

# *Απεικόνιση Ηλεκτροκαρδιογραφήματος και ανάλυση της Διακύμανσης καρδιακής Συχνότητας (HRV) με χρήση LabVIEW και Arduino*



Δημήτρης Μιαούλης

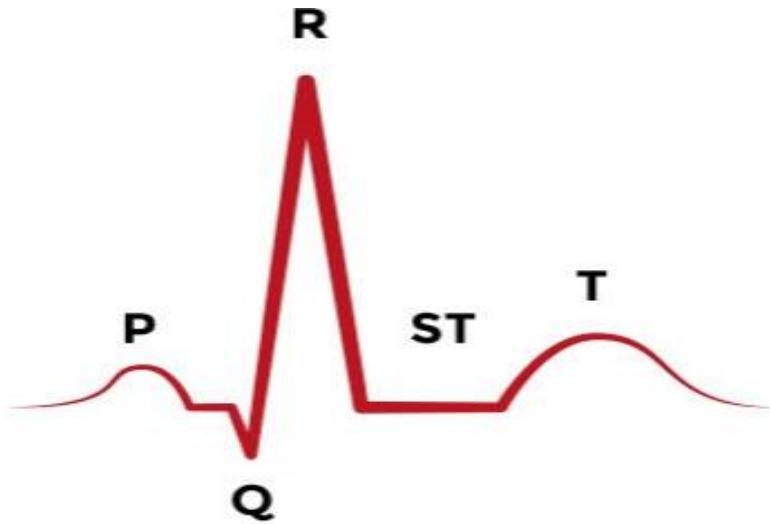
A.M: 1066616

Μάθημα: Ψηφιακός Έλεγχος

Εαρινό εξάμηνο 2023

# Εισαγωγή

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) είναι ένα ιατρικό τεστ που ανιχνεύει καρδιακές ανωμαλίες μετρώντας την ηλεκτρική δραστηριότητα που παράγεται από την καρδιά καθώς συστέλλεται. Τα ΗΚΓ από υγιείς καρδιές έχουν χαρακτηριστικό σχήμα. Οποιαδήποτε ανωμαλία στον καρδιακό ρυθμό ή βλάβη στον καρδιακό μυ μπορεί να αλλάξει την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς έτσι ώστε να αλλάξει το σχήμα του ΗΚΓ. Ο φυσιολογικός καρδιακός ρυθμός παράγει τέσσερις οντότητες - ένα κύμα P, ένα σύμπλεγμα QRS, ένα κύμα T και ένα κύμα U - που το καθένα έχει ένα αρκετά μοναδικό μοτίβο.



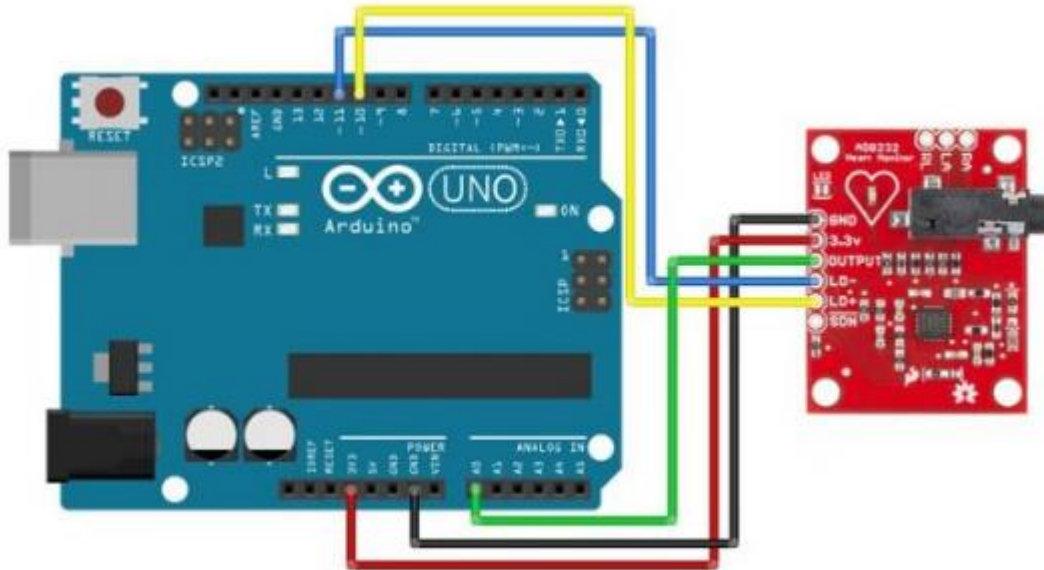
Η Διακύμανση Καρδιακής Συχνότητας (HeartRateVariability–HRV) αναφέρεται στις μεταβολές που διαπιστώνονται στον καρδιακό ρυθμό από παλμό σε παλμό (δηλαδή, η διαφοροποίηση στον χρονισμό από R σε R) . Συνεχείς μεταβολές στο συμπαθητικό νευρικό σύστημα και στο παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα, έχουν ως αποτέλεσμα περιοδικές μεταβολές στον καρδιακό ρυθμό γύρω από μία μέση τιμή. Ακριβώς λόγω αυτής της σχέσης η ΔΚΣ είναι αρκετά καλή, στο να δείχνει πόσο το αυτόνομο νευρικό σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία μεταξύ αυτών των δυο μηχανισμών.

Στην παρούσα εργασία για την μέτρηση των παραπάνω, χρησιμοποιήθηκαν 3 ηλεκτρόδια που συνδέονται σε έναν αισθητήρα AD8232 καθώς και ένα Arduino UNO ως microcontroller. Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων στον υπολογιστή χρησιμοποιήθηκε το LabVIEW όπου με την προσθήκη του LabVIEW LINX εξυπηρετήθηκε η επικοινωνία με το Arduino.

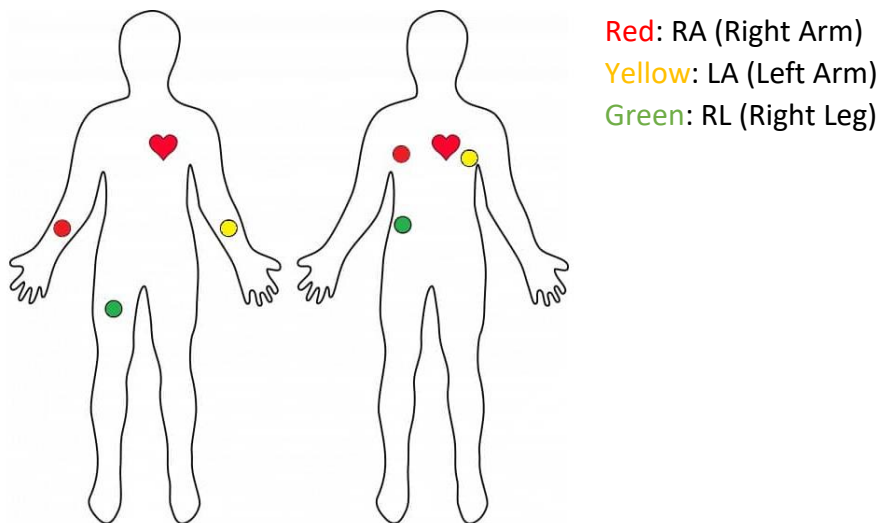
Ύστερα, με την χρήση της βιβλιοθήκης *LabVIEW Biomedical Toolkit* έγινε η επεξεργασία του σήματος της καρδιάς ώστε να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα και να υπολογιστούν οι διάφοροι παράμετροι.

# Κύκλωμα Hardware

Για την υλοποίηση του κυκλωματικού μέρους χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω υλοποίηση



Στον αισθητήρα AD8232 συνδέονται τα 3 ηλεκτρόδια που τοποθετούνται επάνω στον ασθενή με τον ακόλουθο τρόπο



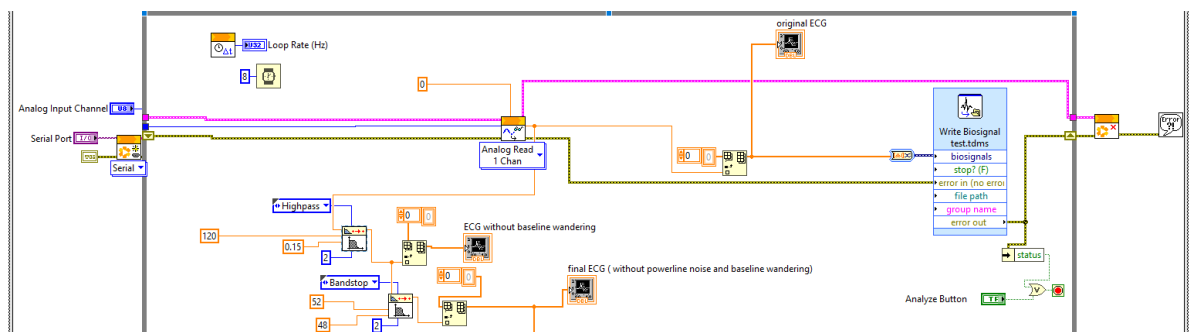
Για την επικοινωνία του Arduino με το LabVIEW χρησιμοποιήθηκε το LINX Firmware, που είναι μία επέκταση του LabVIEW που ήταν ήδη εγκατεστημένη μαζί με το Community version. Έτσι κάθε φορά που τρέχουμε το πρόγραμμα μας διαλέγοντας το Analog Input Channel και το Serial Port επιτυγχάνεται η μεταφορά δεδομένων από την συσκευή μας στο LabVIEW.

# Επεξεργασία του Ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Παίρνοντας το σήμα από την συσκευή μας περνάει και 2 ειδών θόρυβος που προκαλείται:

- ❖ από τυχόν κίνηση του ασθενή ή αστάθειες στην αναπνοή του (baseline wandering)
- ❖ λόγω της γραμμής (powerline noise)

Για την αφαίρεση του θορύβου αυτού χρησιμοποιήθηκαν 2 φίλτρα Butterworth 2<sup>ης</sup> τάξης, ένα υψηλοπερατό που αποκόπτει τις χαμηλές συχνότητες (κάτω από 0,15Hz με συχνότητα δειγματοληψίας 120Hz) για την αντιμετώπιση του πρώτου θορύβου και ύστερα ένα ζώνης αποκοπής που αποκόπτει τις συχνότητες από 48 έως 52 Hz αφού η συχνότητα της γραμμής τροφοδοσίας είναι γύρω στα 50Hz.

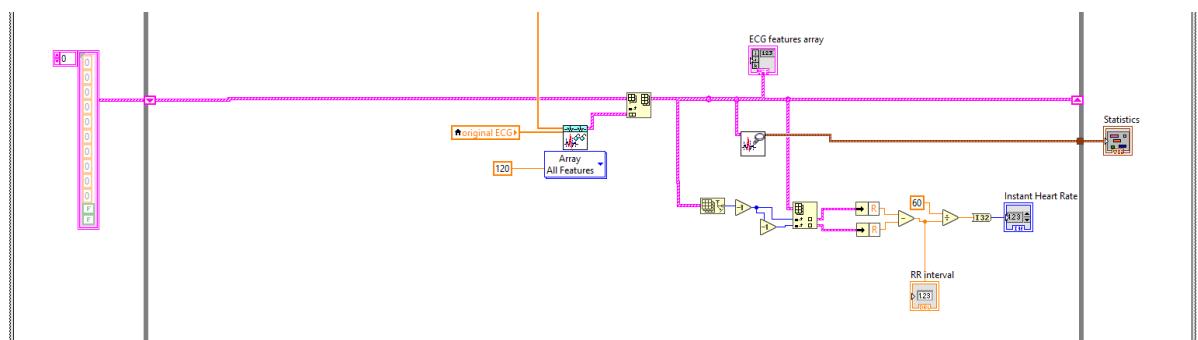


Λήψη σήματος από την συσκευή και φιλτράρισμα, ενώ παράλληλα αποθηκεύεται σε αρχείο.

## Εξαγωγή δεδομένων μέσω της Biomedical βιβλιοθήκης του LabVIEW

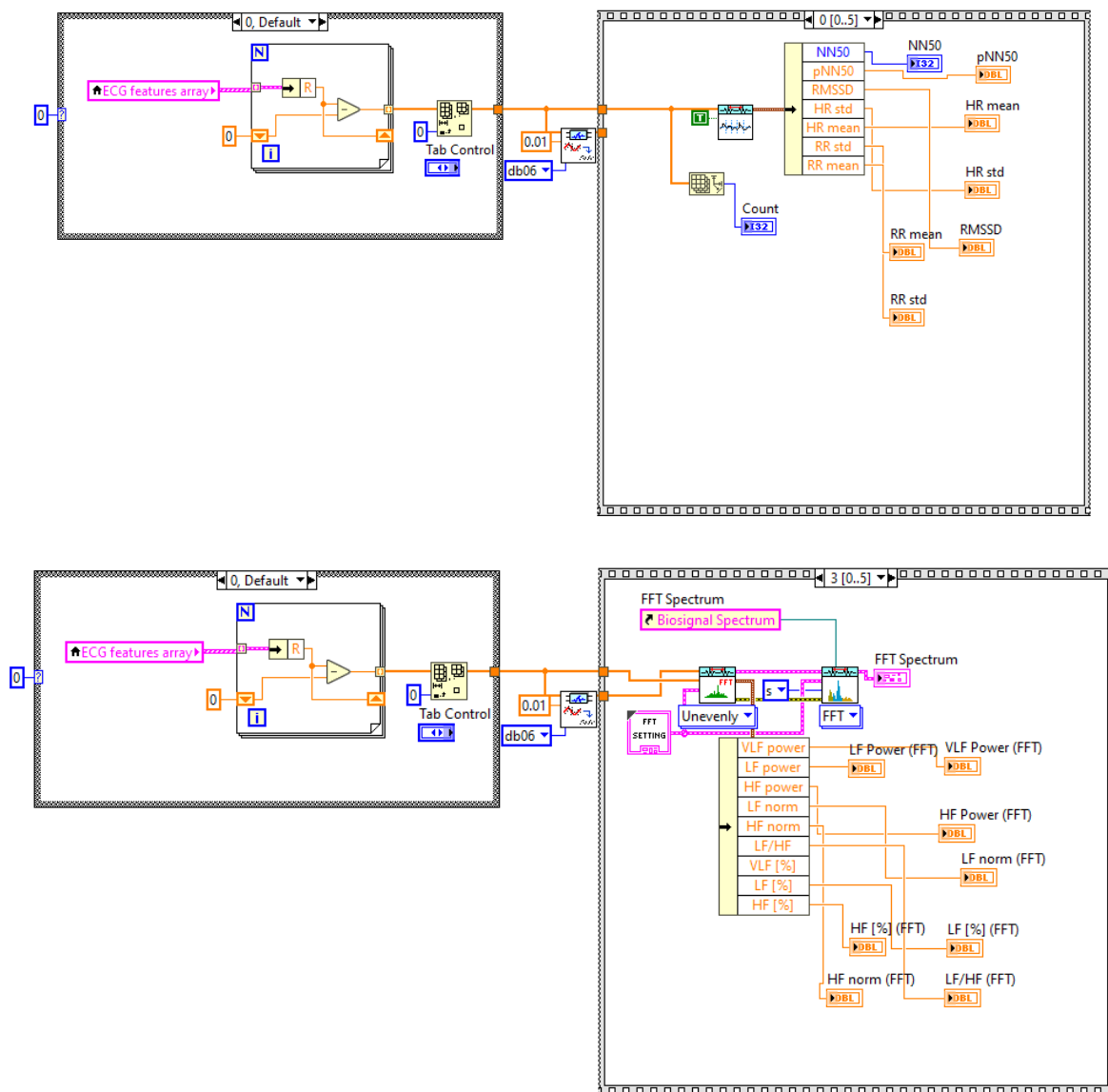
Εγκαθιστώντας την βιβλιοθήκη *LabVIEW Biomedical Toolkit* σε πρώτη φάση χρησιμοποιήθηκε το *.vi ECG Feature Extractor* από όπου καταφέραμε να εξαγάγουμε πληροφορίες για την έναρξη και την λήξη της κάθε ακμής του καρδιογραφήματος (P onset,offset/QRS onset,offset/R /T onset,offset /ST level), καθώς και με την βοήθεια του *ECG Feature Stats* υπολογίσαμε κάποια στατιστικά(HR mean,std/Amp mean,std /QRS mean,std /PR mean,std /QT mean,std /ST level mean,std).

Επίσης αφαιρώντας τον χρόνο ανάμεσα σε δύο R peaks υπολογίσαμε τον Στιγμιαίο καρδιακό ρυθμό σε bpm.



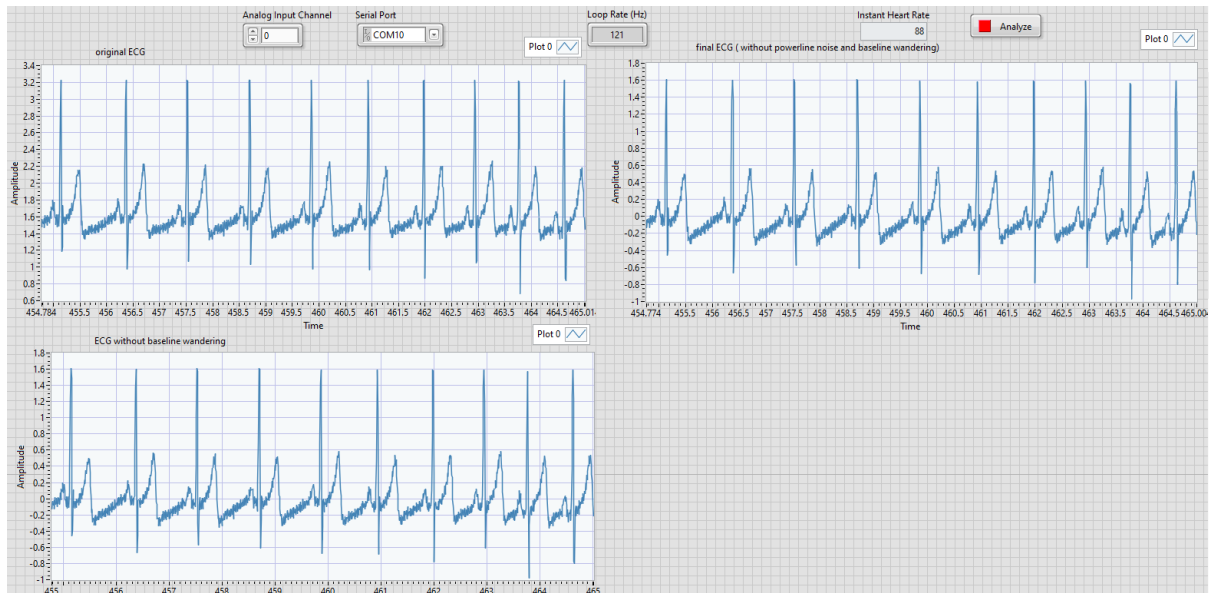
Ύστερα μέσα σε flat sequence χρησιμοποιώντας τα παρακάτω υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες τιμές στις παρενθέσεις:

- ❖ *HRV Statistics (NN50, pNN50, RMSSD, HR mean, HR std, RR mean)*
- ❖ *HRV Histogram (RR triangular index)*
- ❖ *HRV Poincare Plot (SD1, SD2)*
- ❖ *HRV FFT Spectrum (VLF power, LF power, HF power, LF norm, HF norm, LF/HF, VLF(%), LF(%), HF(%))*
- ❖ *HRV AR Spectrum (VLF power, LF power, HF power, LF norm, HF norm, LF/HF, VLF(%), LF(%), HF(%))*
- ❖ *HRV Spectrogram*



Έχοντας αυτά τα στοιχεία μπορεί κάποιος να βγάλει συμπεράσματα για την αξιολόγηση του αυτόνομου νευρικού συστήματος, των επιπέδων άγχους και της συνολικής καρδιαγγειακής υγείας.

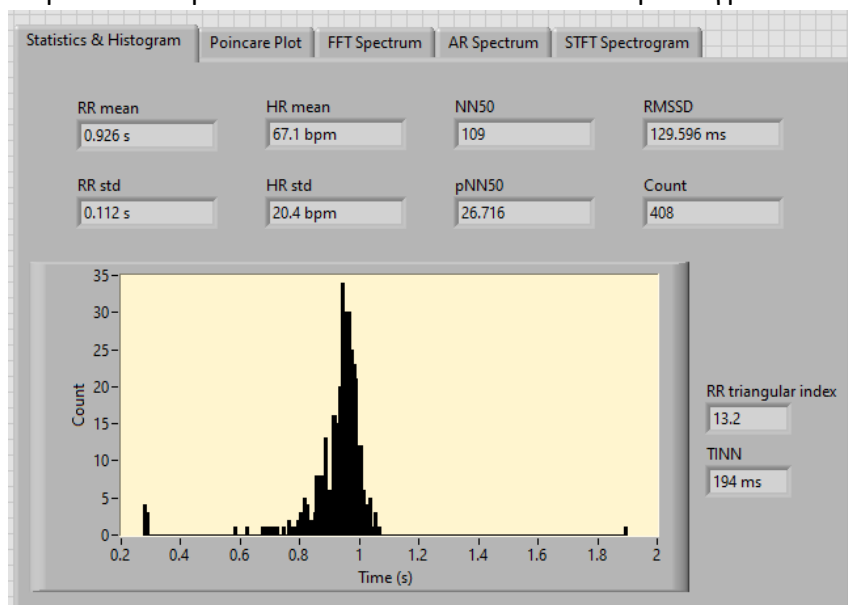
## Περιβάλλον διεπαφής χρήστη

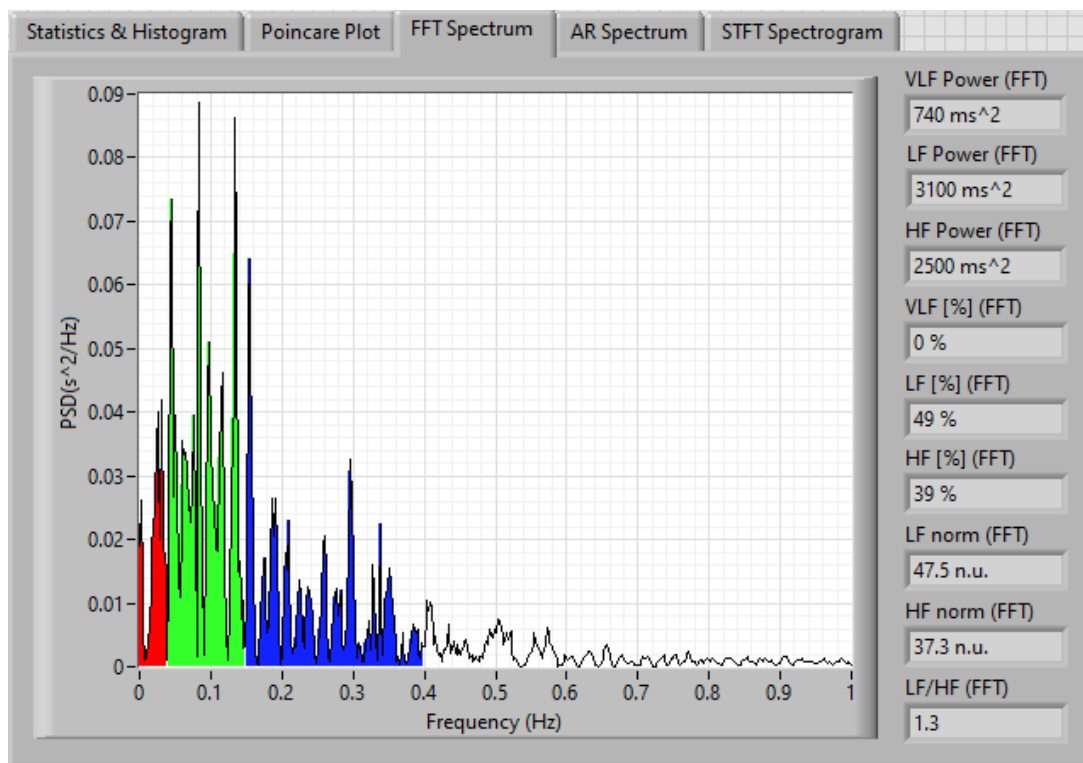
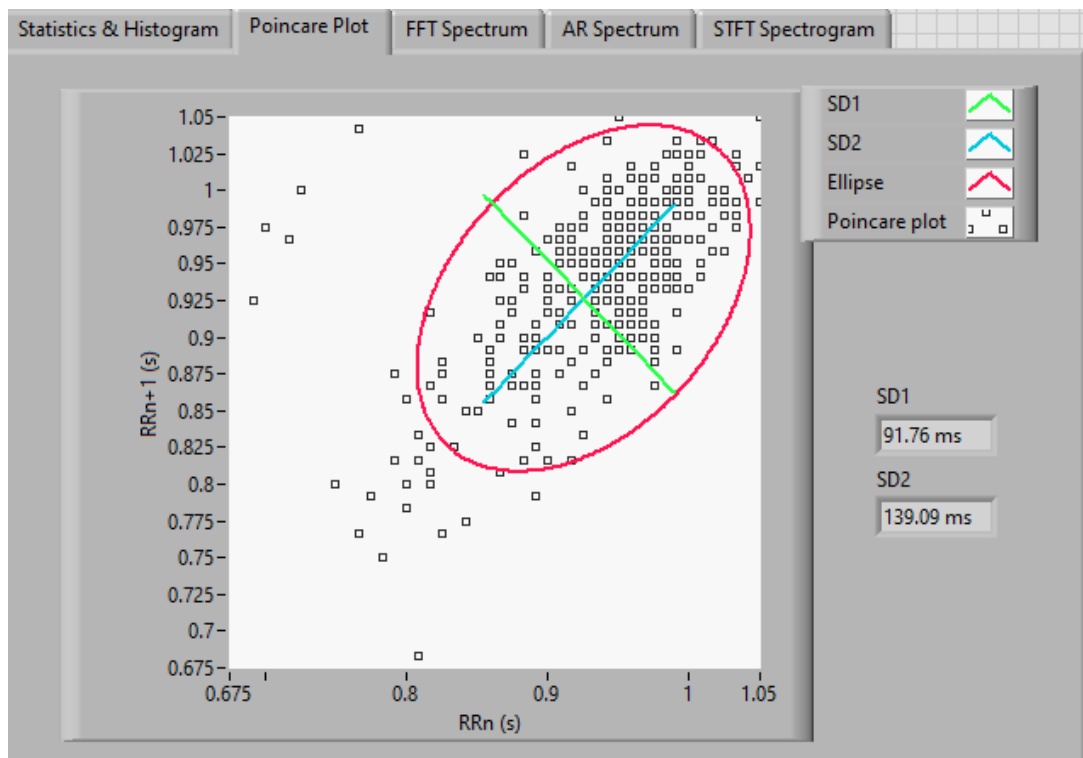


Στην πλευρά του χρήστη αφού ρυθμίσει τις παραμέτρους της συσκευής μπορεί κάποιος σε πραγματικό χρόνο να δει το «ωμό» σήμα καθώς επίσης και τα φιλτραρισμένα.

Ύστερα πατώντας το κουμπί “Analyze” εμφανίζονται τα προαναφερθέντα στατιστικά και διαγράμματα με τις υπολογισμένες παραμέτρους από την βιβλιοθήκη του LabVIEW.

Παρακάτω παρατείθονται ενδεικτικά κάποια παραδείγματα.





# Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε μία προσέγγιση ανάλυσης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και εξαγωγής δεδομένων για την Διακύμανση Καρδιακής Συχνότητας μέσω Arduino και LabVIEW. Με την εφαρμογή των φίλτρων, βελτιώθηκε η καθαρότητα και αξιοπιστία των σημάτων για περαιτέρω ανάλυση.

Χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη BioSignal στο LabVIEW, έγινε μια πρώτη ανάλυση της ΔΚΣ (HRV). Η ανάλυση της ΔΚΣ είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση του αυτόνομου νευρικού συστήματος, των επιπέδων άγχους και της συνολικής καρδιαγγειακής υγείας. Με την εξαγωγή διάφορων παραμέτρων, όπως τα διαστήματα RR και άλλες παραμέτρους πεδίου συχνότητων, αποκτήθηκαν σημαντικές πληροφορίες για την καρδιαγγειακή κατάσταση του ατόμου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση της ΔΚΣ παρείχαν μια λεπτομερή και περιεκτική αξιολόγηση της καρδιαγγειακής υγείας του ατόμου. Αναγνωρίστηκαν και αναλύθηκαν διάφορες παράμετροι της ΔΚΣ, συμπεριλαμβανομένων των πεδίων χρόνου, πεδίων συχνότητας και μη γραμμικών μετρήσεων.

Σε μελλοντικό στάδιο της εργασίας θα ήταν αξιόλογο να γίνει μια έξτρα μελέτη σε οποιοδήποτε μέρος της υγείας του ανθρώπου για να αξιοποιηθούν αυτές οι παράμετροι που υπολογίστηκαν, ώστε να μας δίνουν μία επαρκή εικόνα ως προς το άγχος ή την καρδιαγγειακή υγεία ή και το αναπνευστικό ή νευρικό σύστημα.

Συνεπώς μία τέτοια εφαρμογή μπορεί να υποδυθεί πολλούς ρόλους και να βοηθήσει σε πολλούς τομείς της υγείας ως προς την παρακολούθηση ασθενών και αναγνώρισης μοτίβων.



# Βιβλιογραφία

- [1] <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-biomedical-toolkit-api-ref/page/lvbioconcepts/lvbioconcepts.html>
- [2] Cluitmans, M. J., & Volders, P. G. (2013). A tutorial in electrocardiography. Journal of Electrocardiology
- [3] <https://forums.ni.com/t5/Biomedical-User-Group/Architecture-for-ECG-HRV-analysis/td-p/3427534>
- [4] Shokouejinejad, Mehdi & Chiang, Michelle & Lines, Samuel & Wang, Fa & Tompkins, Willis & Webster, John. (2017). Systematic Design and HRV Analysis of a Portable ECG System Using Arduino and LabVIEW for Biomedical Engineering Training. International Journal of Electronics and Electrical Engineering
- [5] Roberto F. Automatic heartbeat monitoring system. Arch Case Rep. 2019