Elaborazione di segnali biomedici - LABORATORIO

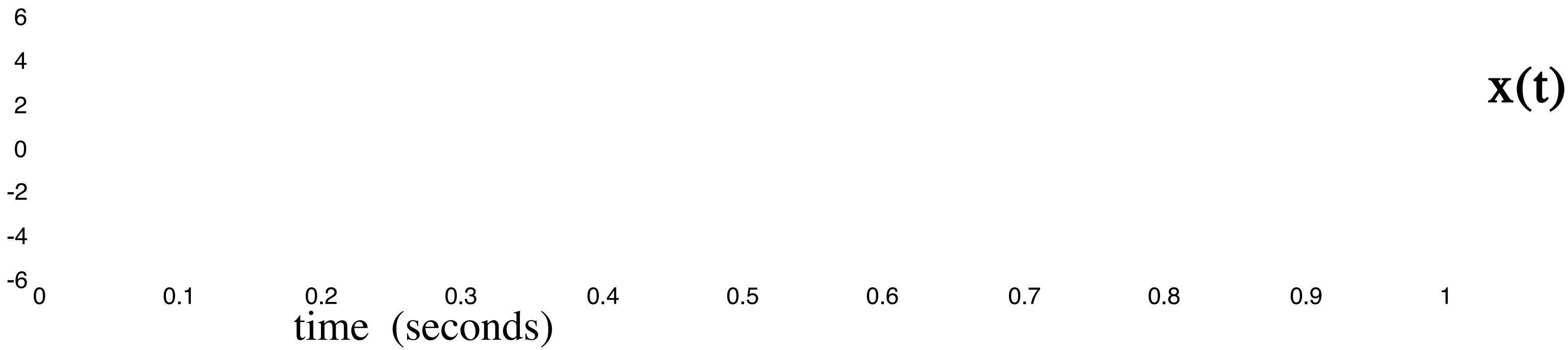
Analisi spettrale

Tutor: Dr. Marta Bisio e Giulia Vallini

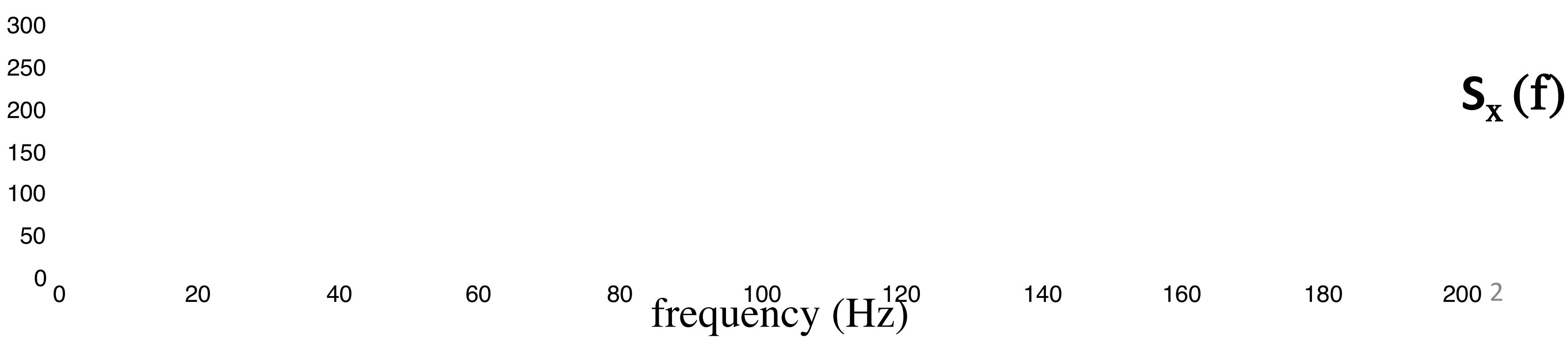
Prof. Mattia Veronese
Email: mattia.veronese@unipd.it
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Analisi spettrale

Esempio: Si consideri il segnale sotto, riferito ad una frequenza di sampling Fs = 400 Hz ed osservato per 1 secondo



Dal grafico (dominio del tempo) non si sa che natura attribuire a x(t), mentre dal suo spettro $S_x(f)$ (dominio della frequenza), si vede che x(t) non è altro che la somma di due sinusoidi a 50 e 120 Hz immerse in rumore bianco



Analisi spettrale

Come stimare lo spettro di un segnale?

- **Metrodi FT-based:**
    - <u>Metodo diretto o periodogramma</u>
    - Metodo indiretto

- **Metodi parametrici**

Metodo diretto o periodogramma

E’ basato sulla definizione di **Densità Spettrale di Potenza** di un segnale discreto x(n), n=0...N-1, campionato con frequenza Fs, per cui:

$$\mathbf{P(\omega) = \frac{1}{2}|X(\omega)|^2 \qquad dove\ X(\omega)=FT[x(n)]}$$

Nella realta’ si calcola una DFT, con l’istruzione Matlab **X=fft(x,N)**, e quindi:

P=(abs(X).^2)/N

X è un vettore complesso di N campioni, corrispondenti ad N frequenze equispaziate tra 0 e Fs → **f_FT=(0:Fs/N:Fs-Fs/N)**

abs(X) → vettore modulo
angle(X) → vettore della fase

Metodo diretto o periodogramma

Per riassumere, i comandi MATLAB da usare per calcolare la densità spettrale di potenza sono:

```
FTx=fft(x,N)

S=(abs(FTx).^2)/N

f_FT=(0:Fs/N:Fs-Fs/N)
```

Ma per rappresentare lo spettro in figura, basta visualizzare da 0 a Fs/2

```
plot(f_FT(1:N/2),S(1:N/2))
```

Metodo diretto o periodogramma

Questo metodo presuppone che:

- Non ci sia *aliasing* (Verificare il teorema di Shannon)
- Si considerino solo N/2 punti relativi alle frequenze tra 0 e Fs/2

Problemi:

- Se il segnale è stato troncato c'è errore di distorsione (leakage) ➔ ***FINESTRATURA*** (il calcolo migliora quanto maggiore è la finestra di osservazione)
- Se N è piccolo si calcola lo spettro solo per poche frequenze ➔ ***ZERO-PADDING***

In MATLAB e' possibile nella DFT introdurre zero-padding con l'istruzione:

DFTx=fft(x, Nzp)

con Nzp>N, dove N e' la durata di x

Esercizi

Esercizio 1

Calcolare lo spettro del segnale contenuto nel file ecg_60.mat (campionato a 200Hz) e plottarlo sia in scala normale che in scala logaritmica solamente lungo l'asse y (usare il comando 'semilogy').

Calcolare la densità spettrale di potenza media nell'intervallo [0,50]Hz e [50,100]Hz. In quale range di frequenze si concentra la maggior parte della potenza del segnale?

Esercizio 2

Considerare un segnale sinusoidale a tempo continuo $x(t) = \sin(2\pi f_0 t)$, dove la frequenza e' $f_0=1/16$Hz , corrispondente ad un periodo di $T_0=16$s.

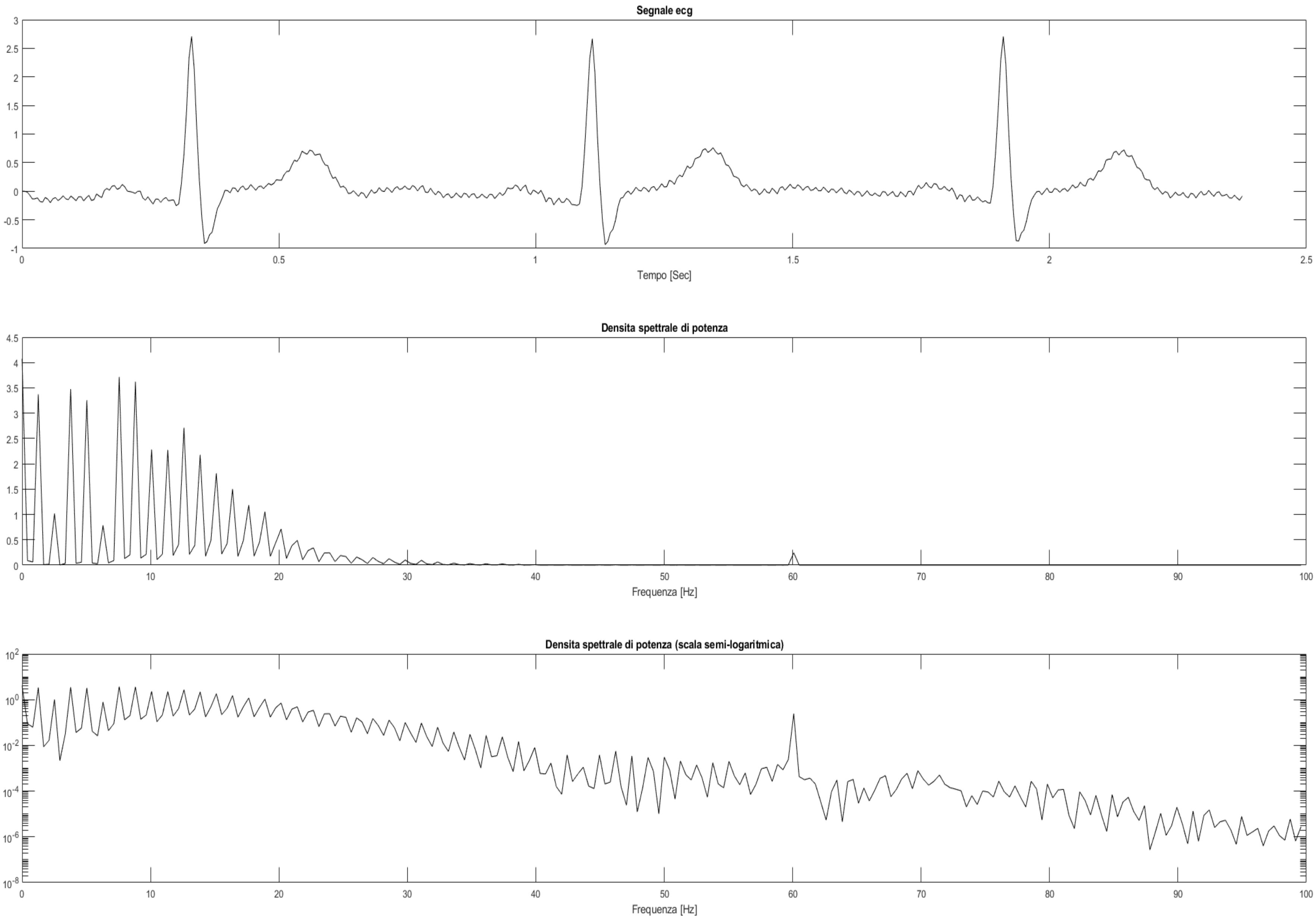
Considerare la sequenza di campioni $x(nT_s)$, n =0,1,…N-1, riferita ad un periodo di sampling $T_s=1$. Per ogni periodo di ripetizione del segnale x(t) sono quindi raccolti 16 campioni.

Si fissi N=32, corrispondente a 2 periodi completi di campionamento. Stimare lo spettro tra 0 e Fs/2.

Stimare poi lo spettro con Nzp=512 e plottarlo tra 0 e Fs/2. Confrontare lo spettro con quanto ottenuto senza zero-padding.

SOLUZIONI

Soluzioni - Esercizio 1



Osservazioni

- Coerentemente con quanto osservato per la maggior parte dei segnali biologici, la potenza del segnale analizzato si concentra prevalentemente nel range di frequenze più basse.
- Il grafico riportato in scala semi-logaritmica mette in evidenza che, seppur molto bassa, la potenza non è nulla dai ~40 Hz in poi.
- Presenza di un picco di potenza a 60 Hz corrispondente al rumore di linea.

Soluzioni - Esercizio 2