

18.11.10

Účenie 9

Medisymbolová interferencia (ISI)

Kapacita kanála $C \left[\frac{b}{s} \right]$ - max. teoretická prenosová rýchlosť, pri kt. je ešte možný bezchybný prenos t.j. $P_b = 0$

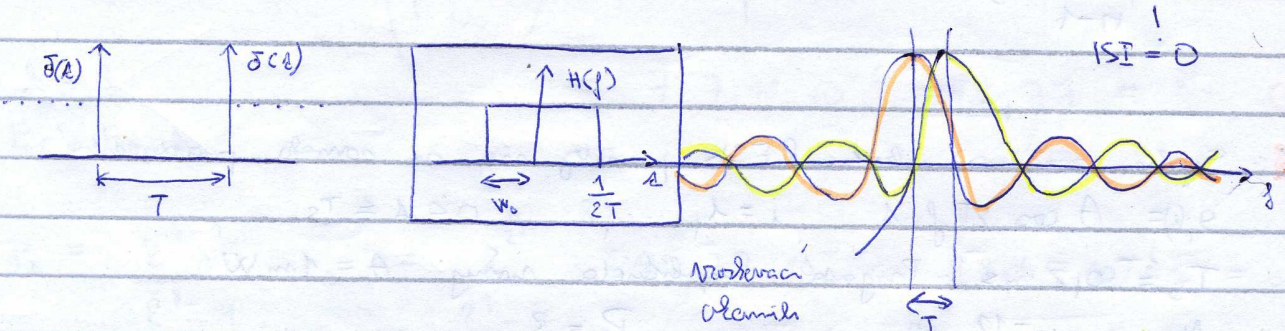
limít je rovný bitu, ak je ideálny zdroj

$$C = 2W_0 \log_2 M = 2W_0 k = 2W_0 \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

platí ak:

TX strana:

PX strana:



Nyquistova kritéria pásma: $W_0 = \frac{1}{2T} \Rightarrow$

$$\Rightarrow R_s = 2W_0 \text{ [s/s] [band]} \Rightarrow 2 \text{ s/s} / \text{Hz} \text{ bez ISI}$$

Nyquistova kritéria pásma sa má dodržať, lebo:

- 1) Nyquistova funkcia je nekonečná - nerealizovateľná
- 2) abs. dokonalá synchronizácia neexistuje (t.j. mení timing, jitter)

Ak chceme premerať $R_s \text{ [s/s]}$ alebo na to teoreticky $W_0 = \frac{R_s}{2}$

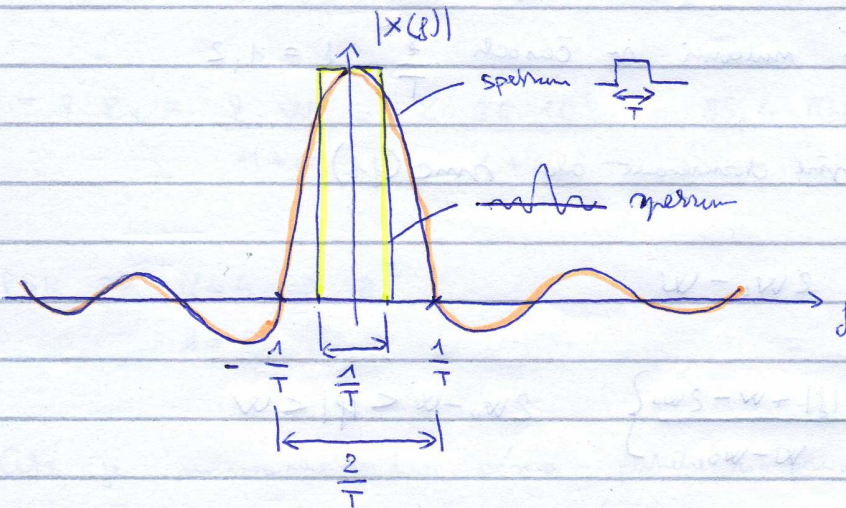
pásma, inak dôjde k ISI (na vyjadrení abakuti)

Ak chceme zachovať $R_s = 2W_0 \text{ [s/s]}$ pri $ISI = 0$ má 2 možnosti:

- 1) zväčšiť reálnu šírku pásma t.j. $W > W_0$ a Nyquistov f. nahradíme Paired Cosine Filterom (PCF) - kromuje inverz

2) Ponecháme $\omega = \omega_0$ a na vysielačej strane uvažujeme umelo šumovanie $ISI \neq 0$, kt. viera na prijímačej strane odhodiť, keď, že výsledná $ISI \neq 0 \Rightarrow$ používame Carne Filter (CF) (nemá sa realizovať, ale dá sa dobre apotimovať)

(1)



Nyquistove imp (impulzy) = si(x) reálna časová funkcia umôžňuje reguláciu šířky pásma v rozsahu $\omega_0 \div 2\omega_0$

Roll-off faktor \rightarrow nie je možné mať reálny šířky pásma Nyquistovej (pre ZP!)

$$\rho = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$$

(4)

$$\left. \begin{array}{l} \rho = 0 \rightarrow \text{si}(\pi f T) \\ \rho = 1 \rightarrow \text{šum} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho \in (0, 1)$$

V praxi: $\rho \in (0, 2 \div 0,4)$

potom reálna šířka pásma: $\omega = \frac{1}{2}(1 + \rho)\omega_s$

pre ZP!

$$\omega = (1 + \rho)\omega_s$$

pre PP! (pretož pásmo)

I. trieda Nyquistovej imp. \rightarrow Raised Cosine Imp. $\omega = \omega_0$

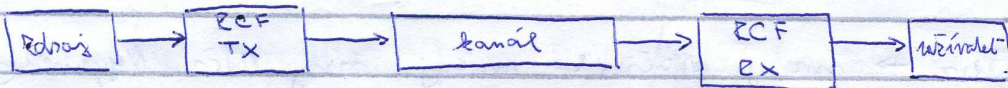
$$h(\Delta) = \underbrace{2\omega_0 \operatorname{sinc}(2\omega_0\Delta)}_{\text{sinc impulz}} \underbrace{\frac{\cos [2\pi(\omega - \omega_0)\Delta]}{1 - [4(\omega - \omega_0)\Delta]^2}}_{\text{cos korekcia}}$$

RCF imp.: prechádzajú mlami ν časoch $\frac{\Delta}{T}$ $\Delta = 1, 2$

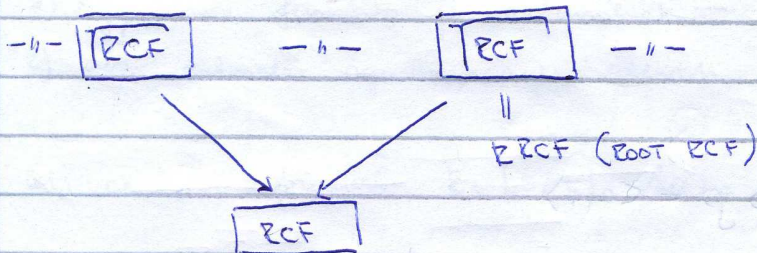
ma' zjedľejšie domieranie ako $\operatorname{sinc}(f\Delta)$

$$H(f) = \begin{cases} 1 & |f| < 2\omega_0 - \omega \\ \cos^2 \left\{ \frac{\pi}{4} \frac{|f| + \omega - 2\omega_0}{\omega - \omega_0} \right\} & 2\omega_0 - \omega < |f| < \omega \\ 0 & |f| > \omega \end{cases}$$

Realizácia:



alebo



- alebo digitálne F

PR. Sat. transponder má šířku pásma $W = 36 \text{ MHz}$, používá QPSK modulaci na kóduvání imp. na vyvířivá RCF s $\rho = 0,3$.
 Coa je max. $R_b = ?$

$$W = (1 + \rho) R_s \Rightarrow R_s = \frac{W}{1 + \rho}$$

sat. transponder PP



$$R_b = 2 \cdot R_s = \frac{2 \cdot W}{1 + \rho} = \frac{2 \cdot 36 \cdot 10^6}{1 + 0,3} = 55,4 \text{ Mb/s}$$

$$\text{QPSK} \Rightarrow M = 4 \Rightarrow 2^2$$

$$k = 2$$

PR. Ale je minimálne kódu. pásmo potrebné na prevos 10 Mb/s a

a) signál môže mať $M = 16$ stavov

b) at $M = 16$ a na kóduvání imp. používajú RCF s $\rho = 0,1$

$$W_0 = \frac{R_s}{k} = \frac{R_b}{2 \cdot \log_2 M} = \frac{10 \cdot 10^6}{2} = 1,25 \text{ MHz}$$

$$R_s = \frac{R_b}{k} = \frac{R_b}{\log_2 M}$$

$$W = \frac{1}{2} (1 + \rho) R_s$$

$$W = \frac{1}{2} (1 + \rho) \cdot \frac{R_b}{\log_2 M} = \frac{1}{2} (1 + 0,1) \cdot \frac{10 \cdot 10^6}{\log_2 16} = 1,375 \text{ MHz}$$

↑
 10⁶
 0,1

PR. Vypoč. reálnu šířku pásma v ZP at $R_b = 100 \text{ Mb/s}$ na kóduvání imp. na používajú RCF s $\rho = 0,3$ v prípade, že

a) $M = 2$ (binary mod)

b) $M = 8$

a) at $M = 2$ sat $R_s = R_b$

$$W = \frac{1}{2} (1 + \rho) R_s = \frac{1}{2} (1 + \rho) R_b = \frac{1}{2} (1 + 0,3) \cdot 100 \cdot 10^6 =$$
$$= 65 \text{ MHz}$$

b) $M = 8 \Rightarrow g = 3$

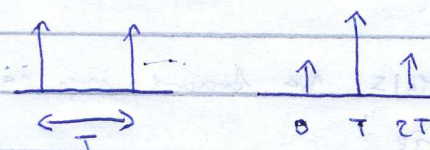
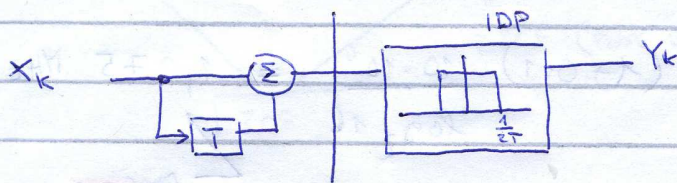
$$W = \frac{1}{2} (1 + \rho) R_s = \frac{1}{2} (1 + \rho) \frac{R_b}{g} = \frac{1}{2} (1 + 0,3) \frac{100 \cdot 10^6}{3} =$$
$$= 21,7 \text{ MHz}$$

- Čím väč šírka modulačie, tým menšie pásmo šírka.

② Partial Response \rightarrow vyniesť symboly na nasledujúci v čase
aj v susedných $W = W_0 \wedge R_s = 2W_0$

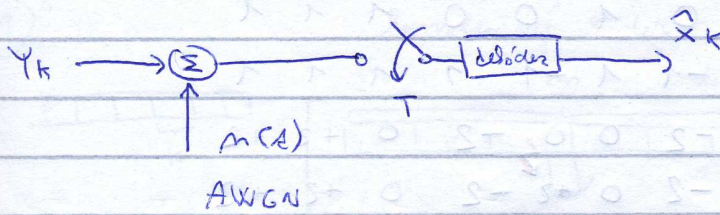
TX schéma:

na vstupe $ISI \neq 0$ použije Code F.
Vstupné schéma Cos F.



$$|H_c(f)| \begin{cases} 2T \cos \pi f T & |f| < \frac{1}{2T} \\ 0 & \text{inak} \end{cases}$$

Σ shromažďuje:



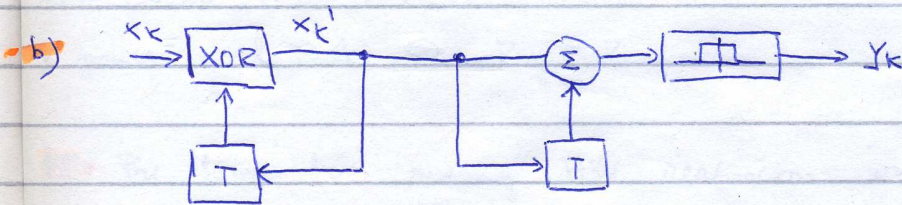
PE: Systém s BPNEZ (ZP) $A = +1$ vyžaduje PR vyhodnocení.

- a) na náčrtě analyzi činnosti syst. včetně pravidel dešif. v přijímači
- b) — " — a) pomocí "predšifrování"

a) ~~na~~ predšifrovací mapování: $0 \rightarrow -1$
 $1 \rightarrow +1$

ml. podm. x_k :	0	0	1	1	0	1	0	0
poč. podm. BPNEZ	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	-1
(význam. 1bity y_k	-2	0	2	0	0	0	0	-2
pod. na vyřt. složce \hat{y}_k :	-2	0	0	0	0	0	0	-2
\hat{x}_k :	0	1	0	1	0	1	0	0

pravidla dešifrování: $a) y_k = -2 \rightarrow x_k = 0$
 $a) y_k = +2 \rightarrow x_k = 1$
 $a) y_k = 0 \rightarrow x_k = \overline{x_{k-1}}$



ml. podmína x_k :	0	0	0	1	1	0	1	0	0
x'_k	0	0	1	0	0	1	1	1	1
BPNEZ	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1

M. počinka	x_k :	0	0	0	1	1	0	1	0	0
	x'_k :	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	BPNEZ:	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1
	y_k :			-2	0	0	-2	0	+2	+2
	\hat{y}_k :			-2	0	+2	-2	0	+2	+2
	\hat{x}_k :			0	1	0	0	1	0	0

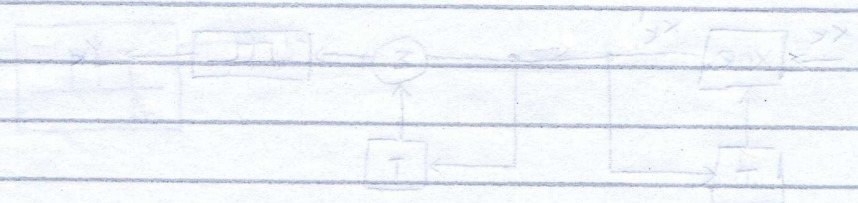
podľa pravidla dešifrovania:

$$y_k = -2 \rightarrow x_k = 0$$

$$y_k = +2 \rightarrow x_k = 0$$

$$y_k = 0 \rightarrow x_k = 1$$

0	0	1	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	1	1
-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1
		-2	0	0	-2	0	+2	+2
		-2	0	+2	-2	0	+2	+2
		0	1	0	0	1	0	0



0	0	1	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	1	1
-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1