
Corso di Fondamenti di Segnali e Trasmissione

Allievi Ingegneri Informatici - sede di Cremona - a.a. 2006/07

II appello – 5 Settembre 2007

Esercizio 1

All'ingresso del filtro LTI con risposta in frequenza $H(f) = j\pi f$ si applica la forma d'onda $x(t) = A \operatorname{tri}(t/T)$ che genera l'uscita $y(t)$.

- a) Determinare la trasformata di Fourier $Y(f)$ dell'uscita del filtro. Disegnarne il grafico di parte reale e parte immaginaria (approssimativamente). Che proprietà di simmetria ha $Y(f)$? Che proprietà di simmetria avrà dunque $y(t)$?
- b) Determinare la densità spettrale di energia $G(f)$ dell'uscita del filtro e disegnarne il grafico (approssimativamente).
- c) A cosa corrisponde nel dominio dei tempi l'operatore $H(f)$? Ignorando gli istanti $0, \pm T$ disegnare il grafico dell'uscita $y(t)$ risultante dall'applicazione a $x(t)$ dell'operatore corrispondente a $H(f)$. Quanto vale l'area $\int y(t) dt$ sottesa da $y(t)$? Quanto vale la sua energia?
- d) Trasformare la $y(t)$ ottenuta al punto c) e confrontarla con la $Y(f)$ ottenuta al punto a).

Esercizio 2

Quali sono i vantaggi e gli svantaggi della trasmissione binaria codificata rispetto a quella non codificata?

Esercizio 3

Un segnale analogico di banda 5.5 kHz con distribuzione uniforme dell'ampiezza nel range $(-A, +A)$, va campionato, convertito in formato numerico e trasmesso in banda base. Per la qualità desiderata si richiede un rapporto segnale/rumore di quantizzazione di almeno 35 dB.

- a) Qual'è il ritmo di bit minimo che occorre trasmettere?
- b) Il canale disponibile per la trasmissione ha banda 5 kHz. Proporre una modulazione d'ampiezza adatta al caso. Che forma d'onda conviene modulare in ampiezza. Qual'è il ritmo di simbolo che occorre trasmettere?
- c) Qual'è la relazione tra la probabilità P_b di decisione errata di un bit ed il rapporto E_b/N_0 al ricevitore?

Soluzioni

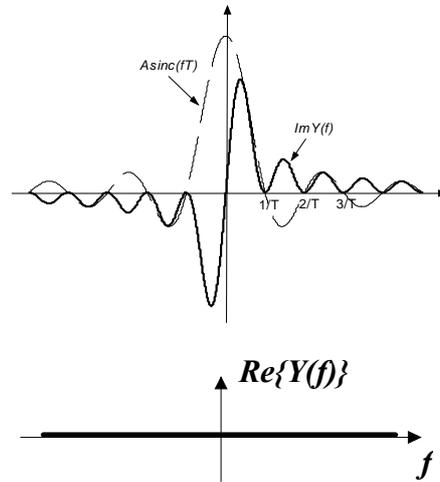
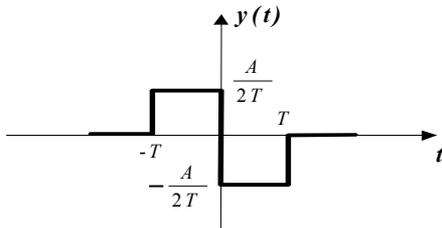
Esercizio 1

a) $Y(f) = j\pi f \cdot AT \operatorname{sinc}^2(fT) = jA \operatorname{sinc}(fT) \sin(\pi fT)$

Y immaginaria e dispari $\Rightarrow y$ reale dispari

b) $G(f) = |Y(f)|^2 = A^2 \operatorname{sinc}^2(fT) \sin^2(\pi fT)$

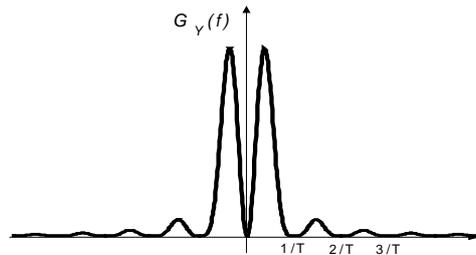
c) $y(t) = \frac{1}{2} \frac{dx(t)}{dt}$, $area = 0$, $E = \frac{A^2}{2T}$



d)

$$y(t) = \frac{A}{2T} \left(\operatorname{rect}\left(\frac{t+T/2}{T}\right) - \operatorname{rect}\left(\frac{t-T/2}{T}\right) \right) \Leftrightarrow$$

$$Y(f) = \frac{A}{2} \operatorname{sinc}(fT) (e^{j\pi fT} - e^{-j\pi fT}) = jA \operatorname{sinc}(fT) \sin(\pi fT)$$



Esercizio 2

Il vantaggio sta nella riduzione della potenza necessaria in trasmissione a probabilità d'errore fissata, oppure nella riduzione probabilità d'errore al ricevitore (o nella capacità di rivelarli). Lo svantaggio sta nell'aumento di complessità di trasmettitore e ricevitore che devono inglobare un codificatore ed un decodificatore rispettivamente, e nell'espansione di banda occupata a pari ritmo di trasmissione dell'informazione.

Esercizio 3

a) $R_b = f_c N_Q \geq 11 \text{kHz} \cdot 6 = 66 \text{kbps}$

b) Occorre un segnale passa-basso (M -PAM) di banda al più pari a 5 kHz. Conviene usare forme d'onda a radice di Nyquist e roll-off α (banda minima e pratica realizzabilità). Si ha

$$B = (1 + \alpha) \frac{R_b}{2 \log_2 M} \Rightarrow M \geq 128$$

Per esempio con modulazione a 256 livelli (256-PAM) possiamo permetterci un roll-off del 20%. $R_s \cong 8 \text{kbaud}$.

c) Con mapping di Gray si ha $P_b \cong \frac{1}{4} Q \left(\sqrt{\frac{16 E_b}{21845 N_0}} \right)$