

Adquisició i processat de senyal

Mecànica 2

Robert Arcos
robert.arcos@upc.edu



Laboratori d'Enginyeria Acústica i Mecànica

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

7 de novembre de 2013

Vibració:

Moviment ondulatori d'un cos (partícula o sòlid) entorn d'una posició d'equilibri.

Senyal:

Funció temporal d'una magnitud.

Magnituds en el domini temporal

Domini	Magnituds	Símbol	Unitats
Temporal	Desplaçament lineal	$x(t)$	m
	Desplaçament angular	$\theta(t)$	rad
	Velocitat lineal	$\dot{x}(t)$	m/s
	Velocitat angular	$\dot{\theta}(t)$	rad/s
	Acceleració lineal	$\ddot{x}(t)$	m/s ²
	Acceleració angular	$\ddot{\theta}(t)$	rad/s ²
	Força	$f(t)$	N

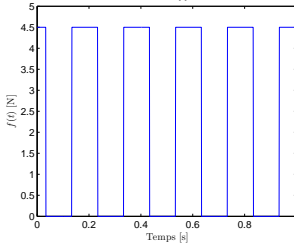
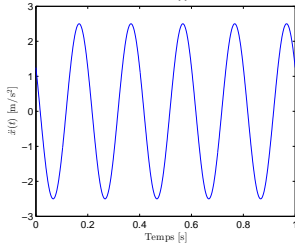
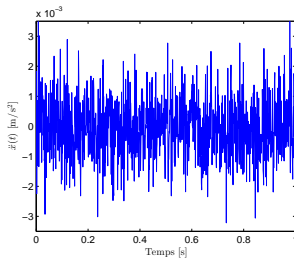
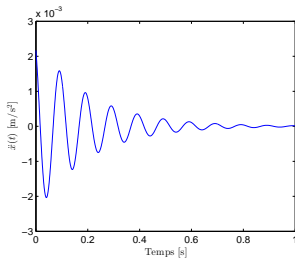
Magnituds en el domini freqüencial

Domini	Magnituds	Símbol	Unitats
Freqüencial	Desplaçament lineal	$X(\omega)$	*
	Desplaçament angular	$\tilde{\theta}(\omega)$	*
	Velocitat lineal	$\dot{X}(\omega)$	*
	Velocitat angular	$\dot{\tilde{\theta}}(\omega)$	*
	Acceleració lineal	$\ddot{X}(\omega)$	*
	Acceleració angular	$\ddot{\tilde{\theta}}(\omega)$	*
	Força	$F(\omega)$	*

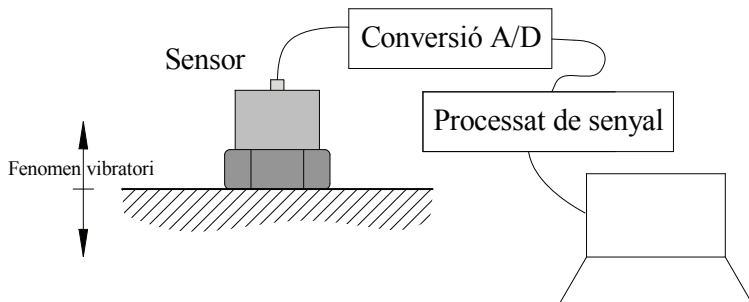
Tipus de senyals

- **Senyals deterministes:** Senyals que poden ser definites o aproximats per una funció matemàtica $f(t)$.
 - **Periòdics:** Senyals que compleixen que $f(t) = f(T + t)$ on T és el període del senyal.
 - Harmònics
 - No harmònics
 - **Transitoris:** Senyals finits en el temps.
 - **Altres.**
- **Senyals aleatoris:** Senyals que no poden ser predits de forma prou precisa i només es poden definir mitjançant les seves propietats estadístiques, tals com la mitjana i la variància.
 - **Continus:** Senyals que són persistents en el temps.
 - Estacionaris
 - No estacionaris
 - **Transitoris:** Senyals que presenten una variabilitat important del seu valor eficaç mòbil.

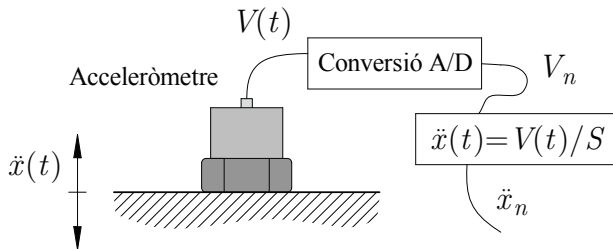
Tipus de senyals



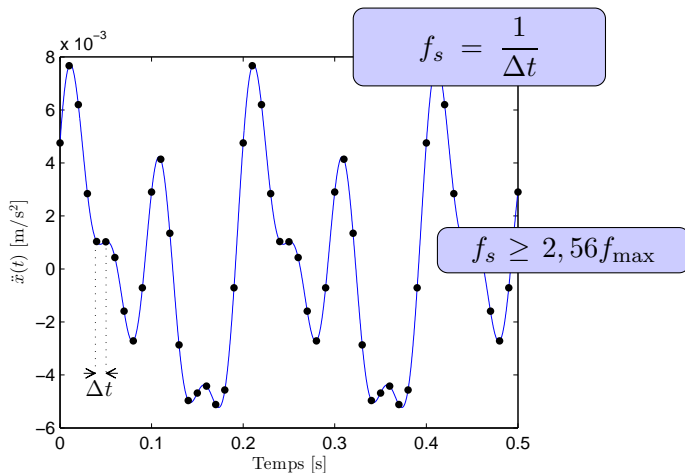
Cadena de mesura



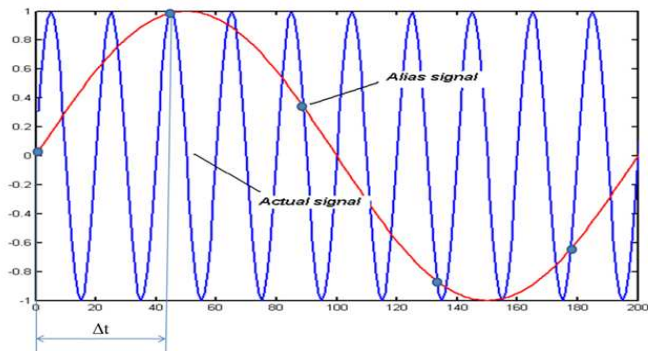
Cadena de mesura per el cas d'un acceleròmetre



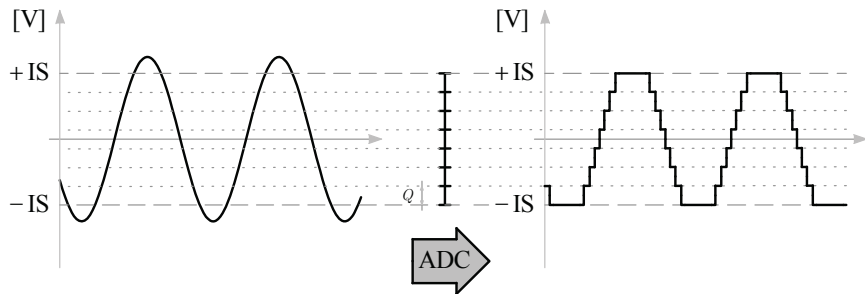
Conversió A/D - Discretització en l'eix temporal



Conversió A/D - Aliasing

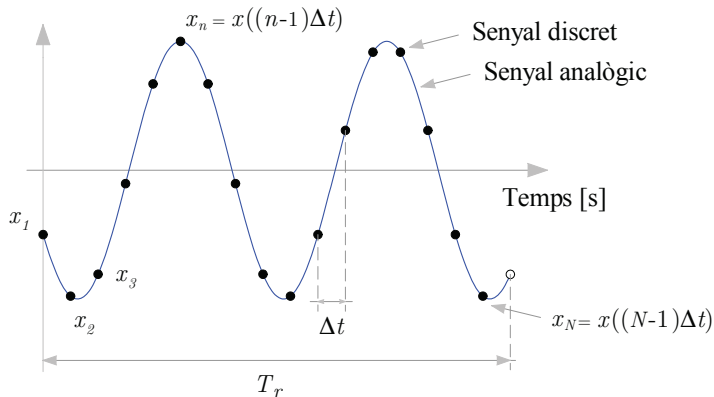


Conversió A/D - Discretització en l'eix de voltatge

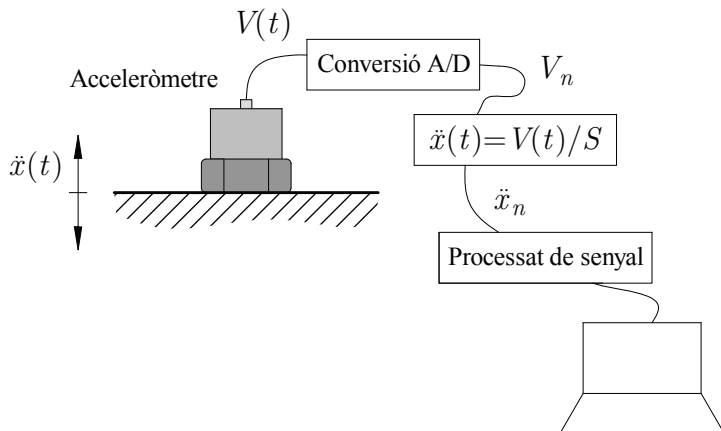


$$Q = \frac{2 IS}{2^M - 1}.$$

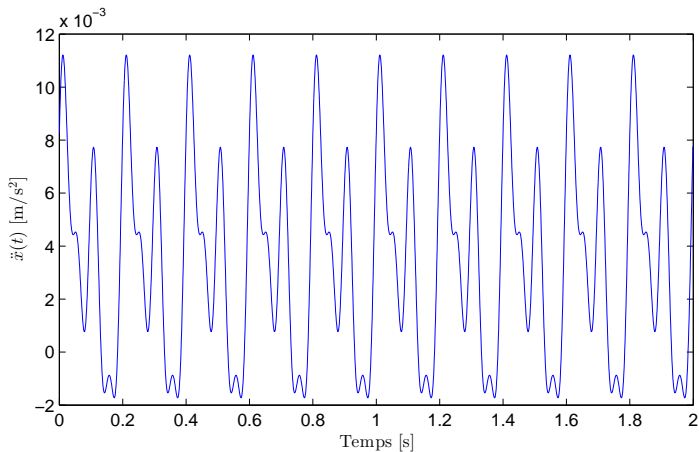
Conversió A/D - Senyal discretitzat



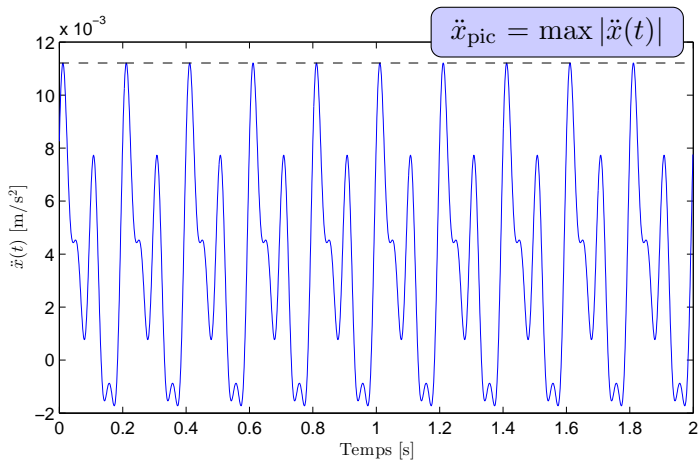
Cadena de mesura completa



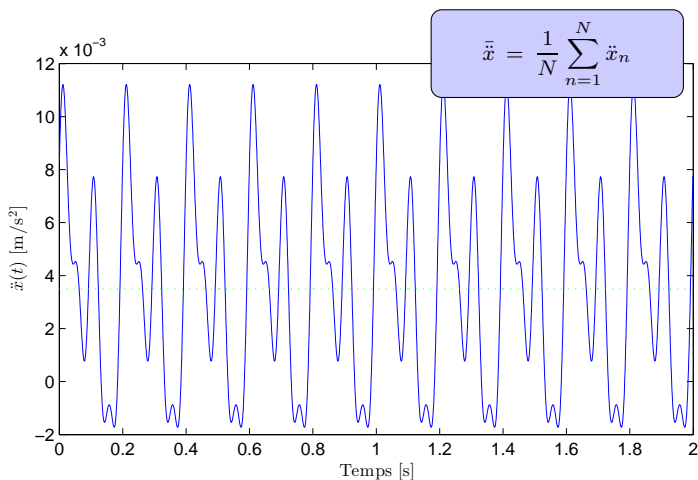
Senyal periòdic - Senyal original



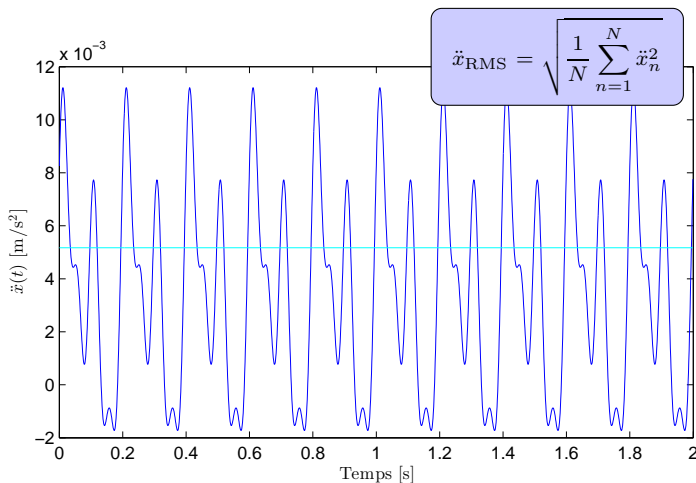
Senyal periòdic - Senyal original + Valor de pic



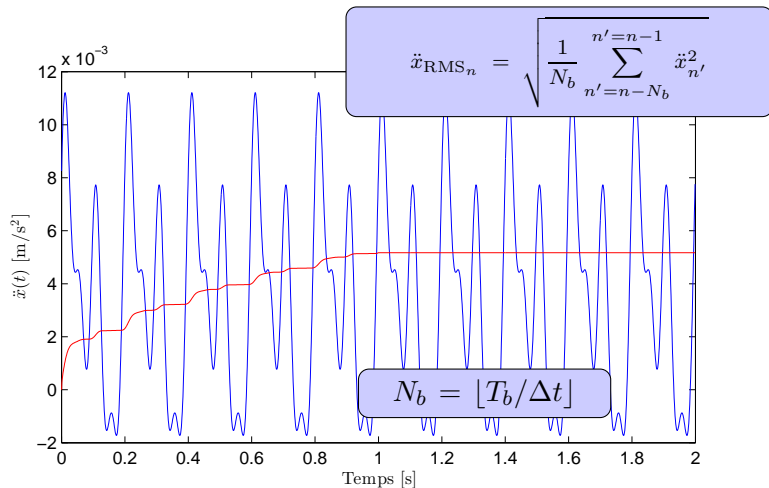
Senyal periòdic - Senyal original + Valor mig



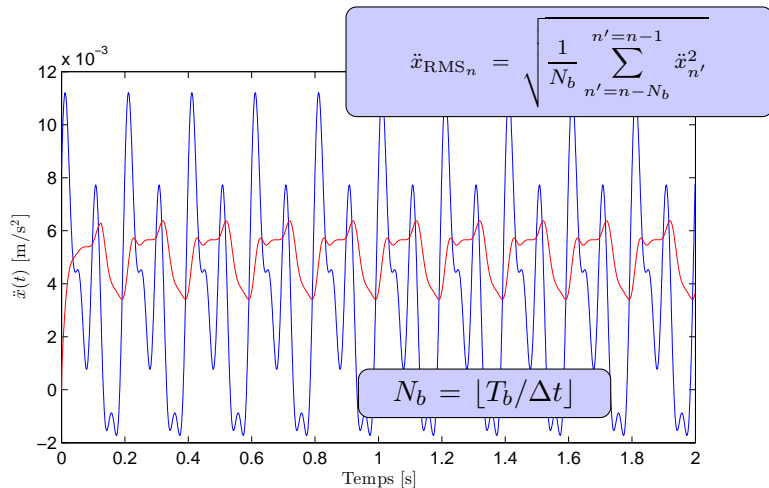
Senyal periòdic - Senyal original + Valor eficaç (RMS)



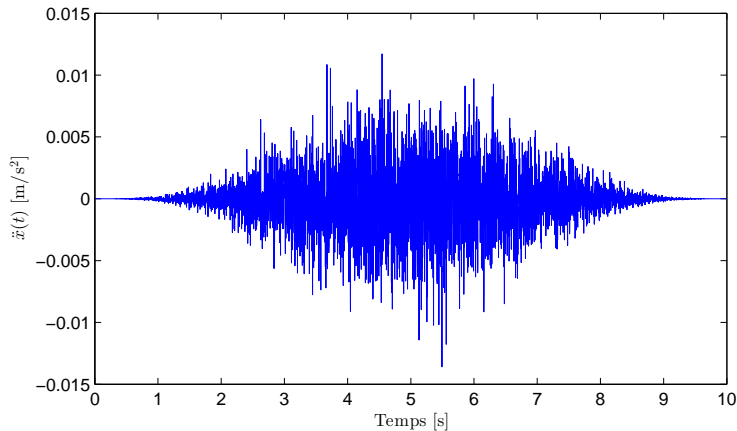
Senyal periòdic - Senyal original + "Running RMS" $T_b = 1$ s



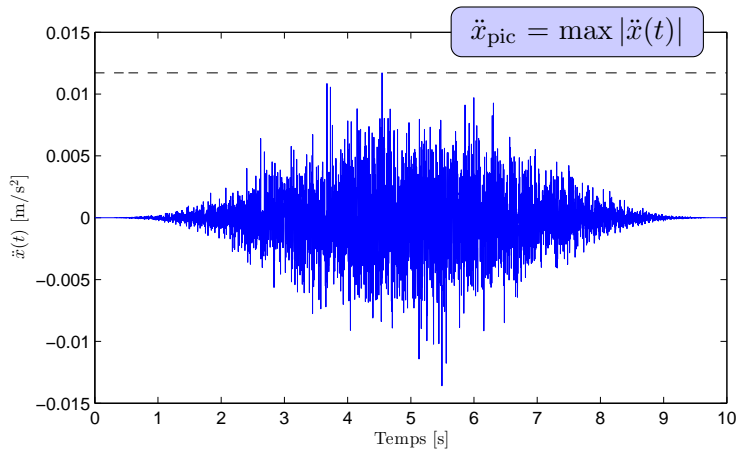
Senyal periòdic - Senyal original + "Running RMS" $T_b = 0.125$ s



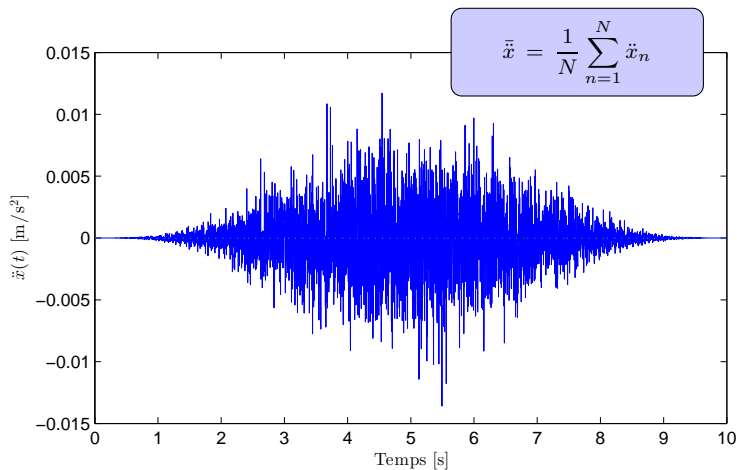
Senyal aleatori transitori - Senyal original



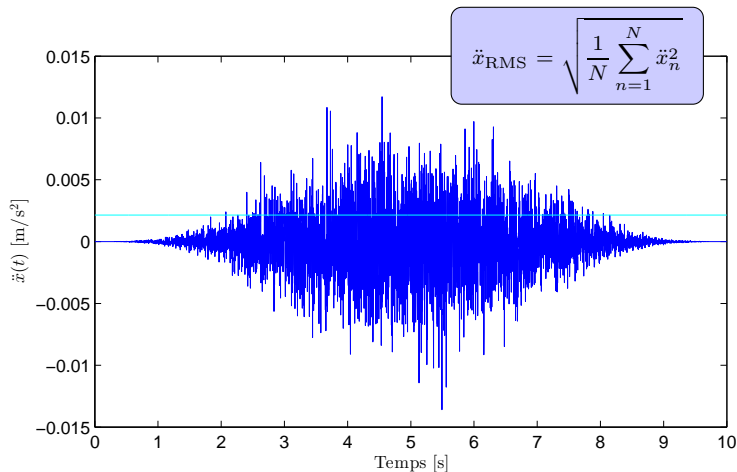
Senyal aleatori transitori - Senyal original + Valor de pic



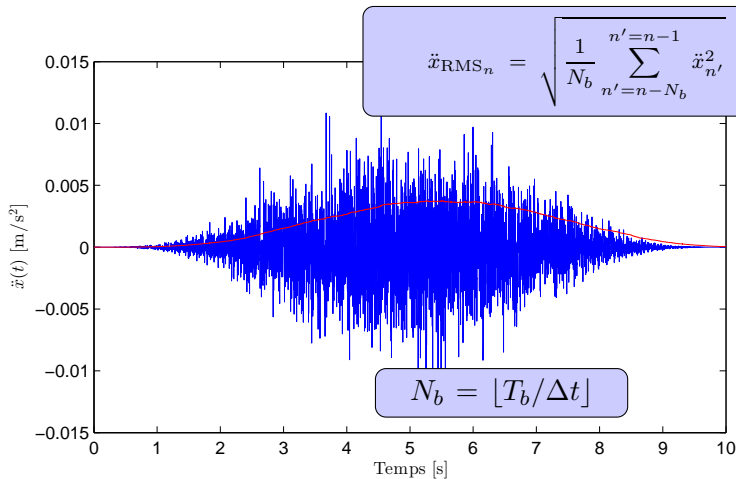
Senyal aleatori transitori - Senyal original + Valor mig



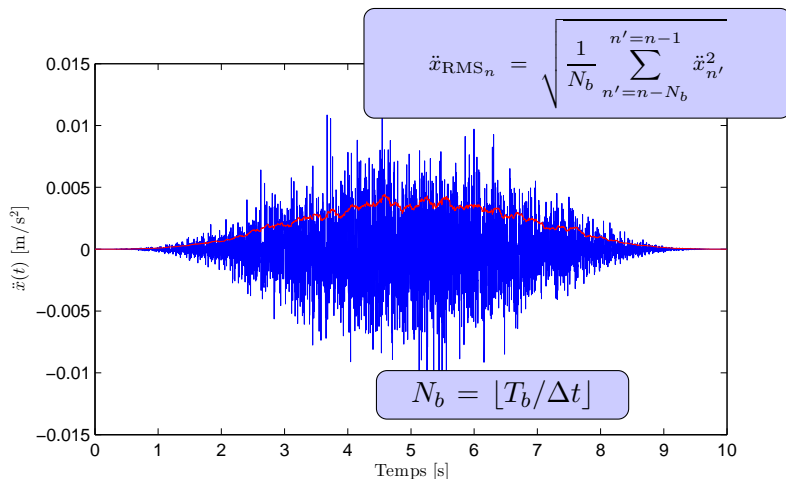
Senyal aleatori transitori - Senyal original + Valor eficaç (RMS)



Senyal aleatori transitori - Senyal original + "Running RMS" $T_b = 1$ s



Senyal aleatori transitori - Senyal original + "Running RMS" $T_b = 0.125$ s



Avaluadors en decibels [dB]

- Desplaçament en dB = $20 \log \left(\frac{x}{x_0} \right)$
- Velocitat en dB = $20 \log \left(\frac{\dot{x}}{\dot{x}_0} \right)$
- Acceleració en dB = $20 \log \left(\frac{\ddot{x}}{\ddot{x}_0} \right)$

Els valors de referència prenen els següents valors:

- $x_0 = 10^{-12} \text{ m}$
- $\dot{x}_0 = 10^{-9} \text{ m/s}$
- $\ddot{x}_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$

Transformada de Fourier (FT)

Definició genèrica:

$$X(\omega) = \frac{1}{(2\pi)^p} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{\pm i\omega t} dt$$

Si $x(t) \in \mathbb{R}$:

- $X(\omega) \in \mathbb{C}$.
- $X(\omega) = X^*(-\omega)$.

La FT només pot ser aplicada a funcions d'energia finita, les quals hauran de complir doncs que

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x^2(t) dt < \infty$$

Transformada de Fourier (FT)

Convenció per aquesta assignatura:

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt$$

Transformada de Fourier inversa (FT^{-1}) associada a l'anterior:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(\omega)e^{i\omega t} d\omega$$

Teorema de Parseval:

$$\text{Energia d'un senyal} = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2(t)dt = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f)X^*(f)df$$

Transformada de Fourier Discreta (DFT)

Versió discreta de la TF:

$$\ddot{X}_m = \sum_{n=1}^N \ddot{x}_n e^{-\frac{2\pi i(n-1)(m-1)}{N}}$$

Càlcul en MATLAB:

$$\ddot{X}_m = \text{fftshift}(\text{fft}(\ddot{x}_n))$$

Vector freqüència associat:

$$N \text{ imparell} \rightarrow f_m = \frac{1}{T_r} \left[-(N-1)/2 \quad \dots \quad m-1 \quad \dots \quad (N-1)/2 \right]$$

$$N \text{ parell} \rightarrow f_m = \frac{1}{T_r} \left[-N/2 \quad \dots \quad m-1 \quad \dots \quad (N/2) - 1 \right]$$

Transformada de Fourier Discreta (DFT)

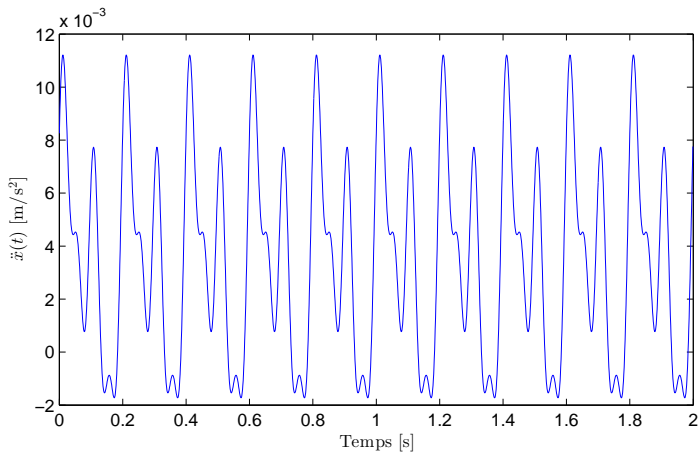
Versió discreta del teorema de Parseval amb Energia:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \ddot{x}^2(t) dt \approx \left(\sum_{n=1}^N \ddot{x}_n^2 \right) \Delta t = \sum_{m=1}^N \left(\frac{\Delta t}{N} \left| \ddot{X}_m \right|^2 \right),$$

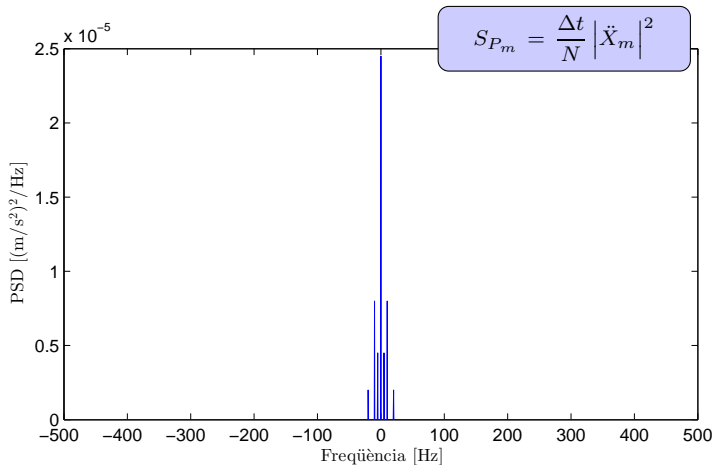
Versió discreta del teorema de Parseval amb Potència:

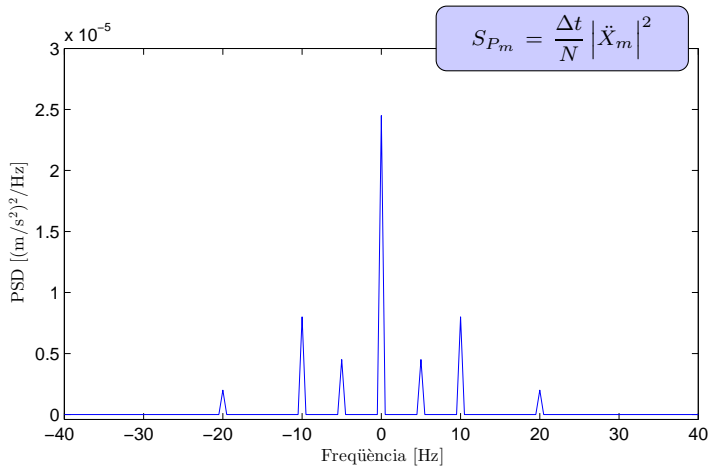
$$\frac{1}{T_r} \int_0^{T_r} \ddot{x}^2(t) dt \approx \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |\ddot{x}_n|^2 = \sum_{m=1}^N \left(\frac{1}{N^2} \left| \ddot{X}_m \right|^2 \right),$$

Senyal periòdic - Senyal original

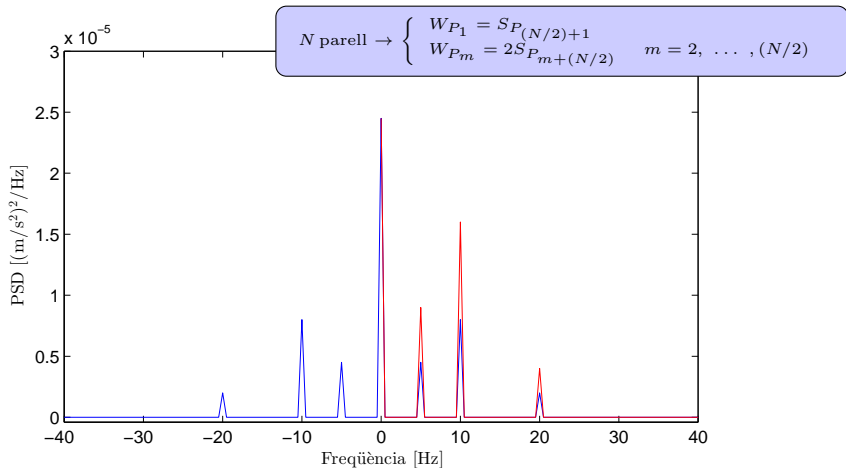


Senyal periòdic - Densitat Espectral de Potència (PSD)

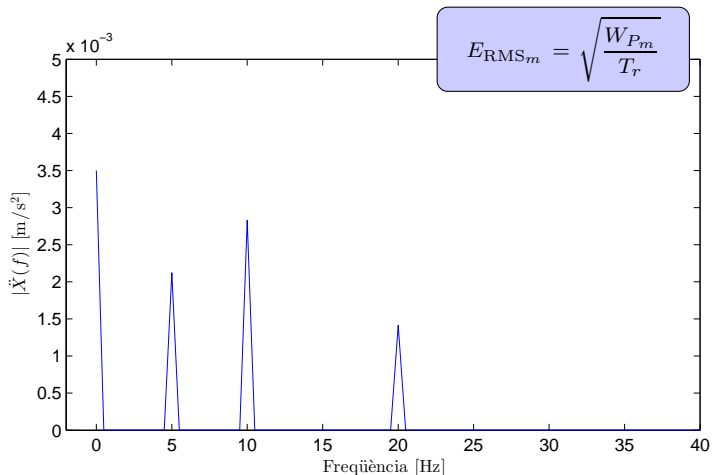


Senyal periòdic - Densitat Espectral de Potència (PSD) (Zoom)

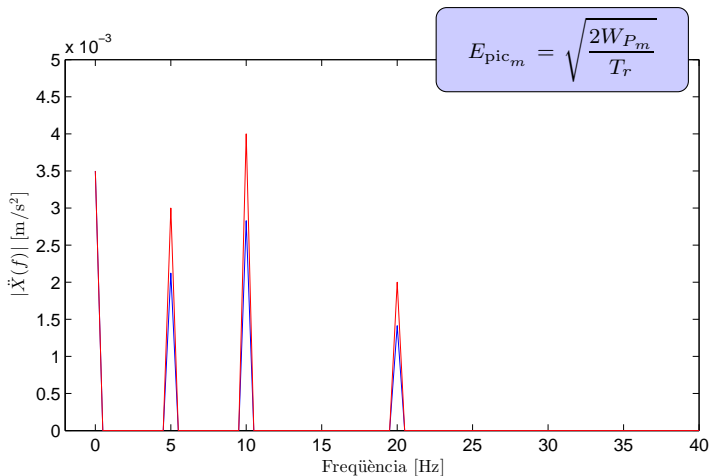
Senyal periòdic - Densitat Espectral de Potència (PSD) a una cara (Zoom)



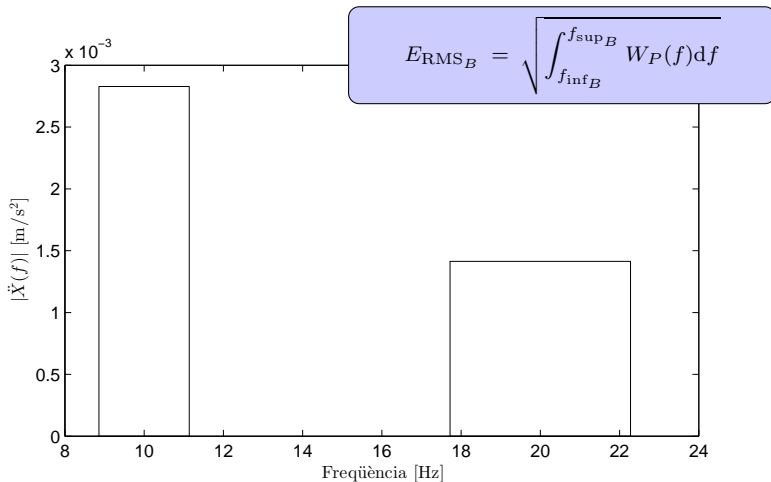
Senyal periòdic - Espectre de valor de valor eficaç (RMS)



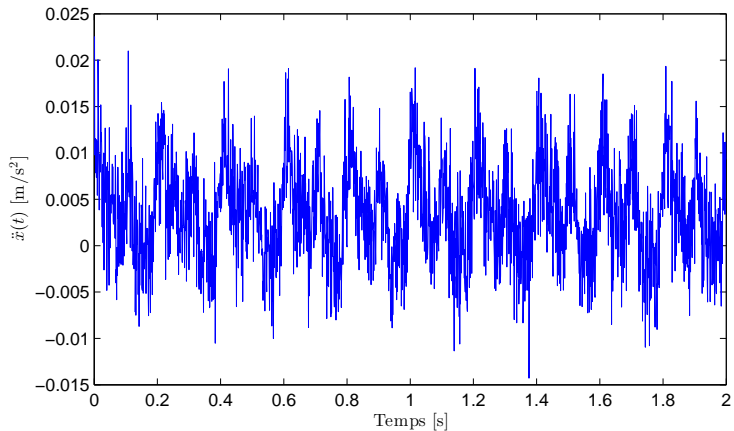
Senyal periòdic - Espectre de valor de valor de pic



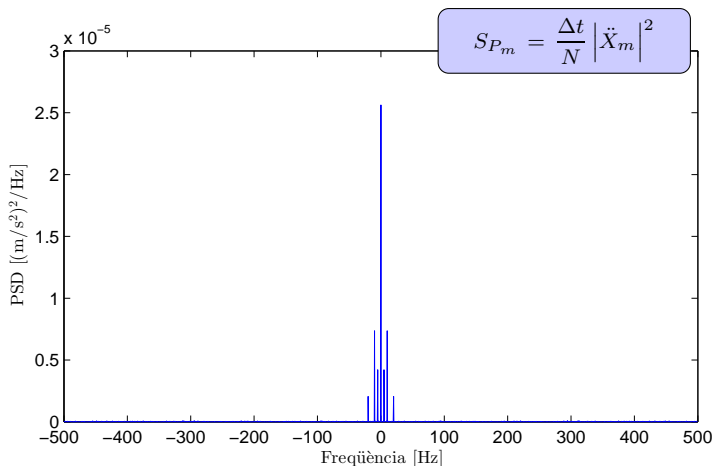
Senyal periòdic - Bandes de terç d'octava de l'espectre de valor eficaç (RMS)



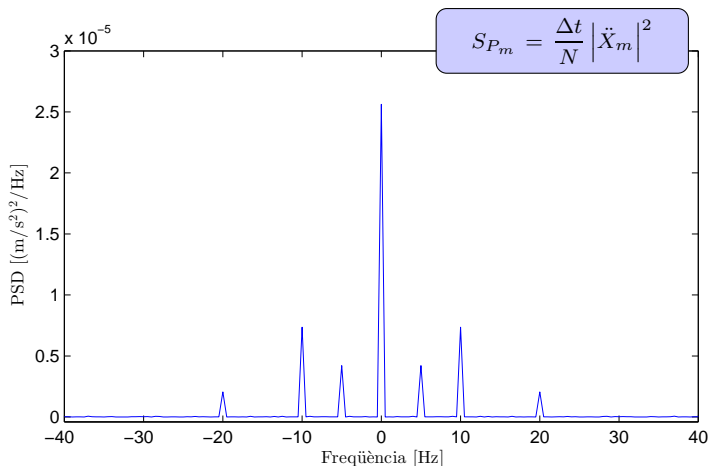
Senyal aleatori estacionari - Senyal original



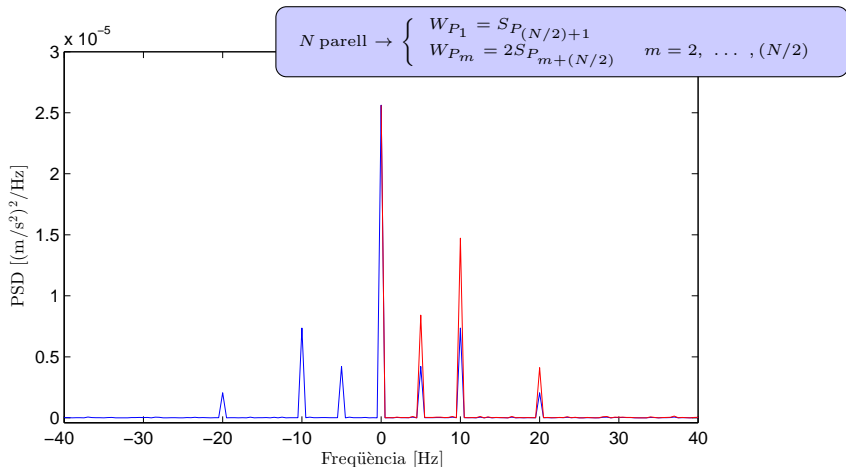
Senyal aleatori estacionari - Densitat Espectral de Potència (PSD)



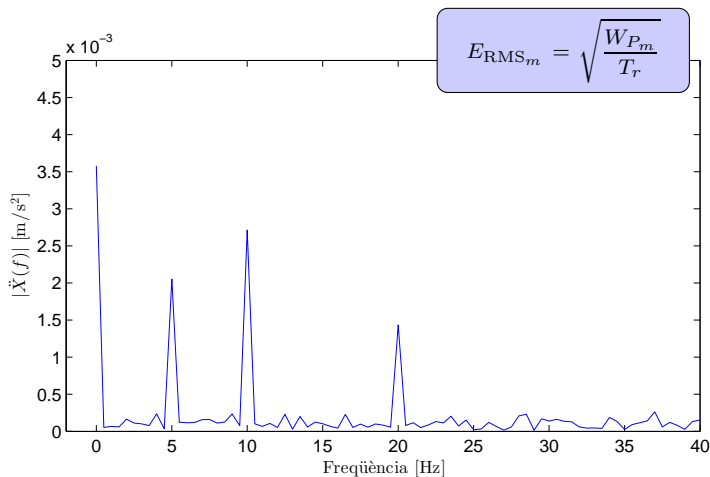
Senyal aleatori estacionari - Densitat Espectral de Potència (PSD) (Zoom)



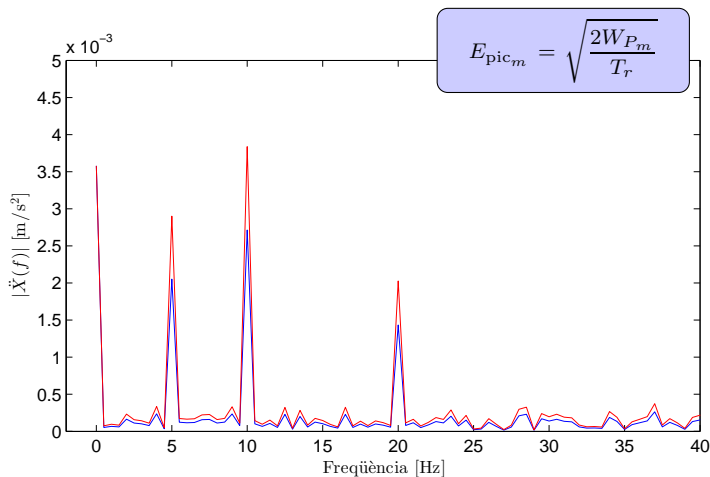
Senyal aleatori estacionari - Densitat Espectral de Potència (PSD) a una cara (Zoom)



Senyal aleatori estacionari - Espectre de valor de valor eficaç (RMS)



Senyal aleatori estacionari - Espectre de valor de valor de pic



Senyal aleatori estacionari - Bandes de terç d'octava de l'espectre de valor eficaç (RMS)

