

Corso di Segnali e Sistemi
Ingegneria Biomedica-Ingegneria Elettronica
Università degli Studi di Padova
(Proff. C. Dalla Man e T. Erseghe)

Laboratorio 06

- **Analisi del segnale ECG e Filtraggio**

Esercizio 1: Analisi del segnale eCG

Si consideri il segnale *ecg* contenuto nel file `data_ecg.mat`

Il segnale è stato acquisito campionando ad una frequenza di 125 Hz, cioè la distanza tra due campioni temporali n ed $n+1$ è $T_c=1/125$ s

- 1) Plottare il segnale nel dominio del tempo ed eseguire uno zoom dei primi 5 secondi
- 2) Plottare il modulo della trasformata di Fourier del segnale in scala logaritmica in $[0 \ \omega_c/2]$ (*sottrarre la componente costante al segnale prima di fare la trasformata!*)
- 3) Dalla rappresentazione in frequenza, stimare la frequenza cardiaca (ovvero il periodo del segnale ecg)

1) Plottare il segnale nel dominio del tempo ed eseguire uno zoom dei primi 5 minuti.

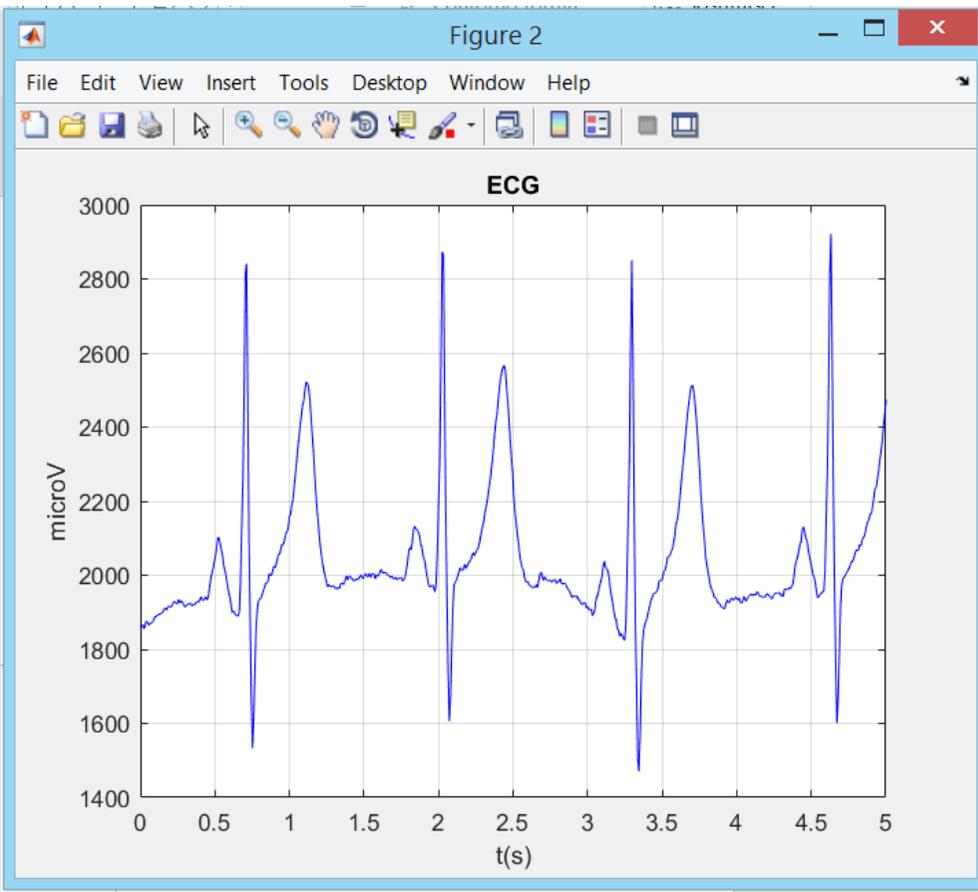
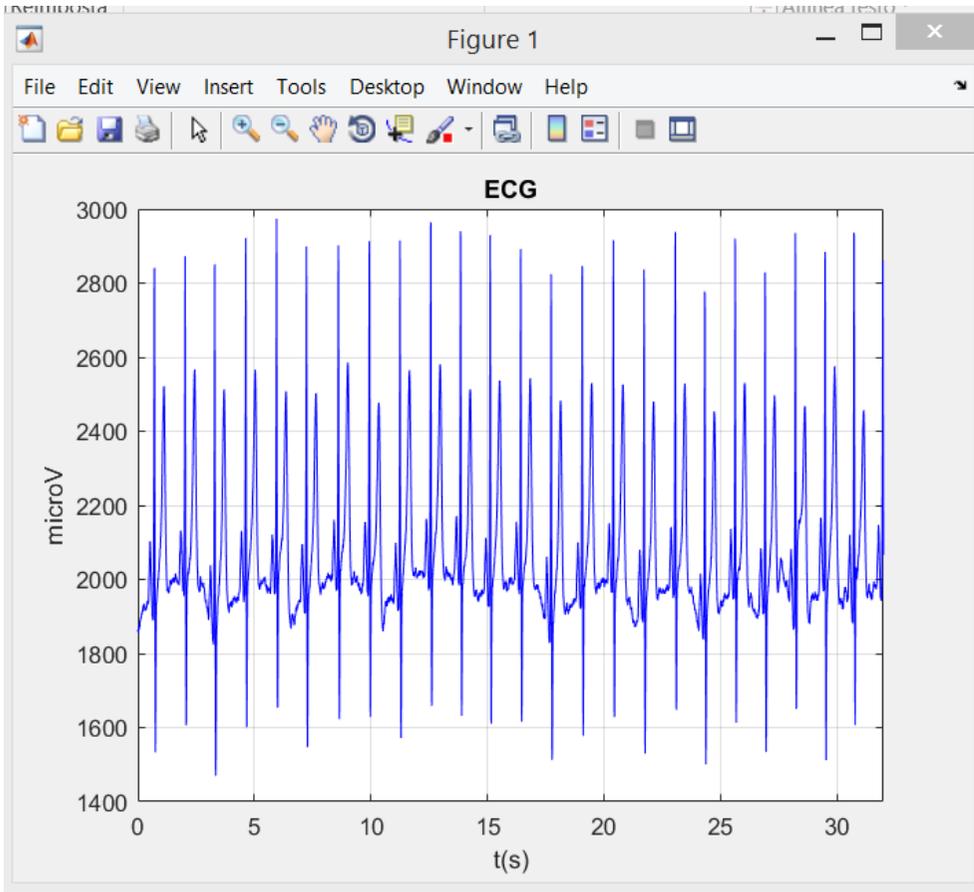
Traccia di Soluzione

```
% CARICA I DATI
load data_ecg.mat %carica i dati ecg ed ecg_dist
fc=125; %Hz
wc= ... d/s
Tc= ...
N=1 ... ;
t=[0:N-1]*Tc; %asse dei tempi
figure(1)
plot(t,ecg,'b-')
title('ECG')
xlabel('t(s)')
ylabel('microV')
grid on
axis([0 t(end) 1400 3000])
% zoom
figure(2)
plot(t,ecg,'b-')
title('ECG')
xlabel('t(s)')
ylabel('microV')
grid on
axis([ ...
```

crea l'asse dei tempi, per esempio $[0:N-1]*Tc$

scala gli assi (asse x: tra 0 e l'ultimo valore di t; asse y tra 1400 e 3000)

scalare gli assi (asse x: tra 0 e 5; asse y tra 1400 e 3000)



2) Plottare il modulo della Trasformata di Fourier del segnale in scala logaritmica in $[0 \omega_c/2)$

Traccia di Soluzione

Suggerimento 1: sottrarre la componente continua prima di eseguire la trasformata!

```
%sottrazione della componente continua
s = ...

% calcolo della trasformata di Fourier
S = ...
omega0 = ... % passo di campionamento (in frequenza)
%asse delle pulsazioni
omega= ...);

% plot del modulo della trasformata
figure
semilogy(omega, abs(S))
xlabel('omega [rad/s]');
axis([0 omega(end) 1e-1 2e3])
grid on
title('Trasftomata di Fourier del segnale ECG');
```

scala gli assi (asse x: tra 0 e $\omega_c/2$; asse y tra 10^{-1} e $2 \cdot 10^3$)

Ripasso: trasf. Di Fourier in MatLab

y % collezione i campioni del segnale

T % passo di campionamento

N = length(y); % lunghezza vettore

t = (0:N-1)*T + t₀; % tempi associati al segnale, traslati

Y = fftshift(T*fft(y)); % campioni della trasformata

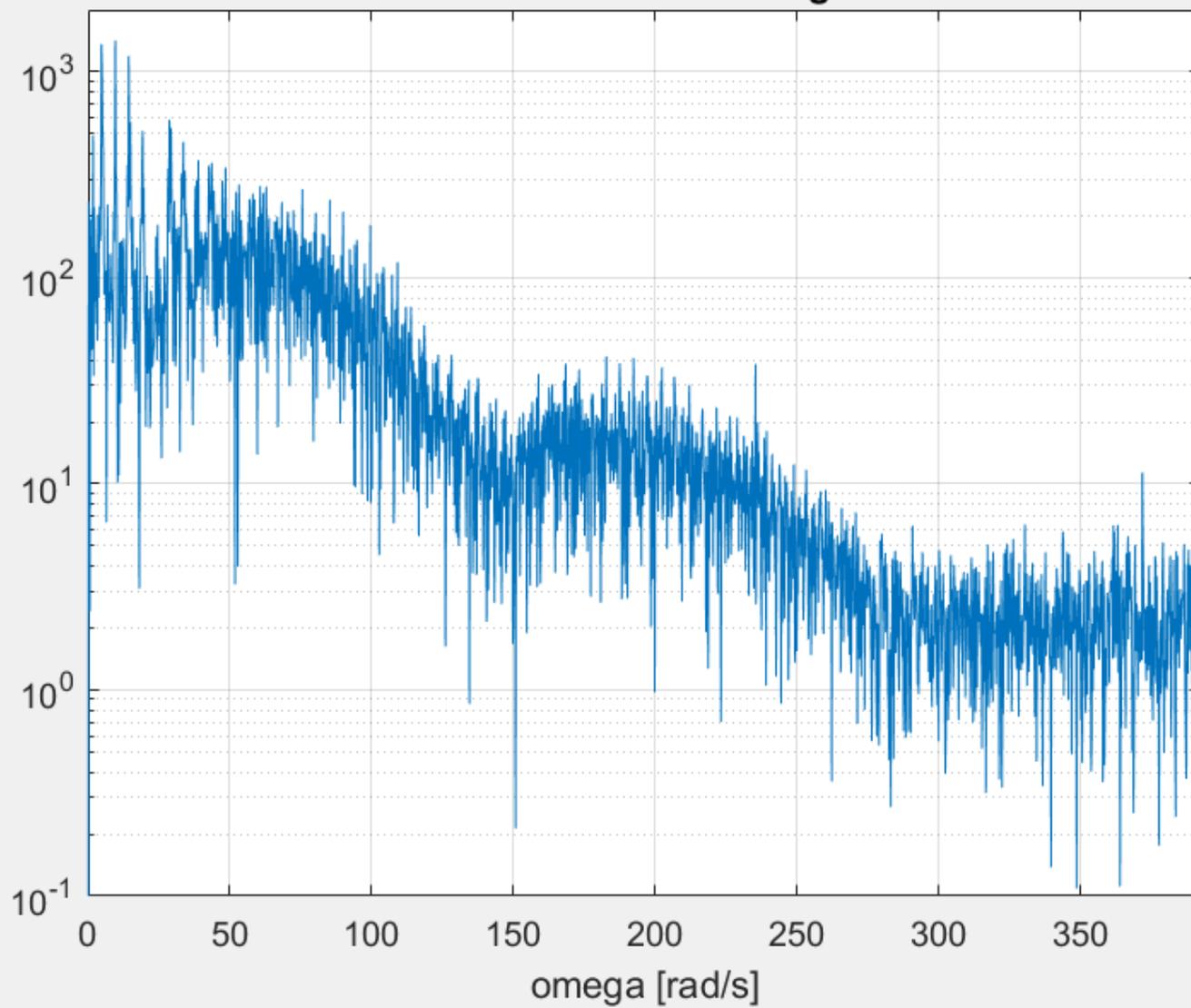
% pulsazioni a cui si riferiscono (per ogni N)

$\omega = (-\text{round}((N-1)/2):\text{round}(N/2)-1)*2*\text{pi}/(N*T);$

% correzione dovuta alla traslazione $t(1)=t_0$

$Y = Y.*\exp(-1j*\omega*t(1));$

Trasftomata di Fourier del segnale ECG

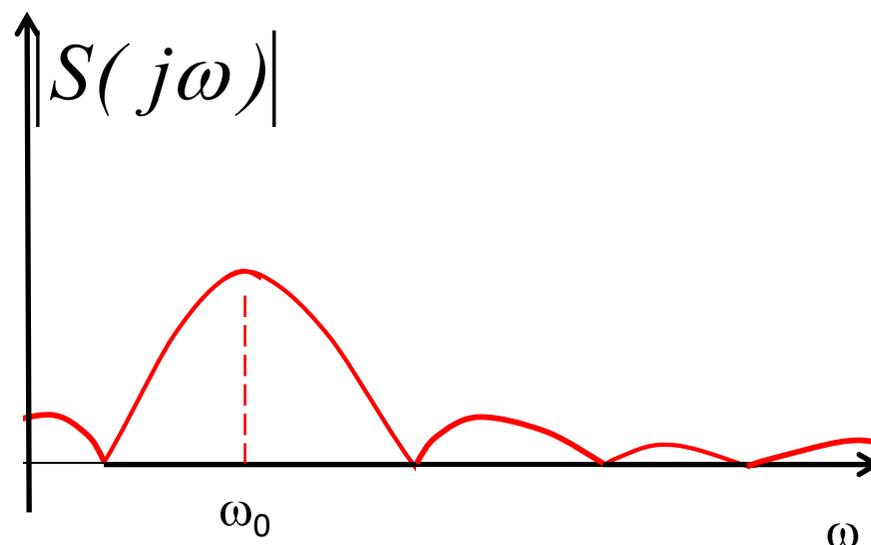


3) Dalla trasformata di Fourier stimare il periodo di ripetizione nel tempo.

Traccia di Soluzione

- Se il segnale fosse periodico e rappresentato in serie di Fourier, il periodo di ripetizione nel tempo sarebbe il periodo della **prima armonica**.
- Essendo il segnale registrato in un intervallo finito, non può essere periodico, ma si può pensare come prodotto tra un segnale periodico e un segnale *rect* (la cui trasformata è un segnale di tipo *sinc*).
- In altre parole, nel dominio di Fourier, una sinusoide osservata in un intervallo limitato, W , corrisponde alla trasformata del segnale $s(t) = A \cos(\omega_0 t) \text{rect}(t/W)$, ovvero la convoluzione tra un impulso centrato in $\pm\omega_0$ ed un *sinc*

- Nell'intervallo $[0 \ \omega_c/2)$ Il modulo è quindi



Questo fenomeno si dice fenomeno **di DISPERSIONE SPETTRALE** (o leakage)

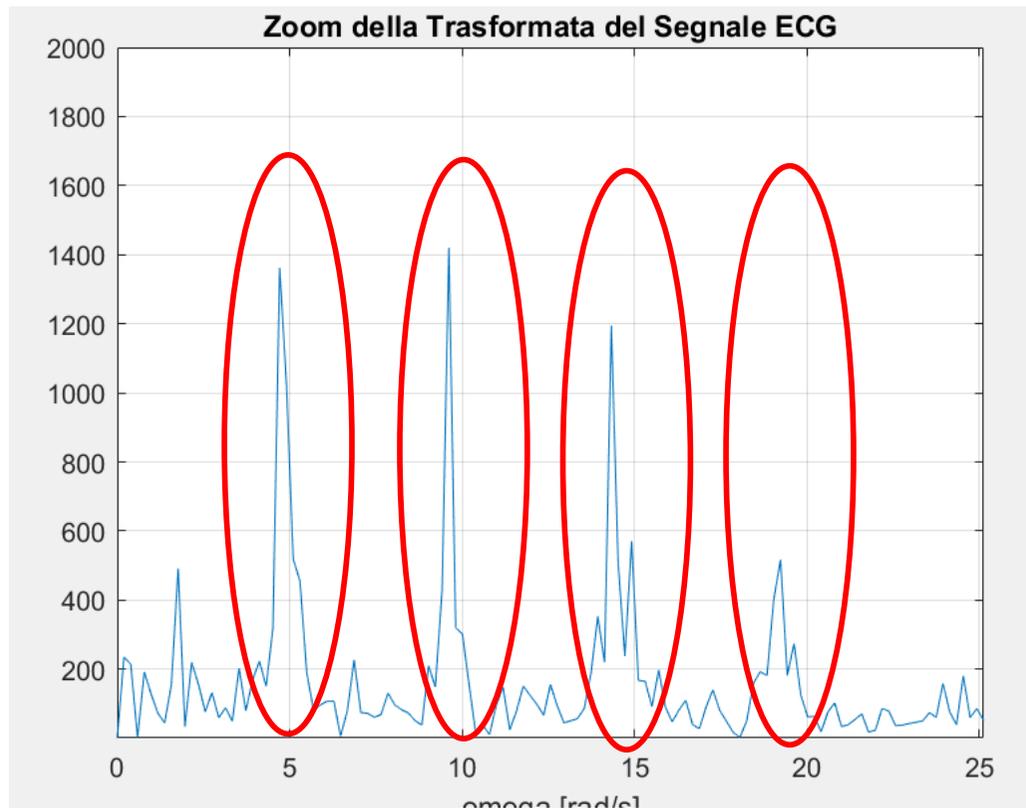
Il periodo di ripetizione nel tempo, in questo caso, è $T=2\pi/\omega_0$ e si ricava dal punto di massimo di $|S(\omega)|$

Tornando al segnale ECG, il periodo di ripetizione nel tempo si identifica cercando ω_0 corrispondente al primo picco del modulo della trasformata e calcolando $T=2\pi/\omega_0$

Per fare ciò:

- Plottare uno zoom (nel range $0-8\pi$ rad/s) del modulo della trasformata (NON in scala logaritmica)

```
%% zoom in scala lineare
figure
plot(omega,abs(S))
xlabel('omega [rad/s]');
axis([0 8*pi 1e0 2e3])
grid on
title('Zoom della Trasformata del Segnale ECG');
|
```



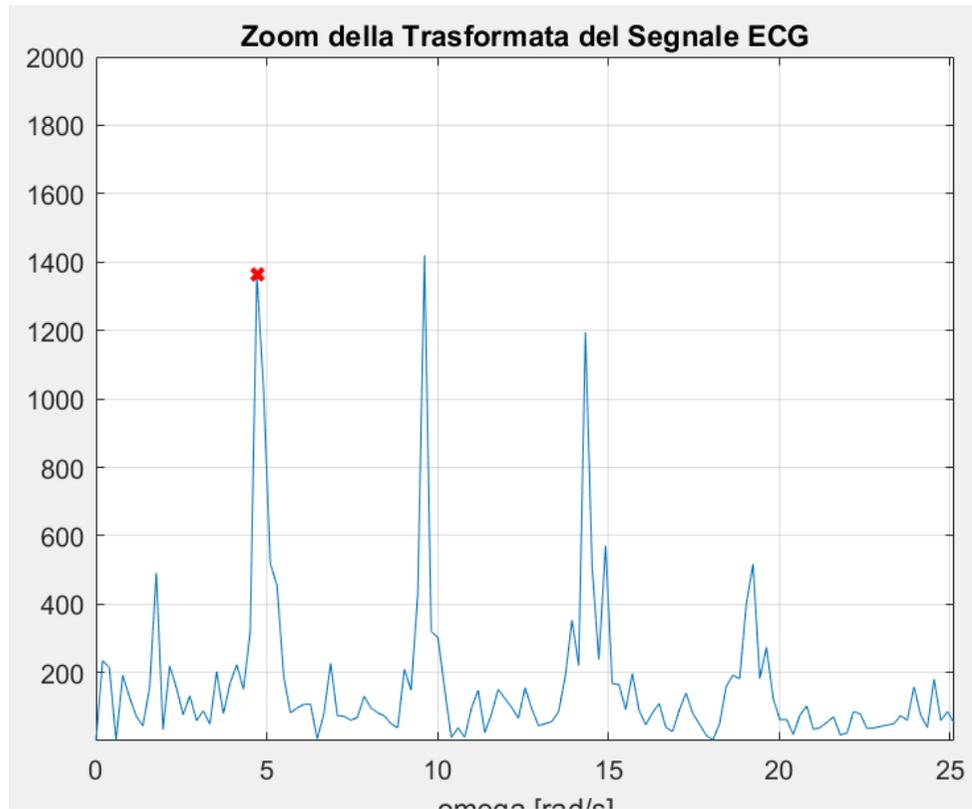
I picchi evidenziano le armoniche principali.

Per determinare la frequenza del primo massimo, eseguo la ricerca nell'intervallo tra π (~ 3) ed 2π (~ 6) rad/s

```
%identificazione del primo massimo
index_range=find(omega>=pi & omega<2*pi);
omega_range=omega(index_range);
S_range=S(index_range);

[maxval,pos] = max(abs(S_range));
disp(['Stima periodicit  : omega=' num2str(omega_range(pos)) ', Tp=' num2str(1/omega_range(pos))])

hold on
plot(omega_range(pos), abs(S_range(pos)), 'xr', 'LineWidth', 2)
hold off
```



Esercizio 2: Filtraggio del segnale ECG

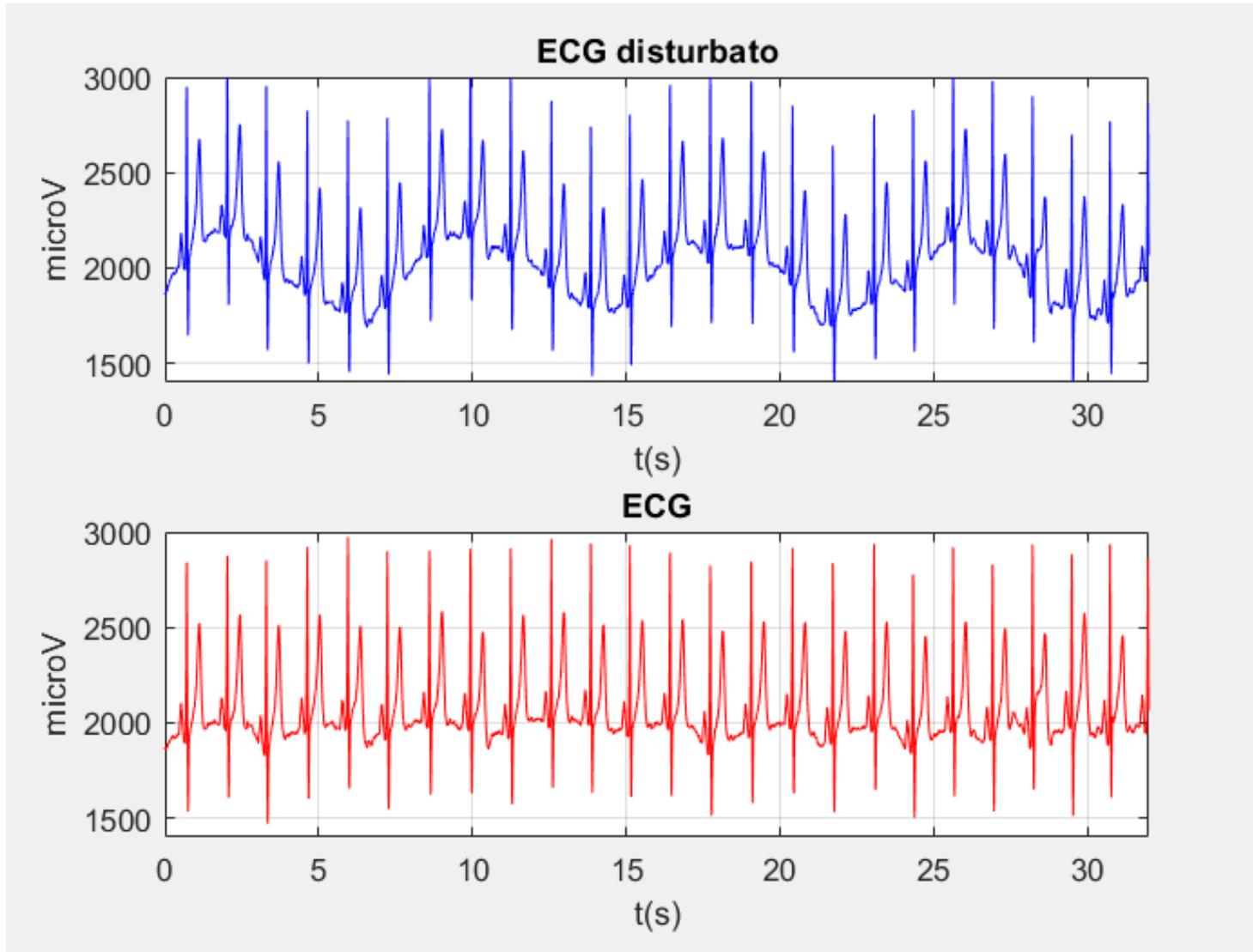
Si consideri il segnale *ecg_dist* contenuto nel file `data_ecg.mat`. Il segnale è il segnale `ecg` dell'esercizio precedente, campionato ad una frequenza di 125 Hz e **corrotto però da un disturbo a bassa frequenza**.

- 1) Plottare il segnale `ecg_dist` insieme a `ecg`
- 2) Rimuovere il disturbo con un opportuno filtro passa alto ($\omega_{\text{cut}} = 0.4 * \pi$ rad/s) e confrontare il segnale filtrato con il segnale `ecg` originale

Per fare ciò:

- azzerare `FFT(ecg_dist)` alle pulsazioni $|\omega| < \omega_{\text{cut}}$
- antitrasformare (usando la function *ifft*)

1) Plottare il segnale ecg_dist e insieme a ecg



2) Rimuovere il disturbo con un opportuno filtro passa alto ($f_{cut}=0.4\pi$ rad/s) e confrontare il segnale filtrato con il segnale ecg originale

```
sdist=ecg_dist-mean(ecg_dist);  
Tf_sdist= ...  
omega0 = ...  
%asse delle pulsazioni  
omega= ... ;  
  
% Crea un filtro PA ideale con cutoff 0.4 pi rad/s  
wcut=0.4*pi;  
ind=find(omega<=wcut & omega>=-wcut);  
  
Tf_sfilt=Tf_sdist;  
Tf_sfilt(ind)=zeros(length(Tf_sfilt(ind)),1);  
  
ecg_filt=1/Tc*ifft(ifftshift(Tf_sfilt))+mean(ecg_dist);
```

Rimuovere la media

Calcolare la trasformata e l'asse delle pulsazioni

Prima di antitrasformare, invertire ifftshift usando la function ifftshift

