
Corso di Fondamenti di Segnali e Trasmissione

Allievi Ingegneri Informatici - sede di Cremona

I appello – 21 luglio 2005

Esercizio 1

Si consideri il filtro lineare tempo-invariante con risposta all'impulso:

$$h(t) = A e^{-at} u(t)$$

dove $a > 0$, e $u(t)$ è la funzione a scalino:

$$u(t) = \begin{cases} 0 & \forall t < 0 \\ 1 & \forall t \geq 0 \end{cases}$$

- a) Disegnare la risposta all'impulso $h(t)$. Indicare nel grafico l'effetto del parametro a .
- b) Calcolare energia e potenza di $h(t)$.
- c) Calcolare (mediante la definizione) la risposta in frequenza del sistema, e disegnarne modulo e fase. Indicare nel grafico l'effetto del parametro a .
- d-fac) Per piccoli valori di frequenza ($f \ll a$) come si possono approssimare $|H(f)|$ e $\angle H(f)$? E per frequenze molto alte? Di che tipo di filtro si tratta (approssimativamente)?
- e) Sia $x(t) = B \cos(2\pi f_1 t) + B \sin(2\pi f_2 t)$ l'ingresso del filtro LTI, con $f_1 = 0.01a$, $f_2 = 100a$. Determinare l'uscita $y(t)$ (ignorare contributi trascurabili). Di che tipo di filtro si tratta (approssimativamente)?
- fac) Per $a \rightarrow 0$, a cosa tendono $h(t)$ e $H(f)$? Di che tipo di dispositivo si tratta?
(suggerimento: ricavare $X(f)$ in funzione di $Y(f)$ per capire che relazione c'è tra ingresso $x(t)$ e uscita $y(t)$...)

Esercizio 2

Si vuole installare un collegamento a 60 kb/s in banda base, su cavo di banda $B_c = 10$ kHz. Scegliere un sistema di modulazione, ed un mapping adatto. Quali saranno ritmo e tempo di simbolo? Determinare il rapporto E_b/N_0 che occorre al ricevitore per avere una probabilità d'errore sul bit non superiore a 10^{-8} .

Esercizio 3

Spiegare che cosa si intende per "accesso multiplo a canale comune" e illustrare quali sono le tecniche che conoscete per risolvere tale problema.

Soluzioni

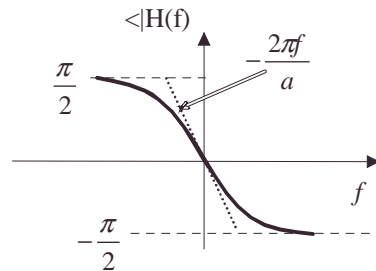
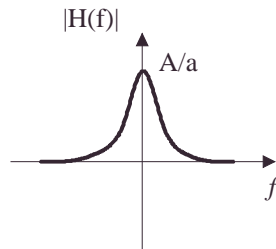
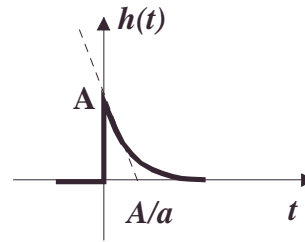
Esercizio 1

b) $E = \frac{A^2}{2a}, P = 0$

c)

$$H(f) = \mathcal{F}[h(t)] = A \int_0^{+\infty} e^{-at} e^{-j2\pi ft} dt = \frac{A}{a + j2\pi f}$$

$$|H(f)| = \frac{A}{\sqrt{a^2 + (2\pi f)^2}}, \quad \angle H(f) = -\arctan\left(\frac{2\pi f}{a}\right)$$



d-fac)

$$f \ll a \Rightarrow |H(f)| \approx \frac{A}{a}, \quad \angle H(f) = -\frac{2\pi f}{a}$$

$$f \rightarrow \infty \Rightarrow |H(f)| \rightarrow 0$$

Si tratta di un filtro passa basso: taglia le alte frequenze, e non distorce le basse (modulo costante, fase lineare)

e) $y(t) = B|H(f_1)|\cos(2\pi f_1 t + \angle H(f_1)) + B|H(f_2)|\sin(2\pi f_2 t + \angle H(f_2)) \cong \frac{AB}{a} \cos(2\pi f_1 t)$ (Filtro passa basso)

fac) $h(t) \rightarrow Au(t), H(f) \rightarrow \frac{A}{j2\pi f} \Rightarrow X(f) = \frac{j2\pi f}{A} Y(f)$

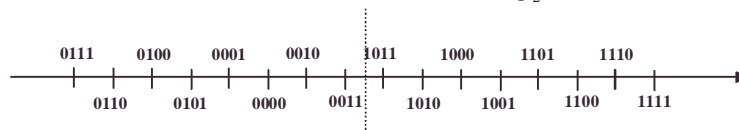
cioè l'ingresso è proporzionale alla derivata dell'uscita, vale a dire che il sistema tende a diventare un integratore.

Esercizio 2

Occorre una modulazione M-PAM (banda base) con $B_{\min} = \frac{R_b}{2 \log_2 M} = \frac{60}{2 \log_2 M} \text{ kHz} < B_c = 10 \text{ kHz} \Rightarrow M = 16$

16-PAM: $B = \frac{R_b}{8}(1 + \alpha) = 10 \text{ kHz} \Rightarrow \alpha = 30\%$, sufficiente. $R_s = \frac{R_b}{\log_2 M} = 15 \text{ kbaud}, T_s = \frac{1}{R_s} = 67 \mu\text{s}$

Mapping di Gray:



Un 16-PAM perde rispetto al 2-PAM un fattore $85/4 = 13.2 \text{ dB}$:

$$2\text{PAM} : P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) = 10^{-8} \Leftrightarrow \frac{E_b}{N_0} = 12 \text{ dB} \Rightarrow 16\text{PAM} : \frac{E_b}{N_0} \geq 12 + 13.2 = 25.2 \text{ dB}$$

Esercizio 3

E' il problema che nasce quando diversi utenti devono spartirsi l'utilizzo di un unico canale di comunicazione. Con segnali numerici si può risolvere in tre modi: accesso a divisione di tempo (TDMA), di frequenza (FDMA) o di codice (CDMA), o una combinazione di questi... (vedi lucidi).