

# Fondamenti di bioingegneria

*Laurea in  
Ingegneria Informatica, Biomedica e delle  
Telecomunicazioni*

Fabio Baselice

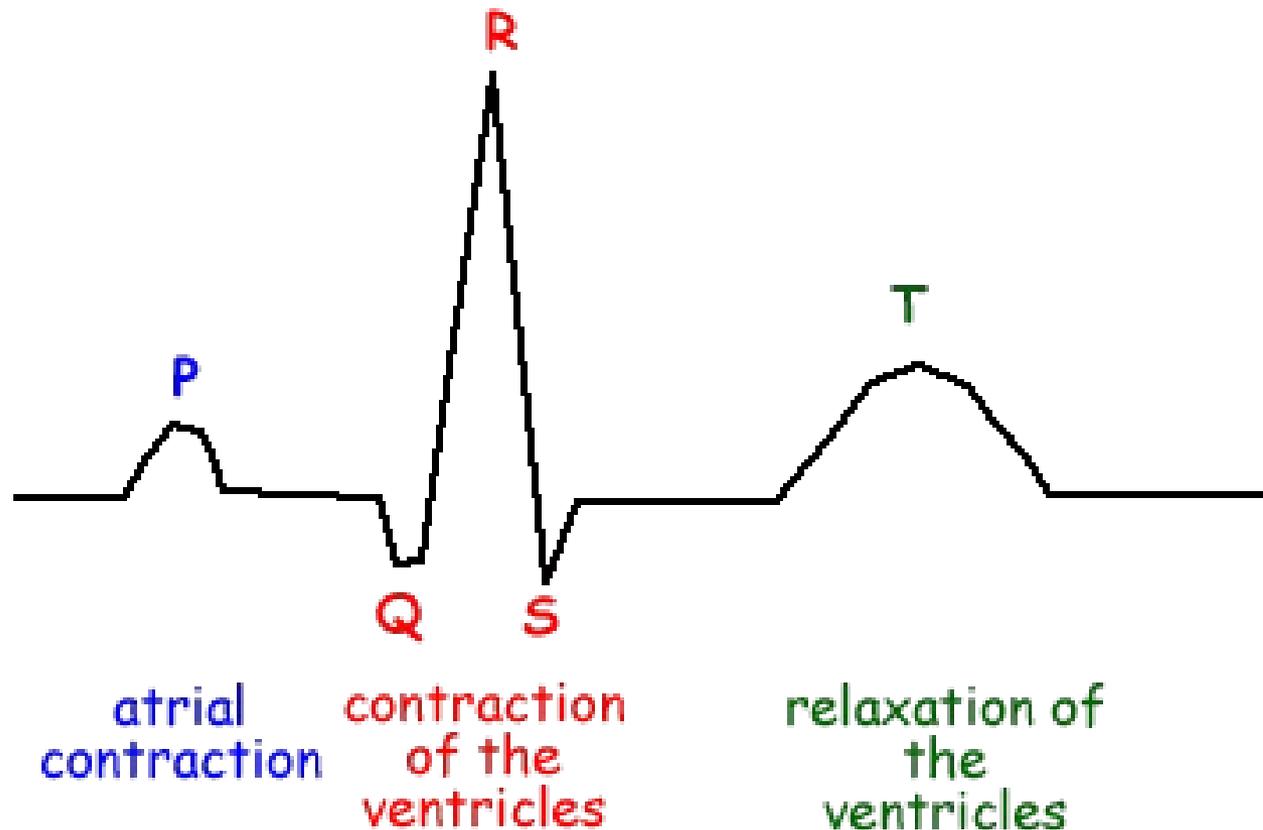


# Argomenti

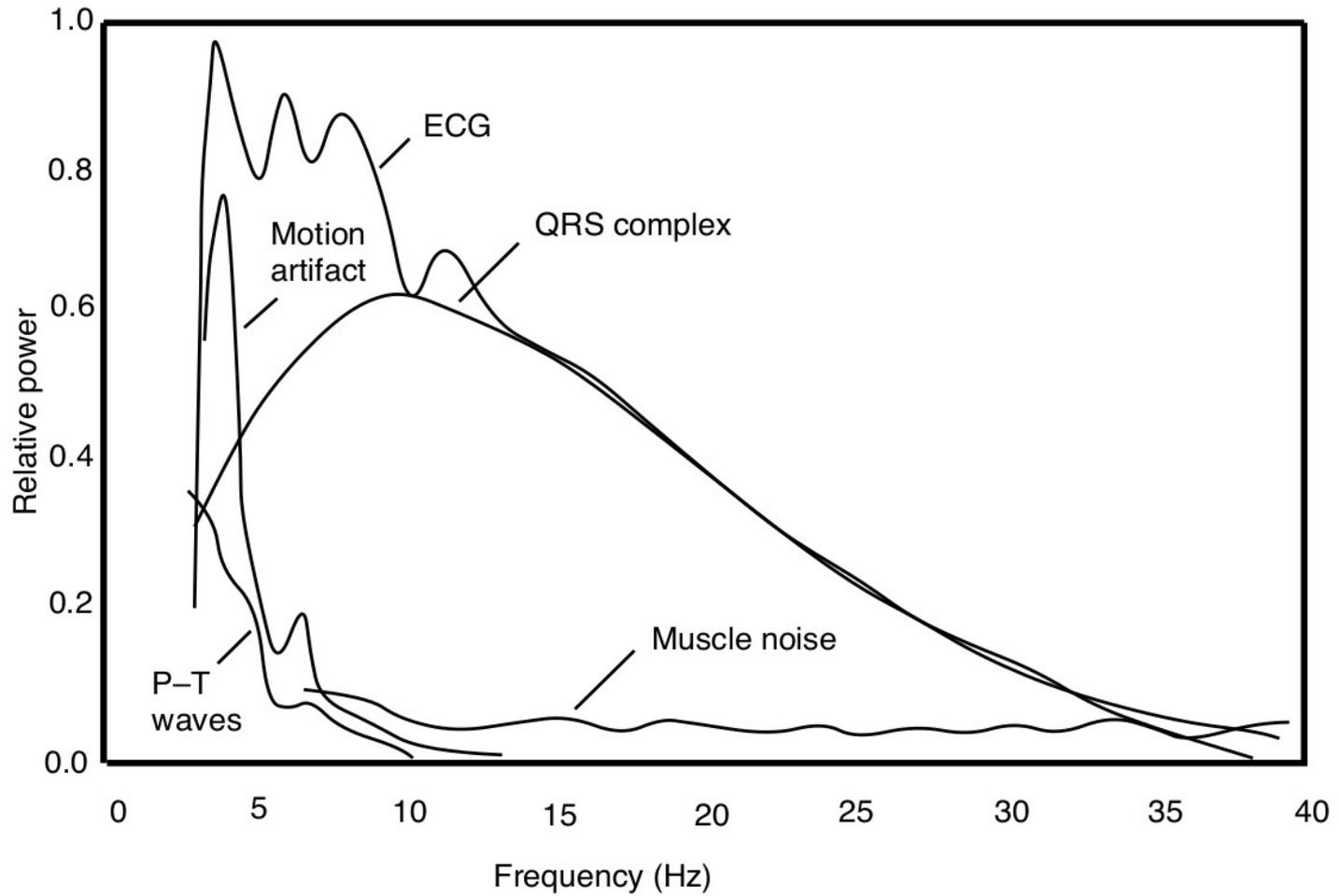
- Detection QRS
- Algoritmo di Pan Tompkins



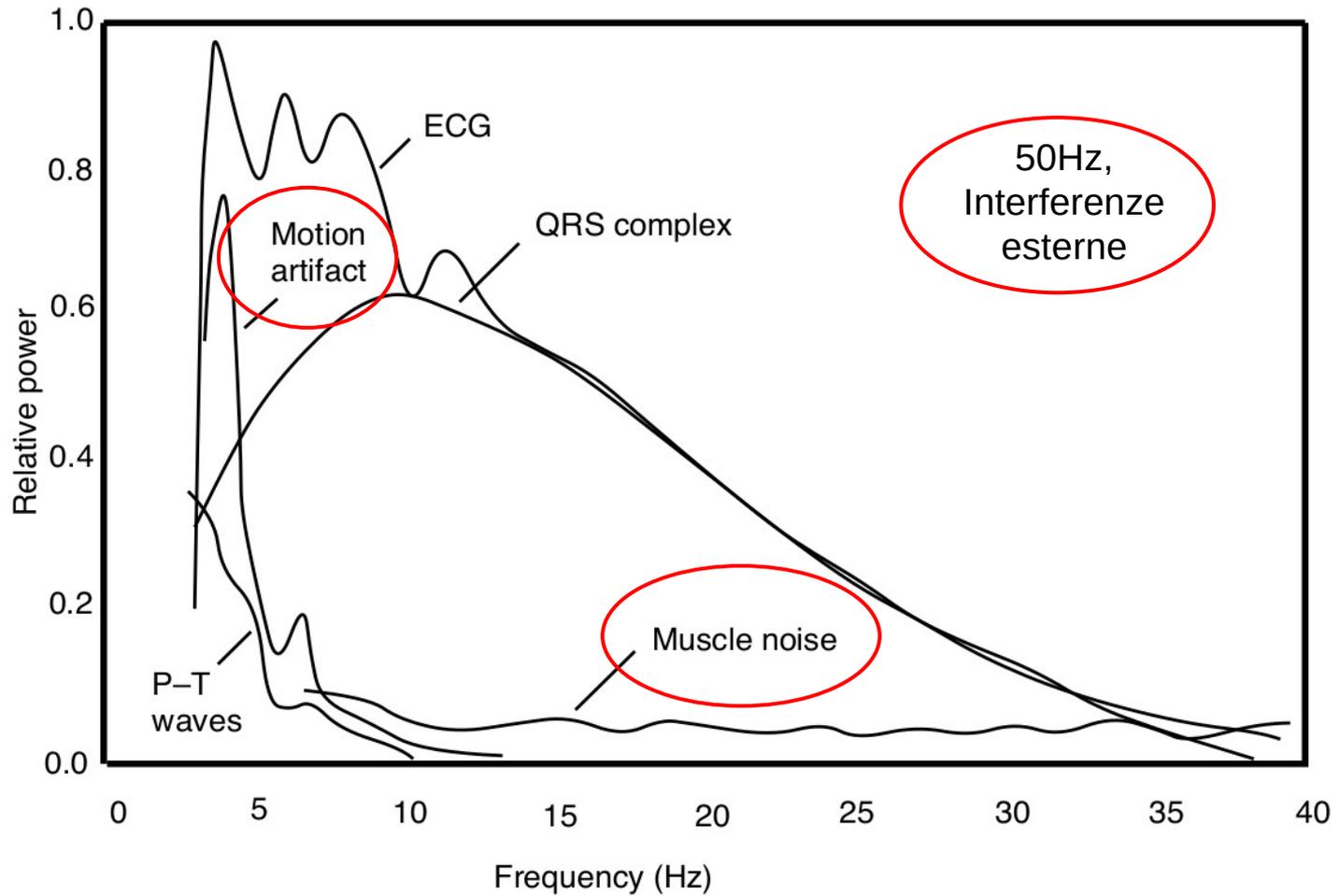
# QRS Detection



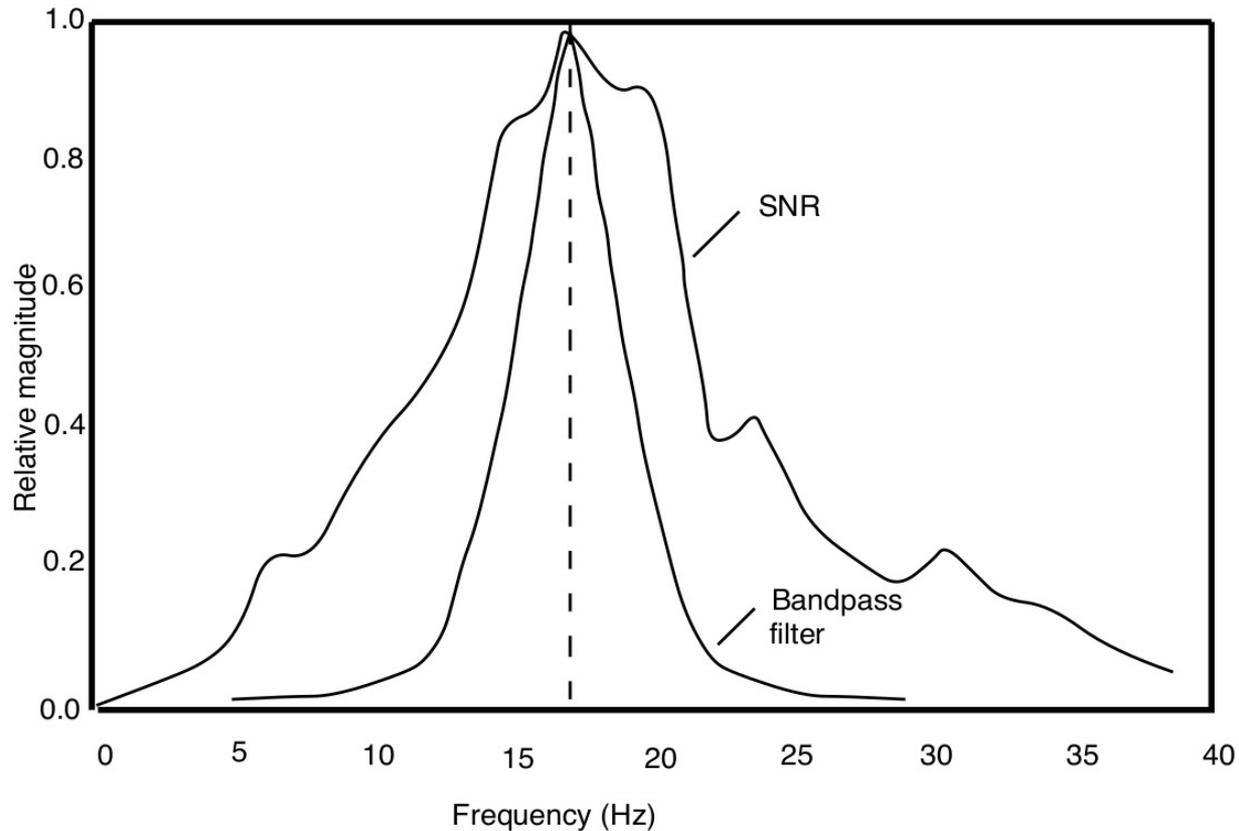
# Spettro ECG



# Spettro ECG



# Filtraggio



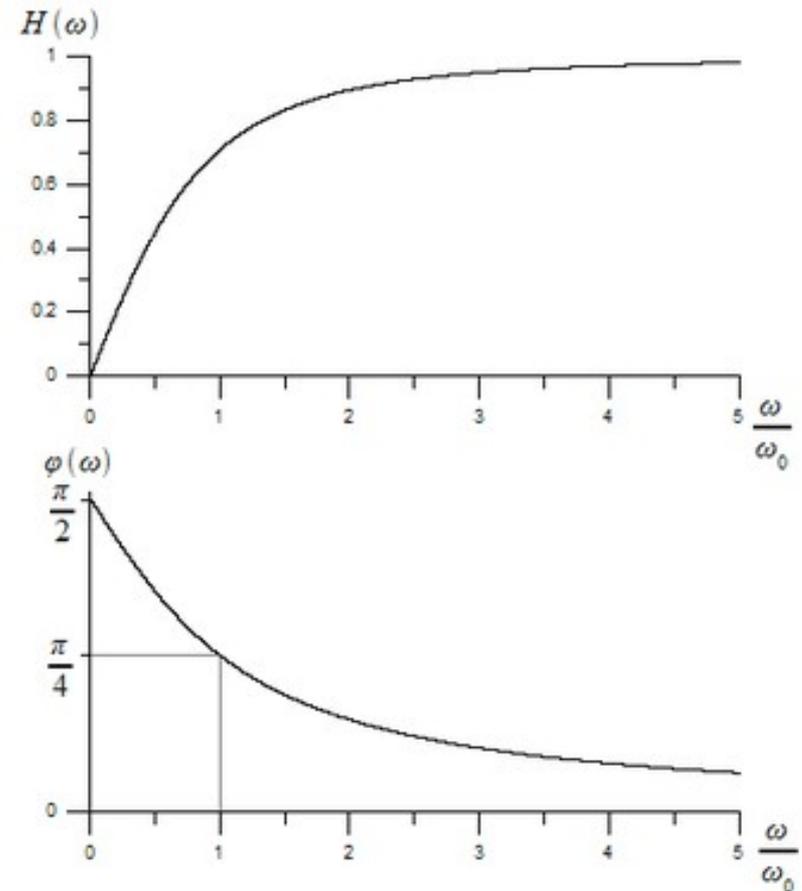
Il primo passo consiste nell'applicare un filtro al segnale ricevuto.



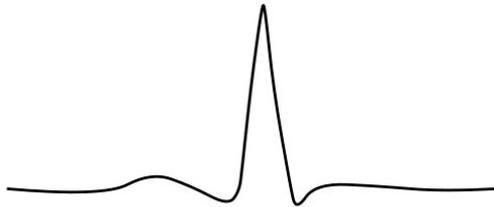
# Tecniche Differenziali

A seguito del filtraggio, generalmente si applica un filtro differenziale (derivatore) al dato.

Il derivatore si comporta come un filtro passa-alto, con l'effetto di attenuare in maniera significativa le onde P e T e di lasciare quasi inalterato il complesso QRS.



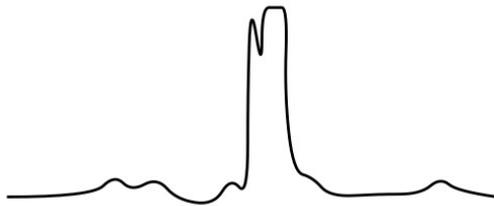
# Tecniche Differenziali



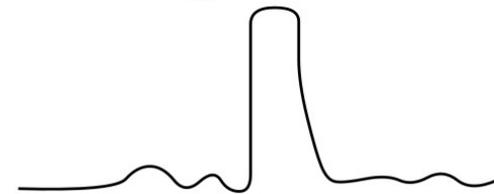
Segnale registrato  $x(nT)$



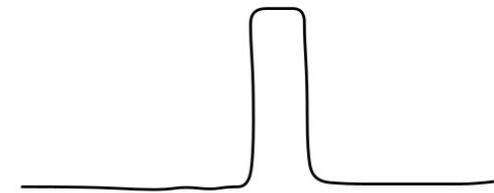
$$y_0(nT) = |x(nT) - x(nT-2T)|$$



$$y_1(nT) = |x(nT) - 2x(nT-2T) + x(nT-4T)|$$



$$y_2(nT) = 1.3y_0(nT) + 1.1y_1(nT)$$



$y_2(iT) \geq 1.0 \rightarrow$  almeno 8 punti consecutivi

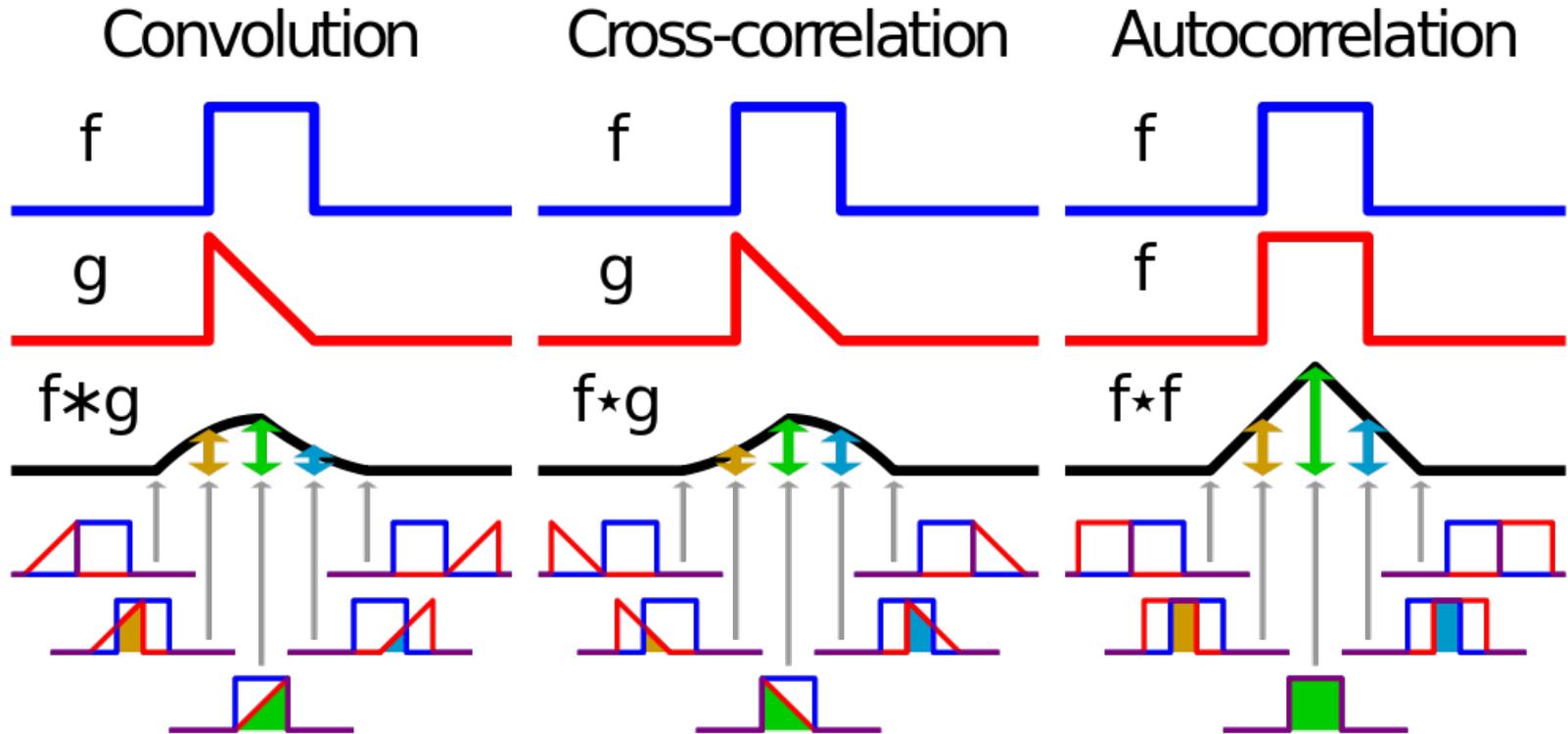
# Template Matching

Analizziamo ora le tecniche per classificare le forme d'onda del segnale ECG. Vi sono 3 approcci principali, tutti basati su un *template* (modello):

- Template cross-correlation
- Template subtraction
- Automata-based template matching

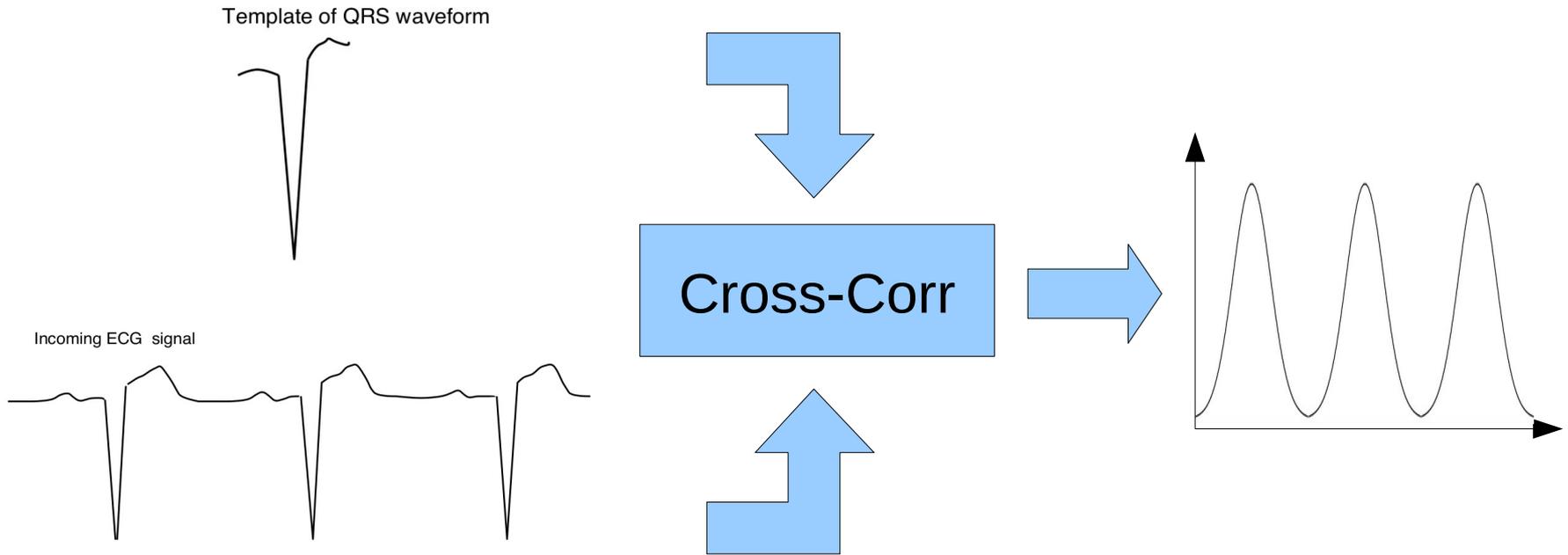


# Template cross-correlation



La cross-correlazione misura la somiglianza fra 2 segnali.

# Template cross-correlation



Il picco del segnale risultante indica il punto di allineamento, il valore misura il grado di somiglianza.

# Template Subtraction

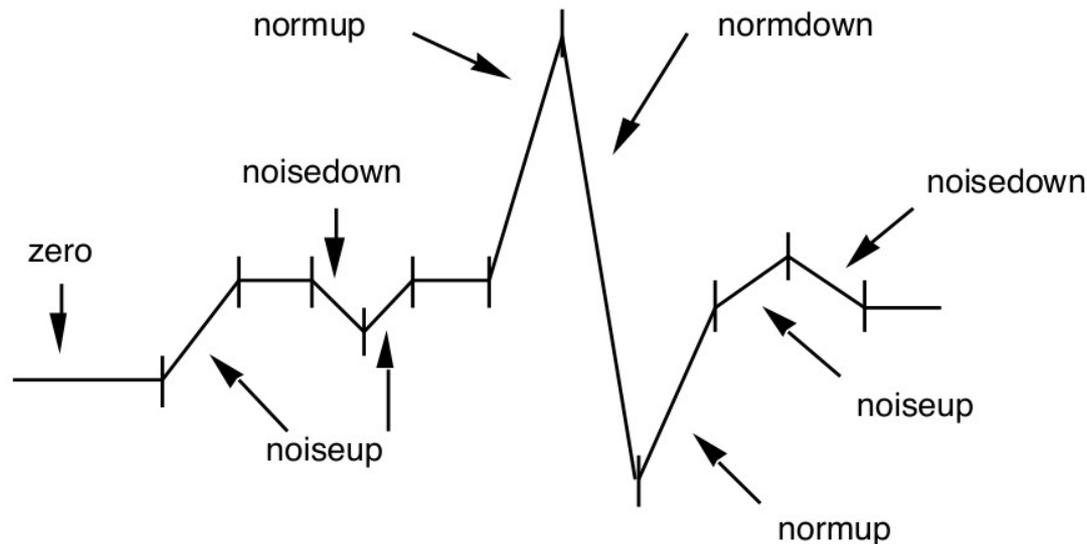


Ad ogni segmento del dato registrato viene sottratto il segnale template. Quando vi è l'allineamento (temporale ed in ampiezza) il risultato sarà identicamente nullo.

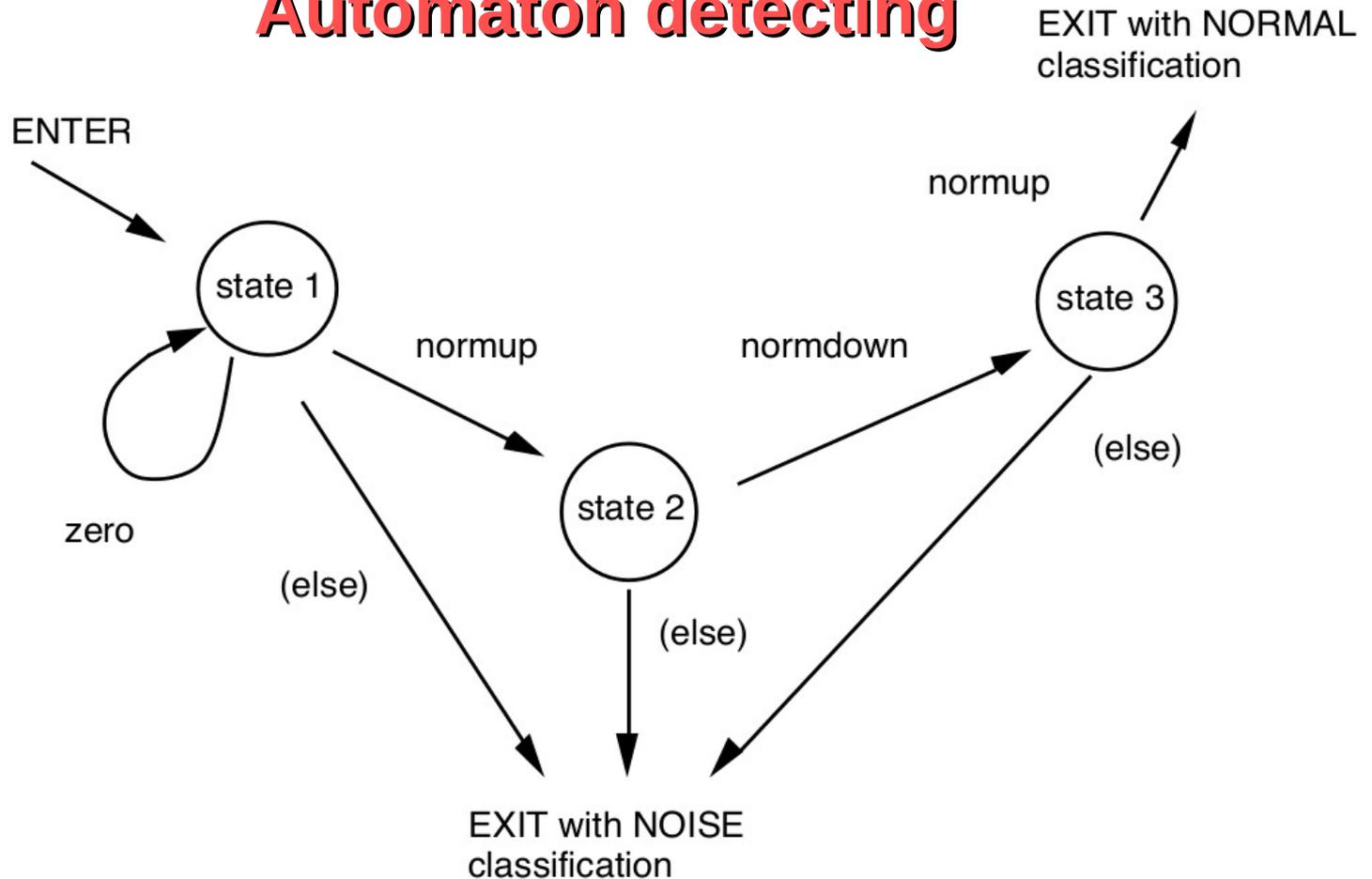
# Automata-based template matching

Il segnale ECG è scomposto in una serie di *token* predefiniti, ciascuno rappresentante di un tratto del segnale.

Questo insieme di token è l'input per un sistema a stati finiti.



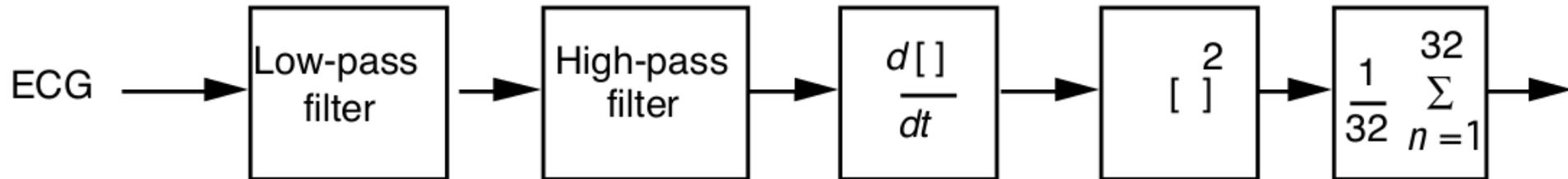
# Automaton detecting



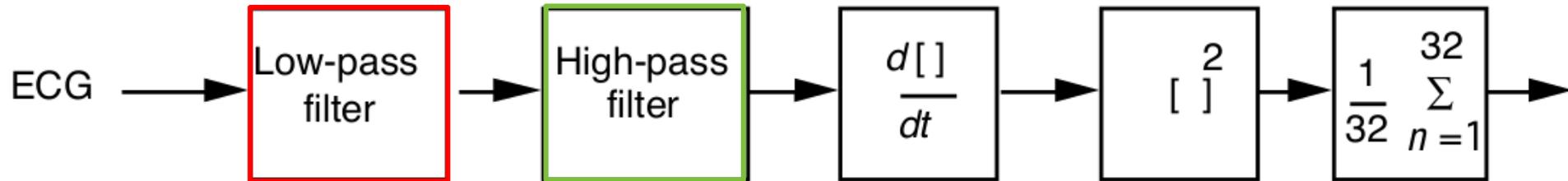
Fase di learning e di detection. Si susseguono gli stati, ed in base ad essi un algoritmo automatico rileva anomalie.



# Algoritmo di Pan Tompkins



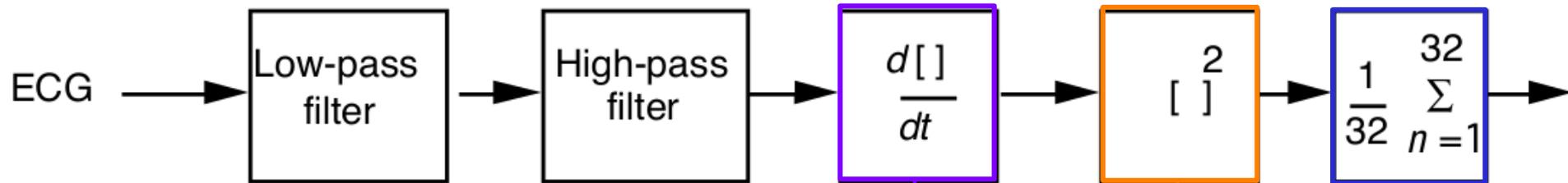
# Algoritmo di Pan Tompkins



$$y(nT) = y(nT-T) + x(nT) - x(nT-32T)$$

$$y(nT) = 2y(nT-T) - y(nT-2T) + x(nT) - 2x(nT-6T) + x(nT-12T)$$

# Algoritmo di Pan Tompkins



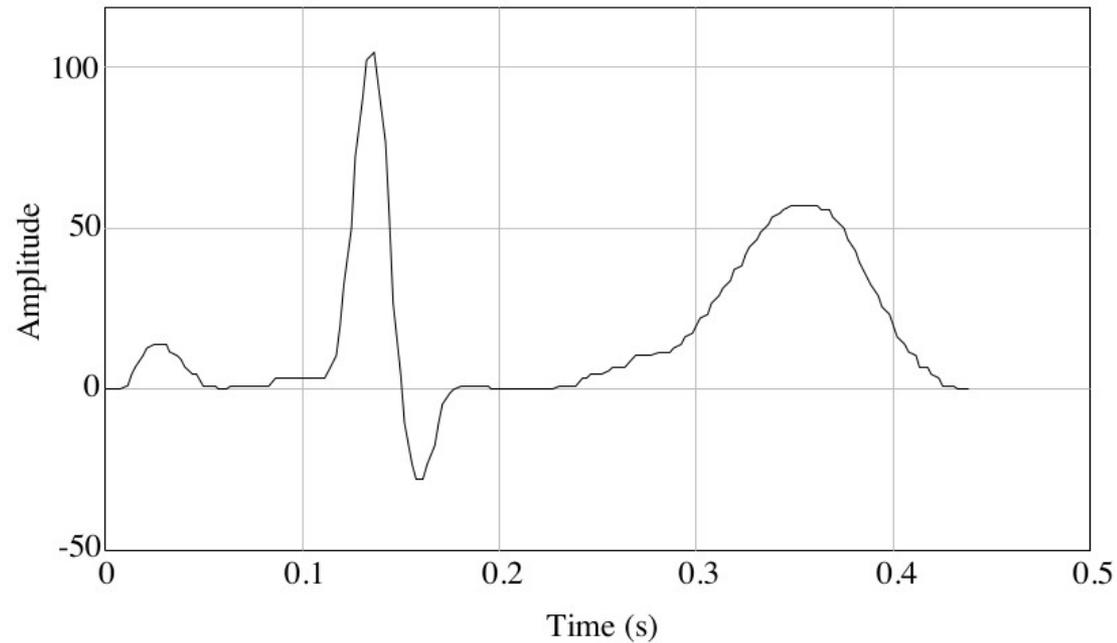
$$y(nT) = 0.1[x(nT) + x(nT-T) - x(nT-3T) - 2x(nT-4T)]$$

$$y(nT) = [x(nT)]^2$$

$$y(nT) = 1/N [x(nT-(N-1)T) + x(nT-(N-2)T) + \dots + x(nT-T) + x(nT)]$$

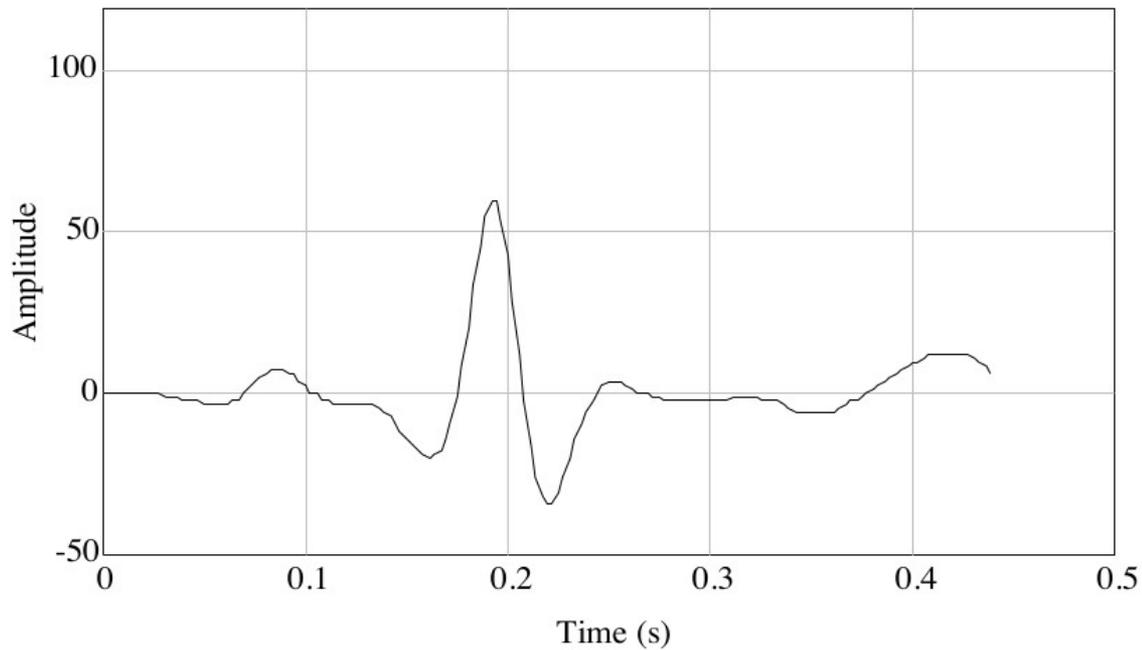


# Algoritmo di Pan Tompkins



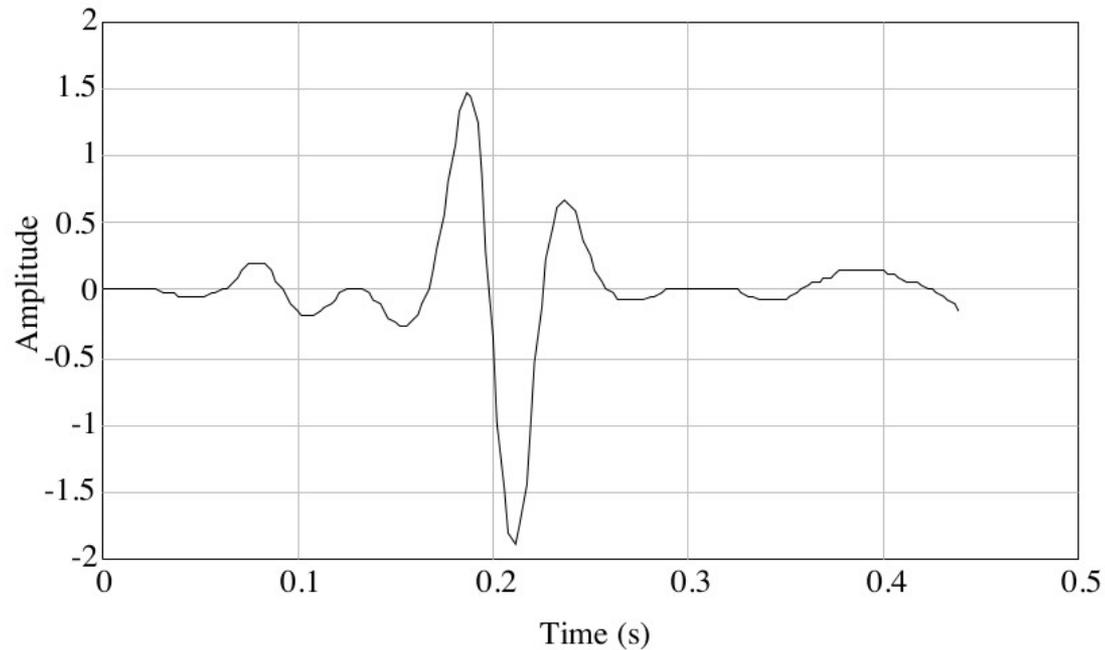
Segnale acquisito ( $f_s=200$  Hz)

# Algoritmo di Pan Tompkins



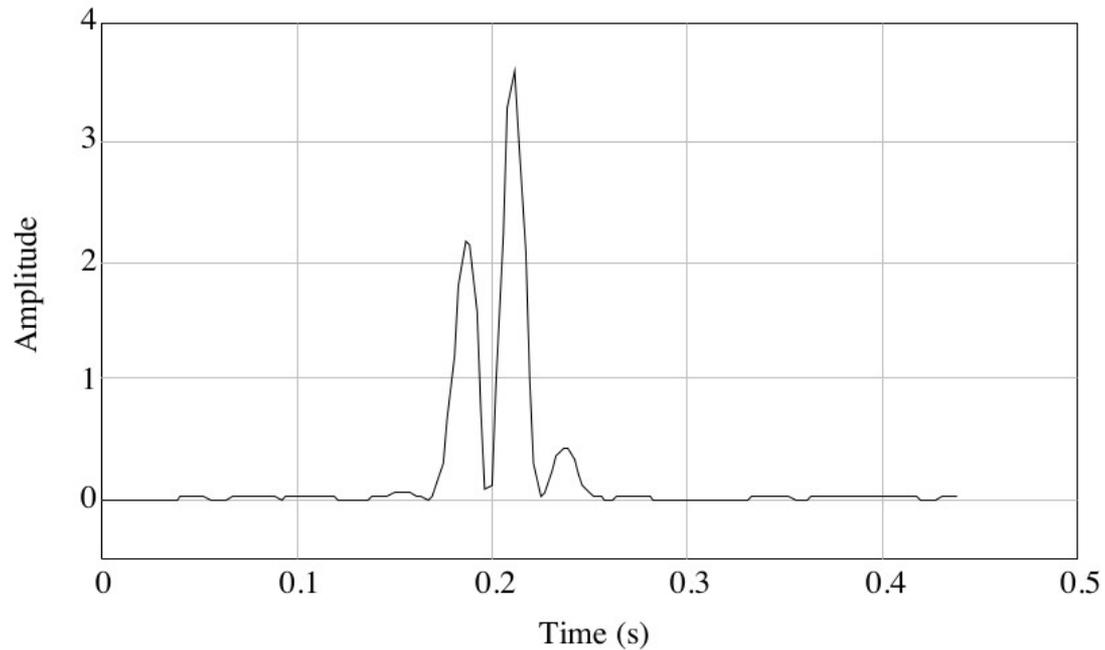
Segnale a valle dei filtri

# Algoritmo di Pan Tompkins



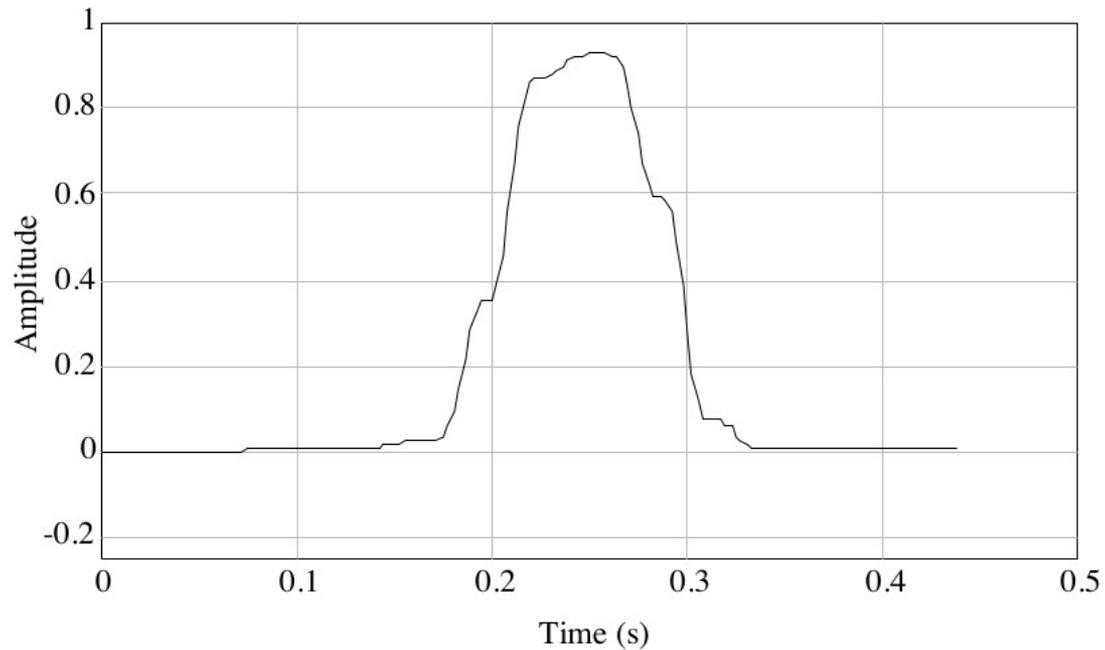
Segnale a valle del differenziatore

# Algoritmo di Pan Tompkins



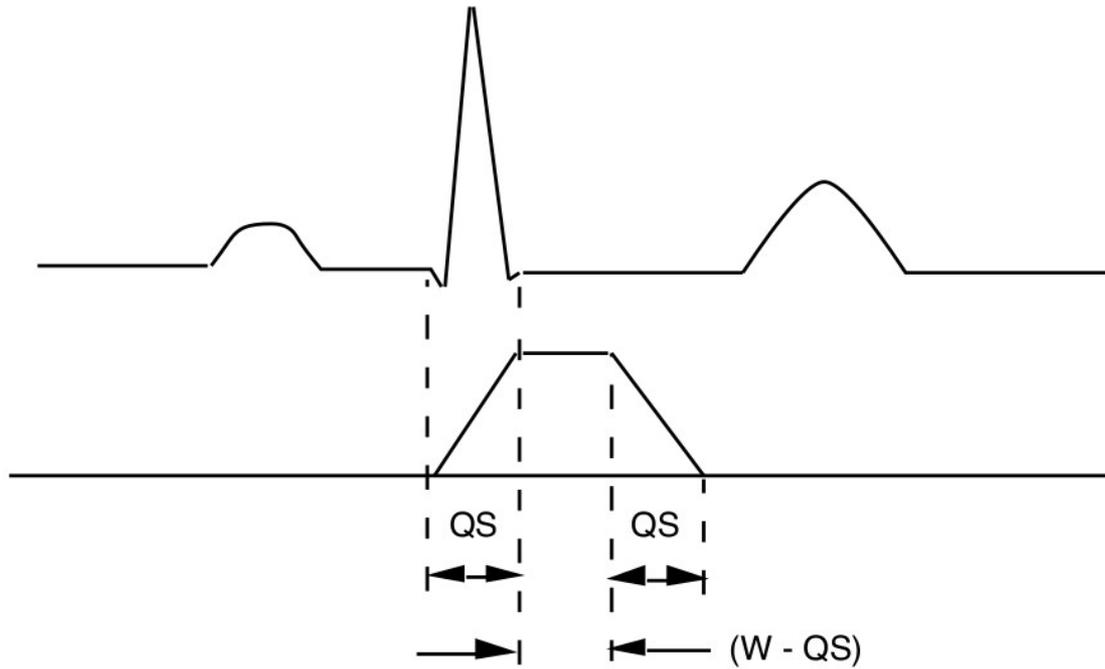
Modulo quadro del segnale differenziato

# Algoritmo di Pan Tompkins



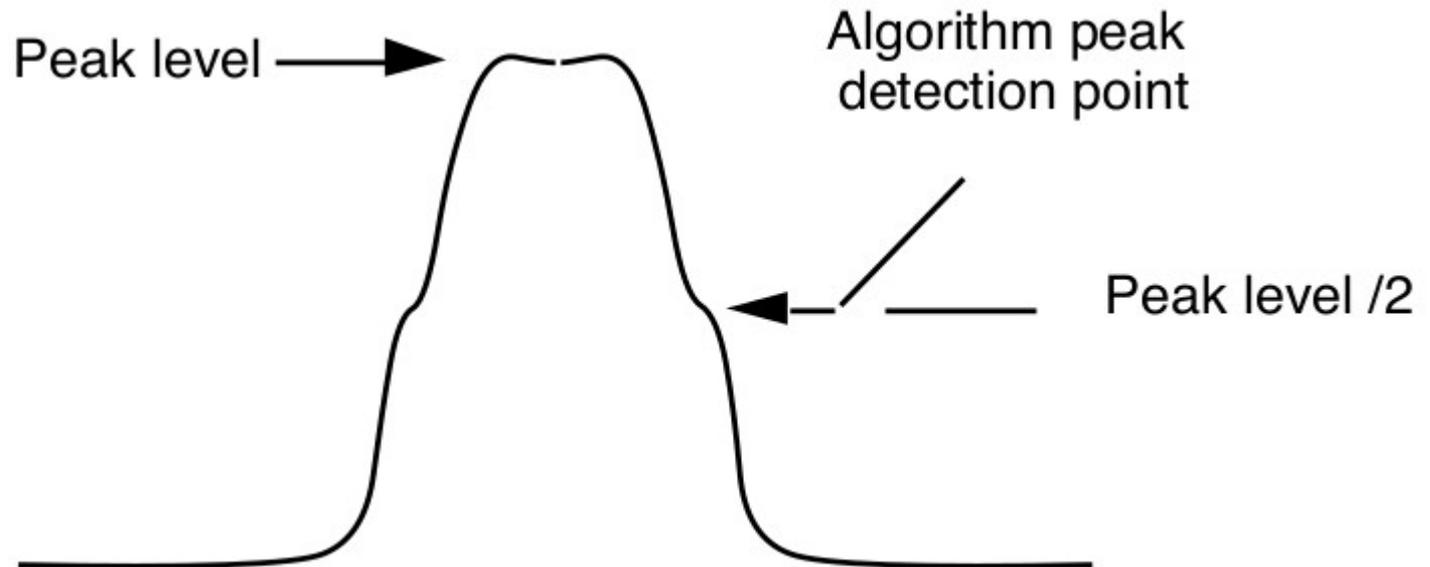
Integrazione con finestra mobile di lunghezza  $W$ .

# Algoritmo di Pan Tompkins



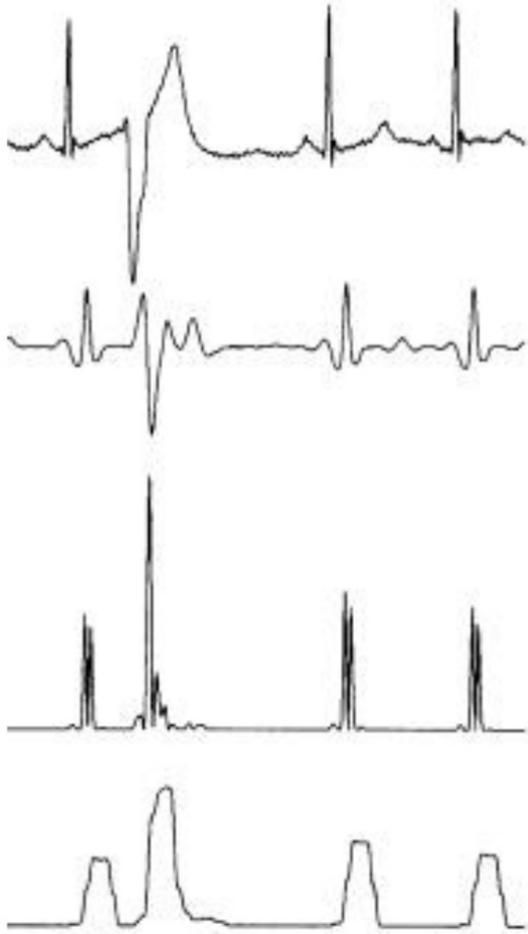
Segnale ottenuto

# Algoritmo di Pan Tompkins - Sogliatura



Sogliatura: il complesso QRS è riconosciuto se il segnale supera il 50% del peak level.

# Algoritmo di Pan Tompkins - Sogliatura



Come distinguiamo il complesso QRS dal rumore, da interferenze o da artefatti (es. muscolare o movimento elettrodi)?  
E' critico trovare un valore di soglia corretto e che si auto-adatti nel tempo al segnale in esame.

# Algoritmo di Pan Tompkins - Soglia

L'algoritmo di Pan Tompkins prevede due soglie, così definite:

$SPKI = 0.125 PEAKI + 0.875 SPKI$  if  $PEAKI$  is the signal peak

$NPKI = 0.125 PEAKI + 0.875 NPKI$  if  $PEAKI$  is the noise peak

$$THRESHOLD I1 = NPKI + 0.25 (SPKI - NPKI)$$

$$THRESHOLD I2 = 0.5 THRESHOLD I1$$

$PEAKI$  is the overall peak.

$SPKI$  is the running estimate of the signal peak.

$NPKI$  is the running estimate of the noise peak.

$THRESHOLD I1$  is the first threshold applied.

$THRESHOLD I2$  is the second threshold applied.



# Algoritmo di Pan Tompkins - Sogliatura

L'algoritmo rileva un picco quando il segnale cambia la direzione (cambio segno derivata prima) all'interno di una certa finestra temporale.

Il picco è riconosciuto come segnale QRS in caso superi la soglia I1. In caso non vengano riconosciuti complessi QRS in un determinato intervallo di tempo, questo viene analizzato di nuovo usando la soglia I2.

In caso non superi la soglia, il picco è identificato come rumore.

A valle dell'identificazione vengono aggiornati i valori *SPKI* ed *NPKI*.



# Algoritmo di Pan Tompkins - Sogliatura

Per definire la finestra di osservazione, si calcolano le medie  $RR$ :

$$RR\ AVERAGE1 = 0.125 (RR_{n-7} + RR_{n-6} + \dots + RR_n)$$

$$RR\ AVERAGE2 = 0.125 (RR'_{n-7} + RR'_{n-6} + \dots + RR'_n)$$

La prima è la media degli ultimi 8 battiti, la seconda degli ultimi 8 battiti che rientrano nell'intervallo:

$$RR\ LOW\ LIMIT = 92\% \times RR\ AVERAGE2$$

$$RR\ HIGH\ LIMIT = 116\% \times RR\ AVERAGE2$$

La frequenza del battito cardiaco è considerata normale se ciascuno degli ultimi 8 intervalli  $RR$  è all'interno di questi limiti.

