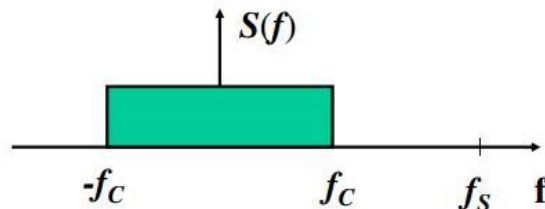


Naduzorkovanje

Zavod za elektroakustiku



- spektralna gustoća snage šuma kvantizacije ($S(f)$) definirana kao snaga šuma kvantizacije po frekvencijskom pojasu;

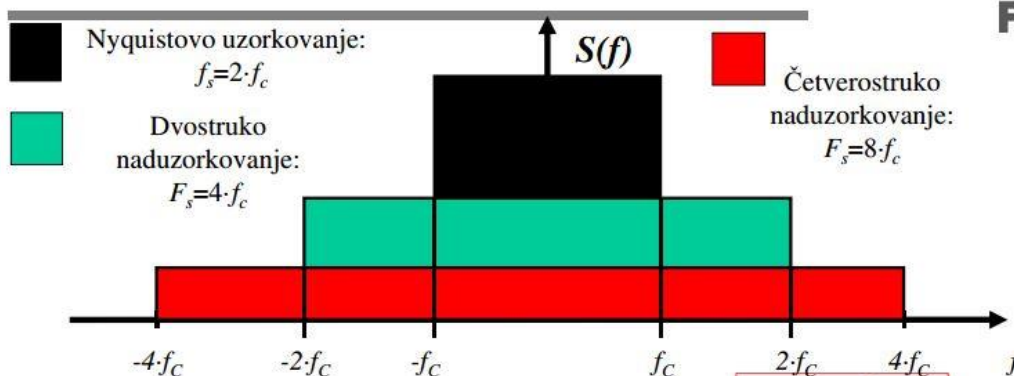


$$S(f) = \frac{N}{\Delta f} = \frac{q^2}{12 \cdot f_s}$$

- ⇒ kod naduzorkovanja se uzimanje uzoraka izvodi puno većom frekvencijom $F_s = 2^{r+1} \cdot f_c$;
- ⇒ $OSR = 2^r$ je 'oversampling ratio', faktor naduzorkovanja;
- ⇒ snaga šuma kvantizacije (uz isti broj bitova) raspoređena je na šire frekvencijsko područje;
- ⇒ područje interesa je unutar pojasa korisnog signala (od $-f_c$ do $+f_c$).

Šum kvantizacije kod naduzorkovanja

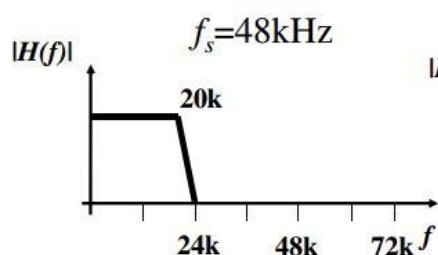
Zavod za elektroakustiku



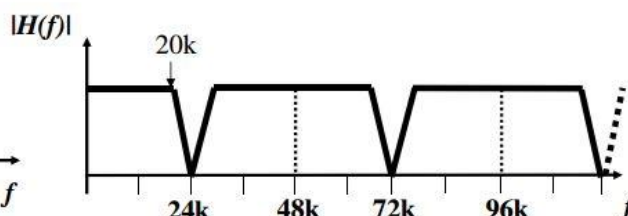
- spektralna gustoća snage šuma kvantizacije: $S(f) = \frac{q^2}{12} \cdot \frac{1}{F_s}$
- poboljšanje odnosa signal šum uz naduzorkovanje: $N = \int_{-f_c}^{f_c} S(f) \cdot df = \frac{q^2}{12} \cdot \frac{2 \cdot f_c}{F_s} = \frac{q^2}{12} \cdot \frac{1}{OSR}$
- snaga šuma kvantizacije u pojasu signala $[-f_c, f_c]$: $\left(\frac{S}{N}\right)[dB] = 10 \cdot \log_{10} \frac{A^2}{U_{vv}^2} + 7.78 + 3.01 \cdot r + 6.02 \cdot b$
- dvostruko povećavanje OSR odgovara povećanju rezolucije za pola bita.

Zahtjevi za ulazni filter kod Nyquistovih pretvarača i pretvarača s naduzorkovanjem

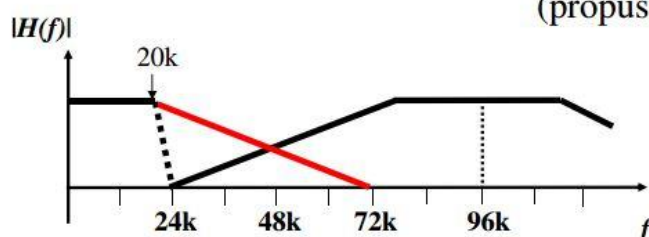
Zavod za elektroakustiku



a) Prijenosna funkcija analognog filtra



b) Spektar uzorkovanog signala uz $f_s = 48\text{kHz}$ (propušten kroz filter)



c) Spektar uzorkovanog signala uz $f_s = 96\text{kHz}$ te dvostruko naduzorkovanje uz naznačenu potrebnu karakteristiku analognog filtra

- moguća upotreba **jednostavnog RC niskopropusnog filtra**.

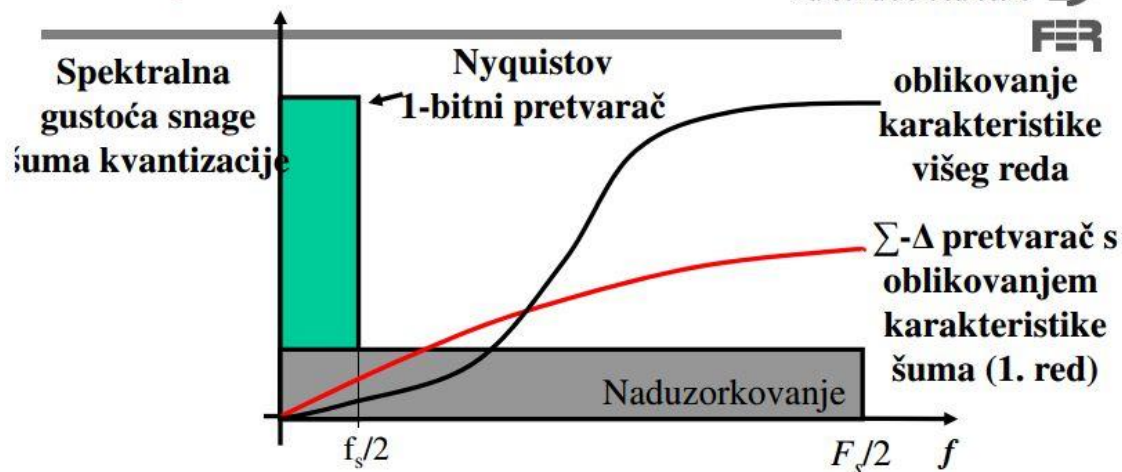
Prednosti naduzorkovanja

Zavod za elektroakustiku



- ⇒ mnogo **više od smanjenih zahtjeva** za "antialiasing" filter
- ⇒ u postupku D/A pretvorbe se radi **decimacija** (usrednjavanje sa nekim faktorom)
- ⇒ nakon decimacije (recimo sa faktorom 16) dobije se **bolja rezolucija** nego sa 4 bitnim Nyquistovim konvertorom (16 kvantizacijskih stanja)

Zaključak



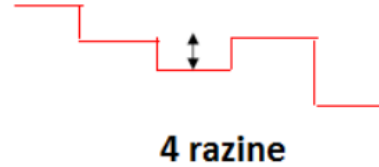
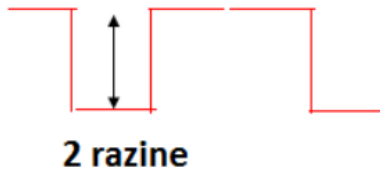
-kod naduzorkovanja se povećava šum kvantizacije (jer se smanjuje broj bita na jedan) ali se raspoređuje u frekventijsko područje gdje nema signala (puno više frekvencije od gornje granične frekvencije signala);

Redukcija toka podataka

- ⇒ N bita ($N=16$) uz frekvenciju uzorkovanja $f_s=44,1\text{kHz}$, daje veliki tok podataka $R=705.6\text{kb/s}$;
- ⇒ prevelika brzina toka za prijenos (za pohranu može biti OK s obzirom na današnju veličinu diskova);
- ⇒ smisao kodiranja je reprezentirati informaciju sa što manjim brojem bitova ali da se još uvijek može transparentno pohraniti, prenijeti i reproducirati;
- ⇒ kodiranje se uglavnom temelji na korištenju svojstava kvantiziranog signala i osnova psihoakustike;
- ⇒ filteri koji modeliraju frekventijsko-vremensko ponašanje ljudskog uha;
- ⇒ transformacijsko kodiranje: koristi različite tipove transformacija (Fourierova, kosinusna) za reprezentaciju signala i kodiranje njihovih parametara (kodiranje u frekventijskoj domeni);

Ograničenje zbog šuma

Zavod za elektroakustiku



- povećavanjem broja razina (više bita u jedan simbol) se povećava tok podataka koji se može prenijeti kroz kanal ograničene širine, ali signal postaje osjetljiviji na šum;
- nemoguće je smanjiti brzinu prijenosa beskonačnim povećavanjem razina u sustavu;
- kapacitet kanala (brzina toka podataka) je ograničen sa odnosom S/N.

Kapacitet kanala

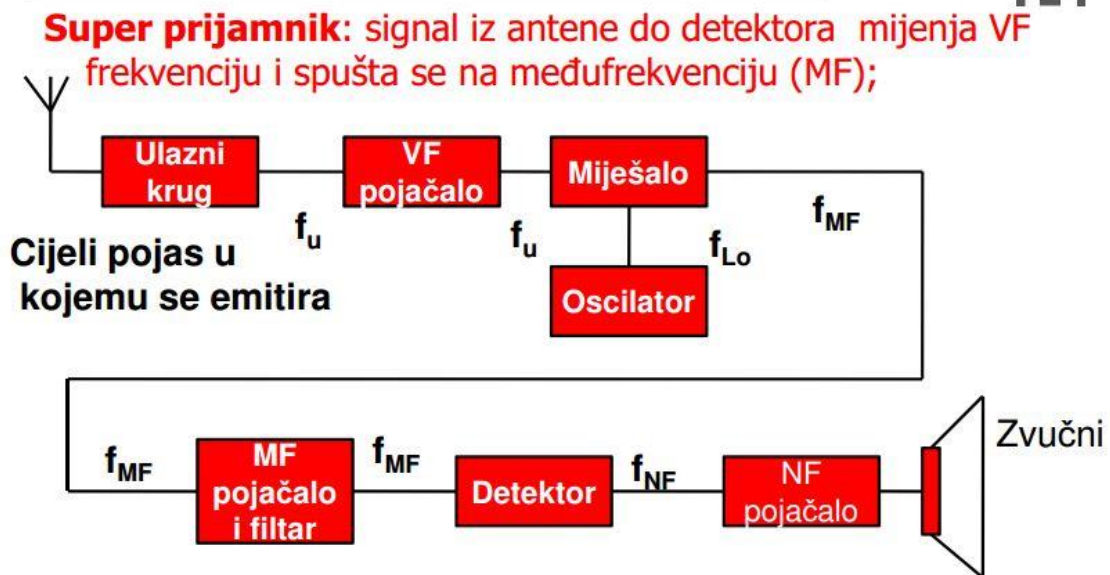
Zavod za elektroakustiku



- ⇒ maksimalna brzina (tok simbola ili bitova) koji se mogu poslati kroz realan kanal (ograničena širina pojasa);
- ⇒ ako je trajanje impulsa (bita ili simbola) T_b , onda je potrebna minimalna širina pojasa filtra $f_{min}=1/(2*T_b)$ da ne dođe do interferencije simbola (Nyquistov kriterij);
- ⇒ maksimalni tok podataka (R) u kanalu sa širinom pojasa B[Hz] je $R=2*B$ bit/s;
- ⇒ ukoliko se poveća broj razina (više bita u jedan simbol) tada se uz istu širinu kanala može postići veća brzina prijenosa bitova;
- ⇒ brzina prijenosa simbola je manja od brzine prijenosa bitova i potrebna je manja širina pojasa za prijenos toka podataka.
- ⇒ uz istu širinu pojasa kanala tada se u kanalu prenosi više podataka

Izvedbe prijamnika (super-prijamnik)

Zavod za elektroakustiku



-međufrekvencija kod AM prijamnika je 455 kHz dok je kod FM-a međufrekvencija 10.7MHz

Heterodinski (super) prijamnik

Zavod za elektroakustiku



- ⇒ odabrana frekvencija bilo koje radijske stanice se spušta na međufrekvenciju;
- ⇒ kod FM prijama u pojasu II (87.5 MHz-108 MHz) se frekvencija nosioca spušta na međufrekvenciju 10.7 MHz te se na toj frekvenciji izvodi demodulacija
- ⇒ kod AM prijama (LF, MF, HF) se frekvencija nosioca spušta na 455 kHz te se na toj frekvenciji izvodi demodulacija

Zrcalne frekvencije

Zavod za elektroakustiku



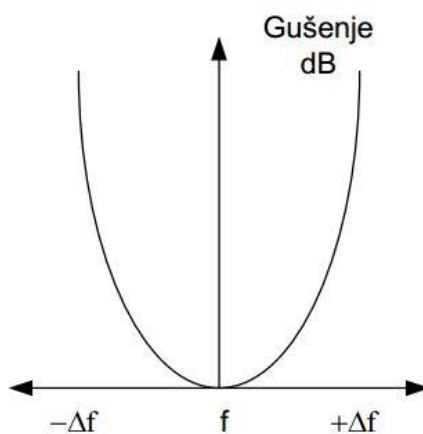
- ⇒ super-prijamnik je osobito osjetljiv na pojavu zrcalnih frekvencija na ulazu;
- ⇒ ako na ulaz prijamnika dolazi FM signal sa $f_{VF} = 100$ MHz tada se on miješanjem sa signalom lokalnog oscilatora spušta na međufrekvenciju 10.7MHz. Frekvencija lokalnog oscilatora može biti $f_{LO} = 100 - 10.7 = 89.3$ MHz ili $100 + 10.7 = 110.7$ MHz.
- ⇒ ako na ulaz prijamnika dolazi komponenta i $89.3 - 10.7 = 78.6$ MHz-a tada će i ta komponenta se spustiti na međufrekvenciju (apsolutna vrijednost razlike s lokalnim oscilatorom odgovara međufrekvenciji);
- ⇒ potrebno ju je dobro prigušiti ulaznim filtrom da se ne miješa sa korisnom frekvencijom koja se želi slušati, u ovom slučaju 100MHz-a;
- ⇒ Frekvencija lokalnog oscilatora se obično odabire višom nego frekvencija signala nosioca radijske postaje koja se želi slušati

Krivulja selektivnosti

Zavod za elektroakustiku



- ⇒ mjerenje se vrši u koracima 5kHz, izlazni napon je konstantan 200mV u svakom koraku



Slijede pitanja sa kraja predavanja koja valja naučiti

Pitanja:

- ⇒ objasniti potrebu za redukcijom toka podataka i osnovne načine redukcije podataka;
- ⇒ principi rada koda i osnovna svojstva koda;
- ⇒ nelinearna kvantizacija;
- ⇒ kodiranje temeljeno na entropiji;
- ⇒ psihoakustički model (principi vremenskog i frekvencijskog maskiranja);
- ⇒ MPEG kodiranje (osnovni princip i razlike među Layerima)
- ⇒ Huffmanovo kodiranje
- ⇒ Kanalno kodiranje (princip i razlika između kodiranja blokova i konvolucijskog kodiranja)

Pitanja:

- ⇒ objasniti osnovne digitalne modulacijske postupke (promijena amplitude, faze i frekvencije nosioca);
- ⇒ objasniti filter za oblikovanje impulsa, intersimbolnu interferenciju (ISI) i dijagram oka;
- ⇒ razlika između QPSK-a, QAM modulacijskog postupka;
- ⇒ pretvaranje toka bitova u kompleksne simbole, utjecaj šuma;
- ⇒ veza širine pojasa i brzine toka podataka;
- ⇒ utjecaj refleksija u kanalu na primljeni signal (primjer sa impulsnim odzivom);
- ⇒ razlika između klasičnog načina prijenosa sa jednim nosiocem, više podnosilaca i OFDM tehnike;
- ⇒ objasniti ortogonalnost nosilaca, prednosti i nedostatke OFDM načina prijenosa.

Naučiti:

- ⇒ Definiciju faktora šuma i temperaturu šuma;
- ⇒ RMS vrijednost kvadrata napona šuma na otporniku ili pasivnoj mreži sa induktivitetom i kapacitetom;
- ⇒ Projektirati kanal sa zadanim snagama signala na pojedinim mjestima i modulacijskim postupkom i njegovom spektralnom korisnošću;
- ⇒ Faktor šuma kaskadnih spojeva i utjecaj prvog elementa u spoju;