

Monitoraggio e diagnostica dei sistemi meccanici

Gianluca D'Elia

Frequenza: Hertz e Ordini

Si passa dal campionamento in **base tempo** al campionamento in **base angolo** (campionamento sincrono con la rotazione).

Come?

Supponiamo di avere un encoder con P tacche calettato su un albero del macchinario rotante. Invece di campionare il segnale di vibrazione in base al clock del convertitore A/D (campionamento in base tempo) ne guidiamo il campionamento con il segnale digitale dell'encoder (campionamento in base angolo).

Si ottengono **P campioni** del segnale per ogni rotazione dell'albero corrispondenti ad **intervalli angolari regolari**.

Se operiamo una Trasformata di Fourier del segnale così campionato, otteniamo una funzione degli **ordini di rotazione** e non della frequenza in Hz.

Gli ordini sono le armoniche della frequenza di rotazione (il primo ordine è la frequenza di rotazione).

Campionamento sincrono: Principali relazioni

Nel campionamento sincrono le acquisizioni per giro dell'albero (M) sono costanti, quindi la frequenza di campionamento deve variare con la velocità di rotazione in Hz

$$f_s = M f_r \text{ [Hz]}$$

Allora la frequenza massima misurabile :

$$f_{max} = \frac{f_s}{2} = \frac{M}{2} f_r \text{ [Hz]}$$

Dalla definizione di ordine si sa che:

$$O = \frac{f}{f_r} \rightarrow O_{max} = \frac{M}{2}$$

Se si ha un blocco di N acquisizioni, il numero di giri dell'albero in un blocco dato da:

$$P = \frac{N}{M} \quad (P = T f_r) \text{ essendo: } \Delta f = \Delta O \cdot f_r \quad \text{Si ha: } \Delta O = \frac{1}{P}$$

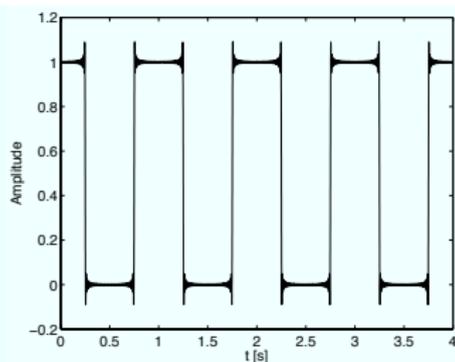
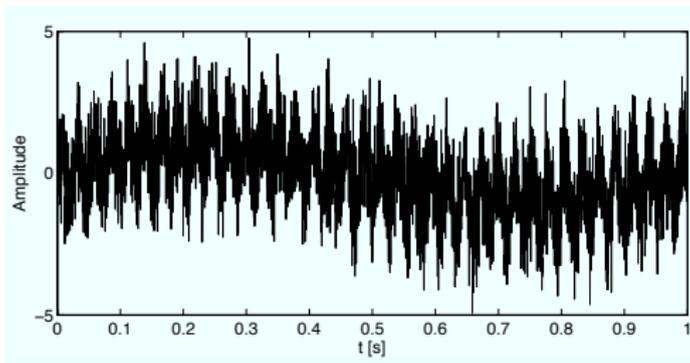
$$O_{max} = \frac{M}{2} \quad \Delta O = \frac{1}{P}$$

Media sincrona: Traccia algoritmo in Matlab - 1

```
%% Creazione del segnale
N = 2^18;           % Numero di punti in cui è diviso il segnale
T = 60;            % Periodo del segnale [s]
fs = N/T;         % Frequenza di campionamento
t = [0:N-1]/fs;   % Vettore dei tempi [s]

fr=1;              % Frequenza della prima componente

x = sin(2*pi*fr*t) + sin(2*pi*37.5*fr*t) + randn(1,N); % Segnale
```



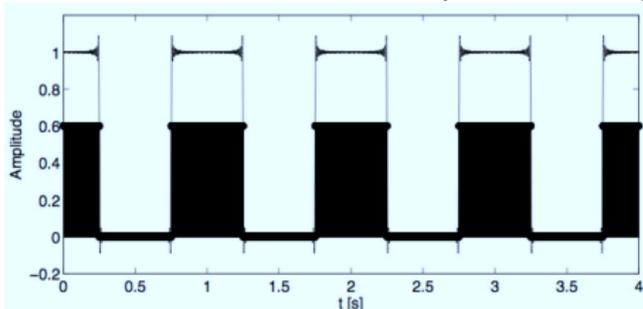
Media sincrona: Traccia algoritmo in Matlab - 2

Filtrare il segnale con un filtro passa basso

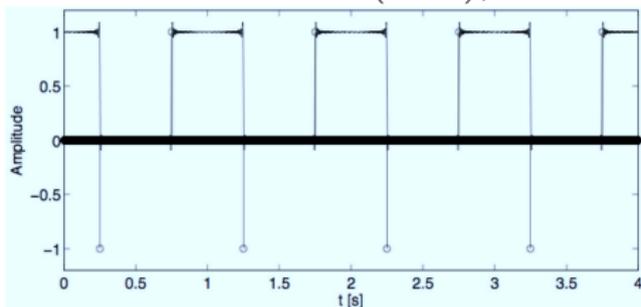
```
M = 512; % Numero di punti per giro dell'albero  
fcut = M * fr;  
B = fir1(100, fcut/fs);  
xf = filtfilt(B,1,x);
```

Calcolo degli indici di superamento della soglia

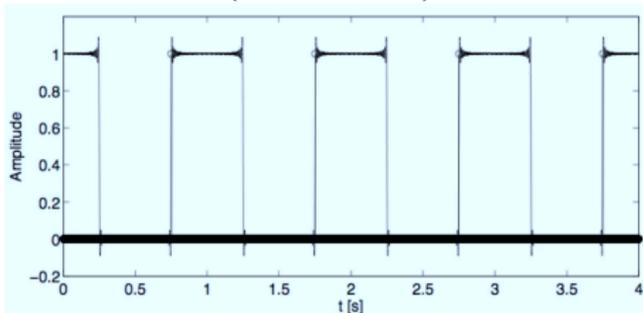
```
test = tacho > triglevel; (Sarebbe 0,1)
```



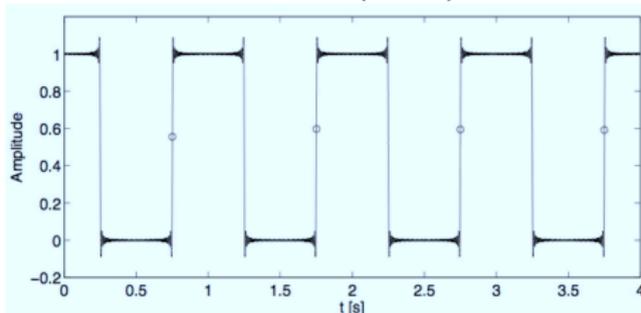
```
test = diff(test);
```



```
test=(test > 0.5);
```

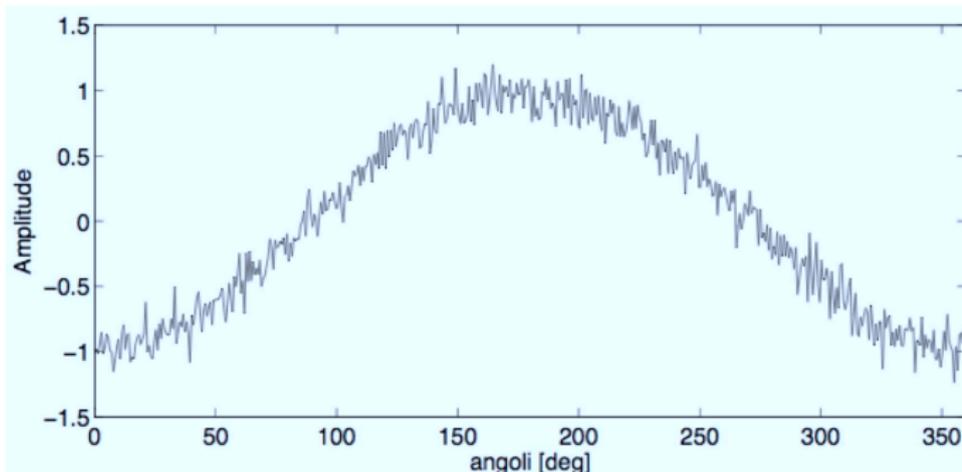
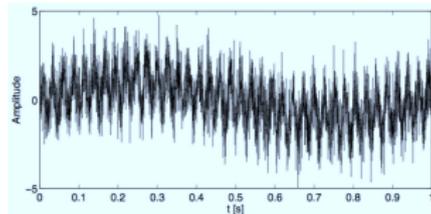


```
ind = find(test);
```

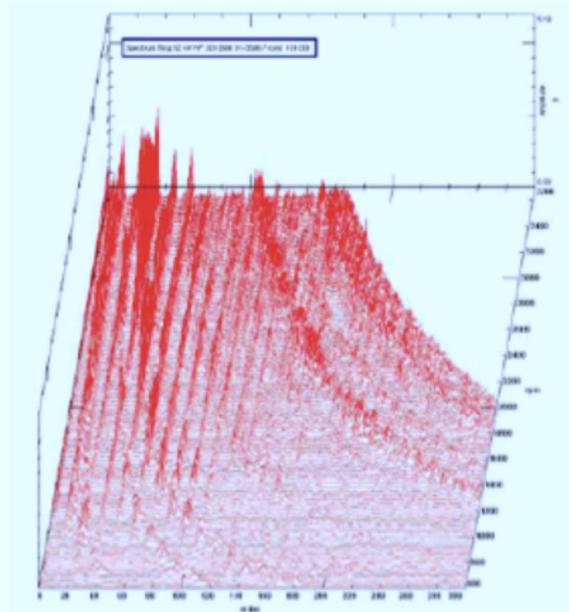
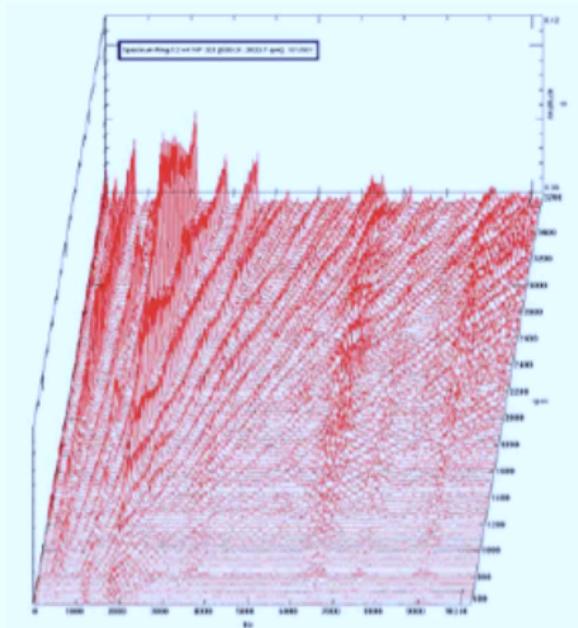


Media sincrona: Traccia algoritmo in Matlab - 3

```
deltaangolo = 360/M;  
angoli = [0:M-1]*deltaangolo;  
nmedie = length(indup);  
  
endk = length(indup) - 1;  
cicli_x = zeros(endk, length(angoli));  
  
for k = 1:endk,  
    ciclo = x(1, indup(k):indup(k+1)-1);  
    tciclo = [0:length(ciclo)-1]*(360/length(ciclo));  
    cicli_x(k,:) = interp1(tciclo, ciclo, angoli, 'spline');  
end  
  
media_sinc_x = sum(cicli_x) ./ nmedie; % vettore che contiene la media sincrona fatta su un giro
```



Rampe: Hz ed Ordini



$$f_{Hz} = \frac{f_{rpm}}{60} ORD$$