

Corso di Elaborazione numerica dei segnali
Anno accademico 2002/2003.
Prof. Pasquale Daponte

Esercitazione n°2
Analisi nel dominio della frequenza.

1) Calcolare e visualizzare l'FFT di un segnale.

La funzione:

```
fft(x)
```

di MATLAB calcola la DFT del vettore x utilizzando l'algoritmo fft.

La sintassi:

```
fft(x, N)
```

calcola la FFT su N punti, aggiungendo zeri se x ha meno di N punti, e troncando se ne ha di più.

Il seguente script calcola e visualizza la FFT di un segnale composto da due sinusoidi rispettivamente a 1000 e 1500 Hz.

```
t=0:(0.2e-3):63*0.2e-3; % vettore dei tempi
s1=4*cos(2*pi*1000*t+0.2*pi); % generazione del segnale x dato
s2=1.5*cos(2*pi*1500*t); % dalla somma di due sinusoidi
x=s1+s2;
X=abs(fft(x,256)); % calcolo dell'FFT su 256 punti
f=linspace(0,1/0.2e-3,256); % vettore delle frequenze
plot(f,X);
xlabel('Frequenza [Hz]');
ylabel('Ampiezza');
```

Il risultato è mostrato in figura 1.

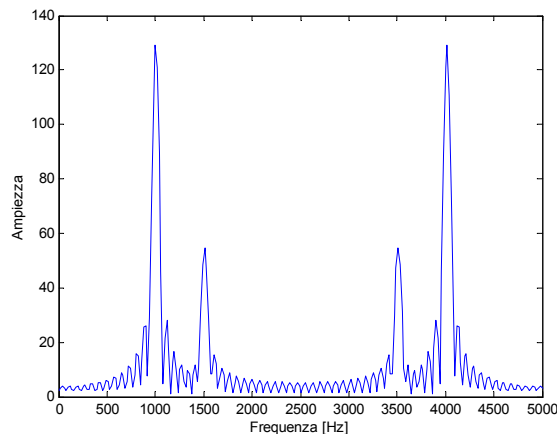


Figura 1 - FFT di un segnale.

2) Uso delle finestre.

Per limitare la dispersione spettrale si può sagomare il vettore contenente il segnale moltiplicandolo elemento per elemento con una funzione finestra.

Il seguente script calcola la fft di un segnale composto da due sinusoidi, utilizzando una finestra di Hanning e visualizza l'andamento della finestra, sia nel dominio del tempo che della frequenza.

```
t=0:(0.2e-3):255*0.2e-3;           % vettore dei tempi
s1=4*cos(2*pi*1000*t+0.2*pi);      % generazione di un segnale x
s2=1.5*cos(2*pi*1500*t);          % dato dalla somma di due
x=s1+s2;                           % sinusoidi
figure;
n=0:63;
w=0.5-0.5*cos(2*pi*n/63);         % finestra di Hanning
wv=[w zeros(1,length(t)-64)];

subplot(1,2,1);
plot(w);
axis([1 64 0 1]);
xlabel('Campioni');
ylabel('Ampiezza');
title('Finestra di Hanning - tempo')

fn=linspace(0,pi,128);
W=abs(fft(w,256));
subplot(1,2,2);
plot(fn,20*log10(W(1:128)));
axis([0 pi -120 40]);
xlabel('Frequenza discreta [rad]');
ylabel('Ampiezza [dB]');
title('Finestra di Hanning - frequenza')

xf=x.*wv;
X=abs(fft(xf));                    % calcolo dell'FFT su 256 punti
f=linspace(0,1/0.2e-3,256);       % vettore delle frequenze
figure;
plot(f,X);
xlabel('Frequenza [Hz]');
ylabel('Ampiezza');
```

In figura 2 è mostrata la fft del segnale finestrato.

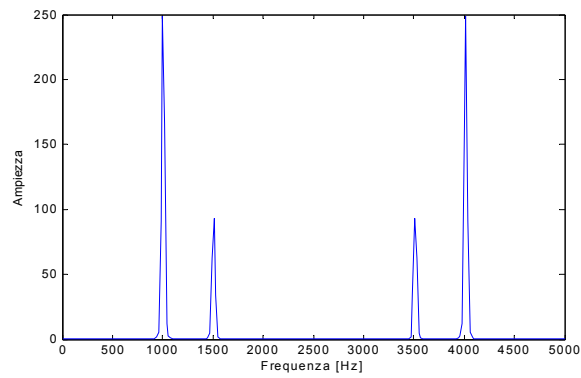


Figura 2 - FFT del segnale finestrato.

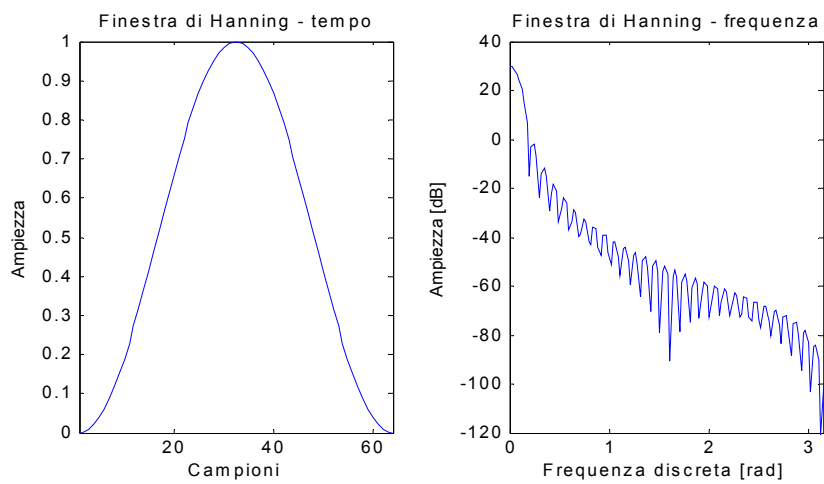


Figura 3 - Andamento della finestra di Hanning nel dominio del tempo e della frequenza.



Verifica – Calcolare la FFT dello stesso segnale utilizzando differenti finestre e di differente lunghezza. Di seguito sono indicate le espressioni delle finestre maggiormente utilizzate. Visualizzare, inoltre, l'andamento di ciascuna finestra nel dominio del tempo e della frequenza.

Finestra di Blackman:

$$w[k+1] = 0.42 - 0.5 \cos\left(2\pi \frac{k}{n-1}\right) + 0.08 \cos\left(4\pi \frac{k}{n-1}\right), \quad k = 0, \dots, n-1$$

Finestra di Bartlett:

$$\text{n dispari:} \quad w[k+1] = \begin{cases} \frac{2k}{n-1}, & 0 \leq k \leq \frac{n-1}{2} \\ 2 - \frac{2(k)}{n-1}, & \frac{n-1}{2} \leq k \leq n-1 \end{cases}$$

$$\text{n pari:} \quad w[k+1] = \begin{cases} \frac{2(k)}{n-1}, & 0 \leq k \leq \frac{n}{2} - 1 \\ \frac{2(n-k-1)}{n-1}, & \frac{n}{2} \leq k \leq n-1 \end{cases}$$

Finestra di Hamming:

$$w[k+1] = 0.54 - 0.46 \cos\left(2\pi \frac{k}{n-1}\right), \quad k = 0, \dots, n-1$$