

The image displays three distinct signal waveforms. The top waveform is orange and shows a complex, multi-peaked signal with a prominent central peak. The bottom-left waveform is purple and exhibits a sharp initial dip followed by several smaller, irregular peaks. The bottom-right waveform is green and shows a similar multi-peaked structure to the orange waveform but with a different amplitude and phase. The central text 'INTRODUZIONE AI SEGNALI' is underlined and positioned between the orange and green waveforms.

# INTRODUZIONE AI SEGNALI

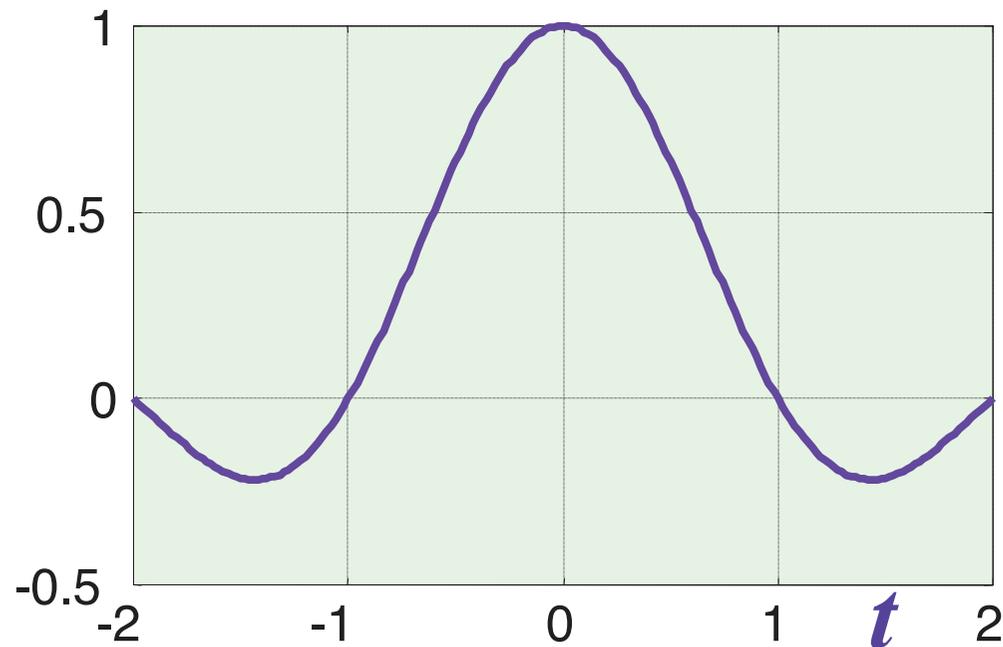
# Classificazione dei segnali (1)

I segnali rappresentano il comportamento di grandezze fisiche (ad es. tensioni, temperature, pressioni, ...) in funzione di una o più variabili indipendenti (ad es. il tempo  $t$ , lo spazio  $x$ , ...).

I segnali *monodimensionali* sono rappresentati da funzioni di una sola variabile e possono essere:

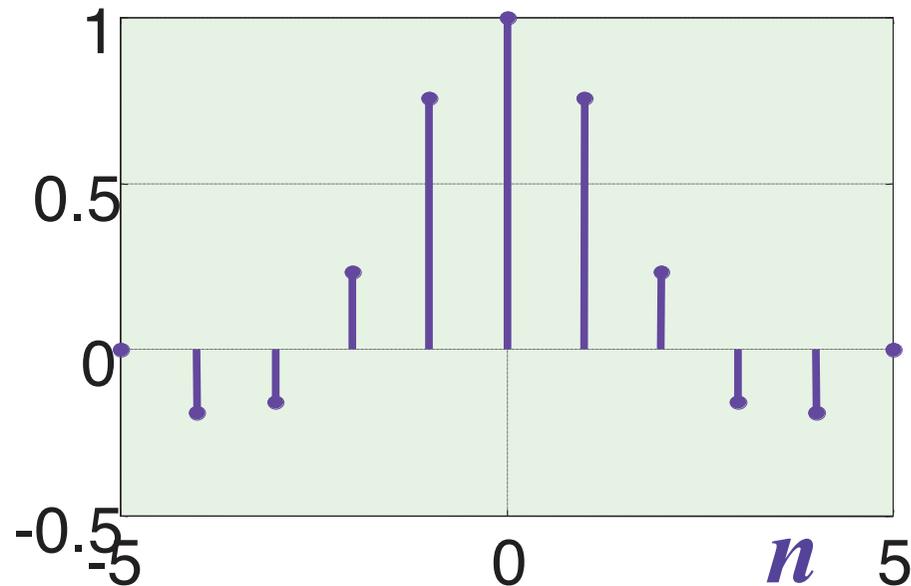
- **continui** => se la variabile indipendente assume con continuità tutti i valori reali

$x(t)$



## Classificazione dei segnali (2)

- **discreti** => se la variabile indipendente assume valori multipli interi di un intervallo prefissato



$x_n$

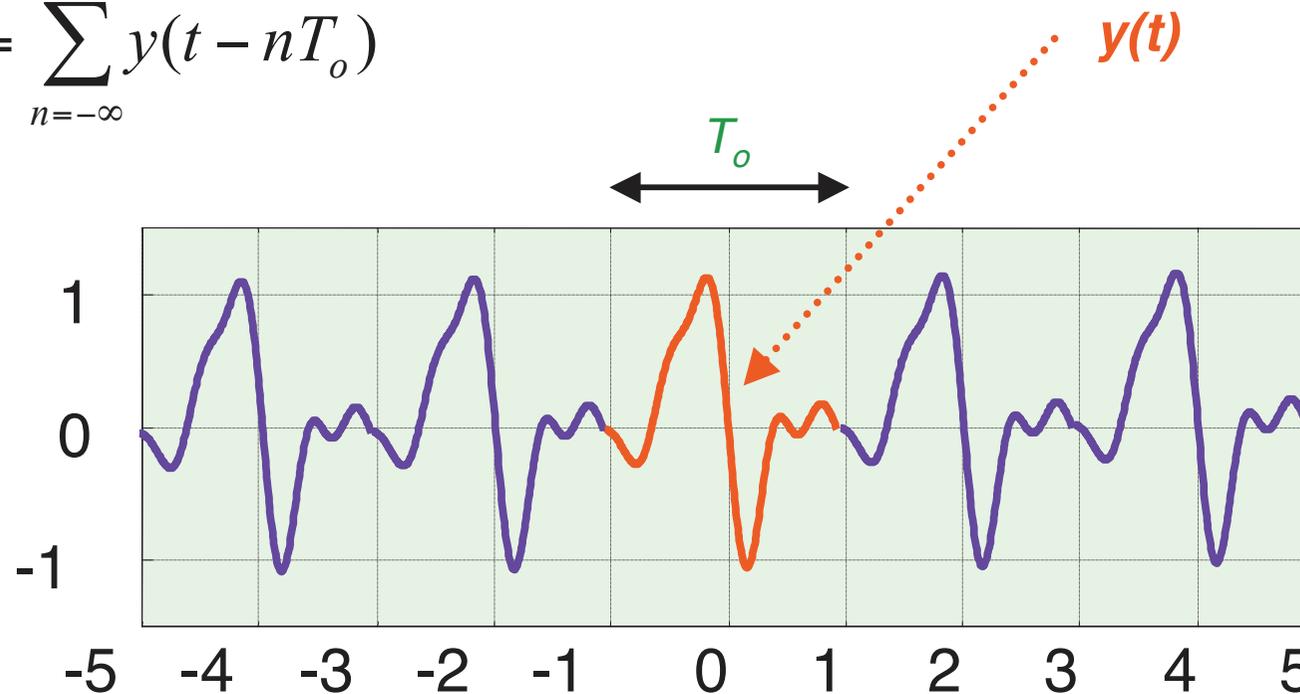
- **reali** => se il segnale assume solo valori reali
- **complessi** => se il segnale assume valori complessi (parte reale + parte immaginaria oppure modulo + fase)

## Classificazione dei segnali (3)

- **periodici** => se il segnale si ripete uguale a se stesso dopo un qualsiasi intervallo multiplo di un periodo di durata  $T_o$ . L'inverso della durata del periodo viene detto frequenza fondamentale  $f_o$  del segnale periodico.

Se  $x(t)$  e' periodico, con periodo  $T_o$ , e se con  $y(t)$  si indica  $x(t)$  troncato ad un solo periodo, e' evidente che il segnale periodico puo' essere espresso come:

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} y(t - nT_o)$$



# Energia, potenza e componente continua (valor medio)

Energia

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$$

Potenza istantanea

$$P_i = |x(t)|^2$$

Potenza media

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |x(t)|^2 dt$$

Attenzione: non sono energie e potenze “fisiche”.

Potenza media di un segnale periodico

$$P = \frac{1}{T_o} \int_{-T_o/2}^{T_o/2} |x(t)|^2 dt$$

Componente continua (valor medio)

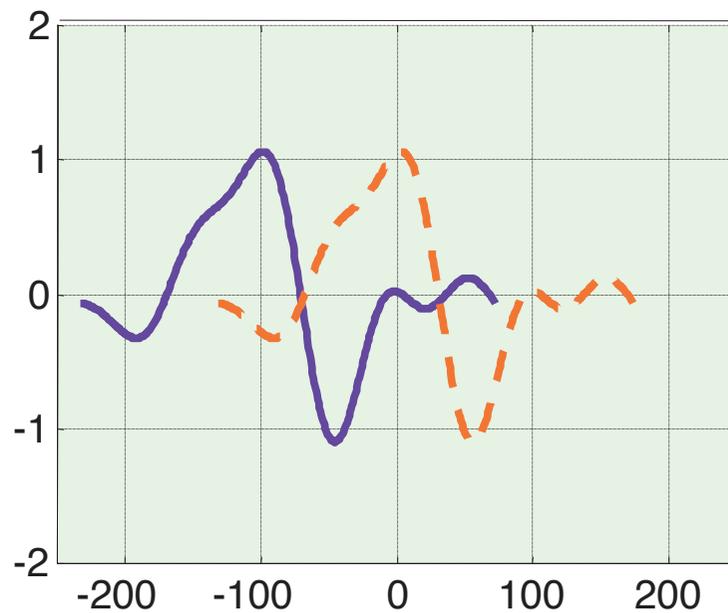
$$m = \overline{x(t)} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt$$

Componente continua (valor medio)  
di un segnale periodico

$$m = \overline{x(t)} = \frac{1}{T_o} \int_{-T_o/2}^{T_o/2} x(t) dt$$

# Ritardo

Il segnale  $x(t - \tau)$  e' **ritardato** di  $\tau$  rispetto a  $x(t)$  ;  
e' traslato rigidamente verso **destra**

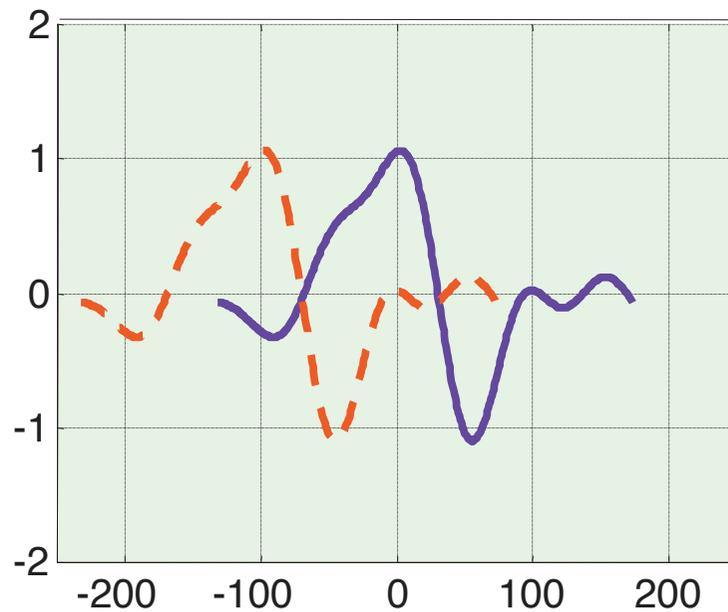


$x(t)$

$x(t - 100)$

# Anticipo

Il segnale  $x(t + \tau)$  e' **anticipato** di  $\tau$  rispetto a  $x(t)$  ;  
e' traslato rigidamente verso **sinistra**

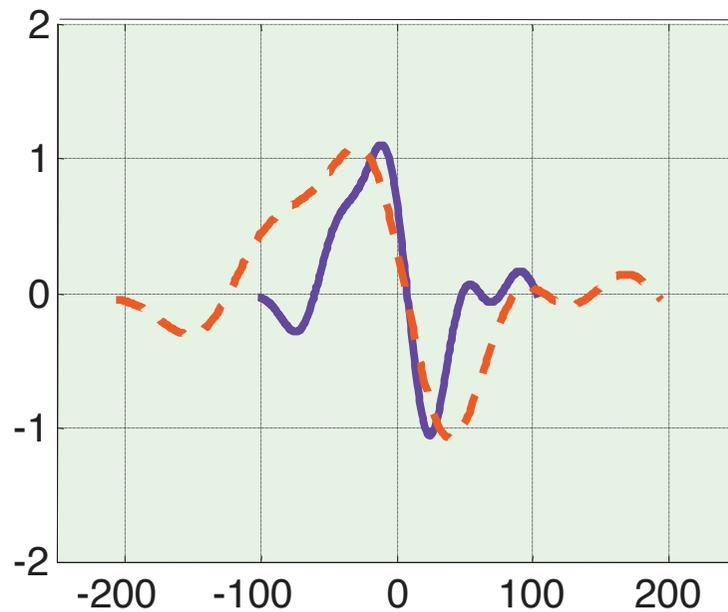


$x(t)$

$x(t + 100)$

# Scalatura

Il segnale  $x(at)$  e' scalato di  $a$  rispetto a  $x(t)$ ;  
e' dilatato se  $|a| < 1$  e compresso se  $|a| > 1$



$x(t)$

$x\left(\frac{t}{2}\right)$

## ESEMPI: costante e rettangolo

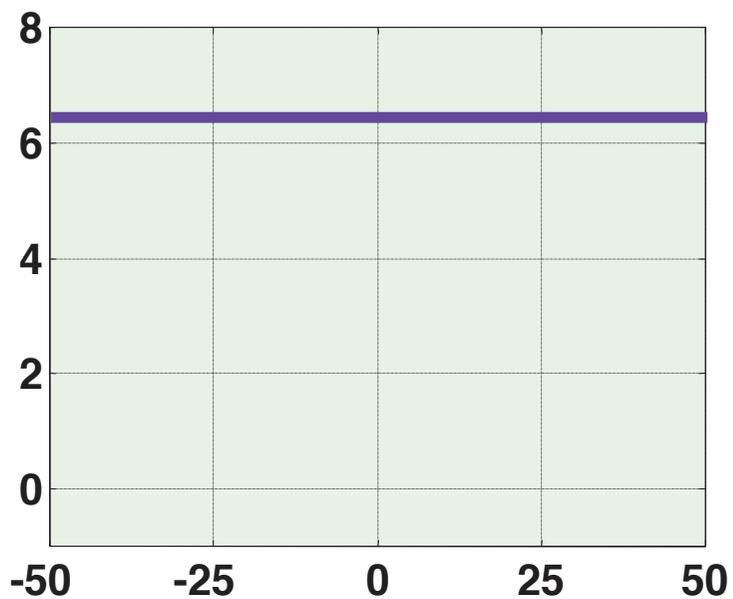
$$x(t) = C$$

Costante

$$E = \infty$$

$$P = C^2$$

$$m = \overline{x(t)} = C$$



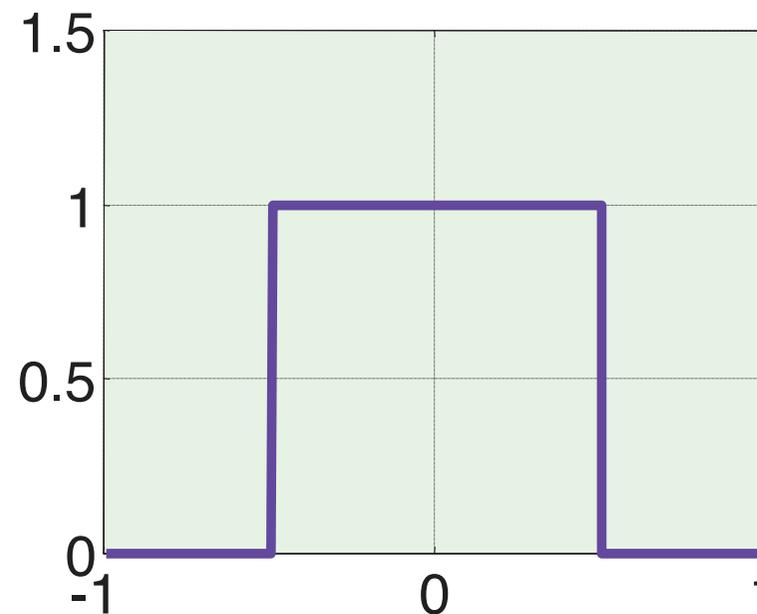
$$x(t) = \text{rect}(t)$$

Rettangolo

$$E = 1$$

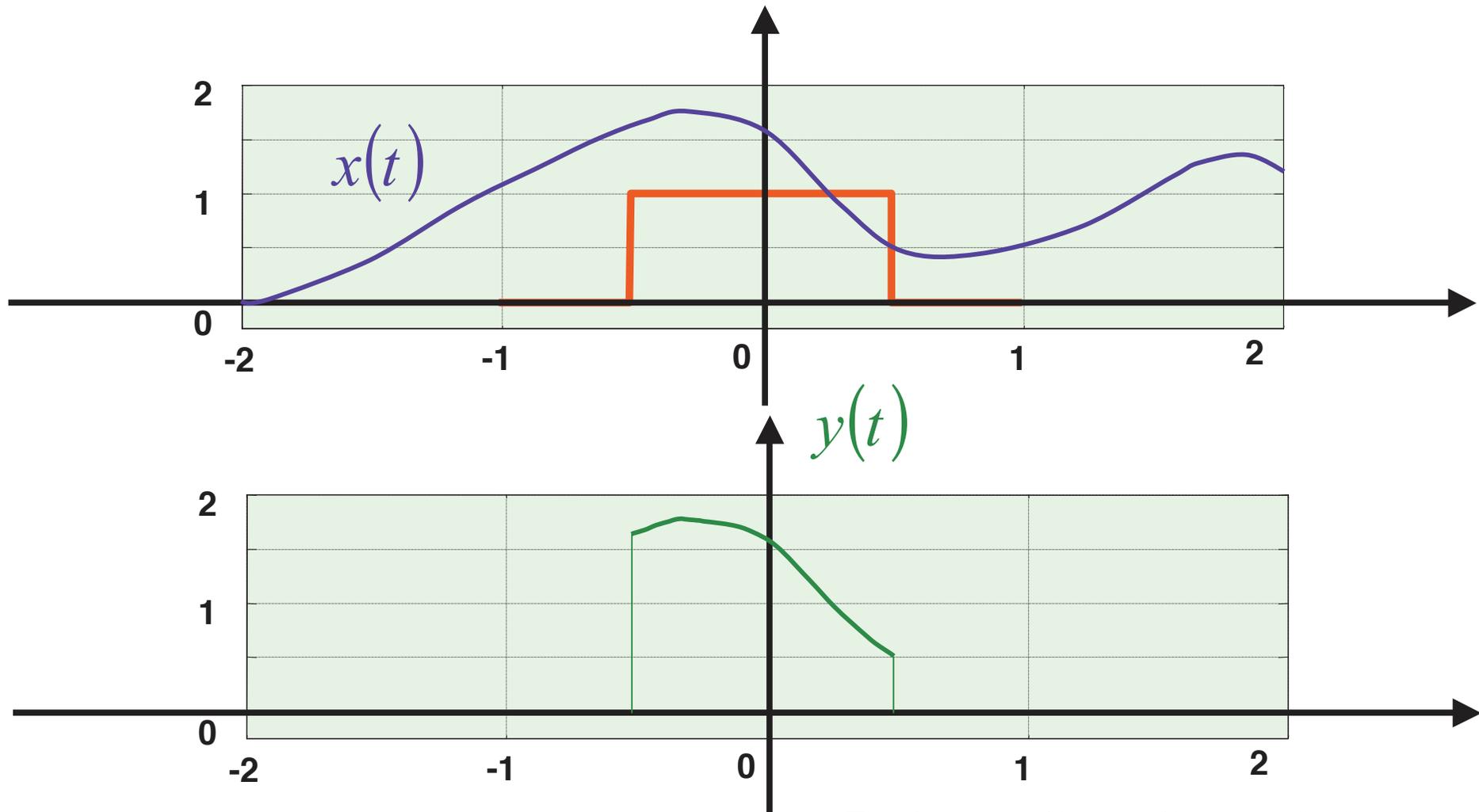
$$P = 0$$

$$m = \overline{x(t)} = 0$$



# Moltiplicazione di un segnale per il rettangolo

$$y(t) = x(t) \cdot \text{rect}(t)$$



## ESEMPI: scalino ed esponenziale

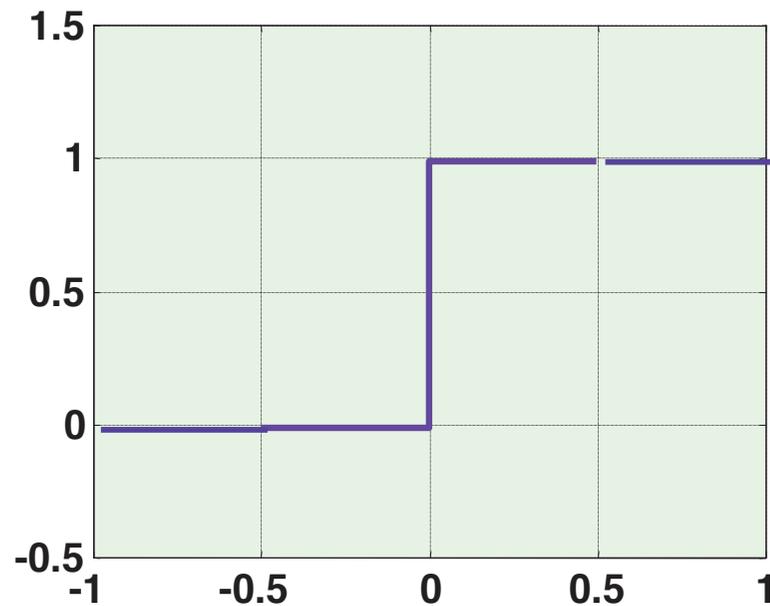
$$x(t) = u(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

Scalino

$$E = \infty$$

$$P = \frac{1}{2}$$

$$m = \frac{1}{2}$$



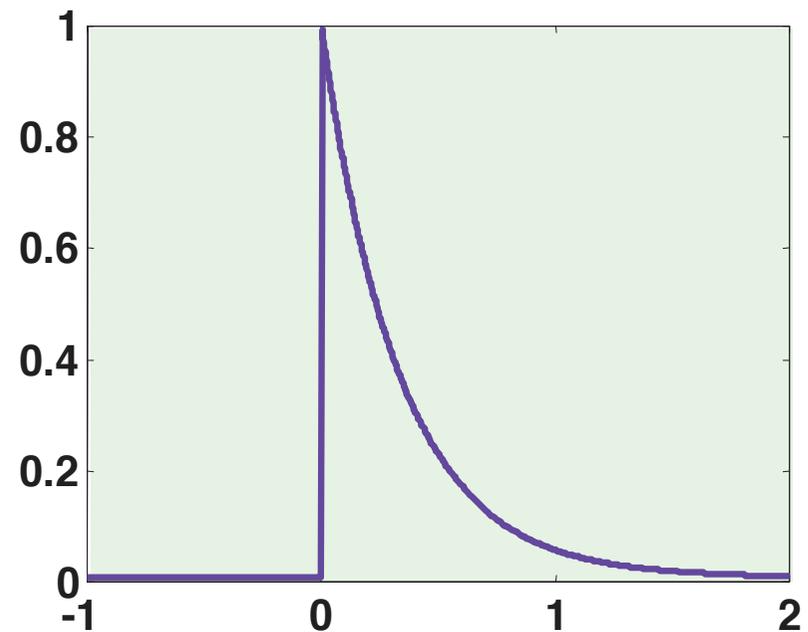
$$x(t) = \exp(-at)u(t)$$

Esponenziale  $a > 0$

$$E = \frac{1}{2a}$$

$$P = 0$$

$$m = 0$$



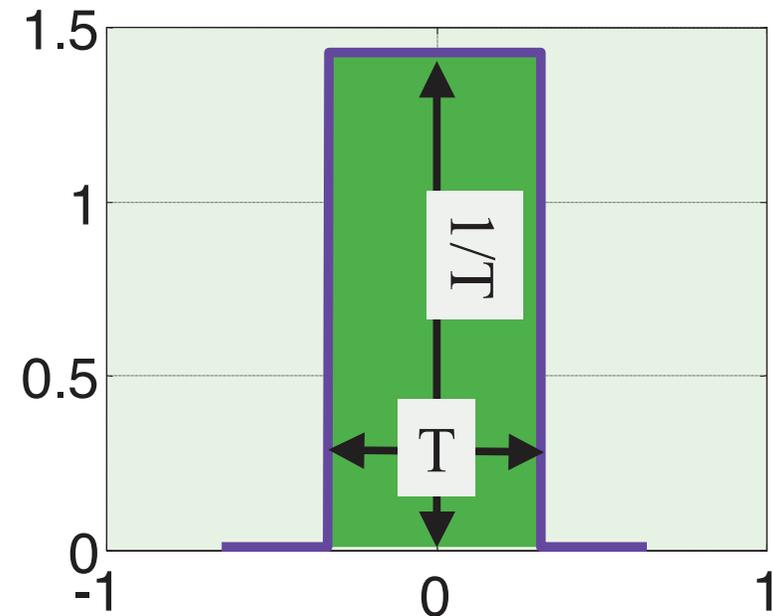
## L'impulso: definizione

L'impulso (detto anche delta di Dirac) puo' essere definito (tralasciando il rigore matematico) come un rettangolo di base  $T$  e altezza  $1/T$  quando  $T$  tende a zero:

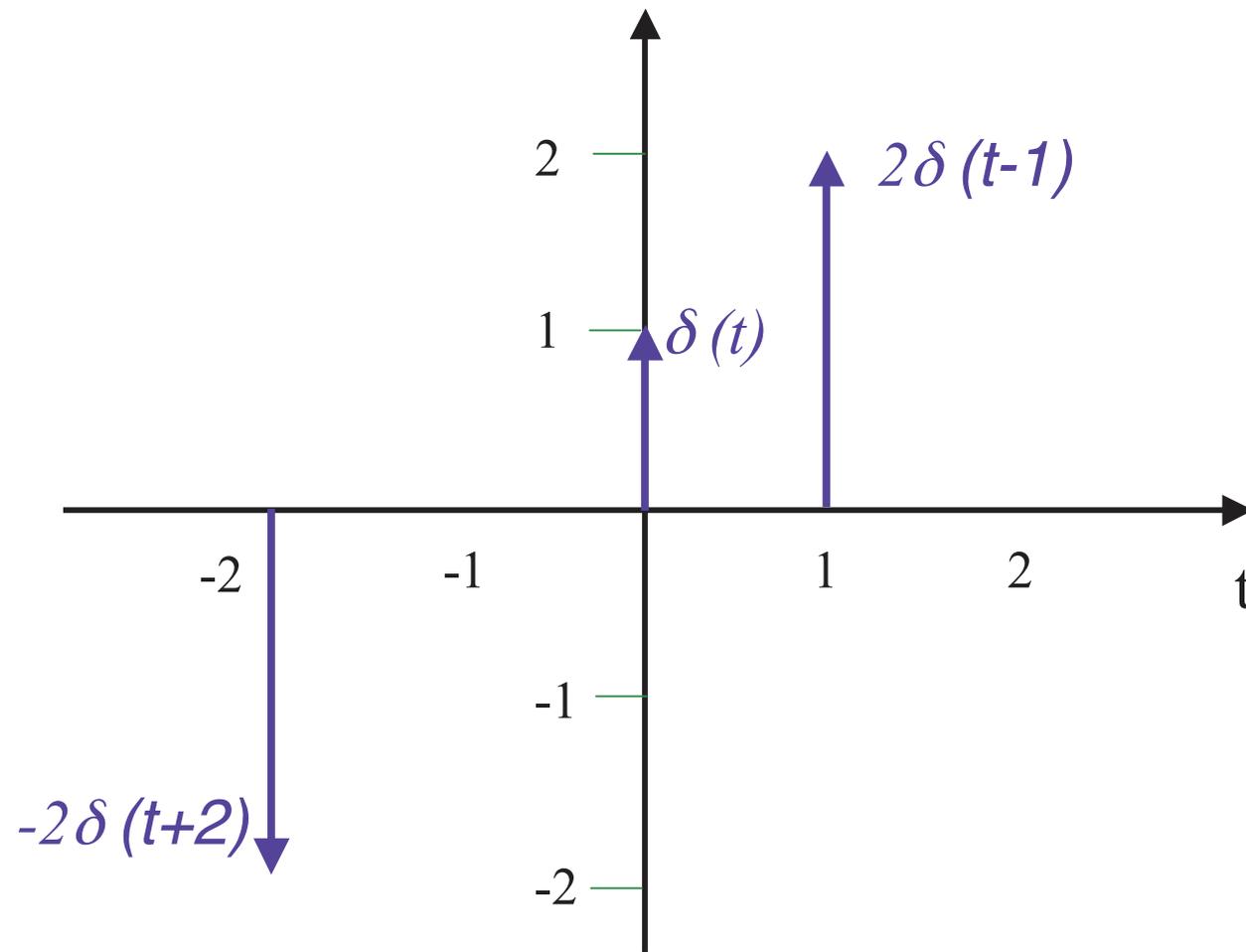
$$\delta(t) = \lim_{T \rightarrow 0} \frac{1}{T} \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right)$$

L'impulso e' dunque un segnale localizzato nell'origine con base infinitesima, ampiezza infinita, ma area (integrale) unitaria:

$$A = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$



## Simbolo dell'impulso



## Cosinusoide

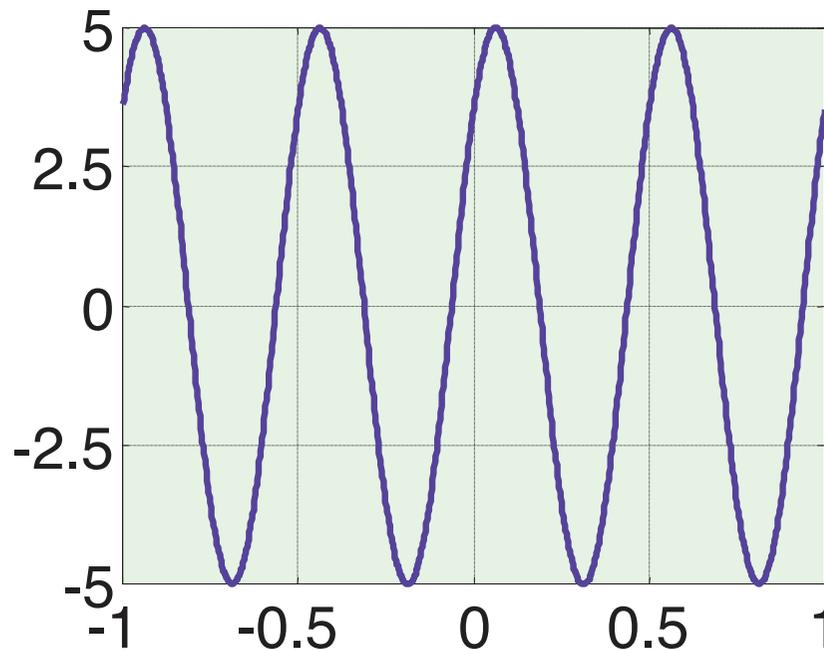
$$x(t) = A \cos(2\pi f_o t + \varphi)$$

$$P = \frac{A^2}{2}$$

$$T_o = \frac{1}{f_o}$$

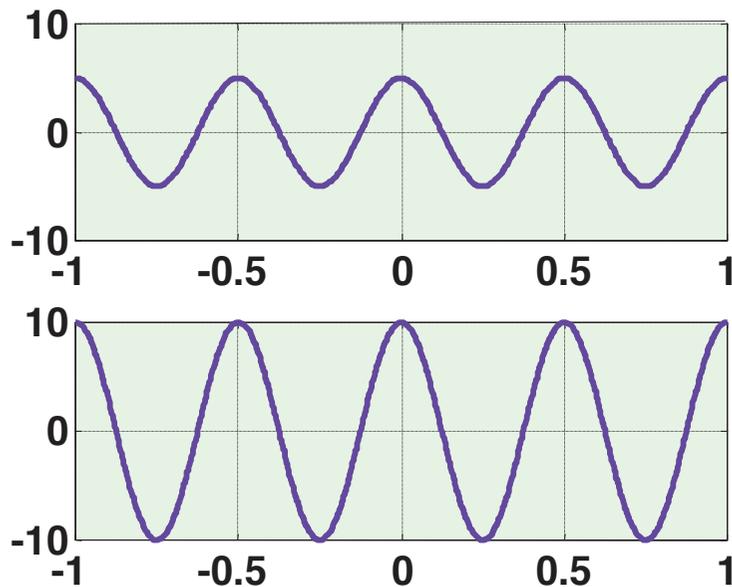
Periodo

Ampiezza      Frequenza      Fase (iniziale)

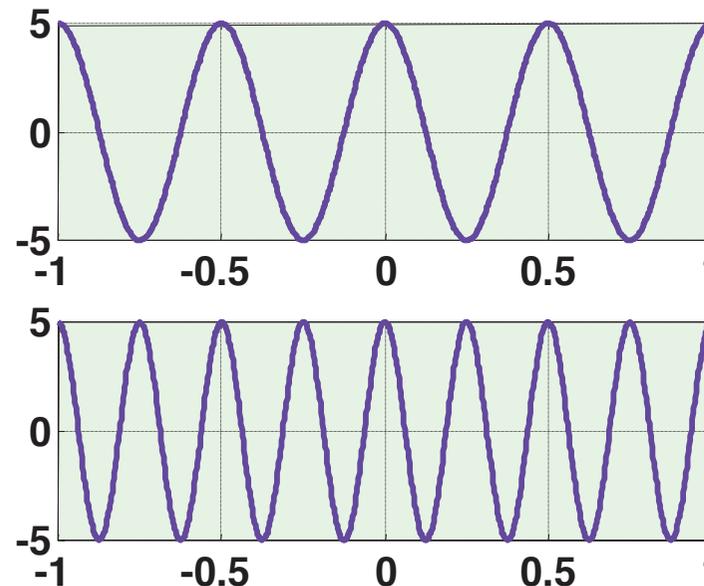


$$x(t) = 5 \cos\left(2\pi 2t - \frac{\pi}{4}\right)$$

# Cosinusoide: ampiezza, fase, frequenza



Aumenta l'ampiezza



Aumenta la frequenza

Aumenta la fase iniziale

## Cosinusoide

$$\begin{aligned} x(t) &= A \cos(2\pi f_o t + \varphi) = \\ &= A \cos\left\{2\pi f_o \left(t + \frac{\varphi}{2\pi f_o}\right)\right\} \end{aligned}$$

Aumentare la fase della cosinusoide equivale ad anticipare

