Università degli Studi di Brescia, Facoltà di Ingegneria
Corso di Elaborazione Numerica dei Segnali con Laboratorio
Esercitazioni di Laboratorio con Matlab, A.A. 2010/2011
Esercitazione N.3

[Es. 1] [Trasformata di Fourier a tempo discreto]

Scrivere un programma Matlab in grado di calcolare la trasformata di Fourier a tempo discreto $X(f)$ di una sequenza $x[n]$:

$$X(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x[n] \cdot exp(-j2\pi fn)$$

Suggerimenti passo-passo (in caso di difficoltà):

- Specificare un asse temporale, ad esempio $n = [-100 : 100]$ ed un un asse delle frequenze, ad esempio $f = [-2 : 0.005 : 2]$. Il segnale $x[n]$ ha le stesse dimensioni di n e la trasformata $X(f)$ ha le stesse dimensioni di f;
- Calcolare $X(f_0)$ usando l'equazione, per ogni f_0 elemento del vettore f;
- Disegnare con il comando **plot** il vettore $X(f)$.

Calcolare a mano la trasformata di Fourier dei seguenti segnali:

i. $x_1[n] = e^{j2\pi\frac{1}{4}n} \longleftrightarrow X_1(f) = \ldots\ldots$
ii. $x_2[n] = sin(2\pi\frac{1}{5}n) \longleftrightarrow X_2(f) = \ldots\ldots$
iii. $x_3[n] = sin(2\pi\frac{6}{5}n - \frac{\pi}{3}) \longleftrightarrow X_3(f) = \ldots\ldots$
iv. $x_4[n] = rect_{10}[n] \longleftrightarrow X_4(f) = \ldots\ldots$
v. $x_5(t) = rect_5[n-2] \longleftrightarrow X_5(f) = \ldots\ldots$
vi. $x_6[n]$, sequenza che rappresenta l'indicizzazione del segnale $x_6^c(t)$ ottenuto dal campionamento del segnale a tempo continuo $x_6(t) = 4 \cdot tri(\frac{t}{4})$ con periodo di campionamento $T_c = 0.01$, cioè $x_6^c(t) = x_6(t) \cdot \delta_{T_c}(t) \longleftrightarrow X_6(f) = \ldots\ldots$;

Verificare con Matlab i risultati ottenuti visualizzando $X(f)$ in modulo e fase (comandi *abs* e *angle*). Visualizzare il modulo sia in scala lineare che in scala logaritmica (cioè $20 \cdot log(|X(f)|)$.

[Es. 2] [Aliasing di una sinusoide]

Dato il segnale sinusoidale a tempo continuo $x(t) = \sin 2\pi f_0 t$, si consideri il segnale a tempo discreto $x[n]$ ottenuto campionando (e indicizzando) $x(t)$ con frequenza di campionamento f_s:

$$x[n] = x(t)|_{t=\frac{n}{f_s}} = \sin\left(2\pi\frac{f_0}{f_s}n\right)$$

Si utilizzi l'asse temporale continuo $\mathbf{t = 0 : 1e-6 : 1e-2}$ (da 0 a 10ms) e frequenza di campionamento f_s pari a 8 KHz.

i. Ponendo $f_0 = 2300$ Hz, si visualizzi il segnale $x(t)$ con il comando **plot** e il segnale campionato $x[n]$ con il comando **stem**;
ii. Si incrementi f_0 con passo 500 Hz fino a 5800 Hz e si osservi come la frequenza *apparente* della sinusoide prima cresca e poi diminuisca (utilizzare **subplot**). Spiegare analiticamente questo comportamento.