
Corso di Fondamenti di Segnali e Trasmissione

Allievi Ingegneri Informatici - sede di Cremona - a.a. 2005/06

III appello – 6 Febbraio 2007

Esercizio 1

E' disponibile un canale in banda passante a frequenza f_0 con la seguente risposta in frequenza (a fase nulla) per $f \geq 0$:

$$H(f) = \begin{cases} H_0 & |f - f_0| < B_0 / 2 \\ 2H_0 \left(1 - \frac{|f - f_0|}{B_0} \right) & B_0 / 2 < |f - f_0| < B_0 \\ 0 & |f - f_0| > B_0 \end{cases}$$

e risposta pari per $f < 0$.

a) Disegnare il grafico di $H(f)$. Che proprietà ha $H(f)$ e che proprietà di simmetria deve rispettare la risposta all'impulso $h(t)$, antitrasformata di Fourier di $H(f)$?

b) $H(f)$ è rappresentabile come somma $\tilde{H}(f + f_0) + \tilde{H}(f - f_0)$. Disegnare il grafico di $\tilde{H}(f)$ (equivalente passa-basso) e scriverlo come somma di TDF note in modo da poter calcolare la sua antitrasformata di Fourier $\tilde{h}(t)$. Quanto vale $\tilde{h}(0)$? Quanto vale $\int \tilde{h}(t) dt$?

c) Ricavare $h(t)$ da $\tilde{h}(t)$. Quanto vale $h(0)$? Quanto vale $\int h(t) dt$?

Esercizio 2

Sul canale dell'esercizio (1), con $f_c = 1$ GHz, $B_0 = 20$ MHz, e $H_0 = 0.001$, si vuole trasmettere un segnale numerico che trasporti un flusso di $R_b = 50$ Mbps e che subisca attenuazione ma non distorsione in ampiezza da parte del canale.

a) Proporre una modulazione adatta e calcolare il massimo roll-off che si può utilizzare.

b) Determinare l'attenuazione γ in dB introdotta dal canale sul segnale trasmesso.

c) Il segnale trasmesso con $P_t = 10$ dB_m sperimenta l'attenuazione calcolata. Determinare la massima densità spettrale di potenza di rumore $N_0 / 2$ tollerabile al ricevitore, se non si vuole superare una probabilità d'errore sul bit di 10^{-4} ?

Soluzioni

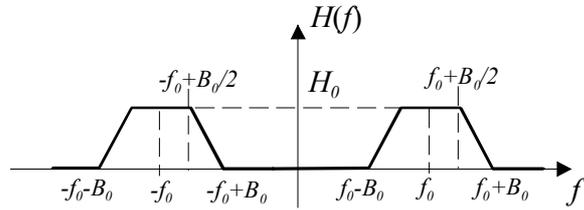
Esercizio 1

a) H reale pari $\Rightarrow h$ reale pari

$$\text{b) } \tilde{H}(f) = 2H_0 \left(\text{tri} \left(\frac{f}{B_0} \right) - \frac{1}{2} \text{tri} \left(\frac{2f}{B_0} \right) \right) \Leftrightarrow$$

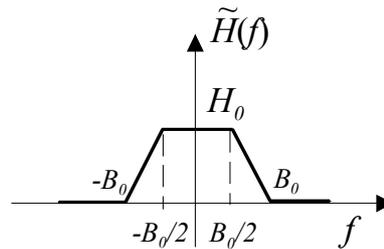
$$\tilde{h}(t) = 2H_0 B_0 \left(\text{sinc}^2(B_0 t) - \frac{1}{2} \text{sinc}^2 \left(\frac{B_0 t}{2} \right) \right),$$

$$\tilde{h}(0) = \frac{3}{2} H_0 B_0 = \int \tilde{H}(f) df, \text{ ok } \int \tilde{h}(t) dt = H_0$$



$$\text{c) } h(t) = \tilde{h}(t) \cos(2\pi f_0 t),$$

$$h(0) = 3H_0 B_0 = \int H(f) df, \text{ ok } \int h(t) dt = H(0) = 0$$



Esercizio 2

a) Occorre un segnale passa-banda a 1 GHz (M -QAM) di banda al più pari a $B_0 = 20$ MHz:

$$B = (1 + \alpha) \frac{R_b}{\log_2 M} = \begin{cases} M = 4 & \rightarrow 25(1 + \alpha) \text{ MHz} \\ M = 16 & \rightarrow 12.5(1 + \alpha) \text{ MHz} \\ \dots & \dots \end{cases}$$

quindi possiamo utilizzare una modulazione 16-QAM con roll-off al più pari al 60%.

$$\text{b) } \gamma = -20 \log_{10}(0.001) = 60 \text{ dB}$$

$$\text{c) Con mapping di Gray si ha } P_b \cong \frac{1}{2} Q \left(\sqrt{\frac{4 E_b}{5 N_0}} \right) = 10^{-4} \quad \text{con} \quad \frac{E_b}{N_0} \cong 12.5 \text{ dB} = 17.8. \quad \text{Si ottiene:}$$

$$P_r = P_t - 60 = -50 \text{ dB}_m = 10^{-8} \text{ W} \Rightarrow E_b = P_r / R_b = 2 \cdot 10^{-16} \text{ J} \Rightarrow \frac{N_0}{2} \leq \frac{E_b}{17.8} \cong 10^{-17} \text{ W / Hz}$$