

Corso di Fondamenti di Segnali e Trasmissione

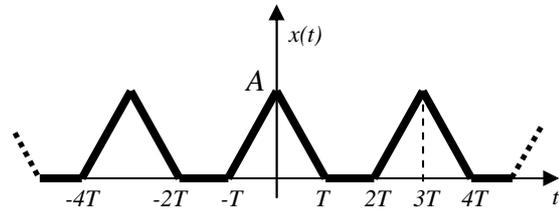
Allievi Ingegneri Informatici - sede di Cremona - a.a. 2007/08

III appello – 9 Settembre 2008

Esercizio 1

Si consideri la forma d'onda $x(t)$ in figura, ripetizione periodica all'infinito della forma d'onda base $g(t)$:

$$g(t) = A \operatorname{tri}\left(\frac{t}{T}\right)$$

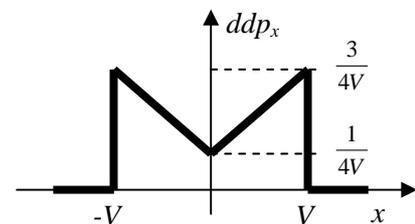


- Determinare il periodo T_0 . Determinare energia, valor medio e potenza di $x(t)$.
- Calcolare la TDF $X(f)$ del segnale periodico $x(t)$ e disegnarne il grafico di parte reale e immaginaria.
- Con $x(t)$ come ingresso, determinare l'uscita dei filtri lineari tempo-invarianti:
 - filtro LP con risposta in frequenza $H(f) = \operatorname{rect}(fT)$
 - filtro LP con risposta in frequenza $H(f) = \operatorname{rect}(fT) e^{-j\frac{\pi T}{2}}$
 - filtro BP con risposta all'impulso $h(t) = \frac{1}{T} \operatorname{sinc}\left(\frac{t}{2T}\right) \cos\left(\frac{5\pi t}{2T}\right)$

Esercizio 2

$x(t)$ è un processo casuale stazionario ergodico di banda $B_x = 19$ kHz, con densità di probabilità rappresentata in figura a fianco.

- Determinare valor medio e varianza del processo.
- A quale grandezza fisica corrisponde la varianza?



Esercizio 3

Il segnale $x(t)$ dell'esercizio 2) viene campionato a frequenza f_c , quantizzato su $M_Q = 256$ livelli di ampiezza uniformi e convertito in formato numerico. Il flusso di bit così ottenuto viene trasmesso in banda base con modulazione d'ampiezza 256-PAM.

- Qual è il rapporto segnale-rumore di quantizzazione SNR_Q assumendo l'errore uniforme nell'intervallo di quantizzazione Δ ?
- Quale frequenza f_c occorre per garantire una corretta ricostruzione di $x(t)$ al ricevitore, e quale ritmo di bit R_b occorre inviare sul canale?
- Qual è ritmo di trasmissione dei simboli e quale banda di canale occorre per la trasmissione del segnale 256-PAM?
- Assumendo 44 dB di rapporto E_b/N_0 al ricevitore, qual è la probabilità d'errore sul bit al ricevitore con mapping di Gray?

Soluzioni

Esercizio 1

a) $T_0 = 3T$, $P_x = \frac{2A^2}{9T}$, $m_x = \frac{A}{3}$ E_x infinita

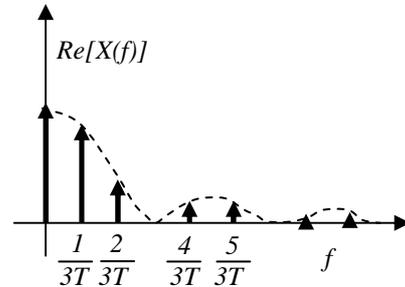
b) $X(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{A}{3} \text{sinc}^2\left(\frac{n}{3}\right) \delta\left(f - \frac{n}{3T}\right)$

c1) $Y_1(f) = H(f)X(f) \Rightarrow y_1(t) = \frac{A}{3} + \frac{3A}{8\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{3T}t\right)$

c2) $y_2(t) = y_1(t - T/4) = \frac{A}{3} + \frac{3A}{8\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{3T}t - \frac{\pi}{6}\right)$

c3) $H(f) = \text{rect}\left(2T\left(f - \frac{5}{4T}\right)\right) + \text{rect}\left(2T\left(f + \frac{5}{4T}\right)\right)$

$Y_3(f) = H(f)X(f) \Rightarrow y_3(t) = \frac{3A}{16\pi} \cos\left(\frac{8\pi}{3T}t\right)$



Esercizio 2

a) $E[x] = 0$, $E[x^2] = \frac{5V^2}{12}$

b) la potenza media P_x del processo

Esercizio 3

a) $\sigma_c^2 = \frac{V^2}{3M_Q^2}$. Usando la P_x al punto precedente $SNR_Q = \frac{5}{4}M_Q^2 = 49 \text{ dB}$. Assumendo anche la ddp_x uniforme $SNR_Q = 48 \text{ dB}$

b) $f_c \geq 2B_x = 38 \text{ kHz}$, p.e. $f_c = 40 \text{ kHz}$, $R_b = f_c N_Q = 320 \text{ kbps}$

c) $R_s = \frac{R_b}{\log_2 M} = 40 \text{ kbaud}$, $B_c \geq \frac{R_s}{2}(1 + \alpha) = 25 \text{ kHz}$

c) Con mapping di Gray $P_b \cong \frac{2}{\log_2 256} Q\left(\sqrt{\frac{24}{65535} \frac{2E_b}{N_0}}\right) \cong 2 \cdot 10^{-6}$ con $\frac{E_b}{N_0} = 44 \text{ dB}$