# Campionamento in base angolo

Gianluca D’Elia

gianluca.delia@unife.it

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 dellencoder (campionamento in base angolo).

Si ottengono P campioni del segnale per ogni rotazione dellalbero corrispondenti ad intervalli angolari regolari.

Se operiamo una Trasformata di Fourier del segnale cos 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 é la frequenza di rotazione).

Nel campionamento sincrono le acquisizioni per giro dellalbero ($M$) sono costanti, quindi la frequenza di campionamento deve variare con la velocitá di rotazione in Hz

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

Allora la frequenza massima misurabile :

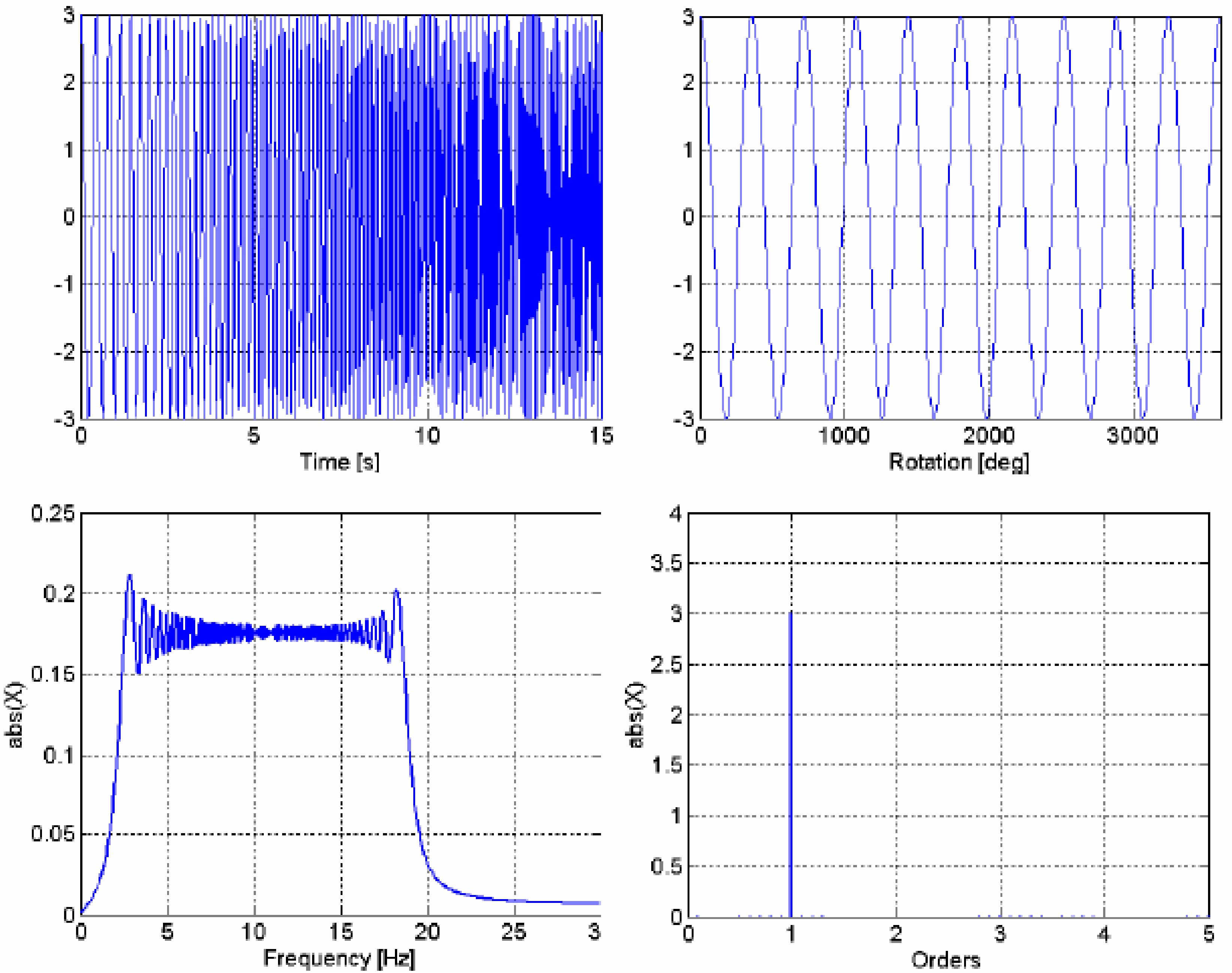
$$f_{max} = \frac{f_s}{2} = \frac{M}{2} f_r \ [\text{Hz}]$$

Dalla definizione di ordine si sa che: $\boxed{O = \frac{f}{f_r} \rightarrow O_{max} = \frac{M}{2}}$

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

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

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

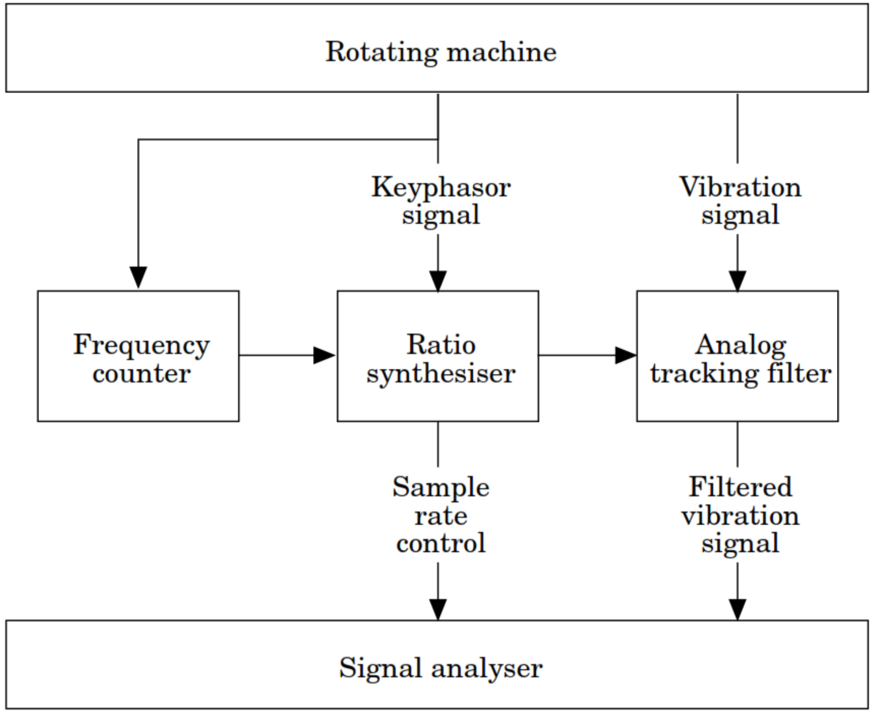



**ESEMPIO**

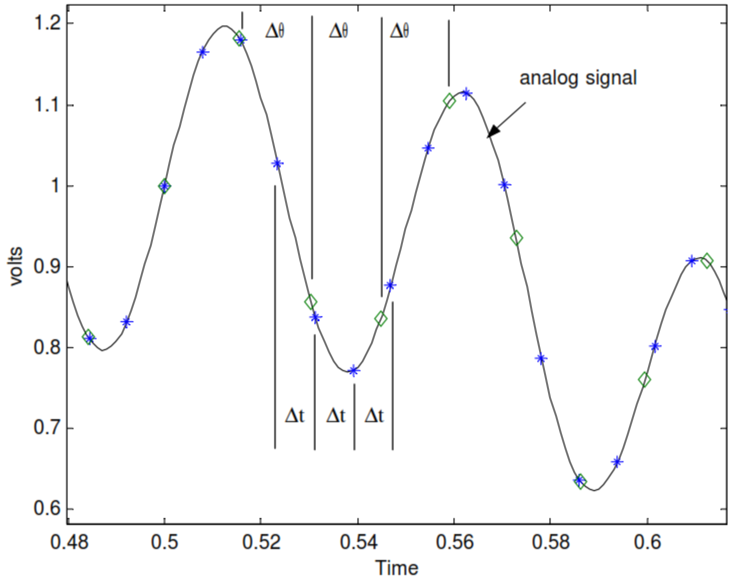
Segnale di vibrazione rilevato su organo rotante con velocità di rotazione variabile.

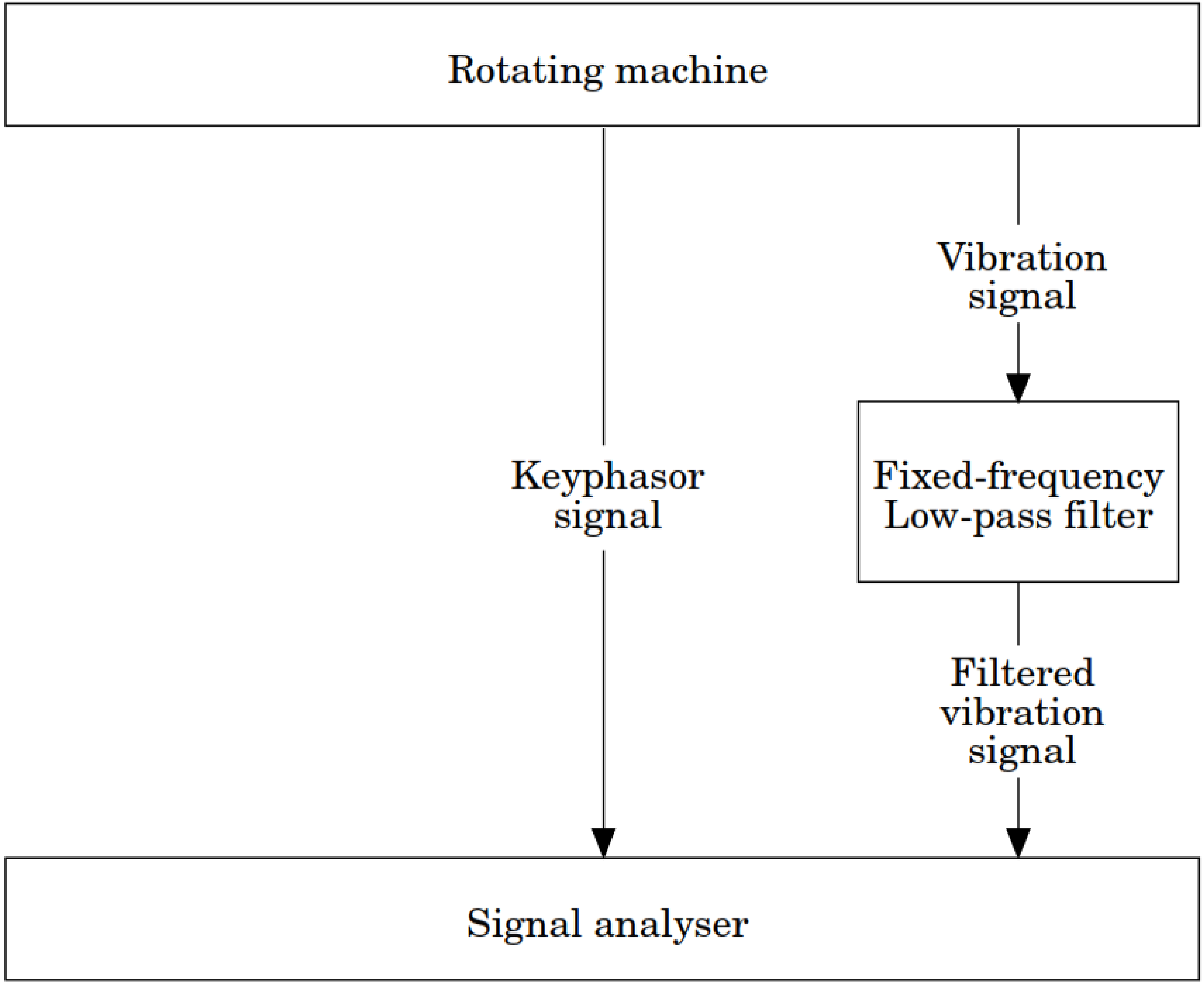
Il segnale ha la frequenza pari a quella di rotazione (1° ordine di rotazione).

Dopo il ricampionamento il segnale si rivela essere un'onda sinusoidale con frequenza pari al 1° ordine di rotazione.

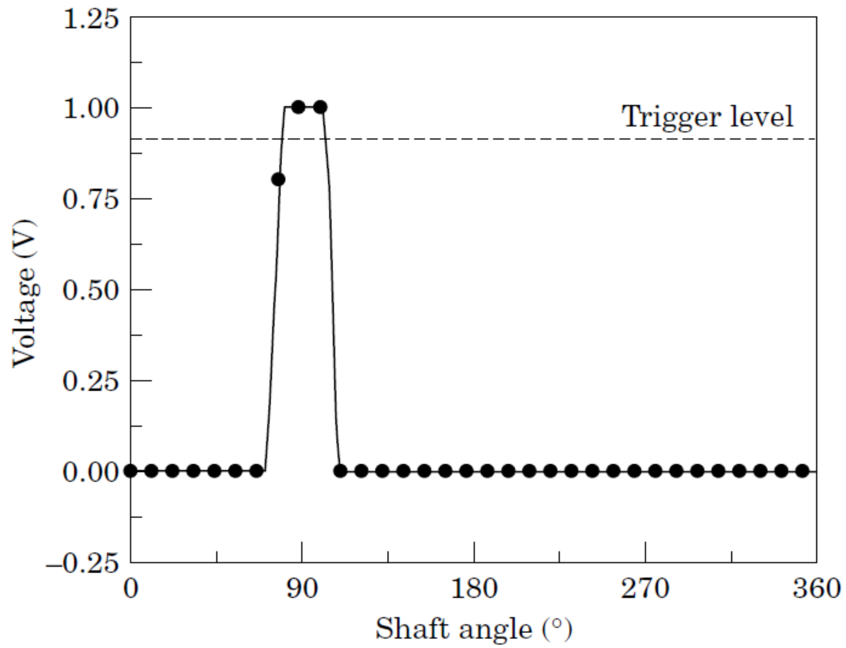



Variable sample rate!



Segnale tachimetrico:




Assunzione di accelerazione angolare costante

$$\theta(t) = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ \Delta\Phi \\ 2\Delta\Phi \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 \\ 1 & t_2 & t_2^2 \\ 1 & t_3 & t_3^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{Bmatrix}$$

$$\Delta\Phi = 2\pi$$

$$t = \frac{1}{2b_2}\left[\sqrt{4b_2(\theta - b_0) + b_1^2} - b_1\right]$$

$$\theta = k\Delta\theta$$

$$\frac{\Delta\Phi}{2\Delta\theta} \leqslant k < \frac{3\Delta\Phi}{2\Delta\theta}$$

- Spesso il segnale è la somma di un contributo periodico ed uno casuale.
- Spesso il contributo periodico è quello che interessa, mentre quello casuale è comunemente un rumore o un disturbo.
- Il contributo casuale può essere eliminato operando delle medie:
  - Si rileva il segnale per intervalli di tempo T* tutti uguali tra loro;
  - Si sommano fra loro le N misure;
  - Si divide per il numero N di misure.
- Se il **rumore** è un segnale stocastico puro, **la media tende a zero** (per N sufficientemente elevato).

- Se l'operazione viene effettuata su un segnale **periodico** e T* è **diverso dal periodo** fondamentale del segnale, la **media tende a zero**.
- Se, invece, T* coincide con il periodo fondamentale del segnale periodico, il risultato della media è il segnale stesso.
- Se il segnale è costituito dalla somma di un contributo periodico ed uno casuale, si procede acquisendolo per intervalli di tempo pari al periodo (o a multipli del periodo) della componente periodica che interessa. Poi, eseguendo la media, rimane solo il segnale periodico "pulito".