

# Corso di Fondamenti di Segnali e Trasmissione

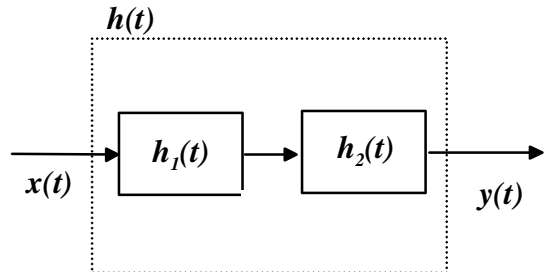
Allievi Ingegneri Informatici - sede di Cremona

I appello – 20 luglio 2009

## Esercizio 1

Un dispositivo LTI è costituito dalla cascata di due filtri LTI rappresentata in figura, con risposte all'impulso:

$$h_1(t) = -\frac{1}{T} \text{rect}\left(\frac{t-T/2}{T}\right), \quad h_2(t) = \frac{1}{T} \text{rect}\left(\frac{t-T}{2T}\right)$$



- Disegnare  $h_1(t)$  e  $h_2(t)$ . Sono filtri causali?
- Determinare la risposta all'impulso complessiva  $h(t)$  e disegnarla. E' causale? Determinarne l'energia.
- Determinarne la risposta in frequenza  $H(f)$  del filtro complessivo. Tracciare approssimativamente il grafico del modulo di  $H(f)$ .
- Sia  $x(t) = 2 + \sin(2\pi t/T)$  all'ingresso del filtro  $h(t)$ . Determinare l'uscita  $y(t)$  e calcolarne la potenza  $P_y$ .
- Sia  $x(t) = -2\delta(t-T)$  all'ingresso del filtro  $h(t)$ . Determinare l'uscita  $y(t)$ , tracciarne l'andamento e calcolarne l'energia  $E_y$ .
- Sia  $n(t)$  un processo casuale gaussiano bianco con  $S_N(f) = A$  all'ingresso del filtro  $h(t)$ . Determinare le caratteristiche dell'uscita  $y(t)$  che è possibile prevedere, e calcolarne la potenza  $P_y$ .

## Esercizio 2

In una memoria a semiconduttore, si memorizzano i bit usando due livelli antipodali di tensione. La lettura è disturbata da diversi fattori il cui effetto complessivo è assimilabile a quello di un rumore additivo gaussiano bianco la cui densità spettrale di potenza  $N_0/2$  viene misurata. Le operazioni di lettura e scrittura sono quindi modellizzabili come operazioni di trasmissione e ricezione attraverso canale AWGN con modulazione 2PAM di forme d'onda  $g(t)$  di energia  $E_g$  e rapporto segnale rumore  $E_g/N_0 = 9.5$  dB.

- Determinare la probabilità d'errore in lettura  $p$  per il singolo bit.
- Le specifiche del dispositivo richiedono una  $P_b \leq 10^{-12}$  e per raggiungere tale scopo si decide di memorizzare i bit dopo averli codificati tramite un BCH. Scegliere dalla tabella un codice adatto allo scopo, tenendo presente che in questa applicazione non ci sono vincoli di banda ma, più è basso il *rate* del codice, maggiore è il numero di bit di parità che occorre memorizzare togliendo spazio ai bit d'informazione.

### Parametri dei principali codici BCH

N	K	d	t
15	11	3	1
	7	5	2
	5	7	3
31	26	3	1
	21	5	2
	16	7	3
	11	11	5

N	K	d	t
63	57	3	1
	51	5	2
	45	7	3
	39	9	4
	36	11	5
	...		

N	K	d	t
127	120	3	1
	113	5	2
	106	7	3
	99	9	4
	92	11	5
	...		

## Soluzioni

### Esercizio 1

a) Filtri causali

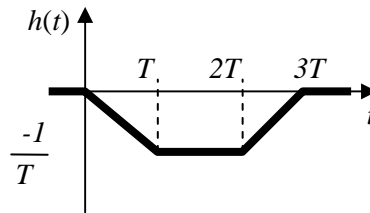
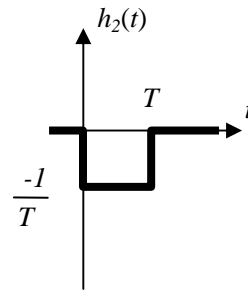
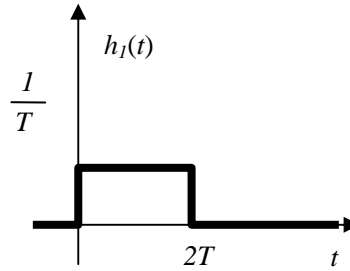
b)  $h(t) = h_1(t) * h_2(t)$ ,  $E_h = 5/3T$

c)  $H(f) = H_1(f)H_2(f) = -2 \operatorname{sinc}(fT) \operatorname{sinc}(2fT) e^{-j3\pi fT}$

d)  $H(0) = -2$ ,  $H(1/T) = 0 \Rightarrow y(t) = -4$ ,  $P_y = 16$

e)  $y(t) = -2h(t-T)$

f)  $y$  processo gaussiano con  $S_y(f) = A|H(f)|^2$ ,  $P_y = \frac{5A}{3T}$



### Esercizio 2

a)  $p = Q\left(\sqrt{\frac{2E_g}{N_0}}\right) \Big|_{\frac{E_g}{N_0}=9.5dB} \cong 10^{-5}$

b) Conviene scegliere il massimo  $N$  a disposizione ed il massimo  $R$  che soddisfi la specifica. Con  $N=127$  e

$P_b = \frac{N^t}{(t+1)!} p^{t+1}$  occorre almeno  $t=3$ : con un BCH(127,106),  $P_b \cong 4 \cdot 10^{-16}$  e circa il 20% della capacità va usata per i bit di parità.