

Giovedì 24 maggio 2007

ESERCITAZIONE DI LABORATORIO N. 3: ANALISI E PROGETTO DI FILTRI FIR (PARTE 1)

GRUPPO N. 1

COGNOME	NOME	FIRMA
Facondini	Angelo	
Urbini	Andrea	
Venturini	Francesco	

Esercizio 1: Analisi di filtri FIR

Il codice contenuto nel file es01.m:

```
%Esercizio 1
f = [0:1:5e4];
b = [1 1];
a = 1;
fs = 20e3;
H = freqz(b, a, f, fs);

%Grafici
subplot(311); plot(f,abs(H)); title('Modulo della FdT'); xlabel('Frequenza [Hz]');
ylabel('Ampiezza');
subplot(312); plot(f,20*log10(abs(H))); title('Modulo della FdT'); ylabel('[dB]');
xlabel('Frequenza [Hz]'); ylabel('Ampiezza');
subplot(313); plot(f,angle(H)); title('Fase della FdT'); xlabel('Frequenza [Hz]');
ylabel('Fase');
```

Il grafico delle ampiezze e delle fasi è il seguente:

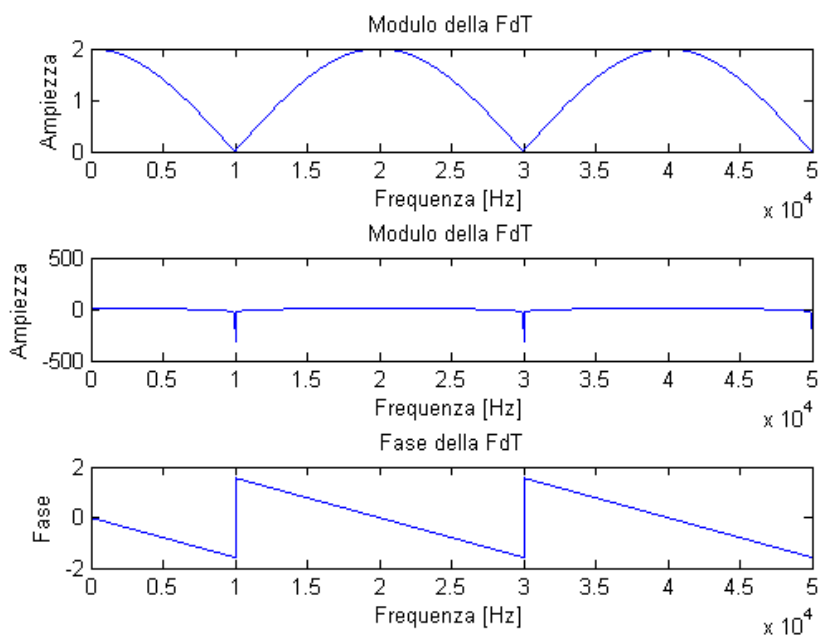


Figura 1

Esercizio 2: Filtraggio di segnali

Il codice è contenuto nel file es02.m:

```
x = load('segnale.dat');
fs = 20e3;
N = length(x);

%spettro di potenza in ingresso
Ix = (abs(fft(x(1:N))).^2)./(N*fs);
f = [0:fs/N:(N-1)*fs/N];
subplot(311); plot(f,Ix); title('Spettro di potenza in ingresso'); xlabel('Frequenza [Hz]'); ylabel('|Sx|');

%Filtraggio
b = [0.2 0.2 0.2 0.2 0.2];
a = 1;
y = filter(b,a,x);

%Funzione di trasferimento
H = freqz(b, a, f, fs);
subplot(312); plot(f,abs(H)); title('Modulo della FdT'); ylabel('|H|');
xlabel('Frequenza [Hz]');

%spettro di potenza in uscita
Iy = (abs(fft(y(1:N))).^2)./(N*fs);
subplot(313); plot(f,Iy); title('Spettro di potenza in uscita'); xlabel('Frequenza [Hz]'); ylabel('|Sy|');
```

I grafici contengono lo spettro del segnale in ingresso, la funzione di trasferimento del filtro e lo spettro dell'uscita del filtro:

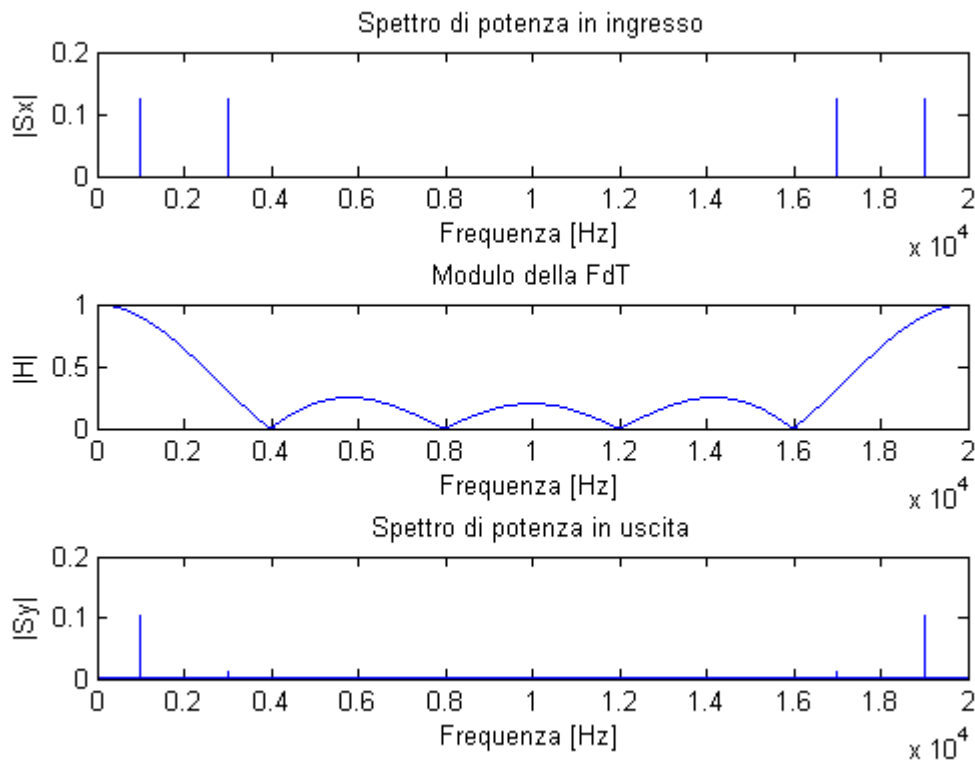


Figura 2

E' possibile osservare che l'ampiezza delle righe dello spettro di uscita coincide con il prodotto delle righe dello spettro del segnale di ingresso con il modulo al quadrato della funzione di trasferimento del filtro.

Esercizio 3: Studio delle diverse tipologie di finestre per la progettazione di filtri FIR

Il codice per la realizzazione dei grafici è contenuto nel file es03.m:

```
close all

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%RETTANGOLARE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
N=1280;
finestra=boxcar(N)'; % inserire le diverse tipologie di finestre
finestra=[finestra zeros(1,2^14)];
                % aumentando 'T' con gli zeri riduciamo
                % 'df' per avere una migliore risoluzione in freq.

T=length(finestra);
dt=1;
df=1/T;
spettro1=dt*fft(finestra);
spettro1 = 20*log10(abs(spettro1));
freq=[0:df:(T-1)*df]; % poiche' dt=1 ? allora le freq. sono normalizzate
stem(finestra(1:1500), 'y'); title('Finestra Boxcar'); xlabel('Campioni');
ylabel('Ampiezza');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%BARTLETT
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
finestra=bartlett(N)'; % inserire le diverse tipologie di finestre
finestra=[finestra zeros(1,2^14)];
                % aumentando 'T' con gli zeri riduciamo
                % 'df' per avere una migliore risoluzione in freq.

spettro2=dt*fft(finestra);
spettro2 = 20*log10(abs(spettro2));
figure;
stem(finestra(1:1500), 'm'); title('Finestra Bartlett'); xlabel('Campioni');
ylabel('Ampiezza');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%HANNING
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
finestra=hanning(N)'; % inserire le diverse tipologie di finestre
finestra=[finestra zeros(1,2^14)];
                % aumentando 'T' con gli zeri riduciamo
                % 'df' per avere una migliore risoluzione in freq.

spettro3=dt*fft(finestra);
spettro3 = 20*log10(abs(spettro3));
figure;
stem(finestra(1:1500), 'c'); title('Finestra Hanning'); xlabel('Campioni');
ylabel('Ampiezza');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%HAMMING
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
finestra=hamming(N)'; % inserire le diverse tipologie di finestre
finestra=[finestra zeros(1,2^14)];
                % aumentando 'T' con gli zeri riduciamo
                % 'df' per avere una migliore risoluzione in freq.

spettro4=dt*fft(finestra);
spettro4 = 20*log10(abs(spettro4));
figure;
stem(finestra(1:1500), 'r'); title('Finestra Hamming'); xlabel('Campioni');
ylabel('Ampiezza');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%BLACKMAN
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```

finestra=blackman(N)'; % inserire le diverse tipologie di finestre
finestra=[finestra zeros(1,2^14)];
                % aumentando 'T' con gli zeri riduciamo
                % 'df' per avere una migliore risoluzione in freq.
spettro5=dt*fft(finestra);
spettro5 = 20*log10(abs(spettro5));
figure;
stem(finestra(1:1500), 'g'); title('Finestra Blackman'); xlabel('Campioni');
ylabel('Ampiezza');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%KAISER
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
finestra=kaiser(N, 5)'; % inserire le diverse tipologie di finestre
finestra=[finestra zeros(1,2^14)];
                % aumentando 'T' con gli zeri riduciamo
                % 'df' per avere una migliore risoluzione in freq.
spettro6=dt*fft(finestra);
spettro6 = 20*log10(abs(spettro6));
figure;
stem(finestra(1:1500), 'b'); title('Finestra Kaiser'); xlabel('Campioni');
ylabel('Ampiezza');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% SPETTRI DELLE FINESTRE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure; plot(freq, spettro1, 'y', freq, spettro2, 'm', freq, spettro3, ...
            'c', freq, spettro4, 'r', freq, spettro5, 'g', freq, spettro6, 'b');
title('Spettro delle finestre');
xlabel('Frequenza [Hz]');
ylabel('Ampiezza [dB]');

```

Le prossime pagine della relazione contengono il profilo delle finestre:

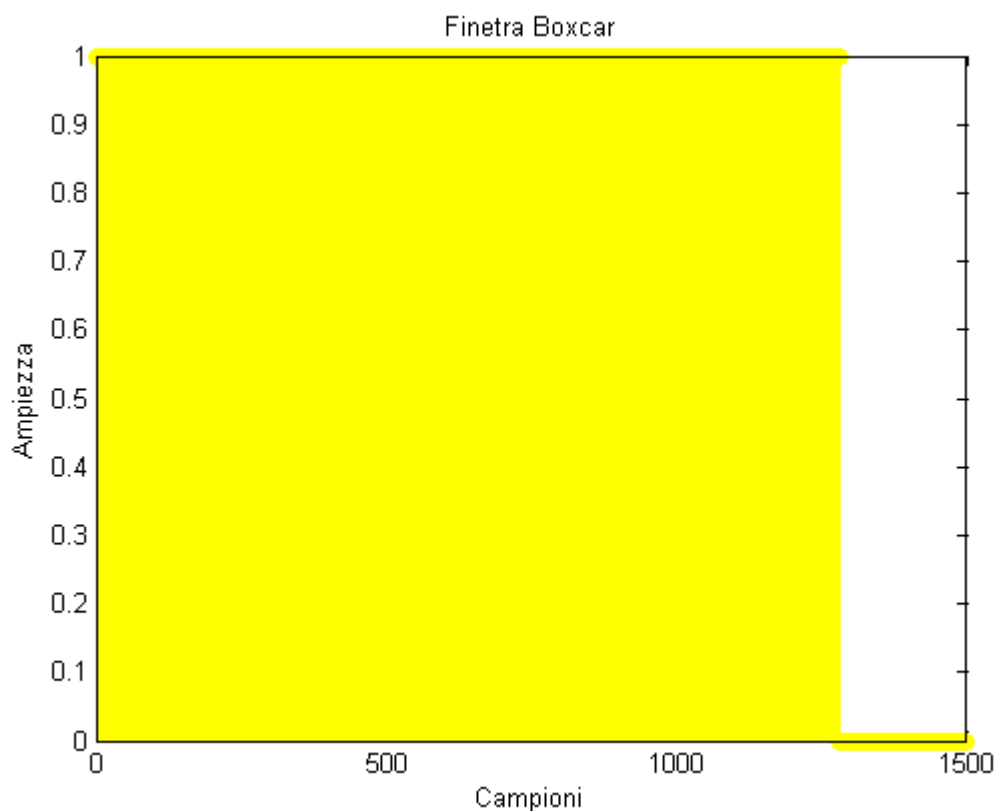


Figura 3

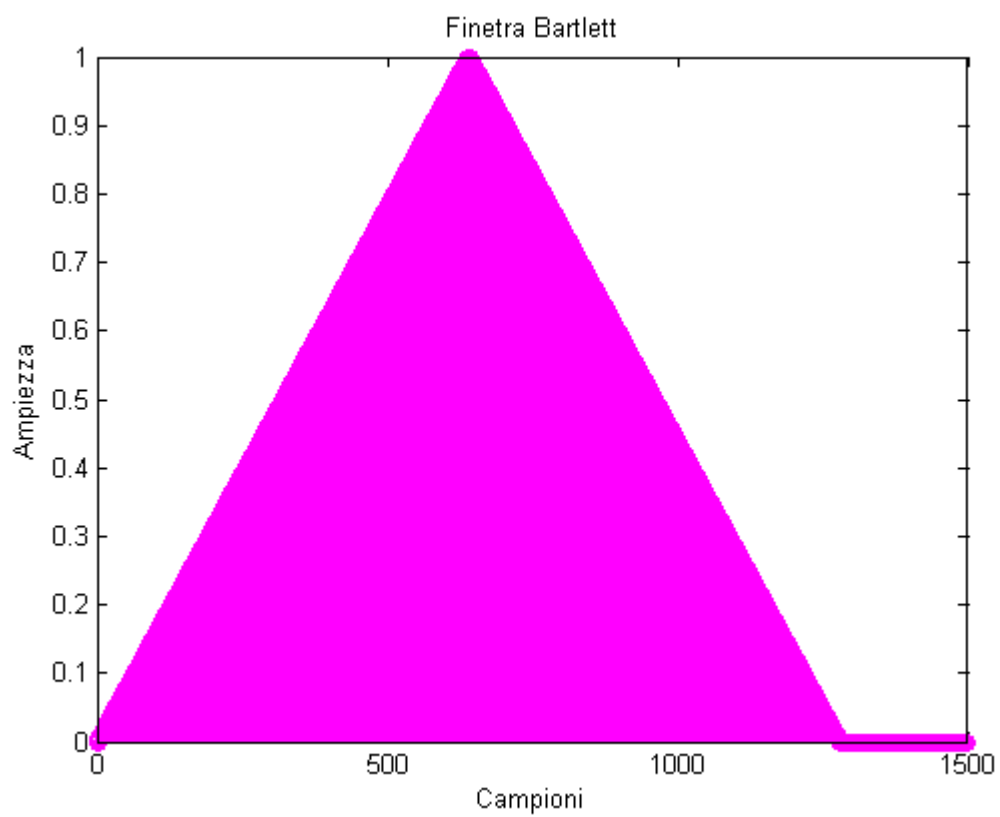


Figura 4

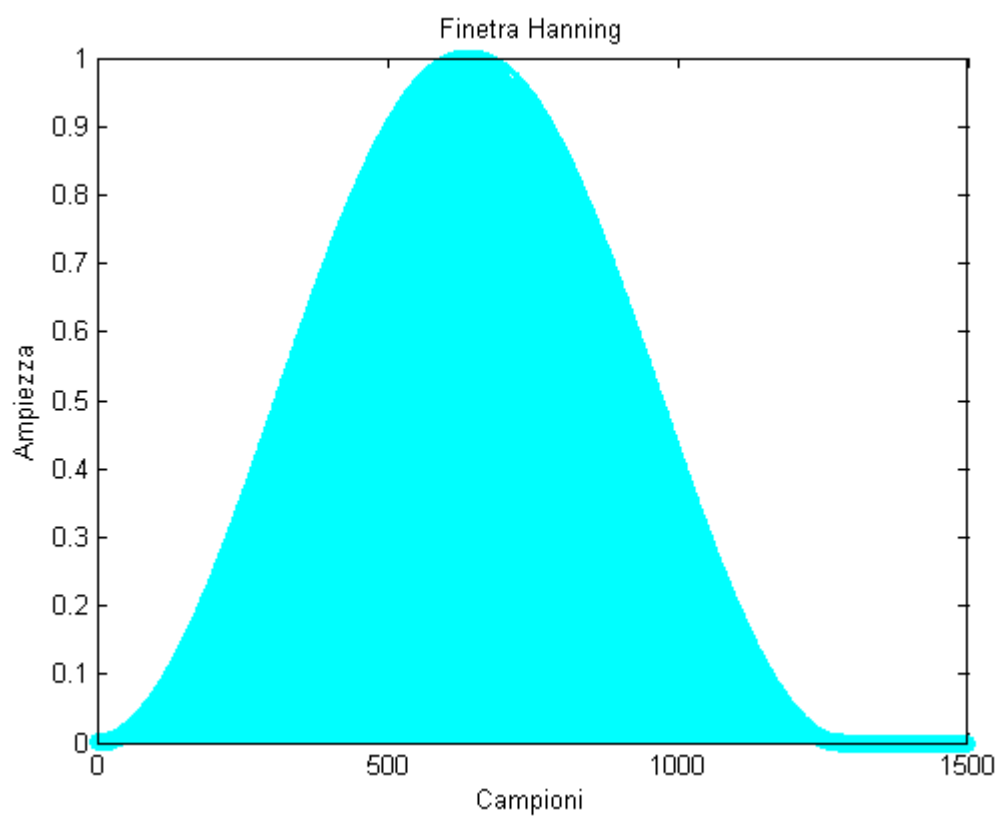


Figura 5

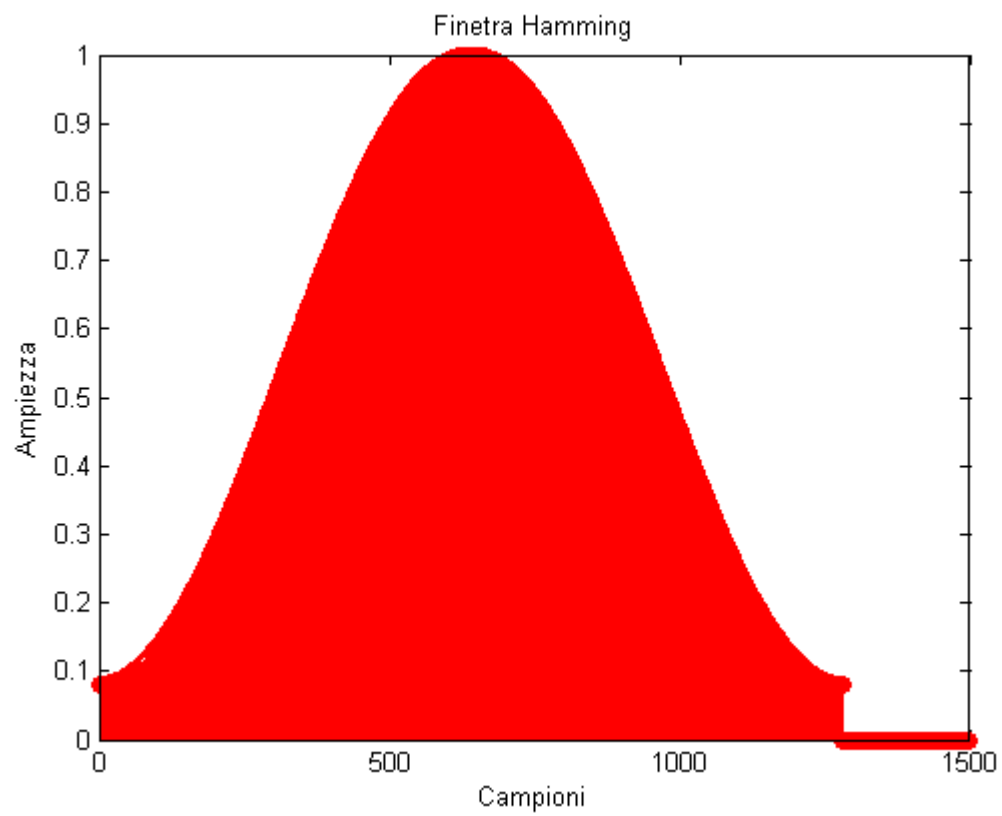


Figura 6

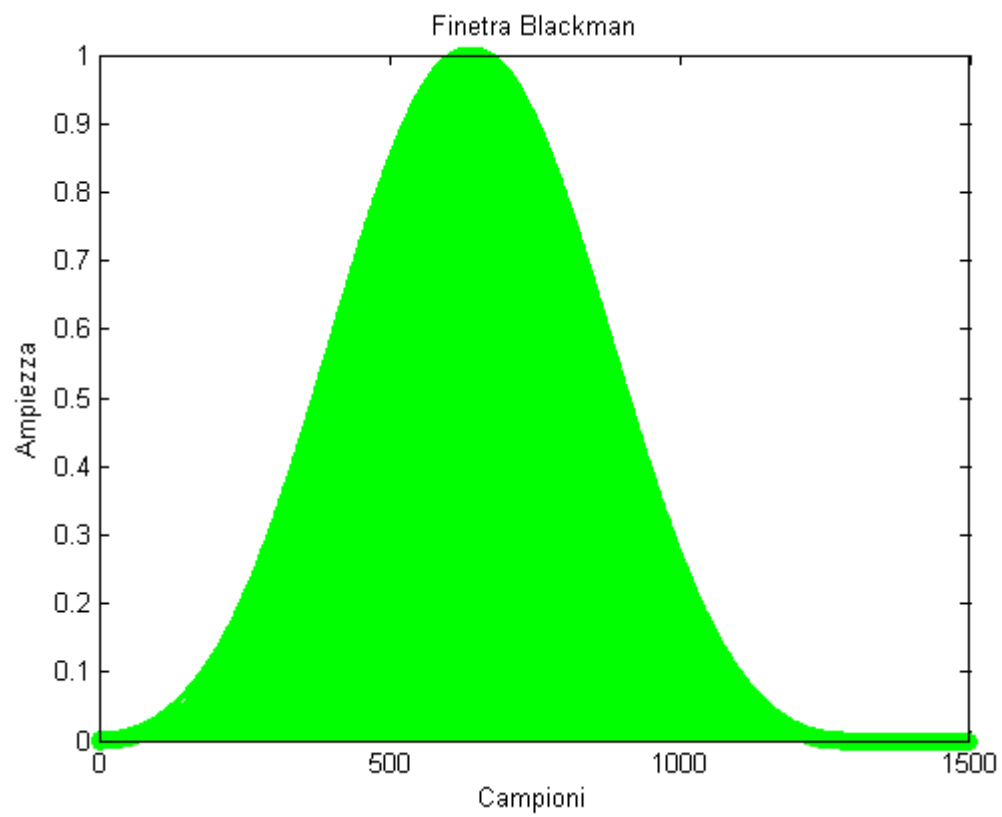


Figura 7

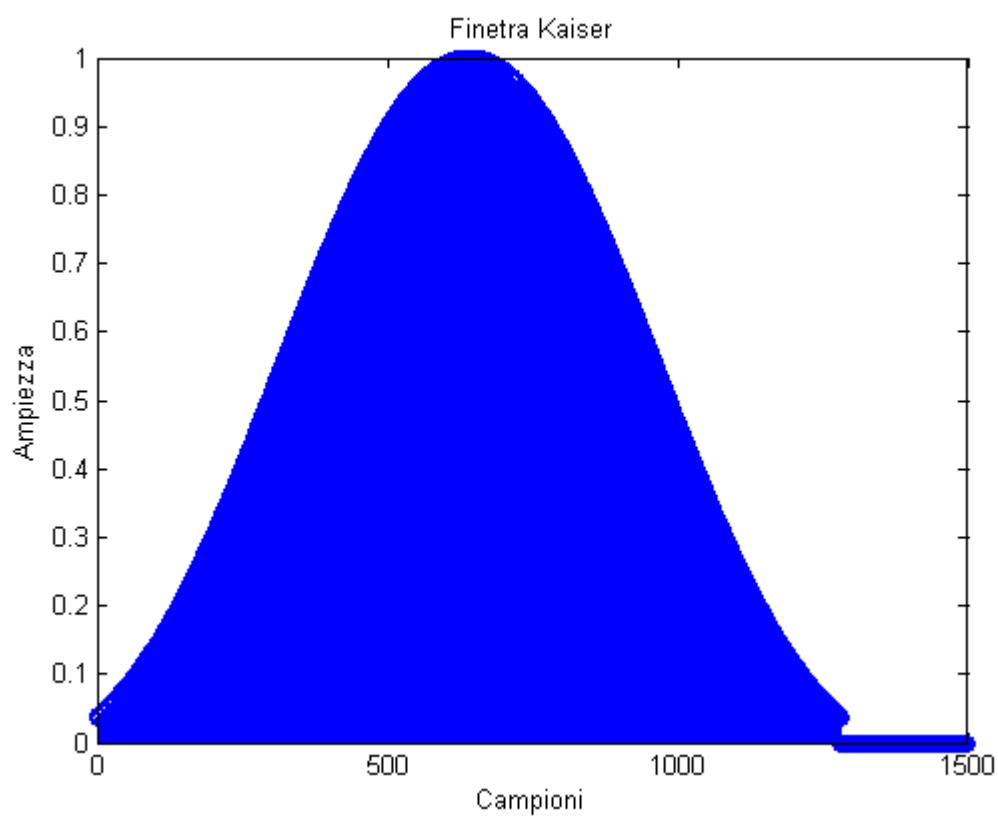


Figura 8

Nella prossima immagine è possibile osservare il confronto tra gli spettri delle varie finestre:

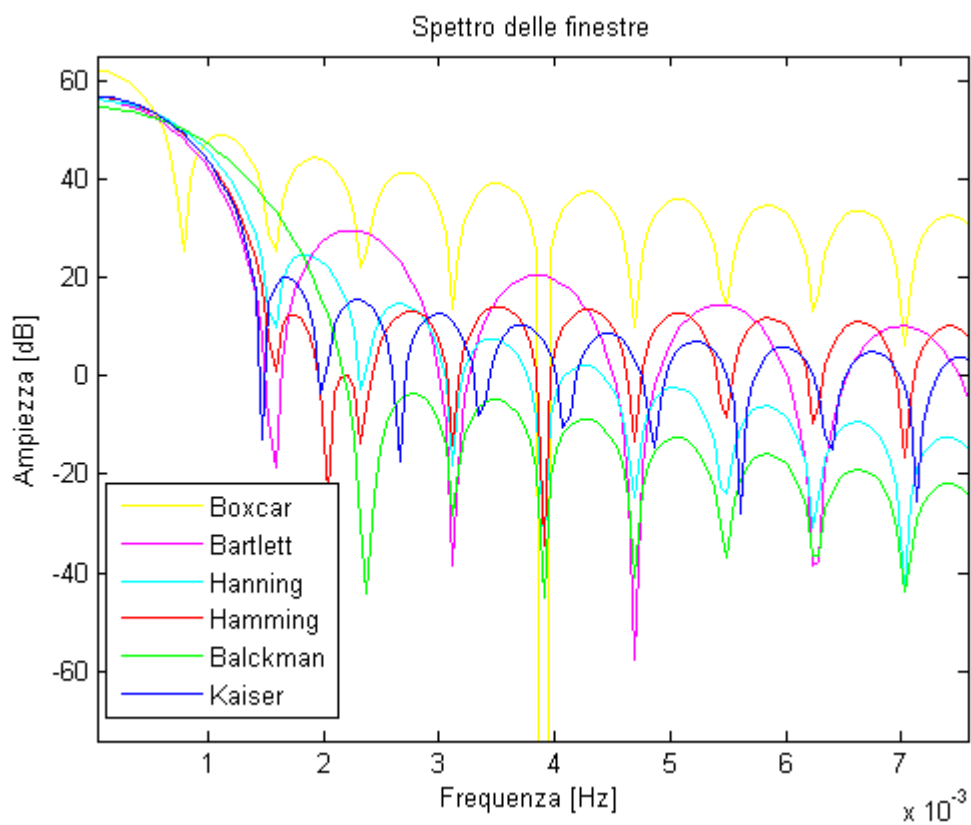


Figura 9

Esercizio 4: Progetto di filtri FIR con metodo delle finestre

Il codice utilizzato per confrontare i risultati ottenuti con un numero diverso di prese è contenuto nel file es04.m:

```
fs = 48000; % freq. camp = 1/T
ft = 2500; % freq. taglio
f = [0:1:10e3];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 21 PRESE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
N = 21; % numero prese
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), boxcar(N));
a = 1;
H1 = freqz(b, a, f, fs);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 51 PRESE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
N = 51; % numero prese
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), boxcar(N));
H2 = freqz(b, a, f, fs);

plot(f, 20*log10(abs(H1)), 'r', f, 20*log10(abs(H2)), 'b'); ...
xlabel('Frequenza [Hz]'); title('Ampiezza FdT'); ylabel('|H| [dB]');
```

La caratteristica di ampiezza risulta:

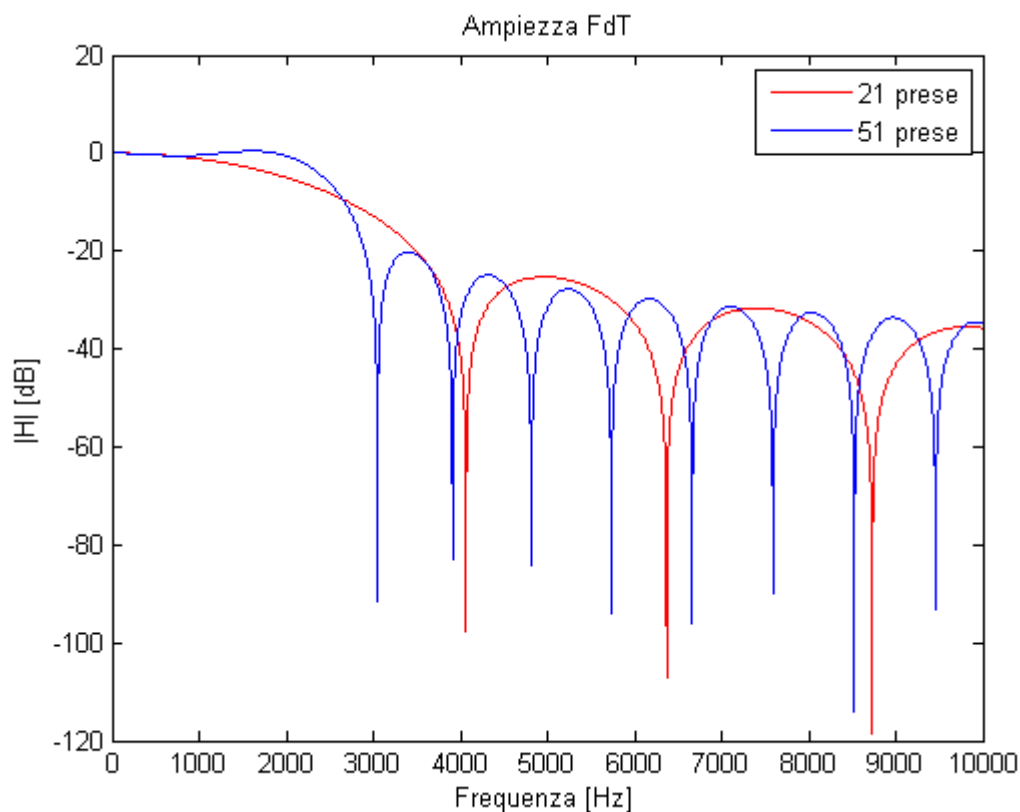


Figura 10

Anche incrementando il numero di prese, si può notare come il ripple (in particolare l'ampiezza del primo lobo in banda attenuata) non diminuisca. La sua ampiezza dipende infatti dal tipo di finestra utilizzata, in questo caso rettangolare.

Il codice utilizzato per il confronto tra le varie tipologie di finestre è contenuto nel file es04b.m:

```
fs = 48000; % freq. camp = 1/T
ft = 2500; % freq. taglio
f = [0:1:10e3];
N = 51; % numero prese
a = 1;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 51 PRESE RETTANGOLARE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), boxcar(N));
H1 = 20*log10(abs(freqz(b, a, f, fs)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 51 PRESE BARTLETT
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), bartlett(N));
H2 = 20*log10(abs(freqz(b, a, f, fs)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 51 PRESE HANNING
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), hanning(N));
H3 = 20*log10(abs(freqz(b, a, f, fs)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 51 PRESE HAMMING
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), hamming(N));
H4 = 20*log10(abs(freqz(b, a, f, fs)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 51 PRESE BLACKMAN
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), blackman(N));
H5 = 20*log10(abs(freqz(b, a, f, fs)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FILTRO 51 PRESE KAISER
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
b = fir1(N-1, ft/(fs/2), kaiser(N,5));
H6 = 20*log10(abs(freqz(b, a, f, fs)));

plot(f, H1, 'y', f, H2, 'm', f, H3, 'c', f, H4, 'r', f, H5, 'g', f, H6, ...
     'b'); xlabel('Frequenza [Hz]'); title('Ampiezza FdT'); ylabel('|H| [dB]');
```

La caratteristica di ampiezza della frequenza di trasferimento del filtro risulta:

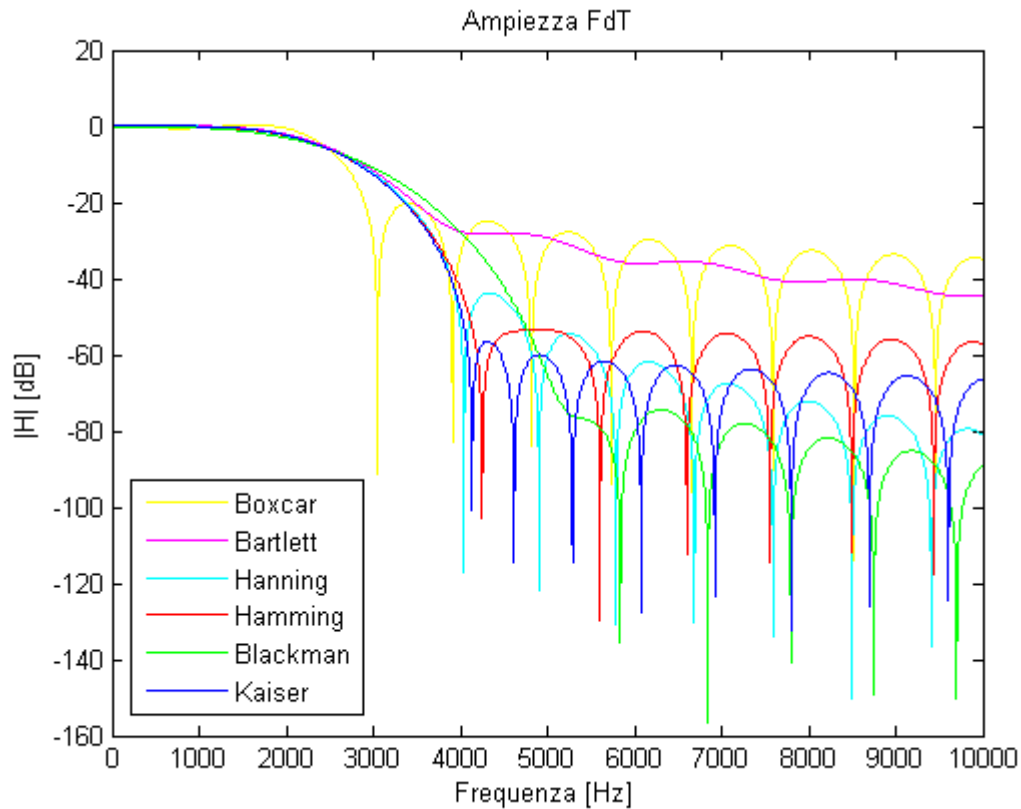


Figura 11

A seconda del tipo di finestra utilizzata cambia l'ampiezza dei lobi secondari (ripple). In particolare scegliendo finestre "smussate" si ottengono risultati migliori.

UN COMPONENTE DEL GRUPPO DEVE INVIARE AL DOCENTE ENTRO LA FINE DELLA LEZIONE (ORE 12:00) QUESTA RELAZIONE COMPILATA IN OGNI SUA PARTE E I RELATIVI FILE (il codice scritto e i relativi file di output ecc.) all'indirizzo e-mail agiorgetti@deis.unibo.it e in copia a mlucchi@deis.unibo.it con l'oggetto "LENS es3 numerogruppo". A tal fine utilizzare il proprio indirizzo di posta di Ateneo nome.cognome@studio.unibo.it