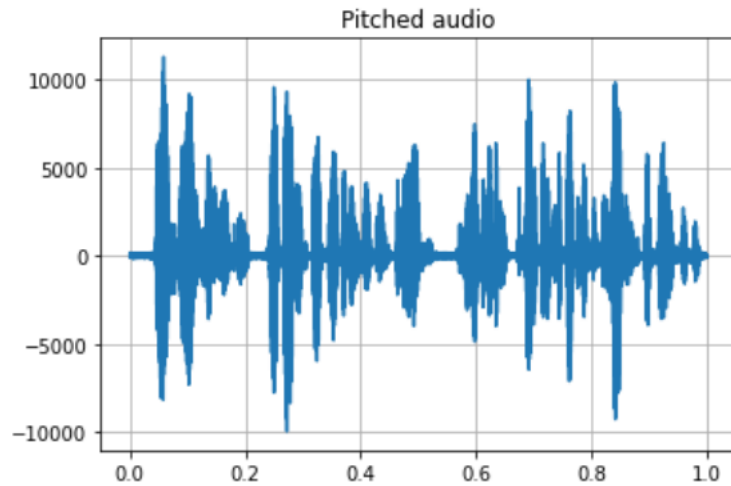
Slika 6: Default audio

Na slici 6 prikazan je talasni oblik needitovanog audio file-a koji je korišten za dalju analizu.



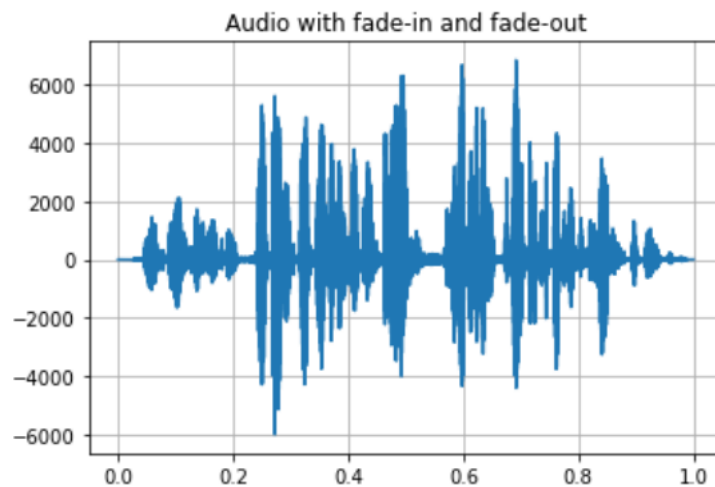
Slika 7: Echoed audio

Funkcija echo prima signal, te može dodatno primati i broj odjeka (echo-a) signala te broj uzorka nakon kojeg počinje prvi odjek. Prosljeđeni signal se zakasni, malo utiša i sabere sa originalnim. Zatim se zakašnjeli signal ponovo zakasni, još malo utiša i sabere sa prethodnim zbirom originalnog signala i njegovog odjeka. Isti proces se ponavlja nad prethodno zakašnjelim signalom i tako onoliko puta koliko je traženo odjeka, nakon čega dobijemo efekat echo-a, odnosno odzvanjanja zvunog signala. S obzirom na to da funkcija radi po principu sabiranja signala sa njegovim zakašnjelim kopijama, konačni zbir imat će više uzoraka, odnosno trajati duže nego prosljeđeni originalni signal.



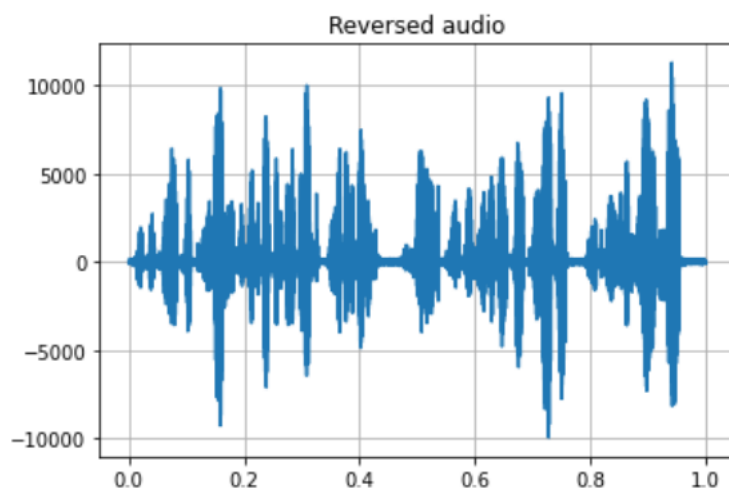
Slika 8: Pitched audio

Pitch zvuka postižemo promjenom frekvencije uzorkovanja signala. Kao parametre šaljem audio segment i za koliko oktava želimo spustiti ili povećati ton. Unošenjem negativne vrijednosti broja oktava dobijamo niži ton, odnosno smanjujemo frekvenciju uzorkovanja signala, dok unošenjem pozitivne vrijednosti povećavamo frekvenciju uzorkovanja i dobijamo viši ton. Nakon definisanja nove frekvencije uzorkovanja, kreiramo novi audio segment sa raw podacima originalnog audio segmenta i novom frekvencijom uzorkovanja. Side effect koji postižemo sa promjenom frekvencije uzorkovanja jeste trajanje samog audio signala.



Slika 9: Audio with fade-in and fade-out effect

Za postizanje fade-in efekta, definisali smo do koje tačke će trajati fade, te stepen utišanja koji se smanjuje sa svakom novom iteracijom petlje. Vidimo da se članovi niza od 0 do fadeEnd postepeno povećavaju dok dalji signal ostaje nepromjenjen. Na isti sličan način, postignut je fade-out efekat. Definisana je tačka odakle kreće fade, stepen utišanja koji se povećava sa svakom novom iteracijom petlje, dok članovi od 0 do fadeStart ostaju nepromjenjeni. Na taj način smo postigli efekat postepenog pojačavanja zvuka na početku(fade-in) i postepenog smanjivanja zvuka na kraju(fade-out).



Slika 10: Reversed audio

Reversed audio dobijamo jednostavnim okretanjem niza. U funkciji `reverse`, definisali smo `reversedSignal` varijablu koju popunjavamo sa vrijednostima originalnog signala, krenuvši od zadnjeg člana prema prvom.

## 4 Zaključak

Postoje različiti procesi obrade audio signala. Neki podrazumijevaju manipulaciju frekvencijom uzorkovanja signala, neki manipulaciju njegovom amplitudom ili rasporedom uzoraka. Zavisno od željenog efekta, bira se potrebn način za obradu signala kojim se dobija traženi izlazni signal. U ovom radu, predstavljena su moguća rješenja za realizaciju echo efekta, obrtanja, postepenog pojačanja i utišavanja signala i promjene frekvencije uzorkovanja signala koja dovodi do promjene visine tona zvučnog signala.