


# Il pacchetto ECG

Ezio Aimé   Marco Scavino

 – Gruppo Utilizzatori Italiani di T<sub>E</sub>X  
<http://www.guitex.org>

Trento - 17 ottobre n2015

## Introduzione

L'idea di preparare questo pacchetto è nata dopo la stesura di un semplice manuale di **ElettroCardioGrafia** (ECG) redatto in occasione di un corso rivolto al personale infermieristico di un ospedale.

Nell'occasione, dovendo esemplificare alcune condizioni elettriche particolari, di cui non sempre possedevo una documentazione originale, ho disegnato le necessarie tracce ECG con il pacchetto **TikZ**. Successivamente, con il routinario processo di "copia ed incolla" le stesse sono state adattate ad un supporto di carta millimetrata, trasformate in immagini .jpeg e usate, come tali, all'interno del testo.

In vista della stesura di una seconda edizione, volendo automatizzare le procedure di disegno, ho chiesto l'aiuto del Forum **G<sub>U</sub>IT** ottenendo immediato riscontro da parte dell'amico e correlatore Marco che ha messo a disposizione le sue competenze informatiche per produrre ciò che andiamo ora a presentare.

## Note storiche

Benché la prima registrazione di un elettrocardiogramma (da ora abbreviato in ECG) di un cuore umano integro sia stata effettuata nel 1887 da Augusto Waller<sup>a</sup>, utilizzando un elettrometro capillare a mercurio ed ottenendo una traccia rappresentata da due singole deviazioni distorte, la nascita della tecnica viene attribuita al danese Willem Einthoven che nel 1903<sup>b</sup> riuscì a migliorare le distorsioni date dall'elettrometro a mercurio introducendo l'uso di un galvanometro da lui stesso progettato<sup>c</sup>.

---

<sup>a</sup> *Augustus Desirè Waller, A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat, J Physiol, 1887-(8)229-34*

<sup>b</sup> *Willem Einthoven, Ein neues Galvanometer, Ann Pys, 1903(12)1059-71*

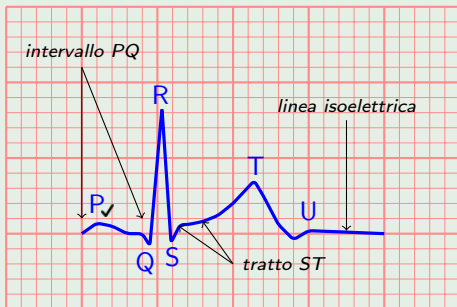
<sup>c</sup> *Willem Einthoven, Enregistreur galvanometrique de l'electrocardiogramme humain et controle des resulats obtenus par l'emploi de l'electrometre capillaire en physiologie, Archives neerlandaises des sciences exactes et naturelles, 1904(9)202-9*

## La storia continua

Da allora i metodi di registrazione si sono raffinati e continuamente evoluti (ECG ad alta definizione - ECG tridimensionali) ma, soprattutto, si sono standardizzati permettendo di ottenere tracciati confrontabili:

- nel singolo individuo (*ricerca di condizioni patologiche intermittenti o evolutive*)
- tra vari soggetti (*analisi statistica per identificare quadri di normalità o definire morfologie patologiche*)

## Morfologia di un complesso P-QRS-T



**Le varie onde  
che compongono  
un complesso ECG**

## Struttura del pacchetto

Il pacchetto presentato si basa essenzialmente su due differenti possibilità creative:

- 1 creare “*ex novo*” complessi ECG a partire dalle singole forme d’onda
- 2 attingere ad un file `archivio.tex` nel quale sono raccolti complessi ECG precostituiti

Possiamo distinguere due grandi famiglie di tracciati:

## 1 - ritmo

ECG che mostrano alterazioni del ritmo possono essere facilmente costruiti con il programma attuale non essendo richiesta una descrizione specifica della morfologia dei complessi e delle onde che lo compongono

## esempio - ritmo normale



Possiamo distinguere due grandi famiglie di tracciati:

## 1 - ritmo

ECG che mostrano alterazioni del ritmo possono essere facilmente costruiti con il programma attuale non essendo richiesta una descrizione specifica della morfologia dei complessi e delle onde che lo compongono

## esempio - ritmo tachicardico





Possiamo distinguere due grandi famiglie di tracciati:

## 1 - ritmo

ECG che mostrano alterazioni del ritmo possono essere facilmente costruiti con il programma attuale non essendo richiesta una descrizione specifica della morfologia dei complessi e delle onde che lo compongono

## esempio - blocco atrio-ventricolare



Possiamo distinguere due grandi famiglie di tracciati:

## 2 - morfologia

ECG con morfologie particolari delle onde possono essere prelevati da `archivio.tex` (o scritti nello stesso archivio con i comandi spiegati più avanti) e successivamente utilizzati per gli scopi specifici

## esempio - morfologia differente in derivazioni diverse



Possiamo distinguere due grandi famiglie di tracciati:

## 2 - morfologia

ECG con morfologie particolari delle onde possono essere prelevati da [archivio.tex](#) (o scritti nello stesso archivio con i comandi spiegati più avanti) e successivamente utilizzati per gli scopi specifici

## esempio - battito ectopico



## Composizione

Il pacchetto è composto da:

- `ECG.dtx`, la sua compilazione fornisce i file di seguito riportati
- `archivio.tex`
- `ECG.sty`
- `ECG.pdf`

## archivio.tex

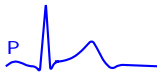
In fase iniziale, all'interno di questo file, sono stati inseriti alcuni esempi delle onde che costituiscono un complesso elettrocardiografico.

Allo stadio attuale tale implementazione può ritenersi quasi completamente superata dalla possibilità di composizione diretta di tali onde nell'ambiente "ecg".

Caratteristica saliente di queste onde è il grado di "stilizzazione" per cui le stesse troveranno il massimo impiego soprattutto nella composizione di tracciati relativi ad alterazioni del ritmo e/o della conduzione dove l'aspetto morfologico può essere trascurato per la prevalente importanza degli intervalli fra onde o complessi.



Ogni onda viene codificata attraverso l'utilizzo di lettere e numeri



## Onda P

- la prima lettera “p” indica l’onda
- la seconda lettera indica la polarità:
  - p = positiva
  - n = negativa
  - d = difasica
- i numeri indicano durata e ampiezza

## significato

L’onda P è la prima onda di un complesso elettrocardiografico e rappresenta l’attivazione (depolarizzazione) degli atri



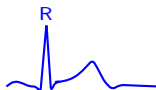
## Onda Q

Essendo per definizione negativa è caratterizzata solamente da quei numeri che ne indicano la durata e l'ampiezza.

## significato

L'onda Q è la prima deflessione negativa di un complesso elettrocardiografico e rappresenta l'inizio della sistole ventricolare (depolarizzazione)





## Onda R

Essendo per definizione positiva è caratterizzata solamente da quei numeri che ne indicano la durata e l'ampiezza.

## significato

L'onda R è la prima deflessione positiva di un complesso elettrocardiografico e rappresenta la sistole ventricolare (depolarizzazione)

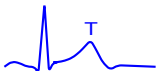


## Onda S

Essendo per definizione negativa è caratterizzata solamente da quei numeri che ne indicano la durata e l'ampiezza.

## significato

L'onda S è la prima deflessione negativa successiva ad un'onda R di un complesso elettrocardiografico e rappresenta la fine della sistole ventricolare (depolarizzazione)

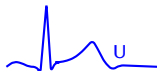


## Onda T

- la prima lettera “t” indica l’onda
- la seconda lettera indica la polarità:
  - p = positiva
  - n = negativa
  - d = difasica
- i numeri indicano durata e ampiezza

## significato

L’onda T rappresenta la fase di diastole ventricolare (ripolarizzazione)



## Onda U

Questa onda, non essendo sempre presente nei tracciati ECGrafici, non è ancora stata implementata nel programma.

## significato

Anche il significato clinico dell'onda è ancora controverso per cui se ne limita la presenza solamente a quelle forme predefinite (presenti nell'[archivio.tex](#)) nelle quali è eventualmente rappresentata.

## codifica

All'interno dell'`archivio.tex` i vari complessi sono stati codificati mediante un criterio a quattro caratteri:



la cui corrispondenza viene così spiegata:

## codifica



In prima posizione si indica la tipologia del tracciato

- n = Normale
- e = Extrasistole
- b = Blocco di branca

## codifica

1

2

3

4

In seconda posizione si indica la tipologia del complesso

- n = Normale
- b = Bradicardico
- t = Tachicardico
- v = Ventricolare
- a = Aberrante

## codifica

1

2

3

4

In terza posizione si indica la prima lettera del complesso

- d per D1 - D2 e D3
- v per aVR - aVL - aVF e V1 ... V6



## codifica

1

2

3

4

In quarta posizione si indica la seconda lettera del complesso

- 1 per D1 e V1
- 2 per D2 e V2
- 3 per D3 e V3
- 4 - 5 - 6 per V4 - V5 e V6
- r per aVL
- l per aVL
- f per aVF

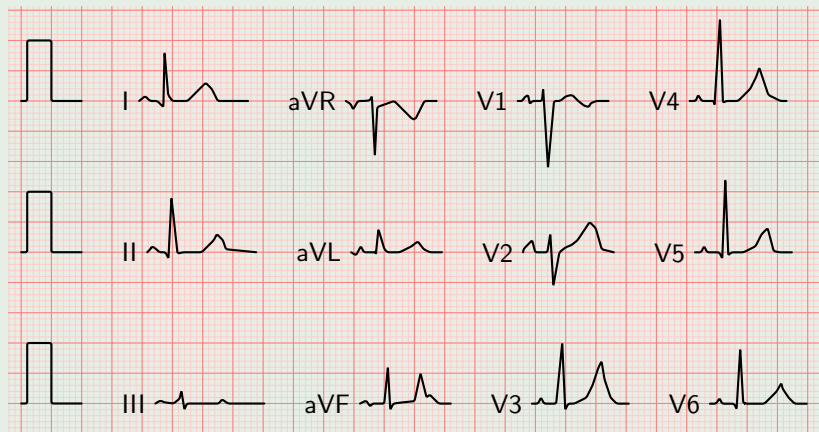
codifica

Ecco un esempio:



che sta ad indicare un battito **n**ormale in un tracciato **b**radicardico  
relativamente alla derivazione a**VL**

## Un esempio di tracciato ECGráficoo



Questo esempio viene generato dal codice seguente:

## Il codice

Ecco il codice che ha permesso di generare la figura precedente:













```
\begin{ecg}  
\ECG{T1,?d1,!{nnd1},?vr,!{nnvr},?v1,!{nnv1},?v4,!{nnv4}}  
\ECG{T1,?d2,!{nnd2},?v1,!{nnv1},?v2,!{nnv2},?v5,!{nnv5}}  
\ECG{T1,?d3,!{nnd3},?vf,!{nnvf},?v3,!{nnv3},?v6,!{nnv6}}  
\end{ecg}
```

Dopo aver aperto l'ambiente `\begin{ecg}` si inserisce la descrizione dei tracciati

```
\ECG{<descrizione>}
```

per concludere con `\end{ecg}`

Nel manuale allegato al pacchetto sono tabulate tutte le derivazioni attualmente descritte in [archivio.tex](#) che verrà continuamente espanso ed aggiornato. Ecco l'esempio che ha generato il precedente tracciato:

Complesso	Codice	Morfologia	Complesso	Codice	Morfologia
D1	!{nnd1}		V1	!{nnv1}	
D2	!{nnd2}		V2	!{nnv2}	
D3	!{nnd3}		V3	!{nnv3}	
aVR	!{nnvr}		V4	!{nnv4}	
aVL	!{nnv1}		V5	!{nnv5}	
aVF	!{nnvf}		V6	!{nnv6}	

## Pacchetti base

L'intero pacchetto `ECG` è basato su

- `LATEX3`, per il riconoscimento delle onde;
- `TikZ`, per il loro disegno.

## Principali strumenti

- Il comando `\ECG`, che accetta come argomento una lista di picchi separata da virgole;
- L'ambiente `ecg`, che permette di disegnare dietro ai picchi la carta millimetrata.

Il comando `\ECG` al suo interno suddivide il suo argomento tramite una *sequence*. Gli elementi della *sequence* sono poi singolarmente interpretati tramite la macro `\sk_ECG_use:w`, definita con quattro argomenti:

- 1 `[\langle opzioni TikZ \rangle]`
- 2 `\langle token \rangle`
- 3 `\langle sigla restante \rangle`
- 4 `\{ \langle opzioni generali \rangle \}`

Il *<token>* viene passato internamente alla macro `\str_case:nn`, che lo confronta con una serie di stringhe. Nel caso di riscontro positivo, viene utilizzata la macro corrispondente.

```
\str_case:nn { <token> }  
{  
  { ! }{ <onda del database> }  
  { ? }{ <macro etichetta derivazione> }  
  { i }{ <macro onda isoelettrica> }  
  { p }{ <macro onda p> }  
  { q }{ <macro onda q> }  
  { r }{ <macro onda r> }  
  { s }{ <macro onda s> }  
  { t }{ <macro onda t> }  
  { T }{ <onda taratura> }  
  { * }{ <macro ripetizione onde> }  
}
```



## Complessi QRS

Ogni singola onda di questo complesso prende due argomenti:

```
q|r|s <durata decine ms> <altezza mm>
```

Di seguito è riportato un esempio di come viene reso un complesso QRS.

```
\ECG{q21,r35,s34}
```



## Onde isoelettriche

Tracciati orizzontali a potenziale costante nullo e durata  $\langle durata \rangle$  in millisecondi. È accettato il valore  $ik$  come scorciatoia per  $i1000$ .

$i \langle durata \text{ ms} \rangle$

Esempio

$\backslash ECG\{i40\}$  -  $\backslash ECG\{ik\}$  \_\_\_\_\_

## Onda p

Quattro distinte tipologie

- p = positiva
- n = negativa
- d = difasica, con il primo picco positivo e il secondo negativo
- b = bifasica, con entrambi i picchi positivi

La sigla dell'onda diviene

p p|n 0 *<altezza mm>* *<durata in ms>*

p d|b *<altezza mm 1°>* *<altezza mm 2°>* *<durata ms>*

Esempi delle quattro tipologie

<code>\ECG{pp0199}</code>	$\wedge$	<code>\ECG{pn0299}</code>	$\vee$
<code>\ECG{pd1299}</code>	$\updownarrow$	<code>\ECG{pb2199}</code>	$\mho$

## Onda T

Questa onda accetta due possibili diversificazioni

- **p** = picco positivo
- **n** = picco negativo

t p|n *<durata decine ms>* *<altezza mm>*

Esempi delle quattro tipologie

\ECG{tp44}  \ECG{tn44} 

## Etichette derivazioni

Etichette delle derivazioni.

? [*spostamento*] *etichetta*

*spostamento* è un valore (nullo per default) che indica lo spostamento orizzontale dell'etichetta.

*etichetta* può essere un testo qualsiasi o uno dei codici seguenti

- d1-d3 = I-III
- vr, v1, vf = aVR, aVL, aVF
- v1-v6 = V1-V6

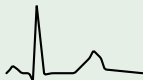
`\ECG{?d3}`    III    `\ECG{?vf}`    aVF

## Database

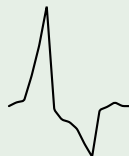
Onda presente nel database, con il nome  $\langle nome\ onda \rangle$ .

!  $\langle nome\ onda \rangle$

$\backslash ECG\{!nnd3\}$



$\backslash ECG\{!evvf\}$



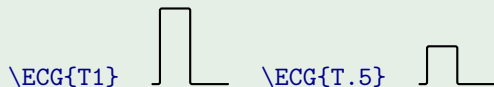
Nuove onde possono essere aggiunte al database tramite il comando  $\backslash nuovoECG$ , con la sintassi

$\backslash nuovoECG \{ \langle nome\ onda \rangle \} \{ \langle codice\ TikZ\ onda \rangle \}$

## Onda taratura

Onda di taratura con altezza  $\langle \textit{altezza} \rangle$  in centimetri.

T  $\langle \textit{altezza} \rangle$

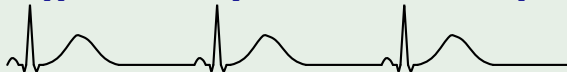


## Ripetizione onde

Permette di ripetere la stessa sequenza di onde.

\*  $\{\langle \text{numero ripetizioni} \rangle\} \{\langle \text{lista onde} \rangle\}$

$\backslash\text{ECG}*\{3\}\{\text{pp0160, i20, q21, r48, s31, i20, tp44, i400}\}$





## Ambiente ecg

Questo ambiente permette di inserire la carta millimetrata dietro ai vari tracciati. La sintassi è come un qualsiasi ambiente  $\text{\LaTeX}$ .

```
\begin{ecg}[\langle opzioni TikZ \rangle  
  \langle onde da disegnare \rangle  
\end{ecg}
```

## Funzionamento

- Rileva le dimensioni dell'ambiente tramite `current bounding box`
- Pone la griglia millimetrata colorata dietro al disegno grazie ai `layer` di TikZ

## Esempio ambiente ecg

```
\begin{ecg}  
\ECG{?v1,T1,*{3}{!pp0180,i20,q21,r48,s31,i20,tp44,i400}}  
\end{ecg}
```

