

## MULTIMEDIJALNI SISTEMI U POMORSTVU

- Ukoliko je maksimalna frekvencija signala  $f_{\max}=4$  KHz, odrediti koliki može biti maksimalan korak  $T$  po Teoremi odabiranja?
  - Za signale čiji su koraci odabiranja  $T_1=2T$  i  $T_2=T/2$ , odrediti kolika može biti maksimalna frekvencija da bi bila zadovoljena Teorema o odabiranju?

$$a) \quad T = \frac{1}{2f_{\max}} = \frac{1}{2 * 4000\text{Hz}} = 125\mu\text{s}$$

$$f_{\max T_1} = \frac{1}{2T_1} = \frac{1}{2 * 2 * T} = \frac{1}{2 * 2 * 125 * 10^{-6} \text{ s}} = 2\text{kHz}$$

$$f_{\max T_2} = \frac{1}{2T_2} = \frac{1}{2 * T / 2} = \frac{1}{125 * 10^{-6} \text{ s}} = 8\text{kHz}$$

- Data je sinusoida  $y=\sin(150\pi t)$  za  $t=-5:0.001:5$ . Kolika je frekvencija  $f$  sinusoide? Kolika može biti maksimalna frekvencija da bi bila zadovoljena Teorema o odabiranju?

Frekvencija sinusoide se može izračunati na sljedeći način:

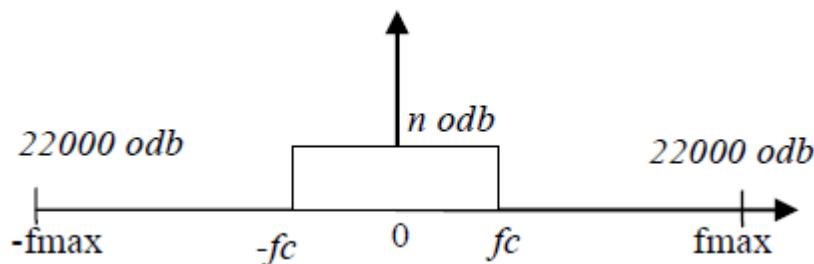
$$\omega = 2\pi f = 150\pi \rightarrow f = 75\text{Hz}$$

Maksimalna frekvencija je:

$$f_{\max} = \frac{1}{2T} = \frac{1}{2 * 0.001} = 500\text{Hz}$$

- Učitati u Matlabu govorni signal dužine 44000 odbiraka, odabran sa frekvencijom 22050 Hz. Signal filtrirati niskopropusnim filtrom granične frekvencije 1,1025 KHz.

Maksimalna frekvencija signala je:  $f_{\max}=f_{od}/2 = 11025$  Hz. Kako signal sadrži 44000 odbiraka, 22000 su na pozitivnim i 22000 su na negativnim frekvencijama. Na osnovu ovoga kreiramo filter:



i sljedeću proporciju:

$f_{max} : 22000$  odbiraka =  $fc : n$  odbiraka

i dobija se da je  $n=2200$ . Sada, filtriranje signala možemo izvršiti na sljedeći način:

```
»F=fft(y);  
»F=fftshift(F);  
»H=[zeros(1,22000-2200) ones(1,4400) zeros(1,22000-2200)];  
»Ffilt=F.*H;  
»Ffilt=fftshift(Ffilt);  
»yfilt=ifft(Ffilt);
```

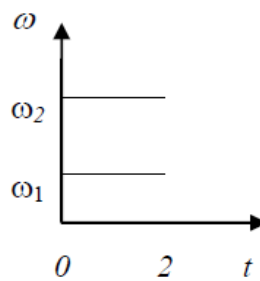
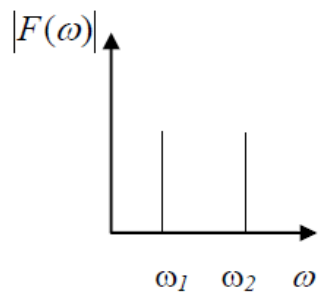
4. Skicirati Fourier-ovu transformaciju i idealnu vremensko-frekvencijsku reprezentaciju za signal oblika:

a)  $y = e^{j\omega_1 t} + e^{j\omega_2 t}; t \in (0, 2)$

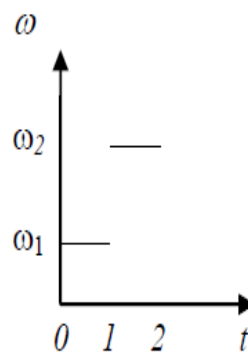
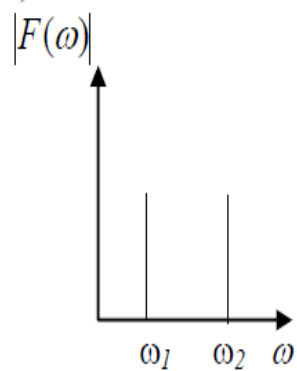
b)  $y = y_1 + y_2, y_1 = e^{j\omega_1 t}$  za  $t \in (0, 1), y_2 = e^{j\omega_2 t}$  za  $t \in (1, 2)$

Pretpostaviti da je  $\omega_1 < \omega_2$ .

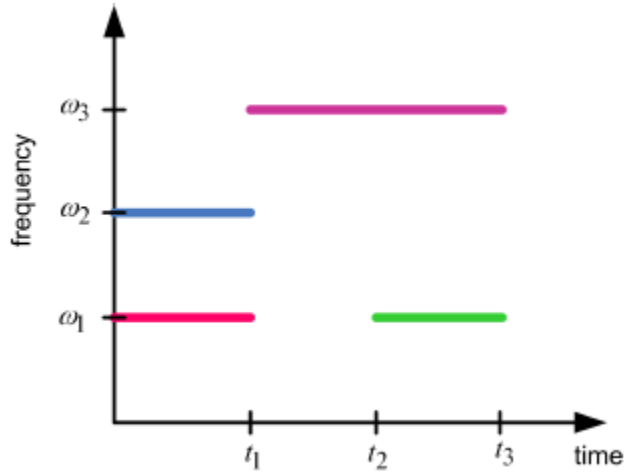
a)



b)



5. Na osnovu idealne vremensko-frekvencijske reprezentacije signala  $f(t)$ , definisati njegovu analitičku formu. Pretpostaviti jedinične amplitude i nultu inicijalnu fazu.



Analitička forma signala  $f(t)$  je:

$$f(t) = \begin{cases} e^{j\omega_1 t} + e^{j\omega_2 t}, & t \in (0, t_1) \\ e^{j\omega_2 t}, & t \in (t_1, t_2) \\ e^{j\omega_1 t} + e^{j\omega_3 t}, & t \in (t_2, t_3) \end{cases}$$

6. Prenosni kanal se sastoji iz tri sekcije. Nivo srednje prenosne snage je 400mW. Prva sekcija unosi slabljenje od 16dB u odnosu na nivo srednje snage, druga unosi pojačanje od 20dB u odnosu na prvu, a treća sekcija slabljenje od 10dB u odnosu na drugu. Odrediti izlazne snage iz pojedinih sekcija kanala.

$$P_0 = 400\text{mW}$$

Prva sekcija:

$$-16 \text{ dB} = 10 \log \left( \frac{P_1}{P_0} \right)$$

$$16 \text{ dB} = 10 \log \left( \frac{P_0}{P_1} \right)$$

$$P_1 = 10.0475\text{mW}$$

Druga sekcija:

$$20 \text{ dB} = 10 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

$$\log \left( \frac{P_2}{10.0475\text{mW}} \right) = 2$$

$$P_2 = 1004.75\text{mW}$$

Treća sekcija:

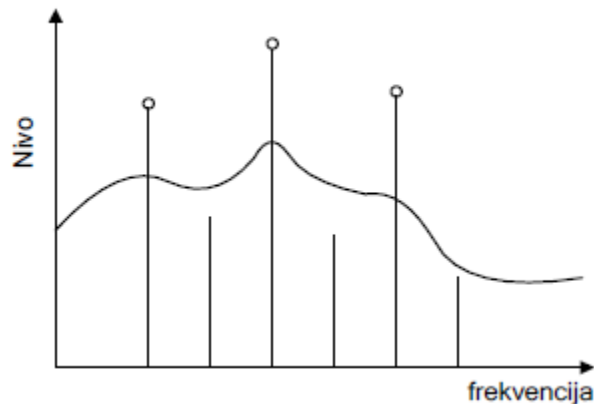
$$-10 \text{ dB} = 10 \log \left( \frac{P_3}{P_2} \right)$$

$$10 \text{ dB} = 10 \log \left( \frac{P_2}{P_3} \right)$$

$$\log \left( \frac{1004.75\text{mW}}{P_3} \right) = 1$$

$$P_3 = 100.475\text{mW}$$

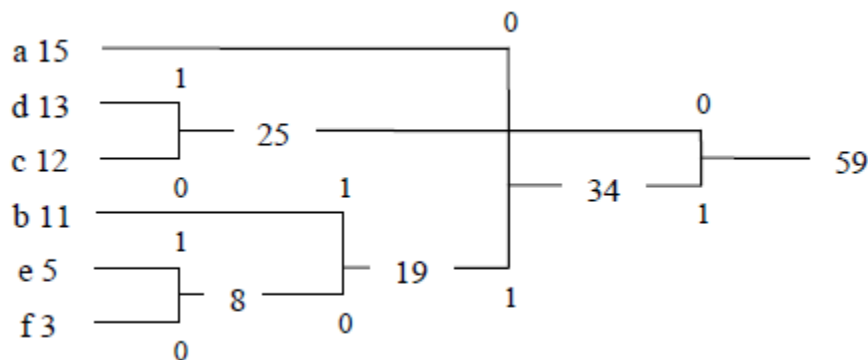
7. Na slici je prikazan jedan dio signala kao i odgovarajuća kriva maskiranja. Ukoliko je za prenos svakog od ovih odbiraka potrebno 8 bita, koliko će bita biti potrebno za prenos prikazanog dijela signala?



Usljed audio maskiranja prenosimo samo one odbirke koji su iznad krive maskiranja. Stoga je broj bita potreban za prenos tih odbiraka  $3 \cdot 8 = 24$  bita.

8. Ako je dat broj pojavljivanja određenih slova u sekvenci, kodirati sekvencu Huffman-ovim kodom. Broj pojavljivanja slova: a ->15, b ->11, c ->12, d ->13, e ->5, f ->3.

Da bi izvršili kodiranje Huffman-ovim kodom treba prvo sortirati brojeve pojavljivanja pojedinih karaktera. Sortiranje se vrši od najvećeg ka najmanjem broju pojavljivanja.



Kodirani karakteri su: a -> 10      d -> 01      c -> 00      b -> 111      e -> 1101  
f -> 1100.

9. Kodirati zapis *Jedan je dan* korišćenjem LZ 77 koda. Odrediti kolika je ušteda pri prenosu. Pri tome uzeti da se pokazivači kodiraju sa 12 bita, tako što se pozicija za koju se pomjeramo unazad kodira sa 8 bita, a broj karaktera koje uzimamo od izabrane pozicije sa 4 bita. Odrediti koliko je bita utrošeno na realizaciju koda, kao i njegov binarni zapis.

Sekvenca se kodira na sljedeći način:

Jedan\_(6,2)\_(7,3)

Bez kodiranja:  $12 \cdot 8 \text{ bita} = 96 \text{ bita}$  (12 je broj karaktera uključujući pauze)

Sa LZ 77 kodom:  $(5 \text{ slova} + 2 \text{ pauze}) \cdot 8 \text{ b} + (8 + 4 + 8 + 4) \text{ b} = 80 \text{ b}$

Ušteda u memoriji je:  $96 \text{ b} / 80 \text{ b} = 1.2$  puta

10. Kodirati zapis *the\_rain\_in\_Spain\_falls\_mainly\_in\_the\_plain* korišćenjem LZW kodiranja.

Rješenje:

Rječnik će sadržati sljedeće stringove:

256 -> th	267 -> Sp	278 -> ainl
257 -> he	268 -> pa	279 -> ly
258 -> e_	269 -> ain	280 -> y_
259 -> _r	270 -> n_f	281 -> _in
260 -> ra	271 -> fa	282 -> n_t
261 -> ai	272 -> al	283 -> the
262 -> in	273 -> ll	284 -> e_p
263 -> n_	274 -> ls	285 -> pl
264 -> _i	275 -> s_	286 -> la
265 -> in_	276 -> _m	
266 -> _S	277 -> ma	

Komprimovana poruka u našem slučaju će biti:

the\_rain\_<262>\_Sp<261><263>falls\_m<269>ly<264><263><256><258>pl<269>

11. Odrediti protok (u Kb/s) za slučajeve:

a) govornog signala koji se nalazi u opsegu od 50 Hz do 10 KHz i kodiran je sa 12 bita po odbirku,

b) muzičkog signala u opsegu od 20 Hz do 20 KHz kodiranog sa 16 bita po odbirku? Odrediti koliko je memorije potrebno za skladištenje 10 minuta (stereo) muzike?

Odabiranje govornog i muzičkog signala je izvršeno po Teoremi odabiranja u skladu sa njihovim maksimalnim frekvencijama.

a) Govorni signal:

$f_{\max} = 10 \text{ KHz} \Rightarrow f_{\text{od}} = 2 \cdot f_{\max} = 20 \text{ KHz} = 20000 \text{ odb/s}$

$(20000 \text{ odb/s}) \cdot (12 \text{ b/odb}) = 240 \text{ Kb/s}$

b) Muzički signal:

$f_{\max} = 20 \text{ KHz} \Rightarrow f_{\text{od}} = 2 \cdot f_{\max} = 40 \text{ KHz} = 40000 \text{ odb/s}$

za mono signal:  $(40000 \text{ odb/s}) \cdot (16 \text{ b/odb}) = 640 \text{ Kb/s}$

za stereo signal:  $2 \cdot 640 \text{ Kb/s} = 1280 \text{ Kb/s}$

Memorijski zahtjevi:

$1280 \text{ Kb/s} \cdot 10 \text{ min} = 1280 \text{ Kb/s} \cdot 600 \text{ s} = 768000 \text{ Kb}$

$768000 \text{ Kb} / 8 = 96000 \text{ KB}$

12. Stereo audio signal je odabran sa frekvencijom odabiranja 44.1 KHz. Odbirci su kodirani sa 16 bita. Koliko je potrebno memorije za skladištenje ovog zapisa? Koliko je potrebno vremena da se ovaj audio zapis downloaduje sa Interneta, ako je brzina protoka 50 Kb/s?

Frekvencija odabiranja signala je 44100 odbiraka u sekundi. Ovaj broj treba pomnožiti sa 2 zbog stereo zvuka, tako da ukupno imamo 88200 odbiraka u jednoj sekundi zapisa. Svaki odbirak je predstavljen sa 16 bita, pa je ukupan broj bita za predstavljanje 1 sekunde ovakvog zapisa:  $88200 * 16 = 1411200 \text{ b/s}$ .

Dakle 60 sekundi audio zapisa:  $1411200 \text{ b/s} * 60 \text{ s} = 84672000 \text{ b}$  memorije.

$84672000 \text{ b} = 84672000 \text{ b} / 8 = 10584000 \text{ B} = 10336 \text{ KB} = 10 \text{ MB}$

Potrebno vrijeme za download audio signala je:  $\frac{84672000 \text{ b}}{50000 \text{ b/s}} = 22,8 \text{ min}$

13. Ako je frekvencija odabiranja nekog signala 32000 Hz, odrediti koliki opseg frekvencija zauzima svaki od podopsega pri MPEG-1 kompresiji.

$$f_{\text{od}} = 32 \text{ KHz}$$

$$f_{\text{max}} = f_{\text{od}} / 2 = 16 \text{ KHz}$$

Pri MPEG-1 kompresiji opseg signala dijeli se u 32 podopsega. Svaki podopseg zauzima frekvencijski opseg od:  $16000 \text{ Hz} / 32 = 500 \text{ Hz}$ .

14. Izračunati protok komprimovanog 16 bitnog stereo signala za slučajeve kada je frekvencija odabiranja:

a) 32 KHz, b) 44,1 KHz, c) 48 KHz,

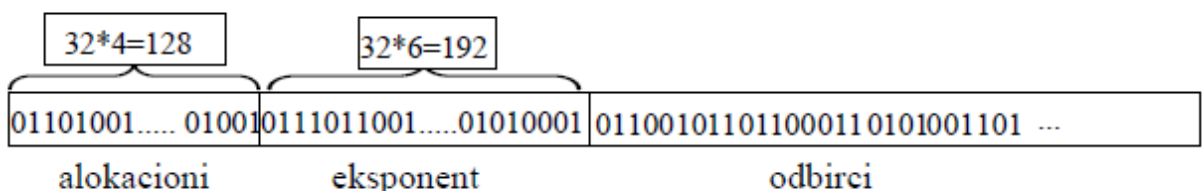
Uzeti da je faktor kompresije MPEG algoritma 1:6.

$$\frac{16 * 2 * 32000 \frac{1}{s}}{6} = 170666 \text{ b/s} = 170,6 \text{ Kb/s}$$

$$\frac{16 * 2 * 44100 \frac{1}{s}}{6} = 253200 \text{ b/s} = 253,3 \text{ Kb/s}$$

$$\frac{16 * 2 * 48000 \frac{1}{s}}{6} = 256000 \text{ b/s} = 256 \text{ Kb/s}$$

15. Za dio sekvence kodirane MPEG-1 algoritmom odrediti vrijednost trećeg odbirka signala u prvom bloku?



Prva 4 alokaciona bita odgovaraju prvom bloku, i to su 0110.

0110 definiše da je za kodiranje odbiraka u prvom bloku utrošeno  $6+1=7$  bita po odbirku.

Stoga je:

I odbirak: 0110010

II odbirak: 1101100

III odbirak: 0110101

Dekadna vrijednost III odbirka je 53.

16. Posmatrajući signal dužine 1152 odbirka, pokazati da postoji ušteda pri kompresiji MPEG-2 algoritmom u odnosu na MPEG-1 čak i za slučaj kada su odbirci kodirani sa maksimalnim brojem bita u svakom podopsegu.

*MPEG-1 algoritam:*

1152 odbirka = 3 bloka x 384 odbirka

384 odbirka = 32 bloka x 12 odbiraka

Za svaki blok potrebna su 4 alokaciona bita

Maksimalan broj bita kojim se kodiraju odbirci je 15.

Za eksponent je potrebno 6 bita

$3 * 32 * 4 \text{ b} + 3 * 32 * 6 \text{ b} + 3 * 32 * 12 * 15 = 18240 \text{ b}$

*MPEG-2 algoritam:*

Signal dužine 1152 odbirka se dijeli na 384 odbirka na niskim frekvencijama (NF) 384 odbirka na srednjim (SF) i 384 odbirka na visokim frekvencijama (VF)

$1152 \text{ odbirka} = (32 \text{ bloka} * 12 \text{ odb.NF}) + (32 \text{ bloka} * 12 \text{ odb.SF}) + (32 \text{ bloka} * 12 \text{ odb.VF})$

Za svaki od 32 bloka odbiraka na niskim frekvencijama potrebna su 4 alokaciona bita i maksimalno 15 bita po odbirku;

Za svaki od 32 bloka odbiraka na srednjim frekvencijama potrebna su 3 alokaciona bita i maksimalno 7 bita odbirku;

Za eksponent je potrebno 6 bita.

Dakle ukupna broj bita potreban za kodiranje bloka od 1152 odbirka je:

$32 * 4 + 32 * 3 + 32 * 2 + 3 * 32 * 6 + 32 * 12 * 15 + 32 * 12 * 7 + 32 * 12 * 3 = 10464 \text{ b}$

Ušteda je  $18240 \text{ b} - 10464 \text{ b} = 7776 \text{ b}$ .

17. Signal maksimalne frekvencije 24 KHz kodiran je MPEG-2 algoritmom i dobijen je protok 192 Kb/s. Odrediti koliko bita sadrži jedan blok (koji ima konstantnu dužinu i služi kao osnova za kodiranje).

$f_{\max} = 24 \text{ kHz} \rightarrow f_{\text{od}} = 48 \text{ kHz}$ , odnosno 48 000 odb/s

Ukupan broj bita po odbirku je stoga:  $n = \frac{192000 \text{ b/s}}{48000 \text{ odb/s}} = 4 \text{ b / odb}$ , a ukupan broj bita koji

odgovara kodnom bloku MPEG2 algoritma je:  $N = 1152 * n = 4608 \text{ b/blok}$