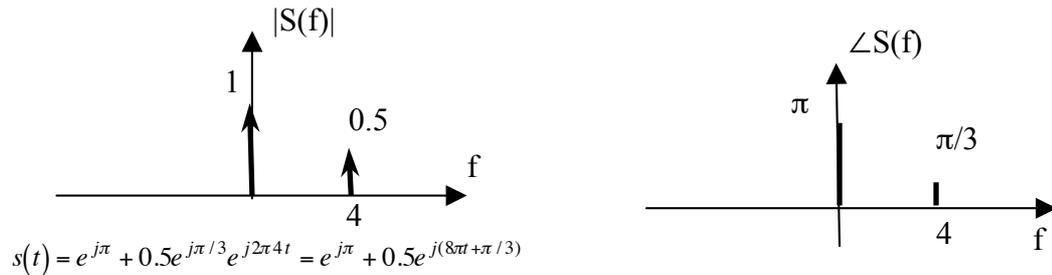


Per la soluzione delle domande in grigio chiaro si rimanda al libro di testo e al materiale didattico. Per chiarimenti si prega di contattare il docente.

**Esercizio 1.** Descrivere i parametri che determinano il contenuto informativo delle bioimmagini. Descrivere uno schema di principio per la loro misura. Fornire esempi di bioimmagini ottenute con metodiche differenti.

**Esercizio 2** Discutere l'ambito di applicazione della Trasformata Continua di Fourier (TCF) e di come questa possa essere utilizzata per descrivere segnali a potenza media finita.

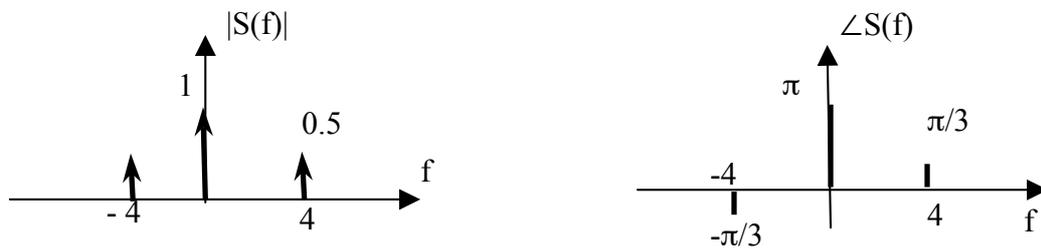
Specificare il significato temporale delle alte e delle basse frequenze e individuando sull'asse frequenziale la loro posizione. Determinare l'andamento temporale del segnale  $s(t)$  la cui Trasformata Continua di Fourier è descritta dai grafici modulo e fase seguenti.



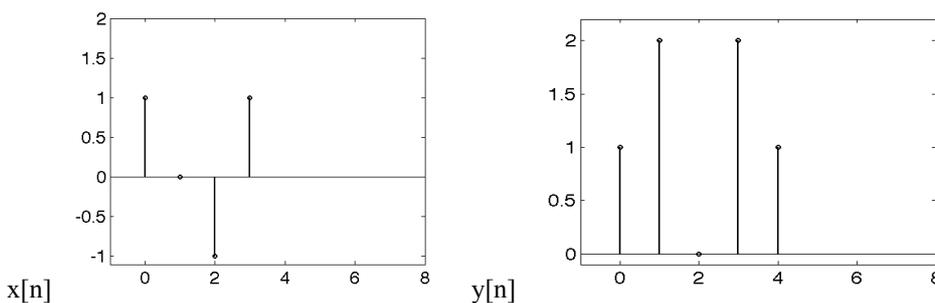
Dire se il segnale possiede una parte immaginaria e, in caso affermativo, aggiungere componenti frequenziali opportune in modo da rendere il segnale  $s(t)$  reale. Fare il grafico modulo e fase della TCF di tale segnale.

la parte immaginaria è  $j0.5\sin(8\pi t + \pi/3)$ . Per annullare la parte immaginaria bisogna aggiungere il fasore

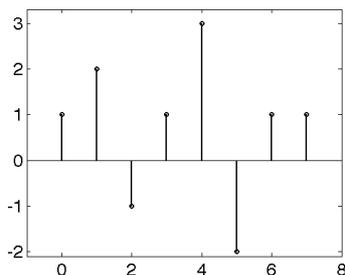
$$s1(t) = 0.5e^{-j(8\pi t + \pi/3)}$$



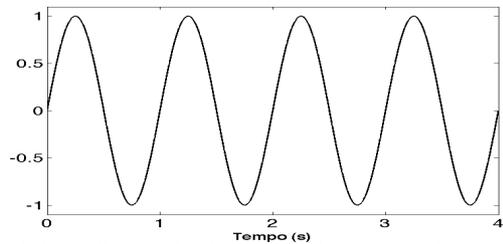
**Esercizio 3** Si considerino le sequenze nelle seguenti figure



I. Dire quale tra le seguenti è la convoluzione tra  $x[n]$  e  $y[n]$



Si consideri il segnale periodico in figura  
(viene visualizzata una finestra di 4 secondi)



Se volessimo campionare correttamente il segnale qual è il numero minimo di campioni al secondo necessario?

2 campioni/s

*il segnale è una sinusoida di frequenza 1 Hz*

Dato un segnale  $s(t)$  reale di tipo passa basso con frequenza massima pari a 2 kHz, si consideri il segnale  $s_1(t) = s(t)e^{j2\pi f_0 t}$ , con  $f_0 = 6\text{kHz}$ . Quale è la banda occupata dal segnale  $s_1(t)$ ?

[4:8] kHz

*il segnale è reale quindi possiede una simmetria dello spettro rispetto a  $f=0$  per cui le frequenze del segnale vanno da -2 a 2 kHz. Utilizzando il teorema della modulazione o della traslazione in frequenza si trova il risultato richiesto.*

Quale delle seguenti frasi, relative alla Trasformata di Fourier (TF) di una sequenza, è falsa?

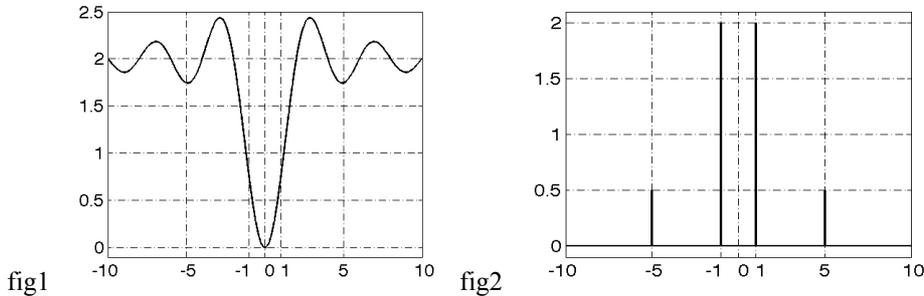
- A.  la TF di una sequenza è periodica in  $f$       B.  la Trasformata di Fourier di una sequenza è discreta in  $f$   
C.  la TF di una sequenza può essere stimata per alcuni valori di  $f$  con l'algoritmo fft      D.  la TF di una sequenza è continua in  $f$

*Da notare la differenza tra Trasformata di Fourier di una sequenza e Trasformata Discreta di Fourier*

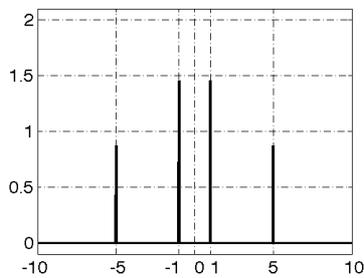
**Esercizio 4.** Dare la definizione di risposta impulsiva per un sistema lineare tempo invariante e indicare come da questa sia possibile ricavarne la risposta in frequenza. Definire le autofunzioni di un sistema lineare tempo invariante e come queste possano essere usate per ricavare la risposta in frequenza del sistema. Discutere il significato della fase della risposta in frequenza.

**Esercizio 5.** Fornire la definizione di processo stocastico; dire cosa si ottiene se osserviamo il processo ad un istante e in due istanti. Dare la definizione e fornire esempi di statistiche del primo e del secondo ordine del processo. Discutere le proprietà dei processi stazionari in senso lato.

**Esercizio 6.** Dato il filtro passa alto  $h[n]$ , con modulo della risposta in frequenza in figura 1 e il segnale  $x[n]$  il cui modulo della trasformata è mostrato in fig 2



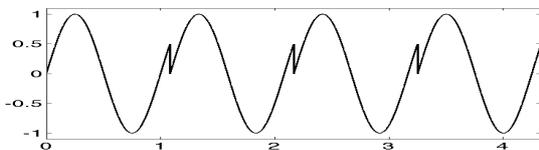
Si indichi quali tra le seguenti figure rappresenta il modulo della trasformata del segnale ottenuto in uscita dal filtro quando in ingresso è presente  $x[n]$



Si consideri la progettazione di un filtro FIR col metodo delle finestre. Quale vantaggio comporta a parità di ordine del filtro, l'utilizzo della finestra di Hanning in confronto all'utilizzo della finestra rettangolare?

- A.  permette una aumento dei lobi laterali delle risposta in frequenza
- B.  diminuisce la larghezza del lobo principale della risposta in frequenza
- C.  migliora la selettività del filtro
- D.  aumenta il rapporto tra l'altezza del lobo principale e l'altezza dei lobi laterali

Dato il segnale in figura di periodo di poco superiore a 1 s (1.08 s), si indichi quale dei seguenti filtri dovrebbe essere usato per esaltare la discontinuità presente ?



filtro passa alto con frequenza di taglio superiore a 1 Hz

*Dobbiamo essere sicuri di eliminare l'oscillazione più lenta che in frequenza si trova circa ad 1 Hz. Vista la possibile ambiguità della risposta è stata considerata anche la risposta filtro passa alto con frequenza di taglio pari a 1 Hz che se il filtro fosse ideale potrebbe fornire un risultato accettabile.*

Si consideri la seguente equazione alle differenze che descrive un sistema tempo discreto,  $y[n]=x[n]+0.7*x[n-1]$ . Quale di questi sistemi è descrivibile da tale equazione:

Filtro FIR di tipo passa basso

*Il comportamento del filtro si può ricavare dalla posizione dei poli e degli zeri della TZ sul piano di Gauss.*

$Y[z] = X[z] + 0.7z^{-1}X[z]$  da cui  $H[z] = 1 + 0.7z^{-1} = \frac{z + 0.7}{z}$ . Si nota che è un filtro FIR (l'unico polo è nell'origine) e uno zero in  $z = -0.7$ . Quindi il comportamento è di tipo passa basso.

Si poteva anche notare direttamente dall'equazione  $y[n] = x[n] + 0.7x[n-1]$  che il sistema in uscita riporta la somma pesata del campione attuale e di quello precedente, in modo simile ad un sistema media mobile (e quindi passa basso). L'assenza di ricorsività nella equazione alle differenze indica chiaramente che si tratta di un filtro FIR.

**Esercizio 7.** Si consideri il modello di regressione lineare che lega una variabile dipendente  $y$  ad una indipendente  $x$ .

quale affermazione è sempre vera

- A.  per ogni valore della variabile indipendente, la variabile dipendente corrispondente appartiene ad una retta
- B.  la variabile indipendente è distribuita secondo una gaussiana
- C.  a parità di altri parametri del modello, il coefficiente di correlazione tra variabile indipendente e dipendente aumenta al diminuire della deviazione standard dell'errore del modello di regressione
- D.  a parità di altri parametri del modello, il coefficiente di correlazione tra variabile indipendente e dipendente aumenta al diminuire del valore medio dell'errore del modello di regressione

I. Considerando  $e_i$  l'errore della misura  $i$ -esima rispetto al modello, i parametri della regressione sono tali da minimizzare

- A.   $\sum_i e_i$
- B.   $\sum_i |e_i|$
- C.   $\left(\sum_i |e_i|\right)^2$
- D.   $\sum_i e_i^2$

II. Dire quali tra i seguenti scatter plot dei dati (ogni punto rappresenta una coppia di valori  $(x,y)$ ) è relativo a variabili più fortemente correlate tra loro. Le scale sono le medesime per le diverse figure.



- A.
- B.
- C.
- D.

III. Si supponga che l'errore abbia una deviazione standard pari a 3 e che il numero di campioni di  $y$  e  $x$  sia pari a 2000. Nel caso si volessero determinare a priori gli estremi degli intervalli per la creazione dell'istogramma dell'errore, dire quali tra le seguenti è la coppia di valori migliore.

- A.  -9 e 9
- B.  0 e 6
- C.  -3 e 3
- D.  0 e 2000

Data una distribuzione gaussiana con valore medio  $m1$  e deviazione standard  $s1$  la probabilità che un valore estratto da tale distribuzione appartenga all'intervallo  $[m1-3s1:m1+3s1]$  è pari a 0.9974. Quindi con tale intervallo potremmo ragionevolmente rappresentare l'andamento della distribuzione con un basso errore. Si fa notare che è pari allo 0.6826 se consideriamo l'intervallo  $[m1-s1:m1+s1]$