

Digitalni prenos signalov v osnovnem pasu

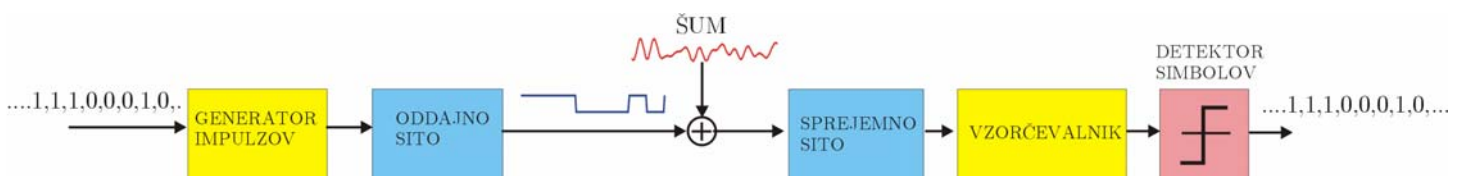
GTK

3. sklop vaj

Binarni PAM

Glavne značilnosti modela prenosnega sistema PAM-2 so:

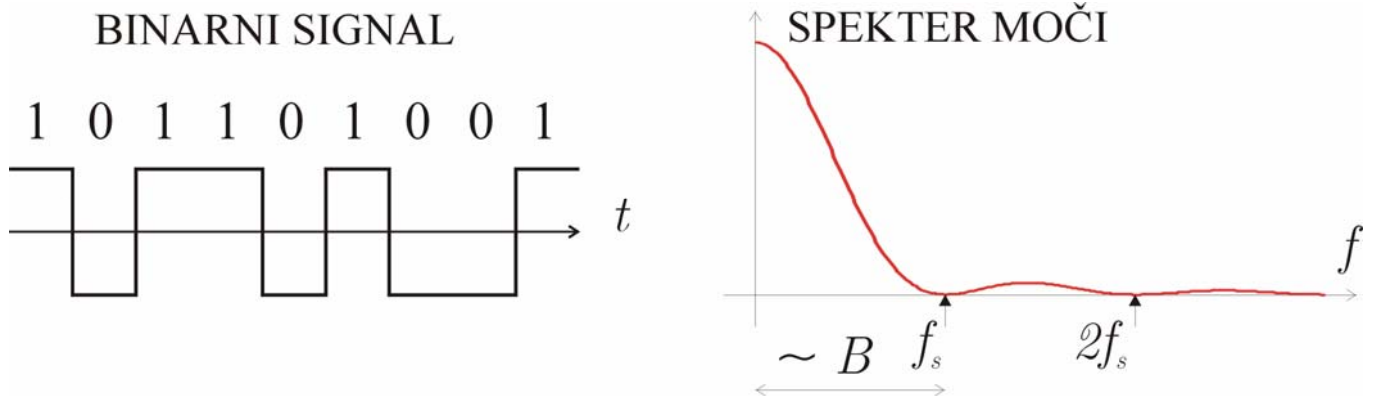
- oddajnik je enobitni D/A pretvornik,
- detektor je preprosti enobitni A/D pretvornik,
- na kanalu se prišteva beli Gaussov šum.



- Kvaliteto digitalne zveze določa pogostost napak pri prenosu.
- BER (bit-error-rate) je relativni delež napačno prenesenih bitov.
- Na kvaliteto zveze vplivata intersimbolna interferenca in šum.
- S sprejemnim sitom uravnavamo velikost ISI in šuma v sprejemniku.
- Za dani primer je optimalno sprejemno sito povprečevalnik .

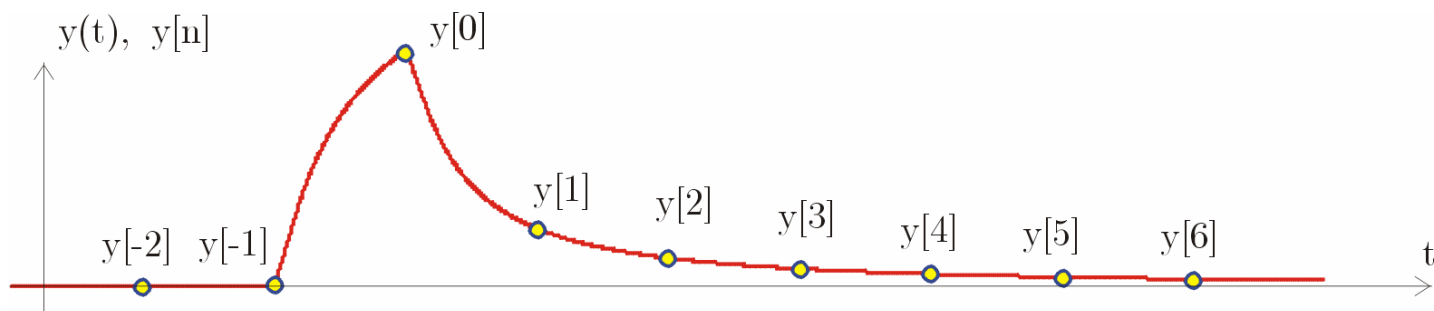
Spekter binarnega signala

- Za prenos potrebujemo frekvenčni pas v katerem se nahaja večji del moči signala. V pasu do simbolne frekvence f_s se pri pravokotnih impulzih nahaja več kot 90% moči:



- Če omejimo frekvenčni pas na kanalu ali v sprejemniku, začne ISI naraščati.
- Na kanalu z dodanim šumom se moč šuma v sprejemniku zmanjša, če omejimo frekvenčni pas v sprejemnem situ.

Mera za intersimbolno interferenco



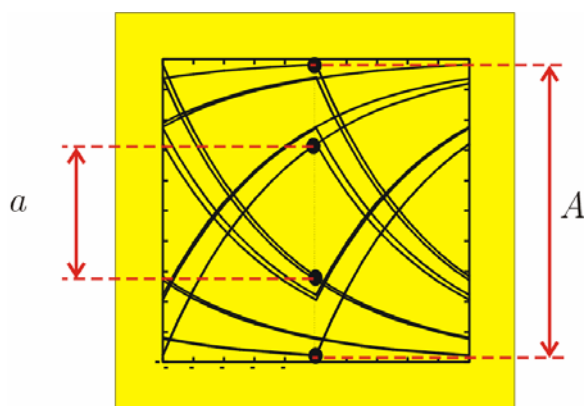
- Velikost intersimbolne interference izražamo z maksimalno vrednostjo ISI:

$$ISI = \frac{\sum_{n \neq 0} y(t_0 + nT)}{y(t_0)}$$

- Zaradi intersimbolne interference se poveča občutljivost na šum. Če je $ISI > 1$ nastopajo napake tudi če ni šuma na kanalu.

ISI in diagram odprtine očesa

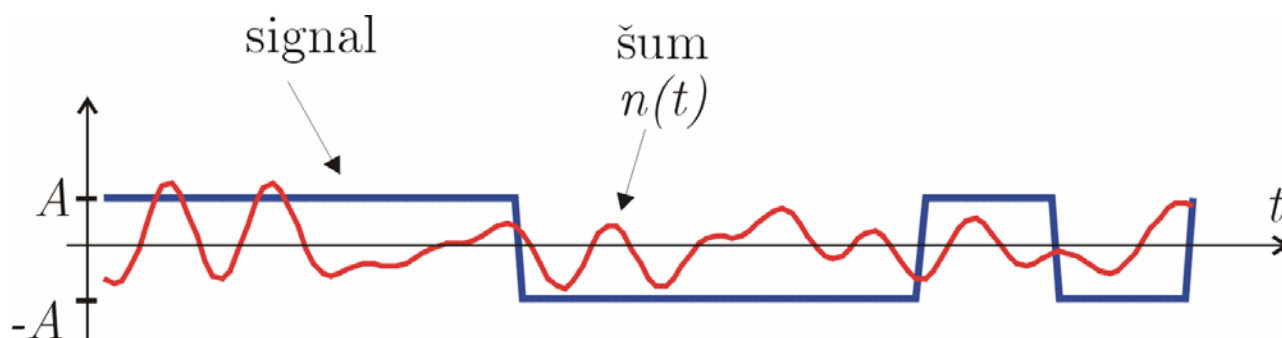
- Maksimalno vrednost ISI lahko ugotovimo z meritvijo očesnega diagrama. Očesni diagram izmerimo z osciloskopom. Osciloskop nam pokaže očesni diagram, če pri meritvi podatkovnega signala prožimo časovno bazo s taktom simbolne frekvence.
- Zaradi persistence ekrana vidimo naenkrat množico zaporedij signalnih oblik, ki pa so vse sinhronizirane na fazo simbolne frekvence. Rezultat je periodični vzorec, ki spominja na oko:



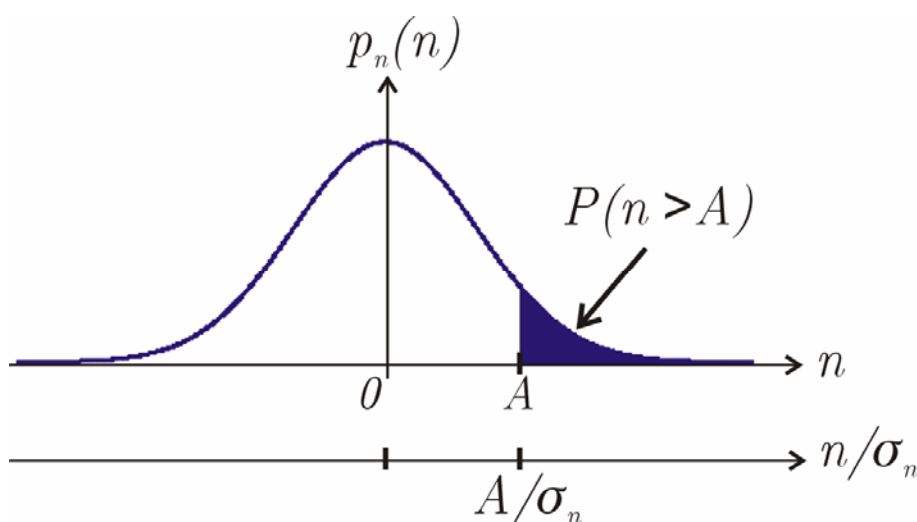
$$ISI = \frac{A - a}{A + a}$$

- Pri majhni intersimbolni interferenci je oko odprto: razlika med a in A je majhna. Če je interferenca velika npr. $ISI=1$ postane oko popolnoma zaprto!

Vpliv šuma na verjetnost napake P_e



- Napaka nastopi, če je šum večji od signala. Če ima šum Gaussovo porazdelitev verjetnosti amplitude, lahko verjetnost dogodka $P(n > A)$ izračunamo:



A/σ_n	$P(n > A)$
1	0.16
2	0.023
3	0.0013
4	0.000032
5	0.00000029

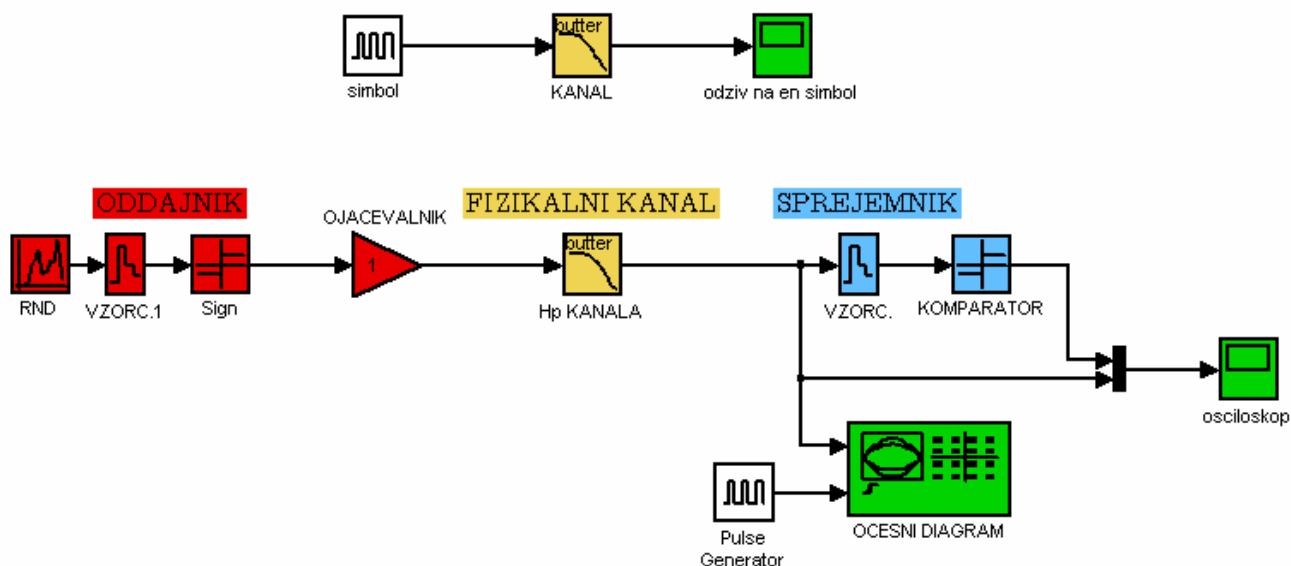
Naloge

- Preverite vpliv šuma in intresimbolne interference na kvaliteto binarnega prenosa signalov.
- Velikost intresimbolne interference ocenite na osnovi meritve odprtine binarnega očesa pred vzorčevalnikom v sprejemniku.
- Ugotovite kako narašča ISI , če pri prenosu pravokotnih impulzov uporabimo nizko sito v sprejemniku !
- Za primer, če je na kanalu beli šum ugotovite, kako je kvaliteta zveze odvisna od pasovne širine nizkega sita v sprejemniku.

Naloga A

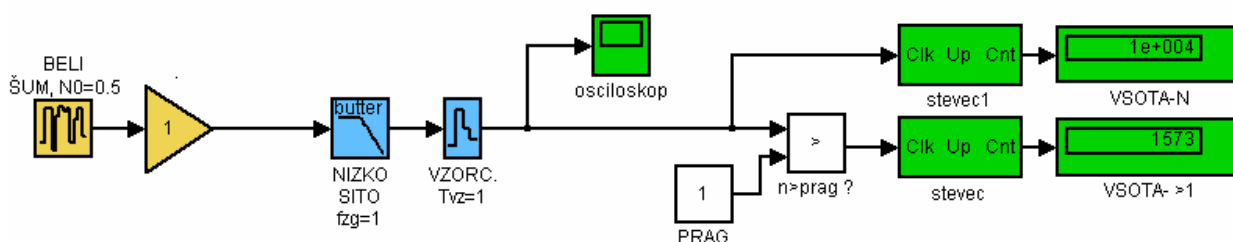
Disperzija impulzov in ISI

- Ocenite velikost intersimbolne interference pri prenosu pravokotnih impulzov!
 - za model kanala izberemo najprej nizko sito prvega reda z mejno frekvenco $f_{zg} = f_s$, $f_{zg} = 0.3 f_s$ in $f_{zg} = 0.15 f_s$
 - na osnovi opazovanja odprtine očesa določite potek $ISI(f_{zg})$ za primer, če je kanal "ostro" nizko sito (izberite visok red Butterworthovega sita) !



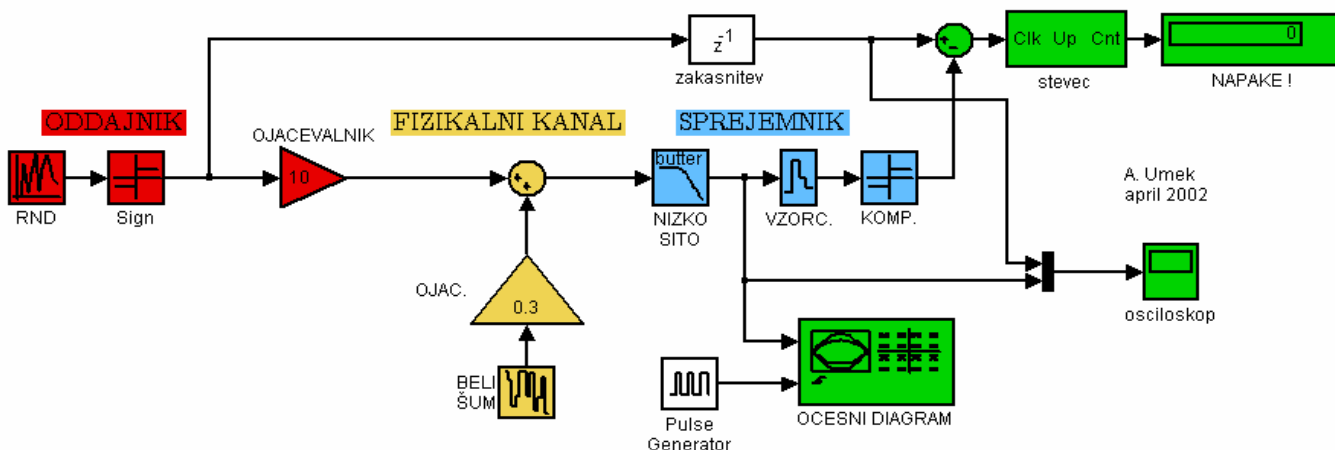
Vpliv šuma na število napak

- Preverite lastnosti šumnega izvora:
 - nastavite gostoto šuma N_0 tako, da bo efektivna vrednost šuma v frekvenčnem pasu $(-f_{zg}, f_{zg})$ enaka 1! $n_{eff} = 2 f_{zg} N_0$
 - določite relativne frekvenco dogodka $n(k T_{vz}) > 1$, in $n(k T_{vz}) > 2$.
- Preverite učinek filtriranja šuma:
 - ugotovite relativne frekvence dogodka $n(k T_{vz}) > 1.4$ pri polovični mejni frekvenci sita f_{zg} !



PAM oddajnik in sprejemnik v Simulinku

- z elementi knjižnice sestavite PAM oddajnik in sprejemnik!
- nastavite parametre:
 - amplituda signala $V=1$, simbolna hitrost $f_s=1$
 - efektivna vrednost šuma v frekvenčnem pasu $(0, f_s)$
 $n_{eff}=(1, 1/2, 1/3)$
 - mejna frekvenca nizkega sita v sprejemniku: $f_{zg}=(2f_s, f_s, 0.5 f_s)$
- rezultate vpišite v tabelo $BER(f_{zg}, n_{ef})$:

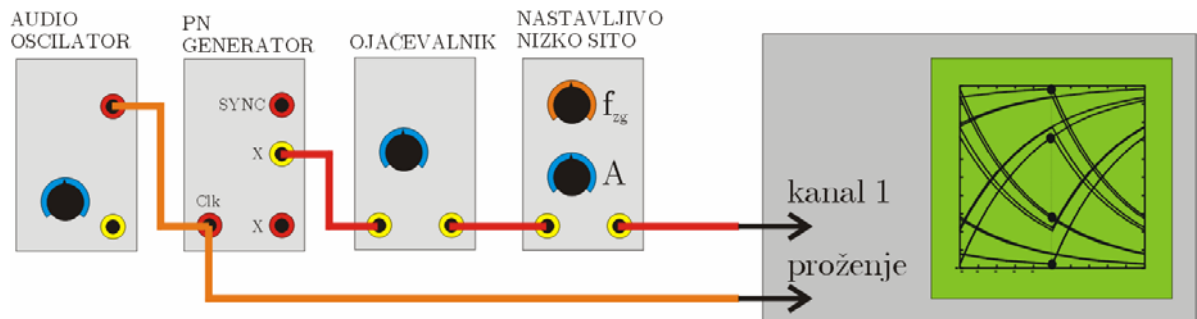


1. Pri kateri zaporni frekvenci sprejemnega nizkega sita (f_{zg}) je ISI postala prevelika za uspešen prenos podatkov?
2. Kako so povezane vrednosti za BER, zaporna frekvenca sprejemnega nizkega sita (f_{zg}) in gostota moči šumnega izvora N_0 ? Navedite kakšen primer.
3. Skicirajte grafa $ISI(f_{zg})$ za reda filtrov 1 in 8. Kaj se zgodi z intersimbolno interferenco (ISI), ko povečamo red filtra? Zakaj?

Naloga B

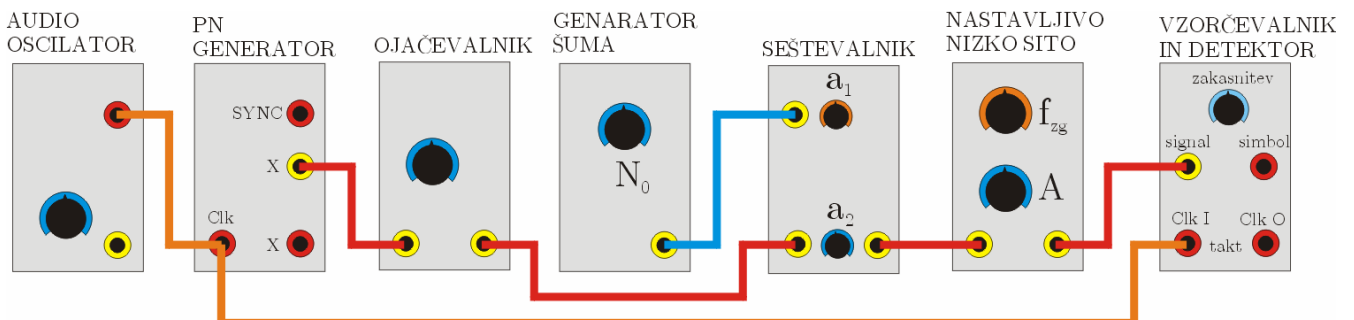
Očesni diagram

- sestavite PAM-2 oddajnik in nastavite parametre:
 - simbolna hitrost $f_s=2000$ baud
 - amplituda signala $X=2V$
 - mejna frekvenca nizkega sita $f_{zg}=(4000\text{Hz}, 2000\text{Hz}, 1000\text{Hz}, 500\text{Hz} \dots)$
- izmerite očesni diagram za različne nastavitve f_{zg} in izračunajte ISI !



PAM z moduli TIMS

- sestavite PAM-2 oddajnik in sprejemnik in nastavite parametre:
 - simbolna hitrost f_s
 - amplituda signala X
 - gostota moči šumnega izvora N_0
 - mejna frekvenca nizkega sita v sprejemniku f_{zg}
- preverite časovni potek in spekter signala v vseh točkah !
- izmerite pogostost napak BER za različne nastavitve N_0 in f_{zg} !
- rezultate vpišite v tabelo !



4. Kako se prevelika vrednost ISI odraža na očesnem diagramu?

5. Kam postavimo točko zajema signala glede na sliko očesnega diagrama?

6. Na spodnji skici označite področja, kjer zaradi vpliva šuma pride do napak pri prenosu?

