

---

# Corso di Fondamenti di Segnali e Trasmissione

Allievi Ingegneri Informatici - sede di Cremona - a.a. 2007/08

II appello – 21 Luglio 2008

---

## Esercizio 1

Si consideri la forma d'onda  $x(t) = AT \frac{\sin^2(\pi t/T)}{\pi t}$ .

- a) Disegnare l'andamento di  $x(t)$ . E' pari? E' dispari? E' reale?
- b) Calcolare la trasformata di Fourier  $X(f)$  e disegnarne il grafico. E' pari? E' dispari? E' reale, immaginaria o complessa?
- c) Determinare l'energia di  $x(t)$ .
- d) Assumendo all'ingresso  $x(t)$ , calcolare l'uscita  $y(t)$  di un filtro LTI passa-basso ideale (a fase nulla) con frequenza di taglio:
  - d1)  $f_T = 2/T$
  - d2)  $f_T = 1/2T$

## Esercizio 2

Dimostrare la proprietà della TDF nota come relazione di Parseval sull'energia di una forma d'onda, utilizzando le altre proprietà.

## Esercizio 3

Si vuole installare in una biblioteca un sistema wireless di diffusione audio digitale ad altissima qualità. Il segnale musicale è campionato a 80 kHz e quantizzato a 64 bit/campione, e deve prevedere due canali (stereo). Inoltre il tasso d'errore al ricevitore deve essere al più  $P_b \leq 10^{-10}$ .

Il sistema deve poter servire fino a 10 utenti indipendenti serviti contemporaneamente con accesso al canale a divisione di frequenza (FDMA). La banda scelta per l'applicazione è centrata a 24 GHz ed è prevista di 50 MHz complessivi.

- a) Qual'è il ritmo di bit che occorre trasmettere per ogni utente? Scegliere un sistema di trasmissione adatto al problema assumendo un roll-off minimo del 25%.
- b) Assumendo il sistema proposto, una densità spettrale di potenza del rumore al ricevitore di  $N_0/2 = 10^{-16}$ , antenne trasmittente e ricevente di guadagno  $G_t = G_r = 10$  dB ed una potenza massima trasmessa di 100 mW, determinare il raggio di copertura del sistema, cioè la distanza massima  $d$  tra trasmettitore e ricevitore alla quale la specifica sul tasso d'errore  $P_b$  è ancora rispettata.

## Soluzioni

### Esercizio 1

a) Dispari reale  $\Rightarrow$  TDF dispari immaginaria

$$b) X(f) = j \frac{AT}{2} [rect(Tf + 1/2) - rect(Tf - 1/2)]$$

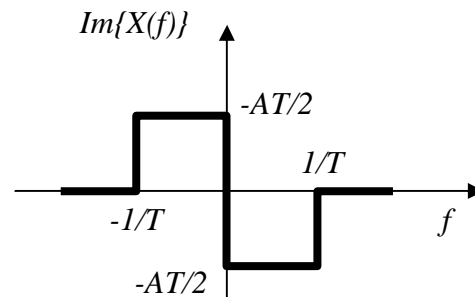
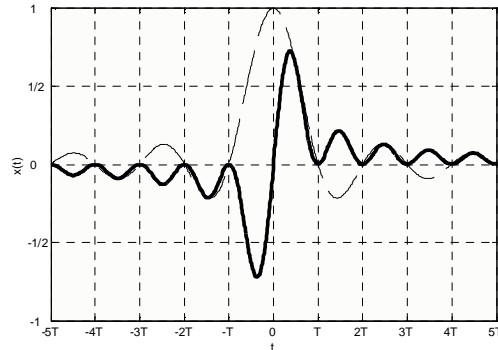
$$c) E_x = \int_{-\infty}^{+\infty} |X(f)|^2 df = \frac{A^2 T}{2}$$

$$d1) y(t) = x(t)$$

d2)

$$Y(f) = j \frac{AT}{2} (rect(2fT + 1/4) - rect(2fT - 1/4)) \Leftrightarrow$$

$$y(t) = \frac{A}{2} \text{sinc}\left(\frac{t}{2T}\right) \sin\left(\frac{\pi t}{2T}\right) = AT \frac{\sin^2\left(\frac{\pi t}{2T}\right)}{\pi t}$$



### Esercizio 2

$$x(t) * x^*(-t) = \int x(\tau) x^*(\tau - t) d\tau \Leftrightarrow X(f) X^*(f) = |X(f)|^2 \quad (\text{proprietà 2 e 9})$$

$$\int x(\tau) x^*(\tau - t) d\tau \Big|_{t=0} = \int |x(\tau)|^2 d\tau = \int |X(f)|^2 df \quad (\text{proprietà 3})$$

### Esercizio 3

a)  $R_b = 2f_c N_0 = 10 \text{ Mbps}$  e con divisione FDMA ad ogni segnale sono assegnati  $50/10 = 5 \text{ MHz}$  in banda passante, quindi occorre una costellazione M-QAM che occupi banda  $B = (1 + \alpha) \frac{R_b}{\log_2 M} \leq 5 \text{ MHz} \Rightarrow M = 16$ .

b) con modulazione 4QAM  $P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) = 10^{-10} \Leftrightarrow \frac{E_b}{N_0} = 13 \text{ dB}$  quindi con costellazione 16-QAM occorre

$$\frac{E_b}{N_0} = 17 \text{ dB} \Rightarrow E_b = 50 N_0 = 10^{-14} \text{ J} \Rightarrow P_r = E_b R_b = 10^{-7} \text{ W} = -40 \text{ dBm}$$

In un collegamento wireless

$$P_r = P_t + G_t + G_r - \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \Big|_{dB} \Rightarrow \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \Big|_{dB} \leq 80 \text{ dB} \Rightarrow d \leq 10 \text{ m} \quad \text{con } \lambda = c / f_0 = 1.25 \text{ m}$$

NOTA: chi ha inteso 100 mW complessivi per i 10 utenti trova  $\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \Big|_{dB} \leq 70 \text{ dB} \Rightarrow d \leq 3 \text{ m}$