

# LABORATORIO DI ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI, A.A. 2006-07

Prof. GIORGETTI

Giovedì 10 maggio 2007

## ESERCITAZIONE DI LABORATORIO N. 2: VALUTAZIONE SPETTRALE DI SEGNALI

### GRUPPO N. 1

| COGNOME | NOME | FIRMA |
|---------|------|-------|
|         |      |       |
|         |      |       |
|         |      |       |

#### Esercizio 1: Segnali ad energia finita

Mediante *MATLAB* scrivere una funzione **segnale.m** che implementi il seguente segnale ad energia finita:

$$x(t) = 2 * \left(\frac{2}{\pi}\right)^{\frac{1}{4}} * \tau^{-\frac{3}{2}} * t * \exp\left(-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2\right)$$

di parametro  $\tau$ . Utilizzando il programma **spettro.m** verificare la correttezza della funzione e valutarne numericamente lo spettro confrontandolo con quello teorico:

$$X(f) = j * (2\pi)^{\frac{5}{4}} * \tau^{\frac{3}{2}} * f * \exp(-(\pi f \tau)^2)$$

In particolare, produrre grafici della funzione, della sua ripetizione periodica e dello spettro con i seguenti parametri:

- $\tau = 10^{-3}$  [secondi]
- $T = 5 * \tau$
- $N = 2048$

e si discutano gli effetti dell'aliasing nel tempo ed in frequenza.

Ripetere il calcolo dello spettro variando  $N$  e/o  $T$  e si discutano gli effetti di aliasing nel tempo ed in frequenza.

## Esercizio 2: Segnali a potenza finita

2.A) Generare una sinusoide di ampiezza  $A$ , frequenza  $f_o$ , campionata con frequenza di campionamento  $f_s = 6000$  Hz cui è sommato del rumore Gaussiano additivo bianco (AWGN) di potenza  $\sigma^2$  mediante il seguente script file:

```
% Generazione di una sinusoide
clear x;
A=1;
fo=1000;
fs=6000;
sigma2=0.5;
lun=50000;

for i=1:lun
    x(i)=A*cos(2*pi*fo*i/fs)+randn*sqrt(sigma2);
end
```

Produrre un grafico di  $x(t)$  per i primi 1000 campioni.

2.B) Scrivere uno script file che valuti lo spettro di potenza della sinusoide generata contenuta nel vettore  $x$  mediante il metodo del *periodogramma*.

Produrre grafici dello spettro di potenza **con l'asse delle ascisse in Hz** per  $N=128$ ,  $1024$  e  $2^{14}$ . Si verifichi la correttezza del programma scritto controllando la presenza della sinusoide alla frequenza  $f_o$ .

2.C) Modificando il programma sviluppato al 2.B si valuti lo spettro di potenza di una sinusoide raddrizzata ad una semionda di ampiezza  $A$  e frequenza  $f_o$ .

In particolare: si produca un grafico di  $x(t)$  per i primi 1000 campioni e grafici dello spettro di potenza con l'asse delle ascisse in Hz per  $N=128$ ,  $1024$  e  $2^{14}$ .

2.D) Con il programma sviluppato al 2.B si valuti lo spettro di potenza di un segnale PAM con frequenza di simbolo  $r_s=200$  impulso NRZ rettangolare e frequenza di campionamento  $f_s$  generato tramite la seguente routine:

```
% Generazione segnale PAM
clear x;
fs=16000;
rs=200;      % symbol rate = simboli al secondo
nbit=10000; % lunghezza in bit del segnale

sc=fs/rs;    % fattore di sovracampionamento = campioni per simbolo

for i=1:sc y(i)=1; end
x=y;
for j=1:nbit
    y=y*sign(rand-0.5);
    x=[x y];
end
```

In particolare: si produca un grafico di  $x(t)$  per i primi 1000 campioni e grafici dello spettro di potenza con l'asse delle ascisse in  $Hz$  per  $N=1024$ ,  $2^{14}$ .  
Si confronti lo spettro con quello teorico:

$$S(f)=1/r_s*\text{sinc}^2(f/r_s)$$

Si riduca la varianza dello stimatore dello spettro tramite la *media temporale dei periodogrammi*, produrre grafici dello spettro con:

- $N=2^{16}$  punti della FFT con  $L=1$  (nessuna media)
- $N=2^{14}$  punti della FFT con  $L=6$  blocchi
- $N=2^{10}$  punti della FFT con  $L=90$  blocchi

e commentare i risultati.

### Esercizio 3: Segnali non stazionari

Mediante la funzione *wavread* (si veda pagina 30 della dispensa MATLAB) caricare il file *pianoforte.wav* in un vettore. Tale file (in formato .wav) contiene alcuni secondi di registrazione audio relativa a 3 note di pianoforte. La registrazione è avvenuta con frequenza di campionamento  $f_s=44.1\text{ KHz}$ .

- Graficare l'intero segnale (che chiamiamo  $x(t)$ ) mediante la funzione *plot*.
- Con il comando *sound* provare a riprodurre il segnale.
- Estrarre 3 sottovettori ognuno contenente una sola nota. A tal fine provare selezionando le porzioni 1-50000 campioni, 100000-200000 campioni e 200000-290000 campioni. Verificare graficando i tre sottovettori.
- Con il programma sviluppato ai punti 2-B) o 2-D) determinare lo spettro dei singoli sottovettori e graficarli nella banda di frequenze [0-2KHz].
- Sulla base dello spettro ottenuto per ogni sottovettore individuare le 3 note musicali individuando la frequenza fondamentale di ogni nota.

A tal fine si ricordino alcune delle frequenze fondamentali (armonica a frequenza più bassa):

|     |        |
|-----|--------|
| DO  | 256 Hz |
| RE  | 293 Hz |
| MI  | 330 Hz |
| FA  | 349 Hz |
| SOL | 392 Hz |
| LA  | 410 Hz |
| SI  | 494 Hz |

#### Esercizio 4: Risposta di un filtro passa basso ideale ad un impulso (Facoltativo)

Si determini numericamente la risposta di un filtro passa basso ideale con frequenza di taglio  $f_T=1/\tau$  all'impulso *monociclo* dell'esercizio 1.

**Suggerimenti:** 1) si consiglia di modificare il file *spettro.m*; 2) moltiplicare lo spettro dell'impulso monociclo per la maschera del filtro passa basso ideale ( $|H(f)|=1$  per  $|f|<f_T$  e 0 altrove, mentre  $\arg[H(f)]=0$ ) mostrata in figura:



dove  $H_r(f)$  è la ripetizione periodica della f.d.t. del filtro; 3) si grafichi lo spettro dell'impulso a valle del filtro passa basso; 4) si esegua l'operazione inversa (tramite la ifft) per riottenere il segnale filtrato nel dominio del tempo.

Grafici e risultati prodotti devono recare sempre le relative unità di misura (*ms*, *Hz*..)

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](mailto:agiorgetti@deis.unibo.it) e in copia a [mlucchi@deis.unibo.it](mailto:mlucchi@deis.unibo.it) con l'oggetto "LENS es2 numerogruppo". A tal fine utilizzare il proprio indirizzo di posta di Ateneo [nome.cognome@studio.unibo.it](mailto:nome.cognome@studio.unibo.it)