

Sistema theremino

Theremino ECG V2.0

Sistema theremino - Theremino ECG - $10\ marzo\ 2023$ - Pagina 1

Indice generale

Introduzione3
Caratteristiche4
Installazione5
Struttura delle cartelle6
Finestra di dialogo principale7
Barra del menu verticale8
Avvio del programma16
Avvio della registrazione17
Analisi HRV SNS PSNS18
Analisi spettrali FHT20
Aggiustamenti e artefatti22
Note tecniche27
Aspetto dei segnali ECG e OCG28
Esempi di aritmie29

Introduzione

Alcuni anni or sono, abbiamo presentato il programma: "THEREMINO ECG", in grado di leggere ed elaborare differenti segnali elettrici cardiaci, provenienti da svariate fonti di input. Successivamente abbiamo affrontato l'argomento HRV (*Heart Rate Variability*) ovvero la Variazione della frequenza intrinseca dei singoli battiti cardiaci. Questo ramo della scienza, studiando la correlazione della variabilità dei tracciati e avvalendosi di appositi software di valutazione, cerca di stabilire un possibile nesso causale con le varie patologie vascolari, malattie del ricambio (diabete), ma anche disturbi psichici e utilizzo in medicina olistica, ma altrettanto utile nello studio comportamentale delle attività sportive. Per un maggiore approfondimento vi invitiamo a leggere le *pagine di approfondimento*.

A quel tempo vi avevamo suggerito di utilizzare, per analisi approfondite e professionali, il software KUBIOS, perché ben strutturato e completo, offrendo la possibilità di eseguire decine di svariate tipologie di analisi. Tantissimi medici, fisici, psicologi, ci hanno poi scritto dicendoci che questo software è sì molto bello, ma anche complesso da utilizzare e che le tantissime funzioni spesso inutilizzate, alla fine non ne promuovono l'utilizzo in modo appropriato.

Dopo aver analizzato e valutato svariate possibilità, sentiti i pareri di svariati professionisti ed esperti in materia, abbiamo intrapreso la realizzazione di un nostro software che fosse semplice e facile da utilizzare ma comunque performante e flessibile nel suo insieme. Dopo un anno di intenso lavoro, siamo finalmente giunti ad emettere la versione ECG 2.0, completamente rivista nelle funzioni e rinnovata nella grafica.

Ovviamente come tutto quello che sviluppiamo anche questo software è interamente gratuito, open source e quindi completamente aperto alle esplorazioni ed analisi delle formule utilizzate e soprattutto è un *"software portable"*. Un software portable è un programma che non deve essere installato nel computer dove lo si usa, basta copiarlo in una cartella qualsiasi, o in una pendrive, e avviarlo. Non ci sono librerie, ne funzioni particolari che impattano sulle prestazioni del PC.

Il programma è semplice, funzionale e leggero. In linea con la filosofia di tutti i nostri progetti.

Caratteristiche

- Possibilità di registrare i dati per alcuni minuti o per ore a seconda delle necessità;
- Si possono scorrere i dati all'indietro nel tempo per individuare i punti significativi;
- Una volta individuati gli artefatti, si possono eliminare e salvare un file "pulito";
- Possibilità di archiviare file con un nome, una data e un commento personale;
- Creazione automatica di cartelle del paziente con codice fiscale;
- Lettura tessera sanitaria e QR Code tramite webcam e introduzione automatica dei dati;
- I file di dati da elaborare sono compatibili con tutti i programmi di analisi;
- I file di dati sono compatibili ed utilizzabili per l'analisi HRV (Heart Rate Variability);
- I file archiviati comprendono Poincaré, autocorrelazione, SNS/PSNS ratio e frequenza;
- Salvataggio automatico ultimo file nella cartella "Autosave" nel caso ci si dimenticasse di dargli un nome.
- Diversi segnali di avvertimento tra cui il classico suono degli ECG;
- Limiti specificabili dall'utente e suoni di allarme in caso di superamento dei limiti;
- Possibilità di creare melodie musicali al ritmo cardiaco tramite Theremino Theremin;
- Disponibilità di alcuni tacogrammi analitici precostruiti a fine didattico e di studio;
- Possibilità di creare file personalizzati di simulazione (in from simulator);
- Visualizzazione su classica carta millimetrata dinamica o statica;
- Sincronismo preciso che mantiene perfettamente immobili gli impulsi in modo da evidenziare le variazioni e ridurre l'affaticamento della vista;
- Tasto di "trigger" per sincronizzare avanzamento / battito durante la registrazione
- Fondo chiaro tipo carta millimetrata ECG o scuro, tipo strumentazione elettronica;
- Due classiche velocità di 25 e 50 mm al secondo;
- Velocità speciale di 10 mm/sec. utile per scorrere lunghi periodi e individuare le aritmie;
- Calcolo automatico millisecondi e battiti per minuto (non serve contare i quadretti).
- Indicatori sincronizzati con la frequenza dell'ultimo battito per evidenziare le variazioni.
- Visualizzazione degli intervalli RR di battito superiori a 50 ms (NN>50)
- Controllo automatico della ampiezza e della posizione verticale. Questo automatismo mantiene costantemente la massima visibilità della forma degli impulsi e evidenzia le aritmie (questo apparecchio non sostituisce gli ECG classici ma fa analisi per le quali la ampiezza e la posizione verticale non sono significative);
- Controlli e finestre ottimizzate utilizzabili anche sullo schermo tattile di un Tablet.

Installazione

trova il file: Theremino ECG.exe.

desktop.

Il programma: Theremino_ECG_V2.0.zip, scaricabile da guesta pagina va prima scompattato e poi copiato nella sua configurazione integrale, meglio se in una cartella propria, ad esempio C:\NomeUtente e non sotto le cartelle usate da Windows come: "Programmi", "Utenti" o "Desktop"



Doppio clic tasto sinistro del mouse e si lancia il programma.

Se volessimo disinstallare il software, basta prendere la cartella principale e spostarla nel cestino e il gioco è fatto. Allo stesso modo possiamo semplicemente spostarla in altra destinazione, rifare il collegamento e tutto funzionerà normalmente come prima.

Peculiarità unica di questo programma, come di tutti i programmi del sistema theremino, è che quando si chiude l'applicazione tramite il pulsante in alto a destra contrassegnato da una X, il sistema ricorderà tutte le impostazioni precedentemente utilizzate, quali finestre, relative posizioni e dimensioni, dati impostati, ultima analisi effettuata e così via.

Alla successiva riapertura del programma ci troveremo con la stessa identica schermata di chiusura.

Struttura delle cartelle

Nella cartella Apps, troviamo vari programmi che ci servono per le varie interfacce di input e in dettaglio:

- Theremino_ArduHAL: collega HW Arduino in input
- Theremino_Automation: crea forme d'onda di test
- Theremino_HAL: collega HW, non Arduino, in input
- Theremino_QRdecoder: legge QR code e bar code
- Theremino_Theremin: trasforma i segnali in musica

Nella cartella DataFiles, abbiamo tutti i file dati.

- Autosave: all'interno c'è l'ultimo file creato (backup)
- Examples: vari file di esempi e prove
- Tachograms: vengono salvati i dati RR NN
- Users: qui sono memorizzati i dati del paziente



Infine la cartella Images, memorizza file immagine della schermata (screenshot) acquisita premendo il pulsante: Save image presente nella barra di dialogo in alto nella finestra principale.

Load data 👌 Save data 🚽 Save RR file 🖌	Save image 🚽	Help and Updates 🔧
--	--------------	--------------------

Finestra di dialogo principale

Al primo avvio del programma, normalmente apparirà una finestra completamente vuota.



Nella parte superiore c'è la barra degli strumenti

Load data 🔁 Save data 🚽 Save RR file 🚽 Save image 🚽 Help and Updates 🔮

Load data, permette di caricare file precedentemente elaborati ed esempi, memorizzati nelle varie cartelle in modo da poterli analizzare, rielaborare e riprodurre.

Save data, consente di salvare file dati acquisiti o rielaborati, nelle apposite cartelle quali possono essere quelle con i dati dei vari pazienti o sotto, Esempi.

Save RR file, salva tutti i dati RR o NN e quindi i dati di ogni singolo impulso in secondi con tre decimali fino ai millisecondi, nella cartella Thacograms.

Save Images, come abbiamo già visto nel precedente paragrafo permette di catturare lo *screenshot* della finestra in uso al momento.

Help and Updates, attraverso un link arriviamo al manuale utente e al download ultima versione

Infine a destra in alto troviamo il tasto **RUN** con il quale possiamo lanciare il programma e arrestarlo. All'avvio del programma compaiono poi altri tasti e dei quali spiegheremo in seguito.

Barra del menu verticale



A sinistra della finestra di dialogo principale, abbiamo la barra dei menu funzionali.

Slots	+]
Input output	t
ECG options	4
BPM options	t
Analysis	t
User ID and data	t
Annotations	ţ.

Nel caso si chiudano tutte le finestre di comunicazione cliccando sulle varie <u>s</u> ci ritroveremo con un profilo come da aspetto qui di fianco, con sette menu principali e che andremo ora ad analizzare in dettaglio uno per uno.

Slots	
Signal in	1
Signal out	10
Pulse (ms)	200

Slots.

Sono dei contenitori che accolgono i dati che vengono depositati (scritti) e che possono essere letti per elaborare tutte le varie funzioni. Aprendo la finestra e posizionando il mouse su una delle caselle, si apre una seconda finestra, dove sono elencati i numeri

identificativi degli slot utilizzati e relativi dati memorizzati.

Nella terza cella "Pulse" si può inserire un tempo in millisecondi che potrebbe essere utilizzato per analisi e calcoli per esempio mediante l'utilizzo di *"matlab"*. Normalmente questa finestra di dialogo può essere tenuta chiusa.

Slots	5		
Signal in	1	In Out Slots	
Signal out	10	Signal input	= 1
Pulse (ms)	200	Raw input	= 2
Input output	_	Light input	= 3
ECG options	†	Signal output BPM output	= 10 = 11
BPM options	† _	Pulse output Volume output	= 12 = 13
Analysis	_t_		

Input out	put — 🎵
in -	
IN from	ArduHAL
OUT	disabled

Input output.

Le tre barre indicano i livelli del segnale in ingresso e uscita. Quando si utilizza un rilevatore di segnale tipo ECG o OCG applicati per esempio al dito, bisogna verificare che il segnale della terza barra (in basso), stia sempre nel range compreso tra le due stanghette. Troviamo poi un tasto, dove è possibile selezionare in sequenza tramite il mouse, quattro tipi di Input, ovvero:

In from ArduHAL; In from HAL; In from Simulator; IN from file.



In from ArduHAL, permette di collegare in ingresso al PC, tramite porta USB, apparecchi con firmware Arduino, come i nostri sensori OCG da dito.

Quando si utilizza questo input, sulla barra delle applicazioni, vicino all'icona di Theremino ECG, compare anche l'icona: ARDU





In from HAL si utilizza se vengono collegati sensori oppure apparecchi ECG, che abbiano segnali di uscita in Volt (0-10) oppure in mA (4-20), attraverso i nostri moduli MASTER. Quando si utilizza questo input, sulla barra delle applicazioni, vicino all'icona di Theremino ECG, compare anche HAL

Thoromino ArdullAL V261



V

Cliccando sulle icone "HAL o ARDU", che consigliamo comunque di tenere iconizzate quando non utilizzate, si apre una finestra di dialogo come da immagine seguente, dove sono evidenziati i collegamenti utilizzati nell'HW, il nome dell'apparecchiatura di input, gli slot utilizzati e così via.

rile	10015	Language H	neip Al	bout			
Recogn	ize 🚓	Validate 🏴 🛛	rror beep	Com	munication options 🅢 Disco	nnect module 🚭	
уре	ID	Subtype	Slot	Value	Notes	Module properties	
fodule	1	OCG V1			V1.9 COM5 500000 bauds	Name OCG V1	
Pin	DO	Gen_in_16	1	500.0	Filtered and amplified	Dan fran (fra)	
Pin	Dl	Gen_in_16	2	500.0	Adc value	Rep freq. (fps) 2	.33
Pin	D2	Gen_in_16	3	1000.0	PwmValue	Error rate (%) 0.	.00
Pin	D3	Unused				Comm sneed 1	2
Pin	D4	Unused				Comm. speed	1
Pin	D5	Unused				Async mode	V
Pin	D6	Unused				Polling mode	Г
Pin	D7	Unused					
Pin	DS	Unused					
Pin	D9	Unused					
Pin	D10	Unused					
Pin	D11	Unused					
Pin	D12	Unused					
Pin	D13	Unused					
Pin	A0	Unused					
Pin	Al	Unused					
Pin	A2	Unused					
Pin	A3	Unused					
Pin	A4	Unused					
Pin	A5	Unused					
Pin	A6	Unused					
Pin	A7	Unused					

Se il sistema non dovesse riconoscere la porta USB, la prima riga dove è inserito "Module", diventa rossa, indicando "DISCONNECTED" e la finestra "Modules properties" diventa arancione. In questo caso bisogna cliccare su "Recognize" e se c'è un HW funzionante collegato, tutto dovrebbe andare a posto.

Recogni	ze 🔶	Validate 🏲 🛛 🛚	rror beep	Com	munication options 🏠 🛛 Disco	nnect module 🚓	
Туре	ID	Subtype	Slot	Value	Notes	- Module properti	ies
Module	1	OCG V1			DISCONNECTED	Name OCG V1	_
Pin	D0	Gen_in_16 Gen_in_16	1	500.0	Filtered and amplified	Rep freq. (fps)	0
Pin	D2	Gen_in_16	3	1000.0	PwmValue	Error rate (%)	100.00
Pin	D3	Unused				Comm sneed	12
Pin	D4	Unused				Commispeed	16
Pin	D5	Unused				Async mode	
Pin	D6	Unused				Polling mode	
Pin	D7	Unused					
Pin	D8	Unused					



In from File, viene utilizzato per leggere ad esempio file precedentemente elaborati e salvati. Gli stessi possono poi essere interamente ripercorsi, modificati, analizzati e se serve salvati con altro nome, dove si desidera.

– Input output –––– 🐬 –
IN from Simulator
OUT disabled
OUT disabled

In from Simulator. Selezionando questa funzione, abbiamo la possibilità di creare ed elaborare forme d'onda pre-costruite e molto utili a comprendere la logica di funzionamento delle varie configurazioni di onde LF e HF. Quando abilitiamo questa funzione, ci troveremo sulla barra delle applicazioni con due nuove icone.

La prima icona, apre: *"Theremino wave generator"* che appare come da immagine qui a lato:

屋 Theremino WaveGer	nerator - V2.1		_	
Slots	Controls		Waveform	
Output 1 Amplitude -1	Amplitude Shift	1000 500	Ocg1	RUN
Shift -1	Frequency (Hz)	1.000	Manual change	
Frequency 19 Waveform -1	Constant speed Min. Freq.]

All'interno ci sono diversi controlli, che consigliamo di NON toccare se non quelli sotto: "Waveform" dove posizionandoci sulla finestra si abilita un menu con forme d'onda costruite. Le più interessanti ed utilizzate sonno tuttavia le: ECG e le OCG. Il tasto RUN deve sempre restare abilitato, altrimenti non verrà ovviamente riprodotto nulla. Consigliamo di tenere anche questa finestra iconizzata, una volta impostata.

Theremino Automation - V7.4.	32 - Program : LF_HF_Test2.txt -		Х
Controls	Program : LF_HF_Test2.txt		
ZERO	on 1 Label ZERO		^
	on 3 Label LL on 4 Label NN		
LL			
NN	on 8 Label HL		
НН	able Numeric SlotFreq = 19		
	"Theremino_WaveGenerator.exe"		
	t		
LH	ZERO < default start with ZERO		
HL			
	<pre>I ZERO ResetAllButtonColors Button ZERO Color Flashing Yellow5 Yellow9 For v1 = 0 To Infinity Step 0.01 Slot SlotFreq = 1 Next</pre>		
	rn K	>	~
STOP	Speed 90 07 Zoom 00 Transp. Scrol disabled		



La seconda icona: "AUTO", apre: "*Theremino Automation*", un potente software utilizzato in svariati settori, quali ad esempio la fresatura CNC, la robotica ecc...

Lo STOP serve solo per apportare modifiche al software. Nei prossimi capitoli spiegheremo poi le varie funzioni che possono essere scelte tramite i 6 tasti: ZERO, LL, NN, HH, LH, HL.

🚯 Th 🛛 -	-		×		
Controls					
Z	ZER	0			
	LL				
	NN				
	нн				
	•	⇒	•		
UNDO	UNDO REDO				
LOAD	LOAD SAVE				
RUN (F8)					
<u></u>					

Suggeriamo di ridurre la finestra da destra a sinistra, in modo che rimanga solo la barra verticale dei comandi e lasciare il programma sempre attivo, cioè premere **RUN** in modo che il tasto sia di colore verde con scritto "Stop".

Raccomandiamo anche di non toccare niente all'interno del software se non si è esperti programmatori, perché potrebbe non funzionare più.

🚯 Th	-		×
Controls	_		
	ZEF	ર૦	
	L	L	
	N	N	
	н	н	
	Lł	4	
	н	L	
	ST	OP	
	-		.::



Il secondo tasto: Output disabled o Out to Theremin, ci da la possibilità di non avere nessun sistema audio di uscita o di avviare l'applicazione Theremin.

Premendolo apre una icona e sulla barra delle applicazioni, e abilita un potente sistema di elaborazione audio digitale che elabora i segnali cardio e li traduce in suoni elaborati tramite opportuni accordi.

Un sistema virtualmente utile per rilassarsi durante l'analisi o anche solo per intrattenimento.

📕 Theremino System - Th	eremin - V6.7		- 🗆 ×
File Tools Help	About		
Load config. 👌 Save c	onfig. as 🛃 🛛 Save default I	bank 💮 Load bank 🙀 Save bank as 🙌 Load voice 🚸	Save voice as 🎶 🛛 Run 🕨
Play setup	Rename 🔺 ¥	Voice controls Oscillators and Filter Envelopes and Effects Tu	ning and calibration
Note slot 10	THX	Tuning	
Trigger level 1	Wonder Pad	I have been a	
Volume slot 13	Bass Sustained	Unassisted	
Volume negative	Base		
Note spap	Bass Fuzzy		
Amount 100	Bass Electronic Bells	Assisted with note snap effect	
Theremin nizzicato	Boomerang		
Polling (ms) 100	Brightness		
AudioRuf log 1200	Bubbly	C#	
Audiobul, ien 1200	Crystal	U# 4	
Voices and Chords	Dawn	-	~
Vales dat 1	D D 4 D 4	Calibration	
Voice slot + -1	Range Do4 Do9	Class for the second se	sien /
voice siot1	Do	Slot for the calibration button	100
Chord slot + 12	Re-		410
Chord slot - 0	Mi7	Calibrate now the CapSensors	Tella (
Chord time -1	La-		00
Edit Load chords	Do		
Edit	The-		
Midi out	Vol.1	Pitch	
Unused			
Channel 1		* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *	<u></u>

In questa applicazione potrete utilizzare il menu: Load config. per scegliere tra alcune configurazioni pronte per l'uso. Con un po' di esperienza si può anche provare a creare e a memorizzare nuovi effetti. Naturalmente per funzionare il tasto **RUN** deve essere attivo. Una volta scelto il motivo desiderato, si può minimizzare la finestra a icona, affinché non occupi spazio sul monitor.



ECG options.

Questa finestra dispone di 4 tasti.

Il primo pulsante: ECG speed..., ci offre la possibilità di scegliere tra 3 differenti velocità di avanzamento del tacogramma, ovvero 10 mm/sec. – 25 mm/sec. – 50 mm/sec.

Tramite il secondo pulsante si possono selezionare i segnali acustici e i possibili allarmi ovvero:

Beep only; Beep + alarms; Alarms only e No Beep Sounds.

Con il terzo pulsante: <mark>Static paper</mark> oppure <mark>Moving paper,</mark> possiamo simulare la carta in scorrimento oppure statica.

Infine il quarto pulsante:

Light colors o Dark colors,

ci propone i colori della classica carta da ECG oppure quelli da strumentazione elettronica.



BPM options	
B.P.M. max	150.0
B.P.M. min	50.0
Smoothing	2

Bpm options.

Dispone di 3 campi dati, nelle quali è possibile variare i parametri. Basta posizionare il cursore del mouse sulla relativa casella, la quale verrà evidenziata e quindi muovendo su o giù lo scroll (rotella) del mouse, si potrà incrementare o decrementare il valore

all'interno. Risulta comunque sempre possibile scrivere i valori direttamente da tastiera.

BPM max. imposta un valore predefinito di frequenza massima nelle 2 finestre grafiche

BPM min. imposta un valore predefinito di frequenza minima nelle 2 finestre grafiche

Smooting. Permette di ammorbidire le creste delle onde nella finestra grafica in basso



L'immagine allegata, qui evidenzia questo effetto, con "smoothing" rispettivamente a 0 (zero), a 5 e a 10. Sono inoltre visibili i due valori impostati, in questo caso, di BPM min. (59 bpm) e BPM max. (69 bpm). La banda evidenziata a destra, indica graficamente il valore utilizzato di ECG speed, qui impostato a 10 mm/sec. Fissando questo valore a 25 il campo si restringe e ancora maggiormente a 50.



Analysis.

In questa finestra troviamo due tasti che aprono, quando attivati e quindi evidenziati in giallo come da esempio, due finestre di dialogo.

La prima: HRV SNS PSNS dispone poi a sua volta di tre sottolivelli per altrettante rappresentazioni grafiche di dati.

La seconda: Frequency domain, include due livelli che sono analisi: *Fast Hartley Transform* e rispettivamente una nel dominio delle frequenze e l'altra nel dominio del tempo (periodo). Descriveremo successivamente il funzionamento dettagliato di queste 5 funzioni che sono quelle che includono tutti i dati funzionali dell'analisi HRV.



User ID and data.

Scopriamo qui una finestra e due pulsanti, rispettivamente: Read barcode e Edit user data. Nella finestra di dialogo possiamo inserire manualmente da tastiera il codice fiscale della persona che si sottopone ad analisi.



Il codice verrà automaticamente controllato e se corretto sparirà l'evidenza in rosso presente fino a completamento dei dati inseriti, altrimenti resterà rossa a significare codice non valido.

Quando alla fine si salverà il tracciato con il tasto: Save data, automaticamente verrà creata una cartella sotto: Users, con lo stesso formato del codice fiscale e al suo interno troveremo anche un file dati ".csv" che contiene i dati personali che se non ancora compilati, sarà ovviamente incompleta.



Nome	
Data_2023_01_3	30_18_02_06.txt
🔊 UserData.csv	



Edit user	data.	Perm	nette
blocco no	te di V	Wind	ows,
possiamo	inser	ire i	dati

Nome	,
Cognome	,
Cellulare	,
Fisso	,
Mail	,

di aprire, tramite il una pagina dove personali.

csv - Blocco note di Windows
Formato Visualizza ?
, Rossi
, Caledonio
, 333 33 333 333
, 000 111111
, rscld@xmil.net

Nel caso dovessimo erroneamente modificare i dati di intestazione prima della virgola, quando andremo a chiudere l'applicazione con l'OK a salvare, automaticamente, si riaprirà il documento, segnalando l'errore, riportando al formato originale la riga errata e indicando in una riga sottostante cosa abbiamo erroneamente scritto. Una volta corretto, potremo salvare il file che verrà ora "ripulito", correttamente riconosciuto e salvato come: "UserData.csv".

Nome	,	Ross	si		
Corxxxx	Cal	Ledor	nio		
Cellulare	È,	333	33	333	333
Fisso	,	000	111	1111	
Mail	,	rsc]	Ld@>	kmil.	.net

Nome	,	Rossi
Cognome	,	
Cellulare	,	333 33 333 333
Fisso	,	000 111111
Mail	,	rscld@xmil.net

```
ERRORS
-----Corxxxx Caledonio
```



Read barcode. Abilitando questa funzione, andremo ad aprire l'applicazione: *"ThereminoQRdecoder"*, la quale tramite una qualsiasi webcam da selezionare nella finestra di dialogo all'interno dell'applicazione stessa, ci permetterà di effettuare scansioni di documenti e tessere anche tra vari formati di BARCODE.

Nel nostro caso per esempio risulta molto utile la scansione della tessera sanitaria (questa normalmente va effettuata con codice: PLESSEY), selezionabile nella barra di dialogo posta in basso sinistra che а е automaticamente inserirà il codice fiscale nell'apposita casella, senza doverlo inserire manualmente.

Theremino QRdecoder - V1.3	2 <u>_</u> 2	×
🖼 Video controls		
Video Input Device	 	
0 Logitech HD Webcam C525 🔝		
FlipX 🗖 FlipY 🗖		
Write to Slots and SlotText		
Firt slot for numbers out -1 Slot for text out 1		
Decoder Repeat (Hz) Slot to enable 10 -1		
Barcode with 1 or more numeric only digits		
PLESSEY		



Annotations.

E' un semplice campo di testo dove possiamo inserire delle annotazioni, brevi e sintetiche che verranno memorizzate e richiamate ogni qual volta si andrà a caricare il file precedentemente salvato.

Avvio del programma

All'avvio del programma, che come abbiamo detto, si lancia con l'eseguibile: Theremino_ECG.exe, avremo la schermata relativa all'ultima analisi effettuata oppure vuota se è la prima volta.

Se carichiamo un tracciato proveniente da un'apparecchiatura ECG, vedremo impulsi con questa forma.





Se invece il tracciato proviene da OCG, ovvero da un sensore che rileva la pressione del sangue, avremo un'onda simile a questa.

I segnali OCG vengono trattati tramite appositi filtri software passa basso a passa alto, in modo da eliminare il più possibile i disturbi e conservare i picchi "puliti", così da ottenere la massima precisione nella misura del tempo RR che è essenziale per le analisi HRV.

Avvio della registrazione

Volume 3 🍘 Trigger ON RUN

Cliccando sul tasto RUN si avvia la analisi.

Se quando si preme RUN era attivo "In from file" allora i battiti provengono dal file di esempio o da un file dell'utente che era stato precaricato dalla cartella Examples oppure da Users.

Se invece vogliamo leggere i battiti con un lettore da dito terremo impostato il pulsante con "In from ArduHAL" o con "In from HAL"



Input of	tput -		5
		Т	
IN fro	m Ard	uHAI	
OU	disal	bled	

67 bpm
900 mS
NN>50
482 ms

Durante il funzionamento oltre la forma d'onda, abbiamo in alto a destra il valore del battito istantaneo in bpm e in millisecondi e ogni qualvolta un intervallo di battito supera i 50 millisecondi, questo viene riportato, con colore evidenziato, come da immagine.

In basso a destra e a sinistra, sono riportati i tempi di analisi mentre in centro in basso la velocità in mm/sec.

Vicino al tasto RUN, troviamo il pulsante che regola il volume di uscita del BIP e allarme e il TRIGGER.

Volume 3 🥙 Trigger ON 🖾 R U N 🚳

Quando questo viene attivato, l'immagine si sposterà a sinistra ad ogni intervallo di battito e risulterà visivamente "ferma". Soltanto in questo caso avremo una immagine come quella di cui sopra e con le sole indicazioni disponibili di base nella finestra in alto a destra.

Se disattiviamo il "trigger", il tracciato si sposterà continuamente con una velocità proporzionale alla scelta effettuata tramite il pulsante: "ECG speed" e tutte le singole informazioni, saranno indicate battito per battito e scorreranno insieme ad essi.

La finestra in basso invece indica l'andamento totale del tacogramma con avanzamento ad 1 mm al secondo. I numeri in alto e in basso a destra, determinano rispettivamente i bpm min. e max e come abbiamo spiegato possono essere cambiati nelle apposite finestre al fine di centrare il tracciato a necessità.

Quando si preme il tasto RUN, il sistema richiede alcuni secondi per la stabilizzazione del segnale, prima che si avvii la registrazione e la visualizzazione.

Analisi HRV SNS PSNS

Sotto Analysis, il pulsante HRV SNS PSNS, apre una finestra di dialogo dove abbiamo tre possibili tipologie di report analitici. Il primo, come da esempio, rappresenta graficamente



tutti gli intervalli RR tramite un diagramma di Poincaré.

Il diagramma di Poincaré è uno scatterogramma, che viene costruito tracciando ogni intervallo RR rispetto al precedente.

Questo diagramma, óuq essere analizzato quantitativamente adattando un'ellisse alla forma tracciata. Il centro dell'ellisse è determinato dall'intervallo RR medio. SD1 indica la deviazione standard del grafico di Poincaré perpendicolare alla linea di identità. mentre SD2 rappresenta la deviazione standard del grafico, lungo la linea di identità.

Nella finestra di dialogo sono riportati i valori più significativi che abbiamo individuato e che sono appunto SD1, SD2; il rapporto SD2/SD1 e SD1/SD2. Abbiamo poi la deviazione standard SDNN, lo scarto quadratico medio RMSDD e la percentuale di intervalli maggiori di 50 millisecondi sulla intera analisi. Questi dati opportunamente trattati da medici specialistici, possono fornire un contributo significativo allo studio delle malattie del sistema cardiocircolatorio, diabete, insufficienza renale, ecc.



La seconda finestra riporta un grafico che abbiamo chiamato: SNS PSNS Ratio e che sta ad indicare il rapporto tra Sistema Nervoso Simpatico e Parasimpatico.

Il ritmo normale del cuore è controllato dai processi di membrana del nodo senoatriale cardiaco (SA), che sono modulati dall'innervazione da entrambe le divisioni simpatica e parasimpatica del sistema nervoso autonomo. L'acetilcolina, parasimpatici rilasciata dai terminali postgangliari sul nodo SA, rallenta il tasso di depolarizzazione e scarica legandosi ai recettori colinergici muscarinici.

Pertanto, la frequenza cardiaca diminuisce consecutivamente agli impulsi parasimpatici. Al contrario, la noradrenalina viene rilasciata dai terminali simpatici sul nodo SA e accelera il ritmo cardiaco. Oltre a queste classiche azioni dei neurotrasmettitori, lo stato cronotropo del cuore può essere modulato da una varietà di neuropeptidi, come il neuropeptide Y, che sembrano essere colocalizzati con i neurotrasmettitori convenzionali nei terminali autonomici.



In questa finestra di analisi divisa in nove caselle un pallino mobile ci indicherà i vari stati di bilanciamento tra sistema simpatico e parasimpatico.

Questa analisi viene effettuata mediante il calcolo del rapporto tra HF e LF. Le onde LF sono comprese tra 0.03 Hz e 0.15 Hz e sono significative del sistema simpatico. mentre le HF vanno da 0.15 a 0.4 Hz e sono indicative del Parasimpatico.

Esistono anche onde VLF, inferiori a 0.03 Hz, ma la loro valutazione, richiederebbe di impostare analisi di durata molto superiore ai 5 minuti, per cui in HRV non ha senso considerarle.

Questo tipo di approccio analitico è soprattutto utilizzato in psicologia e medicina olistica.

Nella finestra di dialogo posta a sinistra, sono riportati i valori numerici relativi alle Power e ai valori di picco sia delle LF che delle HF, nonché il valore del *log10* (utilizzato per i calcoli) e il rapporto LF/HF.

Cliccando con il pulsante sinistro del mouse, su ciascuno dei nove quadranti, si aprirà una finestra di dialogo che descrive sinteticamente lo stato di bilanciamento tra simpatico e parasimpatico, relativo all'intera analisi. Se si guarda questa analisi fin dall'inizio di un nuovo *tacogramma*, si noterà molta variabilità, dovuta alla carenza di dati e che andrà via via stabilizzandosi e alla fine dei 5 minuti generalmente risulterà abbastanza fissa.



La terza finestra, rappresenta graficamente, la correlazione dell'andamento in percentuale dei vari intervalli RR relativi alla finestra principale del tracciato. Se abbiamo impostato il tracciato a 10 mm/sec. vedremo molte più linee perché all'interno della finestra sono presenti circa 25 onde, mentre con 25 mm/sec. ne scorgeremo meno poiché abbiamo circa 10 onde e con 50 mm/sec. ancora meno perché riferito solamente a 5 onde. Il grafico dell'immagine rappresenta un andamento tipico a 25 mm/sec.

Analisi spettrali FHT



Sempre sotto Analysis, troviamo un secondo tasto: Frequency domain, che permette di entrare in due ambienti distinti. Il primo: FHT Frequency, elabora graficamente il segnale secondo la trasformata di Hartley (FHT).

Nell'analisi degli spettri di frequenza ovvero le armoniche dei segnali, si utilizza quasi sempre FFT ossia la Fast Fourier Transform, ma in questo caso preferito abbiamo utilizzare la trasformata di Hartlev. che è una integrale trasformata strettamente correlata alla trasformata di Fourier.

La trasformata di Hartley presenta i vantaggi di trasformare reali funzioni per funzioni reali, anziché richiedere numeri complessi e di essere propriamente inversa a sé stessa *(involuzione)*. E quindi dal punto di vista computazionale risulta più leggera occupando meno spazio di memoria e capacità di calcolo del processore.

Analysis FHT Frequency		
Spectrum params		
	Max scale	900.56
	Min scale	10.00
	Max freq.	263.37
	Min freq.	27.49
	Log X	Log Y
Sampling window		
	FlatTop	
Kectangular Sin Sin2 Sin5 Sin10 Sin20 Sin50 Hanning BartlettHann Hamming Blackman NuttallNarrow Nuttall BlackmanNuttall BlackmanHarris FlatTop		

Nel menu di sinistra troviamo i valori delle scale che si possono manualmente inserire da tastiera oppure posizionandoci sopra la casella con il mouse utilizzando la rotellina (scroll) avanti e indietro per incrementare o decrementare i valori. Lo stesso si può fare andando direttamente con il puntatore sull'ordinata o sull'ascissa e sempre con lo scroll si ottiene la stessa funzione.





Abbiamo poi due tasti Log X e Log Y che trasformano le scale da lineari a logaritmiche.

Infine in basso, sotto Sampling window, cliccando sulla finestra di dialogo, si apre una tendina con innumerevoli scelte sul tipo di algoritmo di calcolo tra le varie e più comuni scale utilizzate.

Qui abbiamo aggiunto anche le funzioni di calcolo *sin; sin2*; fino a *sin100*, che stanno per seno, seno al quadrato, e fino a seno alla nn. esima potenza.

Queste funzioni permettono a partire dalla funzione: sin, dove i picchi risultano molto stretti, un progressivo ammorbidimento sulle altre scale. Nella immagine qui sopra, si può notare la differenza tra la scala *sin2*, molto simile alla *Hanning* a alla *BattlerHann* e la *sin20* (pagina precedente), dove le punte risultano molto più morbide con la presenza di un picco a 30 Hz.

Cliccando nuovamente sul tasto in alto (sotto analysis) avremo accesso a: FHT Periodogram, una finestra che rappresenta gli stessi dati della precedente analisi, ma nel dominio del tempo anziché delle frequenze.



I controlli per il settaggio delle scale sono gli stessi della precedente finestra.

Qui abbiamo definito con colori di evidenza differenti, le due principali bande di spettro: LF e HF.

Al fine di ottenere una maggiore versatilità consigliamo di tenere il valore di Min. freq. a 0.03 e quello di Max freq. a 0.6.

Questi valori rappresentati graficamente sono gli stessi memorizzati e utilizzati per calcolare il bilanciamento del sistema simpatico / parasimpatico e la curva ci da già una indicazione visiva importante dell'andamento delle Power delle LF e delle HF.

Aggiustamenti e artefatti

La rimozione di un artefatto (disturbo) è probabilmente il passaggio più importante della fase di elaborazione del segnale e necessaria per calcolare le caratteristiche HRV. Sebbene tutti i dati da battito a battito passino attraverso appositi filtri software, l'eventualità che vengano generati e registrati disturbi, dovuti alla respirazione e al semplice movimento del paziente, soprattutto durante indagine a mezzo OCG, ma anche ECG, è reale e importante perché può generare anomalie in grado di influenzare il risultato dell'analisi. Anche un singolo artefatto in una finestra di 5 minuti, può avere conseguenze significative in termini di caratteristiche HRV derivate. Assumiamo vi siano tre possibili azioni fondamentalmente rilevanti su cui intervenire in modo mirato.

- 1. Rimuovere i valori estremi *(filtro di intervallo),* ovvero tutto ciò che non si traduce in una frequenza cardiaca istantanea ad esempio tra 20 e 200 bpm.
- 2. Eliminare le anomalie tra battito e battito. Ciò significa rimuovere le differenze che ad esempio, sono superiori a X%, poiché non sarebbe fisiologicamente possibile, poiché "X" dovrebbe cambiare in base all'effettiva HRV di base della persona e soglie comuni assunte tra il 20 e il 25% potrebbero correggere in modo eccessivo. L'eccessiva correzione potrebbe essere un problema trascurabile per i non atleti, ma dovrebbe essere tenuta in considerazione in una popolazione con valori di HRV particolarmente alti.
- 3. Rimuovere i valori anomali rimanenti. Dopo i passaggi precedenti, potremmo ancora ritrovare alcuni valori anomali, soprattutto se siamo stati meno rigidi con il filtro delle anomalie (ad esempio con il 50-70% per gli atleti, potremo avere più artefatti da rimuovere).

A completamento di una seduta di registrazione, dove i dati possono essere memorizzati e salvati in apposito file, come abbiamo precedentemente illustrato, il medico e il professionista che ritiene a suo giudizio dover eliminare alcuni artefatti potenzialmente deleteri, potrà farlo con alcuni semplici strumenti interattivi potenti e agevoli.



La schermata qui sopra illustra un OCG tipico con alcuni possibili artefatti, passibili di elaborazione. Le finestre interattive tra di loro, sono le due del diagramma principale e la finestra con il diagramma di "Poincaré".

Nelle due finestre principali, possiamo svolgere le stesse operazioni, ma mentre nella finestra superiore abbiamo visibilità maggiore dei dettagli, quella inferiore prospetta la lettura su un intervallo molto più ampio e che in funzione dell'ampiezza della finestra può arrivare a comprendere anche un intero tracciato di 5 minuti.

Andando sul grafico (qualsiasi campo purché al di fuori delle scritte dati) con il mouse e tenendo premuto il tasto "clic" sinistro, potremo spostare il tracciato a destra e a sinistra per posizionarci su un'area a piacere. Il nostro consiglio è di utilizzare quanto più possibile la finestra in basso che ci offre un tracciato che racchiude all'incirca l'intera analisi, per poi spostarsi in quella superiore per affinare il posizionamento.



Trascinando un possibile artefatto all'interno della banda evidenziata a destra, come da esempio, possiamo vedere comparire la forma anomala nella finestra in alto. Per eliminare una zona, si clicca con il puntatore del mouse posizionandolo all'incirca sulla scritta (in questo esempio: 1564 ms e 38 bpm).



si aprirà un'area che evidenzia quel tratto di registrazione e cliccando su: CLICK TO DELETE, si cancellerà quel tratto di artefatto e il tracciato automaticamente "trimmato".

Tenendo premuto il tasto CTRL, allo stesso modo, possiamo selezionare più aree e ugualmente cancellarle poi tutte.



Con questi pratici comandi, in pratica possiamo eliminare i disturbi di cui abbiamo parlato, ma disponiamo ancora di un ulteriore strumento molto versatile che vedremo a breve.

Per eliminare la testa e la coda del diagramma, possiamo avvalerci di una funzione che si apre cliccando sulle finestre con il tasto destro del mouse e che si traduce nella comparsa di una finestra di dialogo:

<<< Delete all data before this windows / Delete all data after this windows >>>.

Cliccando sulle rispettive aree, si potrà infatti cancellare tutto quello che sta *(non visibile)* alla sinistra o alla destra della finestra grafica, ovvero appunto: *"prima o dopo".* La stessa operazione, può essere effettuata anche nella finestra grafica superiore che permette maggior precisione. Ma prestiamo attenzione a non cancellare in modo eccessivo.



Infine, per facilitare l'individuazione e la soppressione di eventuali disturbi indesiderati, come accennato in precedenza, possiamo agire anche sulla finestra di Poincaré.

Facendo doppio click con il pulsante sinistro del mouse su uno dei punti molto fuori campo e che riteniamo di dover analizzare, si aprirà un'area evidenziata nel grafico principale superiore indicandoci l'area interessata, come da esempio qui sotto riportato.



Facciamo notare che è corretto che l'area comprenda sempre due valori, poiché conseguenza del calcolo dell'intervallo RR(i) e RR(i+1).



Ad esempio in questo caso il punto evidenziato in rosso comprende gli intervalli: 1082 mS e 1432 mS, mentre il punto successivo posizionato in basso a destra, comprende gli intervalli: 1432 mS e 646 mS.







Possiamo immediatamente notare nelle finestre dati che cancellando i vari possibili artefatti (*punti più periferici*), ci troviamo con un tracciato privo dei picchi precedentemente evidenziati, ma con dati molto differenti da prima.

Pertanto queste "manipolazioni" vanno eseguite con perizia da parte di personale qualificato e soprattutto capace di distinguere i veri artefatti dalle reali anomalie cardiache da considerare.

Note tecniche

Sensori

Si possono utilizzare fondamentalmente due tipologie di sensori:

OCG (Optical Cardio Graphy) (*nota 1*) - I <u>sensori ottici</u> sono comodi per frequenti test da fare a casa propria e in qualsiasi studio medico, permettendo di individuare le aritmie nel momento in cui avvengono. Il sensore e lo speciale amplificatore da noi progettati producono un segnale quasi costante anche variando di molto le caratteristiche del paziente (pressione del sangue, posizionamento del sensore, spessore e tonalità dell'epidermide). Sensori non appositamente calibrati, possono presentare disturbi e sensibilità incostante. Soggetti con pressione bassa, solitamente producono un segnale debole e disturbato da rendere spesso difficile se non impossibile il controllo delle aritmie.

ECG (Electro Cardio Graphy) – I classici <u>amplificatori differenziali per ECG</u> che sono più scomodi da usare (*nota 2*). Questi sensori richiedono elettrodi speciali con pasta conduttiva e una preparazione della pelle con alcool e cotone. Il preamplificatore richiede componenti speciali quindi non può essere costruito fai da te. E pur ponendo tutte queste attenzioni il sistema è molto sensibile ai movimenti, per cui si deve restare immobili per non disturbare le registrazioni.

(Nota 1) Il nome esatto per la rilevazione ottica sarebbe "photoplethysmography" ma è complesso e difficile da ricordare. Dato che si rilevano variazioni ottiche invece che elettriche, l'equivalente di "Electro" non è "PhotoPlethysmo" ma "Optical" e quindi noi lo chiameremo: OCG.

(Nota 2) Il vantaggio dei sensori ECG rispetto a quelli ottici è di poter rilevare l'attività elettrica del cuore ma per realizzarla, una sola derivazione non basta e bisogna pertanto utilizzarne dodici. Servono quindi dieci elettrodi, sei posizionati sul torace e quattro su gambe e braccia. La preparazione e successiva rimozione, richiedono alcuni minuti, pulizia e applicazione di gel conduttivo e risulta quindi scomoda e non particolarmente utile per indagini HRV.

Aspetto dei segnali ECG e OCG

Questa applicazione può essere utilizzata anche per memorizzare e visualizzare gli elettrocardiogrammi classici. Ma per l'HRV e le aritmie l'unico dato significativo è il tempo (R-R) che intercorre tra gli impulsi.

Questa immagine mostra un esempio di ECG (*prima derivazione*) con le classiche onde P, Q, R, S e T.



La forma degli impulsi dipende dai filtri di misurazione (negli OCG) e dalla derivazione utilizzata (negli ECG) ma per le analisi HRV non ha alcun significato.



L'unico dato importante è il tempo in millisecondi (chiamato R-R) che, per ottenere la massima precisione, si misura tra due successive punte R del complesso PQRST.

Individuare le aritmie



Questa applicazione facilita la ricerca delle aritmie ma non le individua e non emette segnali, a meno che l'aritmia non porti la frequenza al di fuori dei limiti di BPM impostati.

Per stabilire se un evento è una vera aritmia ci vuole esperienza. Via internet ci sono molti esempi di grafici con varie tipologie di aritmie.

La forma più comune di aritmia (e la meno preoccupante) sono le contrazioni anticipate. In pratica arriva una contrazione dopo due soli quadretti (circa) invece dei soliti quattro (circa). *Ci riferiamo ad impostazione classica di 25 mm/sec.* E questo evento viene poi seguito da una pausa più lunga del normale.

Esempi di aritmie

Le prossime due immagini mostrano esempi di contrazioni anticipate, la prima con sensori ECG classici e la seconda con il nostro sensore ottico. Da notare che il sensore ottico può mostrare informazioni non visibili con il segnale elettrico. In questo caso si vede che il flusso pompato era minore (il picco indicato dalla freccia è più basso degli altri) in quanto il cuore non aveva avuto tempo di riempirsi completamente.



Le due immagini seguenti mostrano invece battiti "saltati", di cui non conosciamo il termine tecnico esatto.





In rete molte persono affermano di avere la sensazione di saltare un battito ogni tanto. E spesso gli viene risposto che è solo una sensazione e che in realtà si tratta di contrazioni anticipate. Ma questi grafici evidenziano che i battiti "saltati" possono realmente comparire. Probabilmente il termine medico esatto, potrebbe essere "Blocco Atrioventricolare".