Quiz di

Teoria dei Segnali Aleatori

NOTA: **Questo testo contiene una selezione di esercizi utilizzati nei compiti di Teoria dei Segnali I - presso il Politecnico di Torino.**

Esercizio 1. Si consideri un processo casuale $x(t) = \zeta + \cos(2\pi f_0 t + \theta)$, dove ζ è una variabile casuale discreta che assume i due valori ± 1 con uguale probabilità, e θ è una variabile casuale indipendendente da ζ distribuita uniformemente nell'intervallo $(-\pi, +\pi)$.

A) $E\{x^2(t)\}$ diverso dalle altre risposte

B) $E\{x^2(t)\} = 1.5$

C) $E\{x^2(t)\} = 0$

D) $E\{x^2(t)\} = 1$

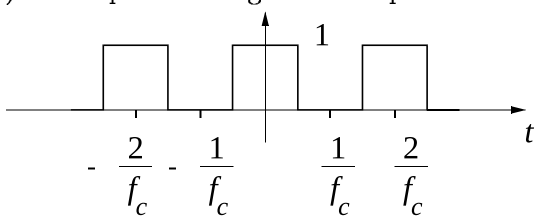
Esercizio 2. Si consideri un processo casuale $x(t) = \xi$ dove ξ è una variabile casuale gaussiana a media nulla e varianza unitaria. Dire quale delle seguenti affermazioni è vera.

A) $R_x(t_1, t_1 + \tau)$ varia al variare di t_1 e di τ

B) $x(t)$ è ergodico

C) $x(t)$ è un processo gaussiano stazionario a media nulla con $E\{x(t)x(t+\tau)\} = 1$

Esercizio 3. Si consideri un processo casuale $X(t)$ WSS a media nulla e con autocorrelazione $R_X(\tau) = A[1 - |\tau|/(4T)]$ per $|\tau| < 4T$ e nulla altrove. Si ottenga da esso il processo campionato e mantenuto $Y(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} X(iT)h(t - iT)$, dove $h(t)$ è un impulso rettangolare di ampiezza unitaria non nullo nell'intervallo $[0, T]$.



Dire quale delle seguenti affermazioni è corretta.

A) Nessuna delle altre risposte è corretta.

B) $E\{Y(T/4)Y(1.5T)\} < A/2$

C) $E\{Y(T/4)Y(1.5T)\} = (2/3)A$

D) $E\{Y(T/4)Y(1.5T)\} = (11/16)A$

E) $E\{Y(T/4)Y(1.5T)\} = (3/4)A$

Esercizio 4. Un rumore gaussiano bianco, con densità spettrale di potenza pari a $N_0/2$, stazionario a media nulla $X(t)$ è posto all'ingresso di un sistema LTI con risposta all'impulso $h_b(t)$, dove

$$h_b(t) = \begin{cases} t & \text{per} \quad 0 \le t \le T \\ 2T - t & \text{per} \quad T \le t \le 2T \\ 0 & \text{altrove} \end{cases}$$

producendo in uscita il processo $Z(t)$. La media d'insieme $E\{Z(t+2T)X(t)\}$ vale:

A) una quantità diversa dalle altre risposte

B) $E\{Z(t+2T)X(t)\} = 3TN_0/8$

C) $E\{Z(t+2T)X(t)\} = (N_0/2)h_b(t) * h_b(t+2T)$

D) $E\{Z(t+2T)X(t)\} = N_0T/4$

Esercizio 5.
Sia dato il processo casuale

$$x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} X_k r(t-kT)$$

in cui $r(t)$ è un impulso rettangolare causale pari a 1 per $0 \leq t < T$ e zero altrove, e le X_k sono delle variabili casuali ottenute mediante la seguente formula ricorsiva:

$$X_k = X_{k-1} + \alpha_k \qquad k = 0, 1, \dots, \infty$$

dove le α_k sono delle variabili casuali statisticamente indipendenti a media nulla e varianza unitaria e $X_{-1} = 0$.
Calcolare il valore dell'autocorrelazione di $x(t)$, $R_x(t_1, t_2)$ per $t_1 = 5.5T$ e $t_2 = 6.5T$.

A) nessuna delle altre risposte

B) $R(t_1, t_2) = 5$

C) $R(t_1, t_2) = 10$

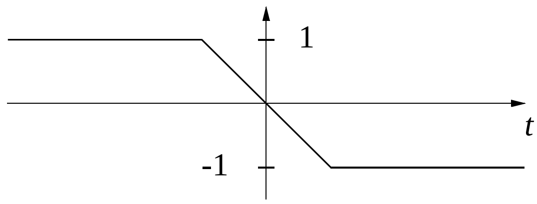
D) $R(t_1, t_2) = 0$

E) $R(t_1, t_2) = 6$

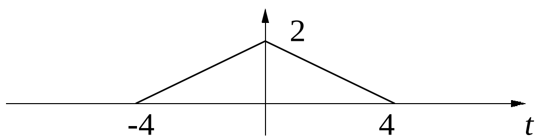
Esercizio 6. Si consideri un processo casuale $x(t)$ con densità di probabilità del primo ordine pari a

$$f_\xi(x;t) = \frac{1}{2+|t|} p_{2+|t|}(x)$$

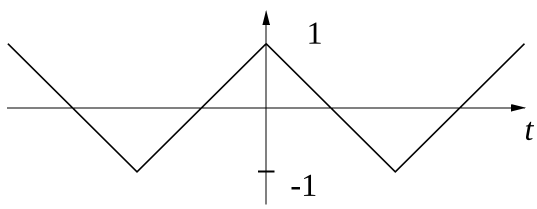
dove $p_y(x)$ vale 1 per $|x| < y/2$ e zero altrove. Quale dei seguenti segnali non può essere una realizzazione di $x(t)$?



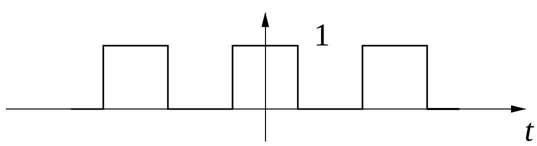
A)



B)



C)



D)

Esercizio 7. Si consideri un processo casuale $x(t)$ con densità di probabilità del primo ordine pari a

$$f_\xi(x;t) = \frac{1}{a+|t|} p_{a+|t|}(x)$$

dove $p_y(x)$ vale 1 per $|x| < y/2$ e zero altrove. Quanto valgono la media e la varianza di $x(t)$?

A) $m_x(t) = 0$; $\sigma_x^2 = \frac{1}{3}a^2$

B) $m_x(t) = 0$; $\sigma_x^2 = \frac{1}{12}\left(a + |t|\right)^2$

C) $m_x(t) = |t|$; $\sigma_x^2 = 1$

D) $m_x(t) = 1$; $\sigma_x^2 = 1$

Esercizio 8. Un processo casuale $x(t)$ WSS ha una densità di probabilità del primo ordine uniforme

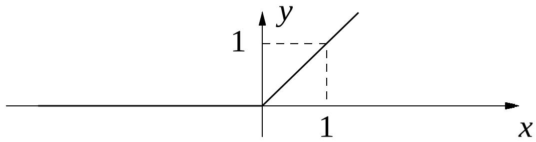


Figure 1: Sistema non lineare

nell'intervallo $(-A, +A)$ e varianza $\sigma_x^2 = 1$. Il processo è posto all'ingresso del sistema non lineare indicato in figura 1, producendo in uscita il processo $y(t)$. La probabilità $P(y(t) > 2)$ vale

A) 0.9

B) 1/2

C) 0

Esercizio 9. Si consideri l'autocorrelazione $R_X(t_1, t_2)$ di un processo casuale $X(t)$ non WSS, ma stazionario del primo ordine, con densità di probabilità uniforme nell'intervallo $(-1, +1)$. Sapendo che i campioni di $X(t)$ non sono statisticamente indipendenti, dire quale delle seguenti affermazioni è vera.

A) $|R_X(t_1, t_2)| \leq 1/6$ per qualsiasi t_1, t_2.

B) $R_X(t_1, t_2) > 1$ per qualsiasi $t_1 \neq t_2$.

C) $R_X(t_1, t_2) > -1$ per qualsiasi $t_1 \neq t_2$.

D) $R_X(t_1, t_2)$ non può assumere valori negativi.

Esercizio 10.
Un processo $z(t)$ gaussiano e stazionario con funzione di autocorrelazione $R_z(\tau) = \delta(\tau)$ viene filtrato con un filtro con risposta in frequenza

$$H(f) = \frac{\sin(\pi f)}{\pi f}$$

ottenendo il processo $x(t)$. La densità di probabilità del second'ordine di $X_1 = x(t_1)$ e $X_2 = x(t_2) = x(t_1 + 1/2)$ è pari a:

A) nessuna delle altre risposte

B) $f_{X_1X_2}(x_1, x_2; t_1, t_1 + 1/2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(x_1^2 + x_2^2)}$

C) $f_{X_1X_2}(x_1, x_2; t_1, t_1 + 1/2) = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{1}{2}(x_1^2 + x_2^2)}$

D) $f_{X_1X_2}(x_1, x_2; t_1, t_1 + 1/2) = \frac{1}{\pi\sqrt{3}} e^{-\frac{2}{3}(x_1^2 - x_1x_2 + x_2^2)}$

Esercizio 11. Indicare quale delle seguenti affermazioni è falsa.

A) Stazionarietà in senso lato implica stazionarietà del secondo ordine.

B) Varianza dipendente dal tempo implica non stazionarietà in senso lato.

C) Stazionarietà del secondo ordine implica stazionarietà del primo ordine.

D) Stazionarietà in senso stretto implica stazionarietà in senso lato.

Esercizio 12. E' dato il processo casuale $y(t) = x(t) + \xi$, dove $x(t)$ è un processo casuale a valor medio nullo ergodico e stazionario in senso stretto, e ξ è una variabile casuale gaussiana a valor medio nullo e varianza pari a 4.5. Tale processo è

A) stazionario del primo ordine ma non WSS

B) stazionario in senso stretto

C) WSS ma non stazionario in senso stretto

Esercizio 13.
Si consideri il processo casuale

$$x(t) = \cos\left[\frac{\pi(t+\varphi)}{T}\right] \sum_{n=-\infty}^{+\infty} (-1)^n r(t - nT + \vartheta)$$

dove φ e ϑ sono due variabili casuali e $r(t)$ vale 1 per $0 \le t < T < \infty$ e 0 altrove.
Tale processo è WSS

A) per nessuna delle condizioni specificate nelle altre risposte

B) quando ϑ è una variabile casuale gaussiana a valor medio nullo e varianza T^2

C) quando φ e ϑ sono variabili indipendenti e possono assumere in modo equiprobabile valori compresi tra -T e +T

D) quando φ è uniformemente distribuita tra $-T/2$ e $+T/2$

E) per qualsiasi distribuzione di ϑ e φ

Esercizio 14. Sia dato il processo casuale $y(t)$ espresso da: $y(t) = \{[x(t) - \xi] * h(t)\}^4$ dove $x(t)$ è un processo gaussiano stazionario ergodico a valor medio nullo, il simbolo '$*$' significa 'convoluzione', ξ è una variabile casuale uniformemente distribuita nell'intervallo $[-1, 1]$ ed $h(t) = t\mathrm{e}^{-t}u(t)$. Dire quale delle seguenti affermazioni è vera:

A) $y(t)$ è non stazionario, gaussiano, non ergodico, a valor medio nullo.

B) $y(t)$ è stazionario, non gaussiano, ergodico, a valor medio nullo.

C) $y(t)$ è stazionario, gaussiano, non ergodico, a valor medio non nullo.

D) $y(t)$ è stazionario, non gaussiano, non ergodico, a valor medio non nullo.

Esercizio 15. Sia $x(t)$ un processo casuale gaussiano stazionario con funzione di autocorrelazione

$$R_x(\tau) = \begin{cases} 1 - |\tau|/T & \text{per } |\tau| \le T \\ 0 & \text{altrove} \end{cases}$$

Si consideri il processo $y(t) = x(t) + x(t-T) + x(t-2T)$ dove $T > 0$ è un ritardo fisso.
Indicare quale delle seguenti affermazioni è corretta.

A) $y(t)$ non è stazionario in senso lato.

B) Campioni di $y(t)$ distanti fra di loro T sono statisticamente indipendenti.

C) $x(t)$ ed $y(t)$ sono processi gaussiani, stazionari in senso lato e fra loro statisticamente indipendenti.

D) $y(t)$ è stazionario in senso lato e la sua densità di probabilità del primo ordine è gaussiana, a valor medio nullo e varianza 3.

Esercizio 16. Si consideri un processo casuale $X(t)$ stazionario del primo ordine con densità di probabilità uniforme nell'intervallo $(0, +2)$ e la variabile casuale

$$Y = \int_0^2 X(\theta)d\theta$$

Si indichi con $f_Y(y)$ la densità di probabilità di Y. Dire quale delle seguenti affermazioni è vera:

A) $f_Y(y)$ è nulla per $|y| < 2$ e non nulla per $|y| > 2$.

B) $f_Y(y)$ è nulla per $y > 2$.

C) $f_Y(y)$ è nulla per $y > 0$.

D) $f_Y(y)$ è nulla per $y > 1$.

E) $f_Y(y)$ è a supporto illimitato.

Esercizio 17. Si consideri un processo casuale $X(t)$ stazionario del primo ordine con densità di probabilità di tipo triangolare, non nulla nell'intervallo $(-1, +1)$ e nulla altrove. Si definisca la variabile casuale

$$Y = \int_0^2 X(t)dt$$

Dire quale delle seguenti affermazioni è vera.

A) Y è una variabile casuale con densità di probabilità nulla per $|y| < 2$ e non nulla per $|y| > 2$.

B) Y è una variabile casuale con densità di probabilità nulla per $|y| > 2$.

C) Y è una variabile casuale con densità di probabilità nulla per $|y| > 1$.

D) Y è una variabile casuale con densità di probabilità nulla per $y < 0$.

E) Y è una variabile casuale con densità di probabilità a supporto illimitato.

Esercizio 18. Un rumore gaussiano bianco con spettro di potenza $S_n(f) = N_0/2$ viene filtrato con un

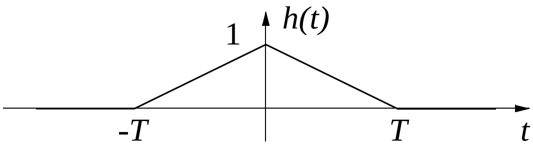


Figure 2: Risposta all'impulso di tipo triangolare

filtro la cui risposta all'impulso è indicata nella figura 2, ottenendo in uscita il processo casuale $y(t)$. Si valuta $E\{n(t)y(t)\}$, ottenendo:

A) $E\{n(t)y(t)\}$ diverso dai valori dati nelle altre risposte

B) $E\{n(t)y(t)\} = N_0 h(t)/2$

C) $E\{n(t)y(t)\} = N_0 h(0)/2$

D) $E\{n(t)y(t)\} = 0$.

Esercizio 19.
Sia dato un segnale $x(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} r(t - kT)$ dove $r(t) = \mathrm{e}^{-4t}u(t)$. Trovare lo sviluppo in serie di Fourier, nell'intervallo $[-T/2, T/2]$, della funzione di autocorrelazione di $x(t)$.
Indicare quale risultato è corretto.

A) $\phi_x(\tau) = \frac{1}{4}\sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\pi^2k^2+8T^2}\mathrm{e}^{j\frac{2\pi}{T}k\tau}$

B) $\phi_x(\tau) = \frac{1}{4}\sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{(\pi k+2T)^2}\mathrm{e}^{j\frac{2\pi}{T}k\tau}$

C) $\phi_x(\tau) = \frac{1}{4}\sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\pi^2k^2+4T^2}\mathrm{e}^{j\frac{2\pi}{T}k\tau}$

D) $\phi_x(\tau) = \frac{1}{4}\sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\pi^2k^2+8T^2}\delta(\tau - kT)$

Esercizio 20. Un processo casuale $n(t)$ gaussiano, stazionario, con spettro di potenza $G_n(f)$ pari a $N_0/2$ per $|f| < B/2$ e nullo altrove passa attraverso un sistema LTI con funzione di trasferimento $H(f) = 1+\mathrm{e}^{-j2\pi fT}$. Il processo in uscita da tale sistema viene quindi elevato al quadrato. Sia $m(t)$ il risultato di tale operazione. Nel caso $B = \frac{1}{T}$, la media di $m(t)$ vale

A) $N_0 B$

B) 0

C) $\frac{N_0}{B}$

D) altro

Esercizio 21. Si consideri il processo casuale gaussiano $x(t)$ con spettro di potenza $S_x(f) = A$ per $|f| \leq B$ e $S_x(f) = 0$ per $|f| > B$. Il processo $y(t) = \frac{d}{dt}x(t)$

A) è gaussiano con la stessa media e la stessa varianza

B) ha media diversa da zero

C) è gaussiano con la stessa media, ma con varianza diversa

D) i dati non sono sufficienti per calcolare la varianza di $y(t)$

Esercizio 22. Il segnale

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \mathrm{e}^{-\frac{2|t-kT|}{T}}$$

viene filtrato con un passabasso ideale la cui funzione di trasferimento vale 1 per $|f| < B = \frac{3}{2T}$ e 0 altrove. La potenza del segnale in uscita dal filtro vale:

A) $\frac{1}{(1+\pi^2)^2} + 2$

B) altro

C) 0

D) $\frac{2}{(1+\pi^2)^2}$

E) $\frac{2}{(1+\pi^2)^2} + 1$

Esercizio 23. Un processo casuale $x(t)$ WSS con $R_x(\tau) = \mathrm{e}^{-2|\tau|}$, è posto in ingresso ad un sistema LTI con $h(t) = \mathrm{e}^{-2t/T}u(t)$. Sia $y(t)$ l'uscita del sistema LTI. Quanto vale la varianza di $y(7T)$?

A) nessuno dei valori dati nelle altre risposte

B) $\frac{T^2}{4(T+1)}$

C) $\frac{T^2}{4T+1}$

D) ∞

Esercizio 24. Un rumore gaussiano bianco $n(t)$ con $S_n(f) = N_0/2$ è posto in ingresso ad un sistema LTI la

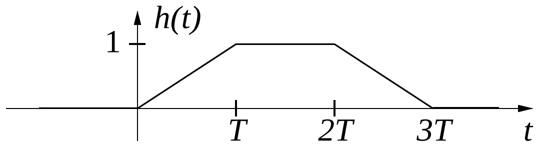


Figure 3: Risposta all'impulso del sistema LTI

cui risposta all'impulso $h(t)$ è $h(t) = sin(\pi t/T)p_{3T}(t - 3T/2)$, dove $p_x(y)$ vale 1 per $|y| < x/2$ e 0 altrove. Sia $y(t)$ l'uscita del sistema LTI. Quanto vale il coefficiente di correlazione tra $y(t_1)$ e $y(t_2)$, con $t_1 = 5T$ e $t_2 = 9T$?

A) +2

B) +0.5

C) 0

D) -0.5

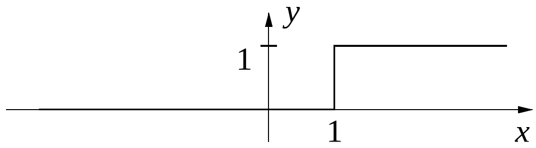


Figure 4: Sistema non lineare

Esercizio 25. Un processo casuale $x(t)$ WSS ha una densità di probabilità del primo ordine uniforme nell'intervallo $(-A,+A)$ e varianza $\sigma_x^2 = 1$. Il processo è posto all'ingresso del sistema non lineare indicato nella figura 4, producendo in uscita il processo $y(t)$.

A) $y(t)$ ha ancora una densità di probabilità del primo ordine uniforme, ma $\sigma_y^2 < \sigma_x^2$.

B) $y(t)$ è una costante.

C) $y(t)$ è un processo discreto a due valori.

Esercizio 26. Si consideri un processo casuale $N(t)$ gaussiano bianco all'ingresso di un sistema LTI, la cui risposta all'impulso $h(t)$ è nulla al di fuori dell'intervallo $(0,T)$ e vale $(T-t)^2$ nell'intervallo $(0,T)$. L'uscita del sistema, $Y(t)$, viene campionata nei due istanti t_1 e t_2. Le due variabili casuali che si ottengono vengono sommate producendo la variabile casuale $Z = 2Y(t_1) - Y(t_2)$. La varianza di Z

A) è minima se $t_1 = t_2$.

B) è minima se $|t_1 - t_2| < T$.

C) non dipende da t_1 e t_2, perché $Y(t)$ è un processo WSS.

D) è minima se $|t_1 - t_2| > T/2$.

E) è minima se $|t_1 - t_2| > T$.

Esercizio 27. Un rumore gaussiano bianco, con densità spettrale di potenza pari a $N_0/2$, stazionario a media nulla $N(t)$ è posto all'ingresso di un sistema LTI con risposta all'impulso $h_1(t)$. Il processo che si ottiene in uscita $Y(t)$ viene posto all'ingresso di un altro sistema LTI con risposta all'impulso $h_2(t)$, producendo in uscita il processo $Z(t)$.
$h_1(t)$ e $h_2(t)$ sono due impulsi rettangolari di durata T e ampiezza unitaria, non nulli nell'intervallo $(0,T)$.
Si consideri il valore atteso $E\{Z(t)Y(t)\}$. Dire quale delle seguenti affermazioni è corretta.

A) nessuna delle affermazioni è corretta

B) $E\{Z(t)Y(t)\} = T^2N_0/2$

C) $E\{Z(t)Y(t)\} = N_0Th_2(t)/2$

D) $E\{Z(t)Y(t)\} = N_0T^2/4$

Esercizio 28. E' dato il processo casuale $y(t) = x(t)\xi$, dove $x(t)$ è un processo casuale a valor medio nullo ergodico e stazionario in senso stretto, e ξ è una variabile casuale gaussiana, statisticamente indipendente da $x(t)$, a valor medio nullo e varianza pari a 4.5. Tale processo è

A) non ergodico né per la media né per l'autocorrelazione

B) ergodico per la media e per l'autocorrelazione

C) ergodico per la media ma non per l'autocorrelazione

Esercizio 29. Si consideri il processo casuale $x(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \alpha_i r(t - i\tau)$, dove le α_i sono variabili casuali binarie che possono assumere in modo equiprobabile i valori -1 e $+1$ e $r(t)$ vale 1 per $0 \le t < \tau/2$, -1 per $\tau/2 \le t < \tau$, e 0 altrove. Sia $y(t) = |x(t)|$. Si calcolino le seguenti medie temporali

$$M_t^{(x)} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} x(t;s_0)\,dt \qquad M_t^{(y)} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} y(t;s_0)\,dt$$

su di una realizzazione dei processi $x(t)$ e $y(t)$, e le seguenti medie di insieme

$$M_s^{(x)} = E\{x(t_0)\} \qquad M_s^{(y)} = E\{y(t_0)\}$$

ad un generico istante di tempo t_0. Quale delle seguenti affermazioni è vera?

A) $M_t^{(x)} \neq M_s^{(x)}$ e $M_t^{(y)} \neq M_s^{(y)}$, $\forall (s_0, t_0)$

B) $M_t^{(x)} \neq M_s^{(x)}$ e $M_t^{(y)} = M_s^{(y)}$, $\forall (s_0, t_0)$

C) $M_t^{(x)} = M_s^{(x)}$ e $M_t^{(y)} \neq M_s^{(y)}$, $\forall (s_0, t_0)$

D) $M_t^{(x)} = M_s^{(x)}$ e $M_t^{(y)} = M_s^{(y)}$, $\forall (s_0, t_0)$

Esercizio 30. Un processo casuale $n(t)$ WSS ha una densità di probabilità del prim'ordine uniforme

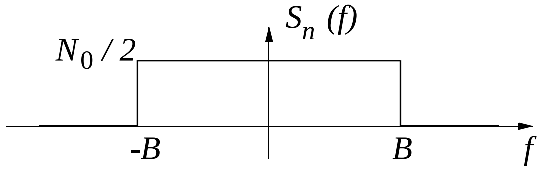


Figure 5: Spettro di tipo passa basso

nell'intervallo $(-A, +A)$ e spettro di potenza uniforme come indicato nella figura 5. Quale delle relazioni che seguono è vera?

A) A, N_0 e B sono tre parametri indipendenti

B) A^2 dipende da N_0 e B, ma con una relazione diversa dalle altre risposte

C) $A^2 < N_0 B$

D) $A^2 = 3N_0 B$

Esercizio 31. Si consideri lo schema di trasmissione di dati binari mostrato nella figura 6, dove le α_i sono

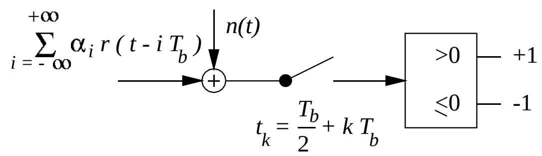


Figure 6: Sistema di trasmissione di dati binari

variabili casuali che assumono con uguale probabilità i valori ± 1, $r(t)$ è un impulso rettangolare causale di durata T_b e ampiezza A e $n(t)$ è un rumore gaussiano indipendente dalle α_i con densità spettrale di potenza $S_n(f)$ del tipo illustrato nella figura 7.

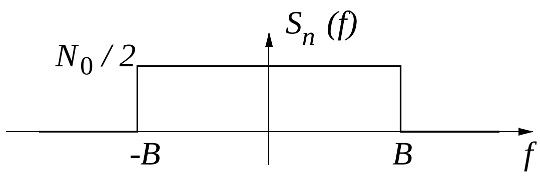


Figure 7: Spettro del rumore

La probabilità di errore del sistema

A) non è esprimibile in funzione del rapporto $A/\sqrt{B}$

B) diminuisce all'aumentare del rapporto $A/\sqrt{B}$

C) aumenta all'aumentare del rapporto $A/\sqrt{B}$

Esercizio 32. Si consideri un processo casuale $x(t)$ del tipo

$$x(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \alpha_i r(t - iT_b) + n(t)$$

dove le α_i sono variabili casuali che assumono con uguale probabilità i valori 1 e 0, $r(t)$ è un impulso rettangolare causale di durata T_b e ampiezza unitaria e $n(t)$ è un rumore gaussiano con densità spettrale di potenza $S_n(f)$ del tipo illustrato nella figura 8.

Il valore medio di $x(T_b/2)$

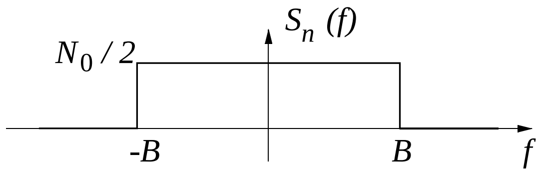


Figure 8: Spettro del rumore

A) vale 0

B) vale 1/2

C) vale 1

Esercizio 33. Si consideri lo schema di trasmissione di dati binari mostrato in figura 9. Il segnale che

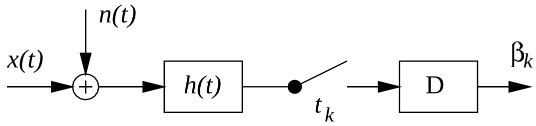


Figure 9: Sistema di trasmissione di dati binari

trasporta l'informazione binaria è del tipo

$$x(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \alpha_i r(t - iT_b)$$

dove le α_i sono le variabili casuali che assumono con uguale probabilità i valori ± 1, e $r(t)$ è un impulso rettangolare causale di durata T_b e ampiezza A. $n(t)$ è un rumore gaussiano bianco indipendente dalle α_i con densità spettrale di potenza $S_n(f) = N_0/2$. $h(t)$ è un impulso rettangolare causale di durata T_b e ampiezza unitaria. Gli istanti di lettura t_k sono del tipo $t_k = \gamma T_b + kT_b$. Il decisore D produce in uscita una variabile casuale β_k con la regola: $\beta_k = 1$ quando la variabile in ingresso al decisore è positiva, $\beta_k = -1$ quando la variabile in ingresso al decisore è negativa o nulla.

La probabilià di errore del sistema è

A) costante per valori di γ compresi nell'intervallo (0,1)

B) minima se $\gamma = 1/2$

C) minima se $\gamma = 1$