



## Comunicazioni Numeriche 075II

Scrivere nome, cognome, corso di studio e numero di matricola in cima a ogni foglio

16/07/2025

**Rispondere ai quesiti 1-3 sul foglio protocollo 1.**

1. Cinque frigoriferi da 200 W sono collegati ad un gruppo elettrogeno che può erogare al più 700 W. Ogni frigorifero è indipendente dagli altri e richiede l'alimentazione per un quarto del tempo. (**3** punti)
  - (a) Determinare la probabilità che  $n$  ( $0 \leq n \leq 5$ ) frigoriferi richiedano contemporaneamente l'alimentazione.
  - (b) Calcolare la probabilità che il gruppo elettrogeno non sia in grado di soddisfare la richiesta di potenza.
2. Sia data la variabile aleatoria (v.a.)  $X$  con  $f_X(x) = k \cdot e^{-2x}u(x)$ . La v.a.  $Y$  si ottiene applicando la seguente trasformazione  $Y = g(X)$ : (**4** punti)

$$y = \begin{cases} \frac{1}{2}x, & x < 2 \\ 1, & x \geq 2 \end{cases}$$

- (a) Determinare la costante  $k$  in modo tale che  $f_X(x)$  sia una densità di probabilità e disegnare  $f_X(x)$ .
  - (b) Determinare quali valori può assumere la v.a.  $Y$ .
  - (c) Calcolare il valor medio di  $Y$ .
  - (d) Calcolare la funzione distribuzione di probabilità di  $Y$  e disegnarla.
3. Sia  $X(t)$  un processo stazionario almeno in senso lato con  $S_X(f) = N_0 \text{rect}(f/2B)$ . Viene dato in ingresso a un sistema LTI con risposta impulsiva  $h(t) = e^{-2t}u(t)$ . Sia  $Y(t)$  il processo aleatorio in uscita. (**3** punti)
  - (a) Calcolare la densità spettrale di potenza di  $Y(t)$ .
  - (b) Disegnare la densità spettrale di potenza di  $Y(t)$ .
  - (c) Determinare la potenza di  $Y(t)$ .

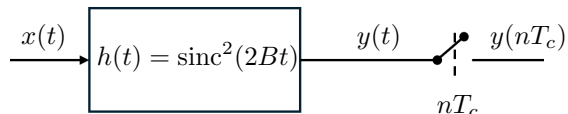
N.B.:  $\int \frac{1}{1+x^2} dx = \arctan(x) + c$

**Rispondere ai quesiti 4-8 sul foglio protocollo 2.**

4. Verificare la validità delle seguenti affermazioni: (4 punti)

- (a) La compressione temporale di un segnale comporta un allargamento del suo spettro in frequenza.
- (b) L'introduzione di un ritardo temporale su un segnale non ne modifica lo spettro.

5. Dato il segnale  $x(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \otimes \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right)$  con  $T = 0.25 \mu\text{s}$ , nell'ipotesi in cui  $B = 2 \text{ MHz}$  e  $T_c = 0.125 \mu\text{s}$ : (4 punti)



- (a) Disegnare (motivando la risposta) la trasformata discreta di Fourier dei campioni  $y(nT_c)$ .
- (b) Calcolare la frequenza minima di campionamento per evitare aliasing.

6. Si consideri il codice a blocco sistematico con matrice generatrice  $\mathbf{G}$ : (4 punti)

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- (a) Utilizzando la decodifica a sindrome, determinare qual è il peso massimo degli errori che il codice è in grado di *rivelare*.

7. Verificare che il ramo in quadratura di un ricevitore 4-QAM è in grado di ricevere correttamente la componente in quadratura del segnale trasmesso. (4 punti)

8. Si consideri un sistema di comunicazione digitale che impiega codifica di Gray ed un impulso a radice di coseno rialzato con  $\alpha = 0.5$ . Il sistema è progettato per supportare un rate informativo pari a 10 Mbit/s. Il sistema può funzionare in due modalità: (4 punti)

- Modalità A: 4-QAM con codice a blocco con rate 1/2.
- Modalità B: 16-QAM con codice a blocco con rate 3/4.

- (a) Confrontare l'efficienza spettrale delle due modalità;
- (b) Confrontare l'efficienza energetica delle due modalità.