



## Predmet: Signali i sistemi

### DOMAĆI ZADATAK 2020/2021

Domaći zadatak se radi primarno u programskom jeziku *Python*, uz elemente koji se mogu raditi na papiru tamo gde je to naznačeno (oznaka \*). Rešenje domaćeg zadatka podrazumeva izveštaj u elektronskoj formi sa pratećim kodovima. Naslovna strana izveštaja treba da sadrži naziv predmeta, ime i prezime studenta i broj indeksa. U izveštaju se daju tražena izvođenja, rezultati, dijagrami, objašnjenja i komentari.

U fajlu *SISSI\_domaci\_2\_uputstvo.pdf* nalaze se smernice za izradu domaćeg zadatka u *Python*-u. Raspored grupa i termini odbrane ovog domaćeg zadatka biće naknadno objavljeni

U Beogradu,

06.12.2021. god.

*Sa predmeta Signali i sistemi*

## Zadatak 1. Fundamentalna učestanost govornog signala

Fundamentalna učestanost (eng. *Pitch frequency*) je karakteristika govornika i nosi informaciju o frekvenciji oscilovanja glasnih žica. Za muške osobe ona je uglavnom u intervalu 90-150Hz, za ženske osobe u intervalu 150-230Hz, kod dece može iznositi i do 350Hz, a prvi vrisak novorođenčeta može imati fundamentalnu učestanost do 600Hz.

**a)** Formirati signale u trajanju 2 s koji predstavljaju sinusoide učestanosti  $f_{p1} = 100$  Hz i  $f_{p2} = 200$  Hz. Za vremensku osu usvojiti  $t = 0:1/f_s:2$ , gde je  $f_s = 8$  kHz učestanost odabiranja. Prikazati vremenske oblike i amplitudske karakteristike ovih signala. Reprodukovati (pustiti preko zvučnika) oba signala. Uvideti efekat veće fundamentalne učestanosti.

**b)** Snimiti (produženo izgovoren) samoglasnik u trajanju od 2 s sa učestanošću odabiranja  $f_s = 8$  kHz. Izabrati centralni deo snimljenog signala (gde sigurno ima govora) trajanja 50 ms i prikazati njegov vremenski oblik i njegovu amplitudsku karakteristiku. Uočavanjem izražene periodične komponente u signalu, odrediti fundamentalnu učestanost. Da li se ovo može uraditi iz vremenskog ili iz frekvencijskog domena ili iz oba?

## Zadatak 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.

**a)** Na osnovu broja indeksa učitati odgovarajući zvučni signal, pa prikazati njegov vremenski i frekvencijski oblik. Da li se na osnovu ove dve informacije može zaključiti nešto o prirodi signala?

**b)** Prikazati spektrogram datog signala. Šta se iz njega može zaključiti?

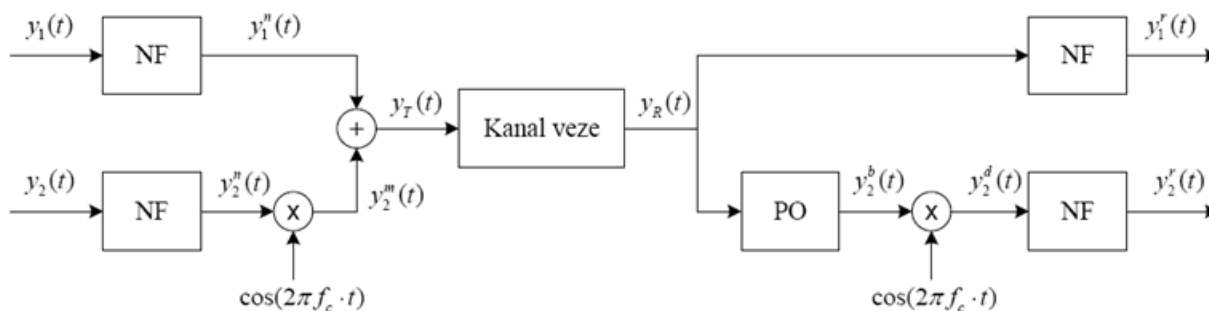
**c)** Prilikom tonskog biranja na telefonu pritisak svakog taster je okarakterisan sa dve učestanosti, kao što je to prikazano u tabeli. Posmatrajući spektrogram, odrediti koja kombinacija tastera se krije iza učitanoog signala.

	1029 Hz	1336 Hz	1477 Hz
697 Hz	1	2	3
770 Hz	4	5	6
852 Hz	7	8	9
941 Hz	*	0	#

d) Snimiti zvučnu sekvencu u trajanju od 3 s sa učestanošću odabiranja  $f_s = 16$  kHz, na način da se nadovezuju neki od sledećih zvukova: samoglasnik, suglasnik, muzički instrument, ambijentalni zvuk. Poslušati snimljeni signal. Da li je učestanost odabiranja dobro izabrana? Ako nije, prilagoditi je. Prikazati spektrogram takvog signala. Šta se na osnovu njega može zaključiti.

### Zadatak 3. FDM (eng. *Frequency Division Multiplex*)

Razmatra se FDM sistem za nezavisan paralelni prenos dva signala kroz zajednički kanal veze, opisan blok-dijagramom na slici:



Niskopropusni filtri su označeni sa NF, propusnik opsega sa PO. Signal  $y_1(t)$  prenosi se u osnovnom opsegu učestanosti, a signal  $y_2(t)$  se pomera u opseg narednog frekvencijskog kanala, tj. amplitudski se modulira nosiocem učestanosti  $f_c$ . Kanal veze se može modelovati niskopropusnim filtrom propusnog opsega  $f_k$ . Smatrati da se kanal veze ponaša kao NF filter. Za realizaciju koristiti filtre tipa *Butterworth*.

- Ukratko opisati funkciju svih filtara datih u blok dijagramu.
- Prikazati vremenski oblik i amplitudski spektar originalnih signala  $y_1(t)$  i  $y_2(t)$ .
- Predložiti izbor graničnih učestanosti NF filtara na ulazu u sistem. Prikazati vremenske oblike i amplitudske spektre signala na izlazu iz NF filtara.
- Predložiti i obrazložiti izbor učestanosti nosioca  $f_c$  pri amplitudskoj modulaciji drugog signala. Prikazati vremenski oblik i amplitudski spektar modulisanog signala  $y_2^m(t)$ .
- Prikazati vremenski oblik i amplitudski spektar signala na ulazu u kanal veze, tj. transmissionog signala  $y_T(t)$ .
- Predložiti izbor granične učestanosti kanala veze tako da na njegovom izlazu dobije signal koji je što verniji signalu sa ulaza. Prikazati vremenski oblik i amplitudski spektar signala na izlazu kanala veze, tj. prijemnog signala  $y_R(t)$ .
- Predložiti izbor graničnih učestanosti PO filtra, pa prikazati vremenski oblik i amplitudski spektar signala  $y_2^b(t)$ .
- Predložiti izbor učestanosti nosioca demodulacije, pa prikazati vremenski oblik i amplitudski spektar signala  $y_2^d(t)$ .
- Predložiti izbor graničnih učestanosti NF filtara na izlazu sistema. Prikazati vremenske oblike i amplitudske spektre signala  $y_1^r(t)$  i  $y_2^r(t)$ , na izlazu iz NF filtara. Uporediti dobijene signale sa signalima na ulazu.
- Vremenski oblik svakog od signala iz prethodnih tačaka sačuvati kao .wav file i preslušati.