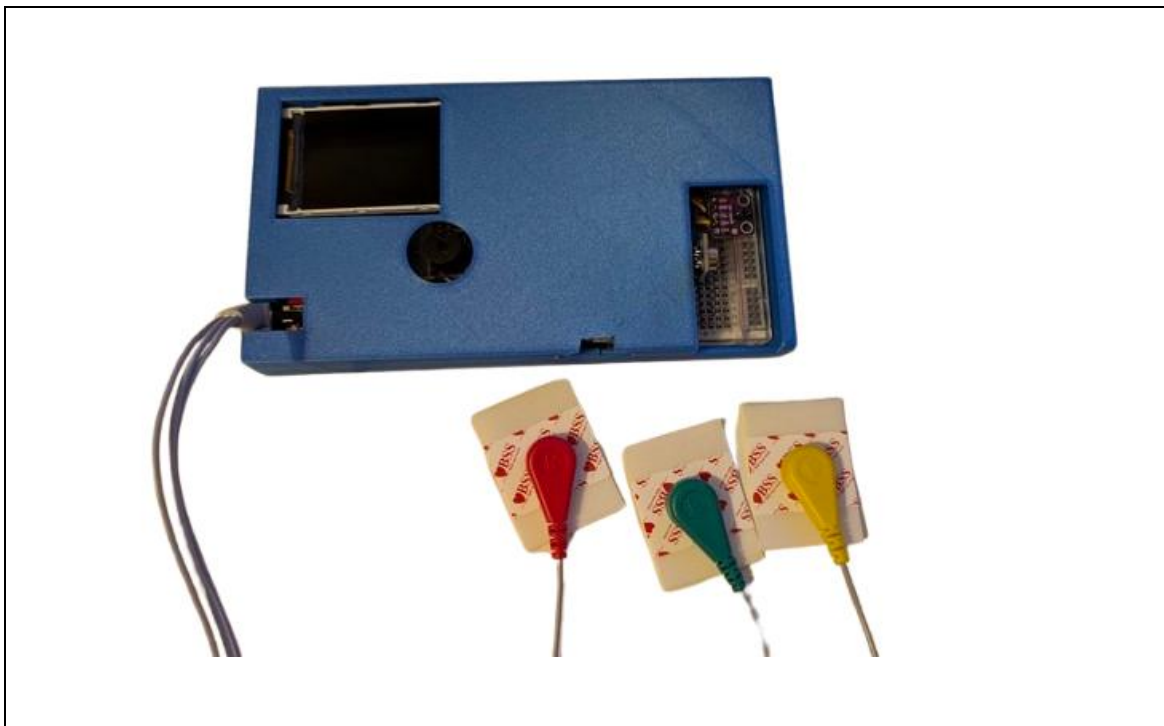


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μέτρηση Βιομετρικών Δεδομένων Υγείας με
ζωντανή μετάδοση»



Του φοιτητή:
Κωνσταντίνου Ασλανίδη
Αρ. Μητρώου: 518015

Επιβλέπων
Άγγελος Γιακουμής
Βαθμίδα: Επίκουρος Καθηγητής
Ημερομηνία 13-10-2024

Τίτλος Δ.Ε. Μέτρηση Βιομετρικών Δεδομένων Υγείας με ζωντανή μετάδοση

Κωδικός Δ.Ε.: 24257

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Κωνσταντίνος Ασλανίδης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Άγγελος Γιακουμής

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 13/10/2024

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 12/05/2025

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Κωνσταντίνου Ασλανίδη που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Πάντα δημιουργώντας»

Πρόλογος

Η υγεία του ανθρώπου θα είναι πάντα ένα θέμα το οποίο συνεχώς με την πάροδο του χρόνου μπορεί να βελτιωθεί με την βοήθεια της τεχνολογίας και των καινούργιων ανακαλύψεων. Έτσι με αυτήν την διπλωματική θα ήθελα να δημιουργήσω μια ‘Βάση Οικιακής Παρακολούθησης Υγείας’ με την οποία θα γίνεται η καταγραφή των πιο βασικών μετρήσεων υγείας, καθώς και η ζωντανή μετάδοση αυτών.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την ανάπτυξη μιας «Βάσης Οικιακής Παρακολούθησης Υγείας», η οποία αποσκοπεί στη συνεχή και εύκολη καταγραφή βασικών βιομετρικών δεδομένων στο σπίτι. Αρχικά, γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι κατέγραφαν την υγεία τους στο παρελθόν και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνταν. Στη συνέχεια, αναλύονται τα επιμέρους τεχνολογικά συστήματα και οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη βάση, καθώς και η διαδικασία σχεδίασης και υλοποίησής της. Επίσης, παρουσιάζεται ο προγραμματισμός του συστήματος, ο τρόπος λειτουργίας του και οι δυνατότητες ζωντανής αναμετάδοσης των δεδομένων. Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας, καθώς και προτάσεις για βελτιώσεις και μελλοντικές προεκτάσεις του συστήματος.

« Biometric Health Data Measurement with Live Streaming »

«Aslanidis Konstantinos»

Abstract

This thesis examines the development of a "Home Health Monitoring Base," aimed at continuous and convenient recording of essential biometric data at home. Initially, it provides a brief historical overview of how people used to record their health in the past and the methods available at the time. Following this, the individual technological systems and sensors used in the base are analyzed, along with the design and implementation process. Additionally, with programming of the system, its mode of operation and the possibilities for live data transmission are also presented. Finally, the conclusions of the research are presented, as well as suggestions for improvements and future extensions of the system.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Άγγελο Γιακουμή, για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του. Επίσης, ευγνωμονώ την οικογένειά μου για την αμέριστη στήριξη, την κατανόηση και την ενθάρρυνσή της σε όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	v
Περίληψη.....	vi
Abstract	vii
Ευχαριστίες	viii
Περιεχόμενα	x
Κατάλογος Εικόνων	xii
Συντομογραφίες.....	xiii
Κεφάλαιο 1ο: Ιστορική Αναδρομή και Εξέλιξη των Μεθόδων Καταγραφής Υγείας.....	1
1.0 Εισαγωγή.....	1
1.0.1 Ιστορία Καταγραφής Υγείας.....	1
1.0.2 Σημασία Ζωτικών Σημείων	1
1.0.3 Σύγχρονη Παρακολούθηση Υγείας.....	1
1.1 Επίλογος.....	3
Κεφάλαιο 2ο: Ζωτικά Σημεία: Καρδιακή Λειτουργία, Οξυγόνωση και Θερμορύθμιση.....	4
2.1 Εισαγωγή.....	4
2.2 Ηλεκτροκαρδιογραφία (ECG).....	4
2.2.1 Καρδιακή Ανατομία, Ηλεκτρική Δραστηριότητα και Καρδιακός Κύκλος.....	4
2.2.2 Ρύθμιση και Διαταραχές του Καρδιακού Ρυθμού.....	10
2.3 Οξύμετρο Οξυγόνου.....	13
2.4 Θερμοκρασία Σώματος:	14
2.5 Επίλογος.....	14
Κεφάλαιο 3: Το Internet of Medical Things (IoMT)	15
3.1 Εισαγωγή.....	15
3.2 Αρχιτεκτονική και Πεδίο Εφαρμογών	15
3.3 Προκλήσεις και Τεχνολογικές Αντιμετωπίσεις.....	16
3.4 Σύνδεση με το Σύστημα της Εργασίας.....	17
3.5 Επίλογος.....	17
Κεφάλαιο 4ο: Πλατφόρμα Blynk.....	18
4.1 Εισαγωγή.....	18
4.2 Ορισμός/Αρχιτεκτονική	18
4.3 Χαρακτηριστικά	19

4.4	Πλεονεκτήματα Blynk.....	19
4.5	Περιορισμοί.....	20
4.6	Επίλογος.....	20
Κεφάλαιο 5ο:Ανάλυση Υλικών και Αισθητήρων κατασκευής.....		21
5.1	Εισαγωγή.....	21
5.2	Σχεδίαση Συστήματος.....	21
5.3	Ανάλυση Αισθητήρων.....	21
5.3.1	ESP32.....	21
5.3.2	MAX30100.....	24
5.3.3	MLX90614.....	26
5.3.4	AD8232.....	28
5.3.5	Οθόνη ST7789.....	30
5.4	Ολοκλήρωση Κατασκευής: Επιλογή Υπόλοιπων Υλικών.....	31
5.4.1	Βραχυκυκλωτήρες.....	31
5.4.2	Βομβητής (Mini Piezo Buzzer).....	32
5.4.3	Πυκνωτής 10μf.....	33
5.4.4	Κατασκευή Casing.....	33
5.5	Επίλογος.....	34
Κεφάλαιο 6ο:Ανάλυση Κώδικα.....		36
6.1	Εισαγωγή.....	36
6.2	Ανάλυση και Επεξήγηση.....	36
6.3	Διάγραμμα Ροής.....	39
6.4	Επίλογος.....	40
6.5	Προβλήματα Και Τρόποι Βελτίωσης.....	41
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		42
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ.....		45
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΚΩΔΙΚΑΣ.....		46

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 ECG Apple Watch.....	2
Εικόνα 2.1 Καρδιακή Ανατομία	5
Εικόνα 2.2 Καρδιαγγειακό Σύστημα.....	6
Εικόνα 2.3 Απαγωγές του ΗΚΓ	7
Εικόνα 2.4 Επεξήγηση ΗΚΓ	8
Εικόνα 2.5 Κολπική Μαρμαρυγή & Πτερυγοποίηση ΗΚΓ	10
Εικόνα 2.6 Κοιλιακή Ταχυκαρδία ΗΚΓ.....	11
Εικόνα 2.7 Κοιλιακή Μαρμαρυγή ΗΚΓ	11
Εικόνα 2.8 Πρόωρη Κοιλιακή Σύσπαση ΗΚΓ	12
Εικόνα 2.9 Αρχή Λειτουργίας του Παλμικού Οξύμετρου.....	13
Εικόνα 3.1 Αρχιτεκτονική Υγειονομικής Περίθαλψης IoT.....	15
Εικόνα 3.2 ESP32 Power Mode.....	16
Εικόνα 4.1 Λογότυπο Blynk	18
Εικόνα 4.2 Αρχιτεκτονική Blynk	18
Εικόνα 5.1 GPIO ESP32 DEVKIT V1.....	23
Εικόνα 5.2 Αισθητήρας MAX30100.....	24
Εικόνα 5.3 Διάγραμμα Λειτουργίας MAX30100.....	25
Εικόνα 5.4 Αισθητήρας MLX90614/GY-906.....	26
Εικόνα 5.5 Σχηματικό Διάγραμμα MLX90614/GY-906.....	27
Εικόνα 5.6 Αισθητήρας AD8232.....	28
Εικόνα 5.7 Σχηματικό AD8232.....	29
Εικόνα 5.8 Οθόνη ST7789.....	30
Εικόνα 5.9 Σχηματικό Οθόνης ST7789.....	30
Εικόνα 5.10 Βραχυκυκλωτήρες.....	31
Εικόνα 5.11 Mini Piezo Buzzer.....	32
Εικόνα 5.12 Πυκνωτής 10μf.....	33
Εικόνα 5.13 Casing Κατασκευής.....	33
Εικόνα 5.14 Συνδεσμολογία Κυκλώματος.....	35
Εικόνα 6.1 Περίπτωση Έγκυρων Ορίων.....	37
Εικόνα 6.2 Περίπτωση Ειδοποίησης.....	38
Εικόνα 6.3 Διάγραμμα Ροής.....	39

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΙΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
ΗΚΓ/ECG	Ηλεκτροκαρδιογράφημα
SpO ₂	Περιεκτικότητα σε Οξυγόνο στο Αίμα (Saturation of Peripheral Oxygen)
HR	Καρδιακός Ρυθμός (Heart Rate)
ΧΑΠ	Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια
REM	rapid eye movement η και αλλιώς: ύπνος ραγδαίων κινήσεων των ματιών
GUI	Γραφική Διεπαφή Χρήστη (Graphical User Interface)
IoT	Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things)
TLS	Transport Layer Security
GSM	Παγκόσμιο Σύστημα Κινητής Επικοινωνίας (Global System for Mobile Communications)
IFTTT	If This Then That
Cloud	Νέφος (Cloud Computing)
PWM	Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού (Pulse Width Modulation)
GPIO	Γενικής Χρήσης Είσοδοι/Εξοδοι (General Purpose Input/Output)
ADC	Μετατροπέας Αναλογικού σε Ψηφιακό Σήμα (Analog-to-Digital Converter)
DAC	Μετατροπέας Ψηφιακού σε Αναλογικό Σήμα (Digital-to-Analog Converter)
SPI	Σειριακή Περιφερειακή Διεπαφή (Serial Peripheral Interface)
I2C	Διασωληνωμένη Διεπαφή (Inter-Integrated Circuit)
I2S	Ολοκληρωμένη Διεπαφή Ήχου (Inter-IC Sound)
UART	Καθολικός Ασύγχρονος Δέκτης/Πομπός (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)
IR	Υπέρυθρη Ακτινοβολία (Infrared)

Κεφάλαιο 1ο: Ιστορική Αναδρομή και Εξέλιξη των Μεθόδων Καταγραφής Υγείας

1.0 Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας θα παρουσιαστεί η ιστορική αναδρομή και η εξέλιξη των μεθόδων καταγραφής ζωτικών σημείων, όπως ο καρδιακός ρυθμός, η θερμοκρασία και το επίπεδο οξυγόνου στο αίμα. Στη συνέχεια, θα αναλυθεί η σημασία αυτών των παραμέτρων στη διάγνωση και την αξιολόγηση της κλινικής κατάστασης των ασθενών. Επίσης, θα γίνει επισκόπηση των σύγχρονων συστημάτων παρακολούθησης όπως τα smart-watches και οι φορητοί αισθητήρες, καθώς και στον ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης, εστιάζοντας στις τεχνολογικές εξελίξεις και στις εφαρμογές τους στην ιατρική. Τέλος, θα παρουσιαστούν τα κύρια συμπεράσματα σχετικά με τη συμβολή των νέων τεχνολογιών στη βελτίωση της υγειονομικής φροντίδας.

1.0.1 Ιστορία Καταγραφής Υγείας

Η καταγραφή ζωτικών σημείων, όπως ο καρδιακός ρυθμός, η θερμοκρασία και το οξυγόνο στο αίμα, έχει αναπτυχθεί από απλές παρατηρήσεις σε σύγχρονες τεχνολογίες ακριβείας. Στην αρχαιότητα, ο Ιπποκράτης στηρίζονταν στην παρατήρηση των παλμών, ενώ στην Κίνα χρησιμοποιούσαν τεχνικές σφυγμολογίας. Η ανακάλυψη της κυκλοφορίας του αίματος από τον William Harvey (17ος αιώνας) και η ανάπτυξη του θερμομέτρου και του σφυγμογράφου τον 19ο αιώνα έδωσαν τα θεμέλια για την επιστημονική παρακολούθηση των ζωτικών σημείων. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ), που εισήγαγε ο Willem Einthoven το 1903, επαναστάτησε στη διάγνωση καρδιακών παθήσεων. Τη δεκαετία του 1970, η ανάπτυξη του παλμικού οξύμετρου προσέφερε νέα δυνατότητα παρακολούθησης του κορεσμού οξυγόνου στο αίμα. Σήμερα, οι φορητές συσκευές και οι «έξυπνοι» αισθητήρες επιτρέπουν τη συνεχή καταγραφή ζωτικών δεδομένων, βελτιώνοντας την πρόληψη και τη θεραπεία.[1][6]

1.0.2 Σημασία Ζωτικών Σημείων

Τα ζωτικά σημεία αποτελούν κρίσιμους δείκτες της φυσιολογικής λειτουργίας του οργανισμού. Ο καρδιακός ρυθμός αποκαλύπτει ανωμαλίες όπως ταχυκαρδία ή βραδυκαρδία. Το οξυγόνο στο αίμα σχετίζεται με την αναπνευστική λειτουργία, ενώ η θερμοκρασία αποτελεί βασικό δείκτη λοιμώξεων ή φλεγμονών. Η έγκαιρη ανίχνευση αποκλίσεων στα ζωτικά σημεία μπορεί να προλάβει σοβαρές επιπλοκές, καθιστώντας τις μετρήσεις τους απαραίτητες για τη διάγνωση και την παρακολούθηση ασθενών, ιδιαίτερα σε κρίσιμες καταστάσεις.[2]

1.0.3 Σύγχρονη Παρακολούθηση Υγείας

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει σε μια πραγματική επανάσταση στον τομέα της παρακολούθησης υγείας. Σήμερα, οι λεγόμενες «έξυπνες» συσκευές έχουν γίνει αναπόσπαστο εργαλείο τόσο για τους ιατρούς όσο και για τους ασθενείς, προσφέροντας τη δυνατότητα συνεχούς καταγραφής και ανάλυσης ζωτικών δεικτών. Οι φορητές συσκευές, όπως τα έξυπνα ρολόγια και οι ζώνες αθλητικής δραστηριότητας, έχουν γίνει οικεία εργαλεία στην καθημερινότητα πολλών ανθρώπων. Αυτές οι συσκευές δεν περιορίζονται πλέον στην απλή καταγραφή των βημάτων ή των θερμίδων, αλλά έχουν εξελιχθεί σε ισχυρά εργαλεία παρακολούθησης υγείας. Για παράδειγμα, τα σύγχρονα smart-watches μπορούν να μετρήσουν με ακρίβεια τον καρδιακό ρυθμό, το επίπεδο οξυγόνου στο αίμα (SpO₂) και ακόμη και να παραγάγουν ηλεκτροκαρδιογραφήματα (ΗΚΓ). Αυτές οι λειτουργίες, που παλαιότερα απαιτούσαν εξειδικευμένο ιατρικό εξοπλισμό, είναι πλέον προσβάσιμες στον καθένα μέσα από μια συσκευή που φοράμε στο χέρι μας.



Εικόνα 1.1 ECG Apple Watch

Επιπλέον, η έλευση του Διαδικτύου των Ιατρικών Πραγμάτων (Internet of Medical Things, IoMT) έχει ενισχύσει ακόμη περισσότερο τις δυνατότητες της σύγχρονης ιατρικής. Μέσω του IoMT, οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να μεταδίδουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε ιατρούς ή πλατφόρμες υγείας. Για παράδειγμα, ένας ασθενής με διαβήτη μπορεί να χρησιμοποιεί έναν συνεχή μετρητή γλυκόζης (CGM) που στέλνει αυτόματα τις μετρήσεις του σε μια εφαρμογή στο smartphone του, ενώ παράλληλα ειδοποιεί τον γιατρό σε περίπτωση επικίνδυνων διακυμάνσεων. Μια άλλη σημαντική πρόοδος είναι η εφαρμογή των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην ανάλυση ιατρικών δεδομένων. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να εντοπίσουν μοτίβα ή ανωμαλίες που ίσως διαφεύγουν από την ανθρώπινη αντίληψη, βοηθώντας στην έγκαιρη διάγνωση σοβαρών καταστάσεων όπως καρδιακές αρρυθμίες ή αναπνευστικές δυσλειτουργίες. Για παράδειγμα, μερικές συσκευές χρησιμοποιούν AI για να προβλέψουν πιθανά επεισόδια υπεργλυκαιμίας ή υπογλυκαιμίας σε ασθενείς με διαβήτη, βάσει των ιστορικών δεδομένων και των τρεχουσών μετρήσεων. Οι αναμφίβολες πρόοδοι σε αυτόν τον τομέα, ωστόσο, συνοδεύονται από πρακτικές και τεχνικές δυσκολίες, ζητήματα όπως η ακρίβεια των μετρήσεων, η προστασία των δεδομένων και η ηθική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης παραμένουν κρίσιμα σημεία που απαιτούν συνεχή προσοχή και βελτίωση. Για παράδειγμα, ενώ πολλές συσκευές προσφέρουν υψηλή ακρίβεια, υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα μπορεί να επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η κίνηση του χρήστη ή το χρώμα του δέρματος. Συνολικά, η σύγχρονη τεχνολογία έχει ανοίξει νέους ορίζοντες στην πρόληψη, τη διάγνωση και τη διαχείριση ασθενειών. Ωστόσο, η ορθή αξιοποίησή της εξαρτάται από τη συνεργασία μεταξύ τεχνολόγων, ιατρών και ασθενών, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι καινοτομίες αυτές θα ωφελούν το σύνολο του πληθυσμού. Παρακάτω γίνεται μια ανάλυση πάνω στα smartwatches και τις φορητές συσκευές καθώς και τον ρόλο που παίζει η τεχνητή νοημοσύνη.[3]

Smartwatches και Φορητές Συσκευές

Τα σύγχρονα smartwatches (π.χ. Apple Watch, Samsung Galaxy Watch, Fitbit Sense) έχουν μεταμορφώσει τον τρόπο παρακολούθησης της υγείας, προσφέροντας:

- Συνεχή παρακολούθηση καρδιακού ρυθμού με οπτικούς αισθητήρες (PPG), ικανό να ανιχνεύει ταχυκαρδία, βραδυκαρδία ή κολπική μαρμαρυγή (AFib).
- Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG) σε πραγματικό χρόνο (Apple Watch Series 4+, Fitbit Sense 2, Samsung Galaxy Watch), με δυνατότητα αποθήκευσης και κλινικής ανάλυσης.
- Μέτρηση SpO₂ (κορεσμού οξυγόνου), ιδιαίτερα σημαντική για ασθενείς με ΧΑΠ ή COVID-19.

- Παρακολούθηση ύπνου (REM, βαθύς ύπνος) με αισθητήρες κίνησης και καρδιακού ρυθμού.

Παράδειγμα Κλινικής Εφαρμογής:

Μια μελέτη του *Stanford Medicine* (2021) έδειξε ότι το Apple Watch μπορεί να ανιχνεύσει AFib με ακρίβεια ~84%, ενώ η χρήση του σε συνδυασμό με AI βελτίωσε την έγκαιρη διάγνωση καρδιακών επεισοδίων.[4]

Ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)

Οι αλγόριθμοι AI ενισχύουν τη λειτουργία των wearables με:

- Προγνωστική ανάλυση: Π.χ., πρόβλεψη υπεργλυκαιμίας σε διαβητικούς (συνδυάζοντας δεδομένα από CGM και smartwatch).
- Ανίχνευση ανωμαλιών: AI όπως ο AliveCor KardiaAI αναλύουν ΗΚΓ για ενδείξεις καρδιακών προσβολών.
- Προσωποποιημένες συστάσεις: Εφαρμογές (π.χ. Fitbit Premium) χρησιμοποιούν machine learning για να προτείνουν προγράμματα άσκησης ή διατροφής.[5]

1.1 Επίλογος

Η καταγραφή των ζωτικών σημείων έχει εξελιχθεί από απλές παρατηρήσεις σε προηγμένα συστήματα υψηλής ακρίβειας, ενισχύοντας τη διάγνωση και την παρακολούθηση της υγείας. Οι σύγχρονες τεχνολογίες, μέσω έξυπνων συσκευών και αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, επιτρέπουν την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων και τη βελτίωση της διαχείρισης ασθενών. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να αναπτύσσεται, οι δυνατότητες πρόληψης και θεραπείας αναμένεται να επεκταθούν ολοένα και περισσότερο, συμβάλλοντας ουσιαστικά στη συνολική βελτίωση της ιατρικής περίθαλψης και της ποιότητας ζωής.

Κεφάλαιο 2^ο: Ζωτικά Σημεία: Καρδιακή Λειτουργία, Οξυγόνωση και Θερμορύθμιση

2.1 Εισαγωγή

Η παρακολούθηση βασικών ζωτικών σημείων, όπως το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG), η παλμική οξυμετρία και η θερμοκρασία σώματος, αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της κλινικής πρακτικής. Αυτά τα εργαλεία παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για τη διάγνωση, την παρακολούθηση και τη διαχείριση διαφόρων παθολογικών καταστάσεων. Σε αυτήν την ενότητα, θα εστιάσουμε στην ηλεκτροκαρδιογραφία (ECG), μια από τις πιο σημαντικές τεχνικές για την αξιολόγηση της καρδιακής λειτουργίας. Το ECG δεν είναι μόνο ένα εργαλείο διάγνωσης, αλλά και μια μέθοδος για την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των θεραπειών και την πρόβλεψη πιθανών καρδιακών συμβάντων [6]. Τέλος, θα γίνει ανάπτυξη πάνω στην παλμική οξυμετρία καθώς και τη θερμοκρασία σώματος.

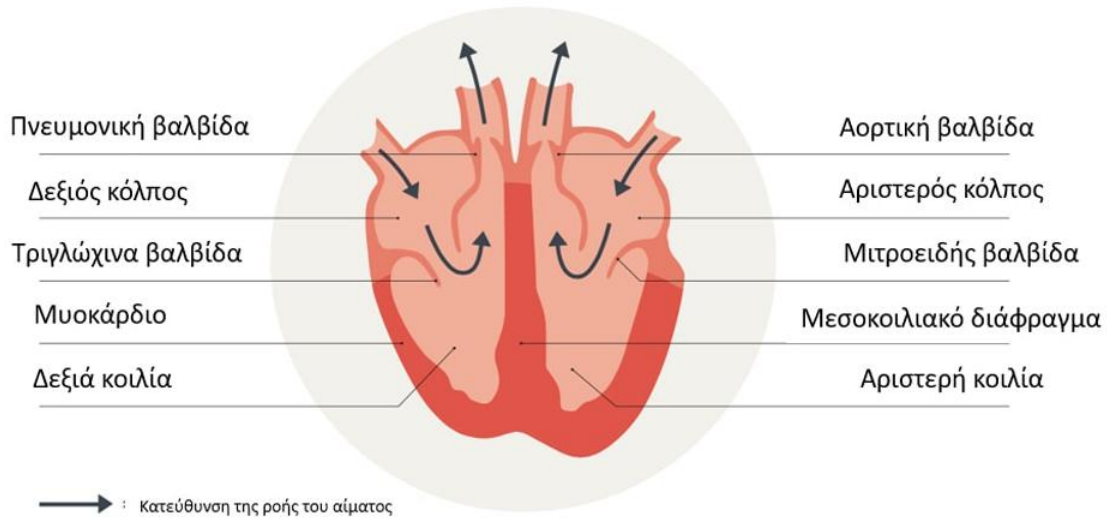
2.2 Ηλεκτροκαρδιογραφία (ECG)

Η ηλεκτροκαρδιογραφία είναι μια μη επεμβατική μέθοδος που καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) απεικονίζει γραφικά τις ηλεκτρικές μεταβολές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αποπόλωσης (εκπόλωσης) και επαναπόλωσης του καρδιακού μυός. Αυτές οι μεταβολές καταγράφονται μέσω ηλεκτροδίων που τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος (άκρα και θώρακα) και αντικατοπτρίζουν τη λειτουργία της καρδιάς. Το ΗΚΓ επιτρέπει την ανίχνευση διαταραχών του καρδιακού ρυθμού (αρρυθμίες), ισχαιμικών αλλοιώσεων (π.χ. έμφραγμα του μυοκαρδίου) και άλλων καρδιακών παθήσεων [7].

2.2.1 Καρδιακή Ανατομία, Ηλεκτρική Δραστηριότητα και Καρδιακός Κύκλος

Η καρδιά είναι ένα μυϊκό όργανο που λειτουργεί ως αντλία, εξασφαλίζοντας την κυκλοφορία του αίματος σε ολόκληρο το σώμα. Αποτελείται από τέσσερις κοιλότητες: δύο κόλπους (αριστερός και δεξιός) και δύο κοιλίες (αριστερή και δεξιά). Οι κόλποι δέχονται το αίμα από τις φλέβες, ενώ οι κοιλίες το αντλούν προς τις αρτηρίες. Κάθε καρδιακός κύκλος αποτελείται από τη συστολή (σύσπαση) και τη διαστολή (χαλάρωση) του μυοκαρδίου, εξασφαλίζοντας την αδιάκοπη τροφοδότηση των ιστών με οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά [8].

Η Φυσιολογική καρδιά

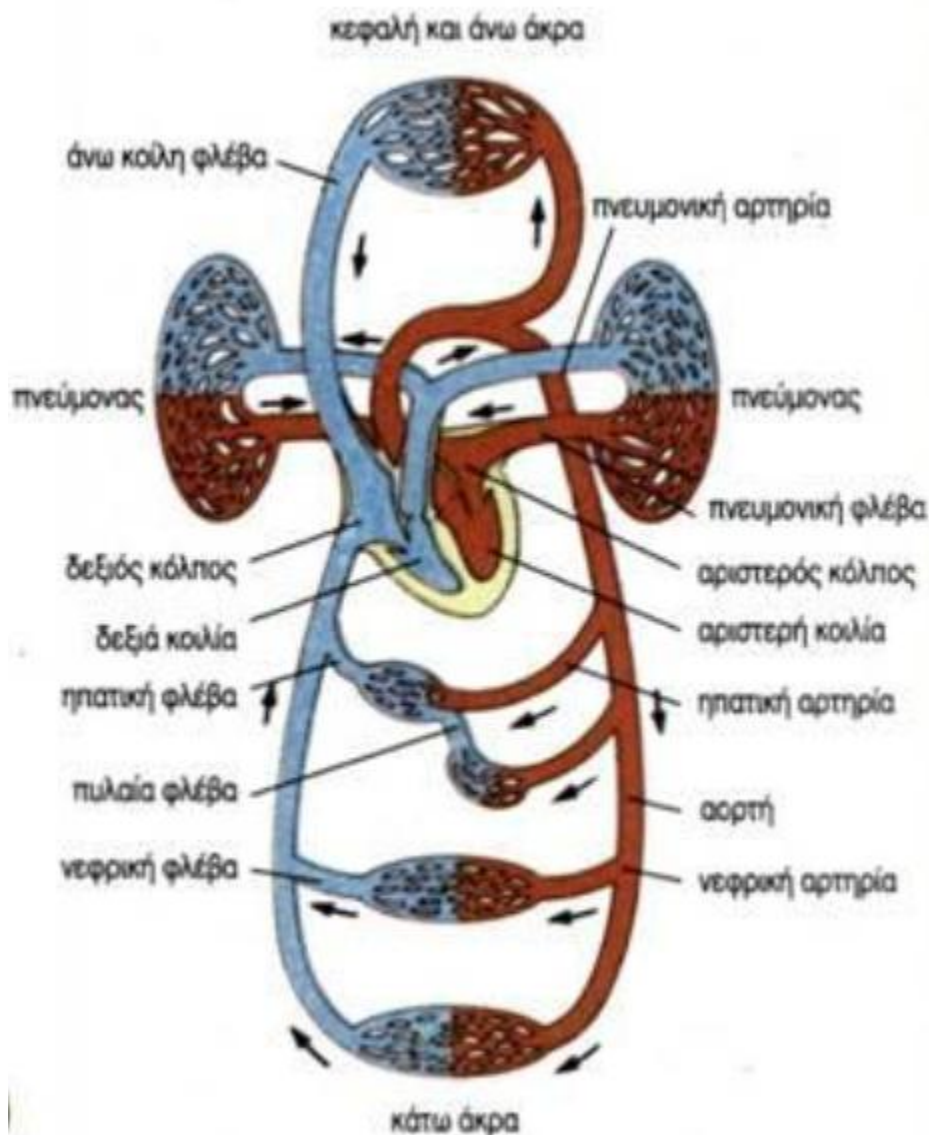


Εικόνα 2.1 Καρδιακή Ανατομία

Οι Κυκλοφορίες του Αίματος:

Η καρδιά εξυπηρετεί δύο βασικές κυκλοφορίες:

- Η πνευμονική κυκλοφορία: Το αποξυγονωμένο αίμα επιστρέφει από το σώμα στον δεξιό κόλπο και κατευθύνεται μέσω της τριγλώχινας βαλβίδας στη δεξιά κοιλία. Από εκεί, προωθείται στους πνεύμονες μέσω της πνευμονικής αρτηρίας, όπου εμπλουτίζεται με οξυγόνο. Το οξυγονωμένο αίμα επιστρέφει στον αριστερό κόλπο μέσω των πνευμονικών φλεβών [9].
- Η συστηματική κυκλοφορία: Το οξυγονωμένο αίμα από τον αριστερό κόλπο περνά μέσω της μιτροειδούς βαλβίδας στην αριστερή κοιλία. Από εκεί, προωθείται στην αορτή και κατανέμεται σε όλους τους ιστούς του σώματος. Το αποξυγονωμένο αίμα επιστρέφει στη δεξιά πλευρά της καρδιάς μέσω των φλεβών [9].



Εικόνα 2.2 Καρδιαγγειακό Σύστημα

Το Ηλεκτρικό Σύστημα της Καρδιάς:

Η καρδιά διαθέτει ένα εξειδικευμένο ηλεκτρικό σύστημα, γνωστό ως ερεθισματογωγό σύστημα, το οποίο εξασφαλίζει τη ρυθμική και συγχρονισμένη συστολή των καρδιακών μυών. Το ηλεκτρικό ερέθισμα ξεκινά από τον φλεβόκομβο (sinoatrial node, SA node), ο οποίος βρίσκεται στον δεξιό κόλπο και λειτουργεί ως ο φυσικός βηματοδότης της καρδιάς. Ο φλεβόκομβος παράγει αυτόματα ηλεκτρικά ερεθίσματα με ρυθμό 60-100 παλμούς ανά λεπτό σε κατάσταση ηρεμίας [10].

Το ηλεκτρικό σήμα διαδίδεται στους κόλπους, προκαλώντας τη συστολή τους και την προώθηση του αίματος προς τις κοιλίες. Στη συνέχεια, το σήμα φτάνει στον κολποκοιλιακό κόμβο (atrioventricular node, AV node), όπου επιβραδύνεται για περίπου 0,12-0,20 δευτερόλεπτα. Αυτή η καθυστέρηση επιτρέπει στις κοιλίες να γεμίσουν με αίμα πριν συσταλούν. Το σήμα συνεχίζει μέσω του δεματίου του His και διακλαδίζεται στα δεξιά και αριστερά σκέλη, φτάνοντας στις ίνες Purkinje, οι οποίες προκαλούν τη συστολή των κοιλιών και την εξώθηση του αίματος στις αρτηρίες [10].

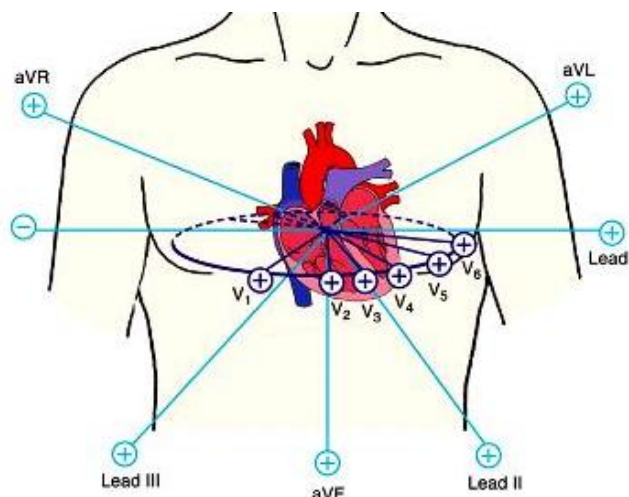
Το Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) και η Ανακάλυψή του

Το πρώτο βήμα για την κατανόηση των καρδιακών αρρυθμιών πραγματοποιήθηκε με την ανακάλυψη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ). Ο Ολλανδός ιατρός και φυσιολόγος Willem Einthoven (1860-1927) αναγνώρισε ότι η ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς διαδίδεται μέχρι την επιφάνεια του δέρματος. Χρησιμοποιώντας ένα ειδικό γαλβανόμετρο το 1901, κατέγραψε αυτή τη δραστηριότητα, δημιουργώντας το πρώτο ΗΚΓ. Για την ανακάλυψή του, τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής το 1924[6]. Σήμερα, το ηλεκτροκαρδιογράφημα αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία για τη διάγνωση των καρδιακών παθήσεων[11]. Ο ηλεκτροκαρδιογράφος διαθέτει ηλεκτρόδια που τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος (άκρα και θώρακα) και καταγράφουν την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς μέσω 12 απαγωγών. Κάθε απόκλιση του ΗΚΓ αντικατοπτρίζει μια συγκεκριμένη φάση του καρδιακού κύκλου, επιτρέποντας την ανίχνευση ακόμα και μικρών ανωμαλιών στη δομή ή τη λειτουργία της καρδιάς. Η ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς ξεκινάει από το φλεβόκομβο, που βρίσκεται στον δεξιό κόλπο. Οι ηλεκτρικές εκφορτίσεις αυτού του βηματοδότη προκαλούν εκπόλωση, η οποία εξαπλώνεται στο μυοκάρδιο από τον δεξιό προς τον αριστερό κόλπο. Η μετάδοση της ηλεκτρικής δραστηριότητας από τους κόλπους στις κοιλίες γίνεται αποκλειστικά μέσω του κολποκοιλιακού κόμβου. Από εκεί, η ηλεκτρική ώθηση περνάει στο δεμάτιο του His, το οποίο διακλαδίζεται σε αριστερό και δεξιό σκέλος, με το αριστερό να υποδιαιρείται σε πρόσθιο και οπίσθιο δεμάτιο. Η μετάδοση συνεχίζεται προς τις ίνες Purkinje, προκαλώντας τη συστολή των κοιλιών.[10]

Οι Απαγωγές του ΗΚΓ

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα καταγράφει την καρδιακή δραστηριότητα μέσω 12 απαγωγών:

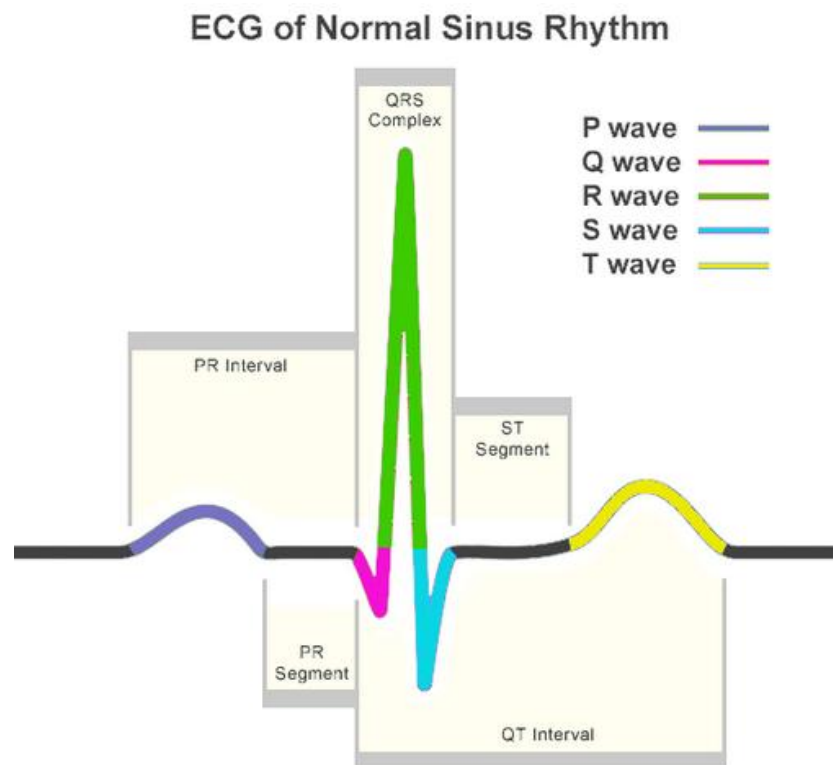
- **Διπολικές απαγωγές:** I, II, III (στεφανιαίο επίπεδο).
- **Μονοπολικές απαγωγές άκρων:** aVR, aVL, aVF (ενισχυμένες, στεφανιαίο επίπεδο).
- **Μονοπολικές προκάρδιες απαγωγές:** V1-V6 (οριζόντιο επίπεδο).



Εικόνα 2.3 Απαγωγές του ΗΚΓ

Βασικά Στοιχεία του Φυσιολογικού ΗΚΓ

1. **Κύμα P:** Αντιπροσωπεύει την εκπόλωση (αποπόλωση) των κόλπων. Η διάρκειά του είναι συνήθως 0,08-0,12 δευτερόλεπτα [7].
2. **Διάστημα PR:** Αντιπροσωπεύει τον χρόνο που χρειάζεται το ηλεκτρικό ερέθισμα για να διαδοθεί από τους κόλπους στις κοιλίες. Η φυσιολογική του διάρκεια είναι 0,12-0,20 δευτερόλεπτα [7].
3. **Σύμπλεγμα QRS:** Αντιπροσωπεύει την εκπόλωση των κοιλιών. Η διάρκειά του είναι συνήθως μικρότερη από 0,12 δευτερόλεπτα [7].
4. **Τμήμα ST:** Αντιπροσωπεύει την αρχή της επαναπόλωσης των κοιλιών. Οι ανωμαλίες στο τμήμα ST (π.χ. ανύψωση ή υποχώρηση) μπορεί να υποδηλώνουν ισχαιμία ή έμφραγμα [7].
5. **Κύμα T:** Αντιπροσωπεύει την επαναπόλωση των κοιλιών. Ανώμαλα κύματα T μπορεί να σχετίζονται με ηλεκτρολυτικές διαταραχές ή ισχαιμία [7].
6. **Κύμα U:** Μια μικρή απόκλιση που εμφανίζεται μετά το κύμα T, η οποία δεν έχει πλήρως εξηγηθεί αλλά μπορεί να σχετίζεται με την επαναπόλωση των πιο βαθιών στρωμάτων του μυοκαρδίου [7].



Εικόνα 2.4 Επεξήγηση ΗΚΓ

Ανάλυση του ΗΚΓ

Για τη διάγνωση καρδιακών ανωμαλιών μέσω ΗΚΓ, απαιτείται μια μεθοδική προσέγγιση:

- Υπολογισμός καρδιακής συχνότητας:** Η συχνότητα υπολογίζεται μετρώντας τα μεγάλα τετράγωνα μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών R (R-R διάστημα). Για παράδειγμα, αν το R-R διάστημα είναι 4 τετράγωνα, η καρδιακή συχνότητα είναι 75 σφύξεις ανά λεπτό [7].
 - 1 τετράγωνο = 300 σφύξεις ανά λεπτό
 - 2 τετράγωνα = 150 σφύξεις ανά λεπτό
 - 3 τετράγωνα = 100 σφύξεις ανά λεπτό
 - 4 τετράγωνα = 75 σφύξεις ανά λεπτό
 - 5 τετράγωνα = 60 σφύξεις ανά λεπτό
 - 6 τετράγωνα = 50 σφύξεις ανά λεπτό
- Προσδιορισμός ρυθμού:** Ο φυσιολογικός ρυθμός είναι ο φλεβοκομβικός ρυθμός, με κανονικά και τακτικά κύματα P. Ανώμαλοι ρυθμοί (π.χ. κολπική μαρμαρυγή) χαρακτηρίζονται από ακανόνιστα κύματα P και R-R διαστήματα [7].
- Εκτίμηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας:** Ο άξονας της καρδιάς υπολογίζεται από τις απαγωγές I, II και III. Ανώμαλος άξονας μπορεί να υποδηλώνει υπερτροφία κοιλιών ή άλλες παθολογικές καταστάσεις [7].
- Διάγνωση αρρυθμιών και ισχαιμικών αλλοιώσεων:** Η ανάλυση του ΗΚΓ περιλαμβάνει την παρατήρηση των κυμάτων P, QRS και ST για ανωμαλίες που μπορεί να υποδηλώνουν αρρυθμίες, ισχαιμία ή έμφραγμα [7].

2.2.2 Ρύθμιση και Διαταραχές του Καρδιακού Ρυθμού

Ο καρδιακός ρυθμός είναι ένα από τα πιο σημαντικά φυσιολογικά φαινόμενα του ανθρώπινου οργανισμού, καθώς καθορίζει την ικανότητα της καρδιάς να αντλεί αίμα και να διασφαλίζει την παροχή οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών σε όλα τα κύτταρα του σώματος. Η ρύθμιση του καρδιακού ρυθμού είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που εμπλέκει ηλεκτρικά και χημικά μηχανισμούς, ενώ οι διαταραχές του μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές κλινικές καταστάσεις. Σε αυτήν την ενότητα, θα εξετάσουμε τις διάφορες μορφές διαταραχών του (αρρυθμίες), τις αιτίες, τα συμπτώματα, τις διαγνωστικές μεθόδους και τις θεραπευτικές προσεγγίσεις.

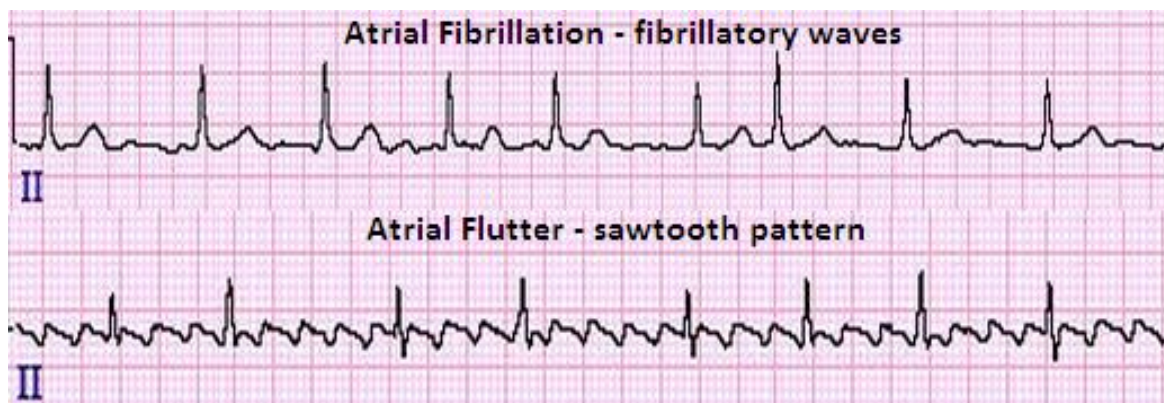
Διαταραχές του Καρδιακού Ρυθμού (Αρρυθμίες)

Οι αρρυθμίες είναι ανωμαλίες στον καρδιακό ρυθμό που μπορούν να εκδηλωθούν ως ταχυκαρδίες (επιτάχυνση του καρδιακού ρυθμού), βραδυκαρδίες (επιβράδυνση του καρδιακού ρυθμού) ή ανώμαλοι ρυθμοί. Αυτές οι διαταραχές μπορούν να προκύψουν από ανωμαλίες στη δημιουργία ή τη διάδοση των ηλεκτρικών ερεθισμάτων στην καρδιά και μπορούν να έχουν σοβαρές κλινικές συνέπειες.

▪ Ταχυκαρδίες

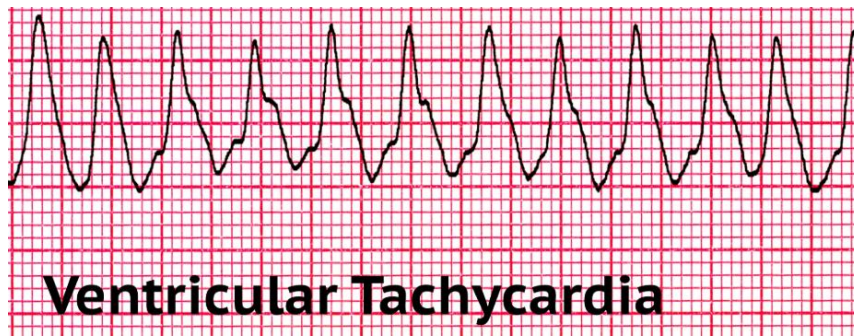
Οι ταχυκαρδίες χαρακτηρίζονται από καρδιακό ρυθμό πάνω από 100 χτύπους ανά λεπτό σε ηρεμία. Μπορούν να προκύψουν από υπερδραστηριότητα του SA node ή από ανώμαλες ηλεκτρικές οδούς στην καρδιά. Παραδείγματα ταχυκαρδιών περιλαμβάνουν:

- **Κολπική Μαρμαρυγή (Atrial Fibrillation):** Μια κοινή μορφή αρρυθμίας, όπου οι κόλποι συστέλλονται ταχύτατα και αντανακλαστικά, οδηγώντας σε ανώμαλο και ταχύ καρδιακό ρυθμό. Η κολπική μαρμαρυγή αυξάνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου λόγω σχηματισμού θρόμβων στους κόλπους [12].
- **Κολπική Πτερυγοποίηση (Atrial Flutter):** Παρόμοια με την κολπική μαρμαρυγή, αλλά με πιο οργανωμένο ηλεκτρικό μοτίβο. Οι κόλποι συστέλλονται με ταχύτητα 250-350 χτύπους ανά λεπτό [12].



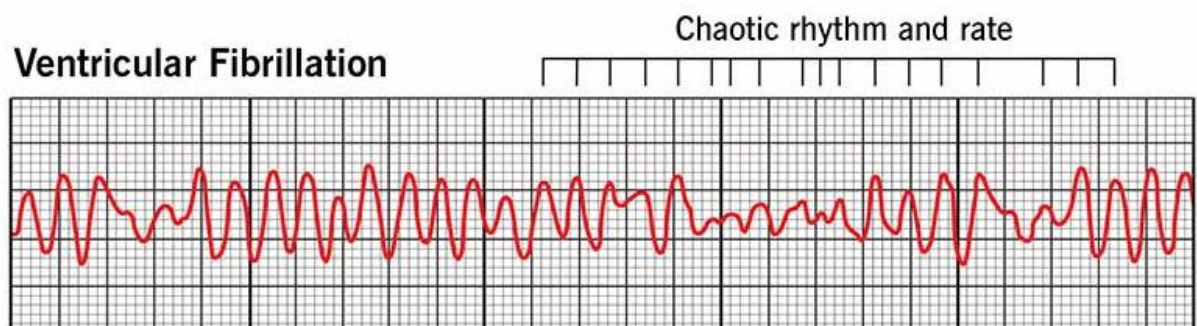
Εικόνα 2.5 Κολπική Μαρμαρυγή & Πτερυγοποίηση ΗΚΓ

- **Κοιλιακή Ταχυκαρδία (Ventricular Tachycardia):** Μια επικίνδυνη κατάσταση όπου οι κοιλίες συστέλλονται πολύ γρήγορα, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα της αντλιακής λειτουργίας της καρδιάς. Μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια συνείδησης ή ακόμη και σε αιφνίδιο καρδιακό θάνατο [12].



Εικόνα 2.6 Κοιλιακή Ταχυκαρδία ΗΚΓ

- **Βραδυκαρδίες**
Οι βραδυκαρδίες χαρακτηρίζονται από καρδιακό ρυθμό κάτω από 60 χτύπους ανά λεπτό. Μπορούν να οφείλονται σε δυσλειτουργία του SA node ή σε προβλήματα στη διάδοση των ηλεκτρικών ερεθισμάτων. Παραδείγματα βραδυκαρδιών περιλαμβάνουν:
 - **Αποκλεισμός Καρδιακού Κοιλιακού Κοιλότητας (Heart Block):** Μια κατάσταση όπου τα ηλεκτρικά ερεθίσματα δεν διαδίδονται σωστά από τους κόλπους στις κοιλίες, οδηγώντας σε επιβράδυνση του καρδιακού ρυθμού [13].
 - **Ασθένεια του SA Node (Sick Sinus Syndrome):** Μια διαταραχή όπου ο SA node δεν παράγει ηλεκτρικά ερεθίσματα με τον σωστό ρυθμό, οδηγώντας σε εναλλαγές ταχυκαρδιών και βραδυκαρδιών [13].
- **Ανώμαλοι Ρυθμοί**
Οι ανώμαλοι ρυθμοί μπορούν να προκύψουν από ανωμαλίες στη δημιουργία ή τη διάδοση των ηλεκτρικών ερεθισμάτων. Παραδείγματα περιλαμβάνουν:
 - **Κοιλιακή Μαρμαρυγή (Ventricular Fibrillation):** Μια επικίνδυνη κατάσταση όπου οι κοιλίες συστέλλονται αντανακλαστικά και χωρίς συντονισμό, οδηγώντας σε απώλεια της αντλιακής λειτουργίας της καρδιάς. Χωρίς άμεση παρέμβαση (π.χ. χρήση απινιδωτή), η κατάσταση αυτή είναι θανατηφόρα [14].



Εικόνα 2.7 Κοιλιακή Μαρμαρυγή ΗΚΓ

- **Πρόωρη Κοιλιακή Σύσπαση (Premature Ventricular Contractions, PVCs):** Επιπλέον συσπάσεις των κοιλιών που μπορούν να προκαλέσουν αίσθημα "παράλειψης" του καρδιακού χτυπήματος [14].

Premature Ventricular Contraction: Ventricular Bigeminy (PVC every other beat)



Εικόνα 2.8 Πρόωρη Κοιλιακή Σύσπαση ΗΚΓ

Αίτια και Παράγοντες Κινδύνου

Οι αρρυθμίες μπορούν να προκύψουν από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων:

- **Καρδιακές Παθήσεις:** Στεφανιαία νόσος, καρδιακή ανεπάρκεια, μυοκαρδιοπάθειες και βαλβιδοπάθειες [14].
- **Ηλεκτρολυτικές Ανωμαλίες:** Διαταραχές στα επίπεδα καλίου, νατρίου ή ασβεστίου [14].
- **Φάρμακα:** Ορισμένα φάρμακα μπορούν να προκαλέσουν αρρυθμίες ως παρενέργεια [14].
- **Γενετικοί Παράγοντες:** Ορισμένες αρρυθμίες, όπως η μακρο-QT σύνδρομο, έχουν γενετική βάση [14].
- **Άλλα Αιτιολογικά Στοιχεία:** Υπέρταση, θυρεοειδική δυσλειτουργία, κατανάλωση αλκοόλ ή καφεΐνης [14].

Διαγνωστικές Μέθοδοι

Η διάγνωση των αρρυθμιών βασίζεται σε κλινικές εξετάσεις, όπως:

- **Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ):** Η κύρια μέθοδος για την καταγραφή του καρδιακού ρυθμού [14].
- **Holter Monitor:** Μια φορητή συσκευή που καταγράφει το ΗΚΓ για 24-48 ώρες [14].
- **Αγωγή Μελέτη (Electrophysiology Study):** Μια επεμβατική μέθοδος για την ανίχνευση της πηγής των αρρυθμιών [14].

Θεραπευτικές Προσεγγίσεις

Οι θεραπευτικές επιλογές περιλαμβάνουν:

- **Φαρμακευτική Αγωγή:** Αντιαρρυθμικά φάρμακα, όπως β-αναστολείς ή αντιαιμοπεταλιακά [14].
- **Καθετηριασμός:** Κατάλυση της ανώμαλης ηλεκτρικής δραστηριότητας με καθετηριασμό [14].
- **Απινιδωτές:** Συσκευές που εγκαθίστανται για τη θεραπεία επικίνδυνων αρρυθμιών [14].

- **Χειρουργική Επέμβαση:** Σε σοβαρές περιπτώσεις, όπως η χειρουργική επέμβαση Maze [14].

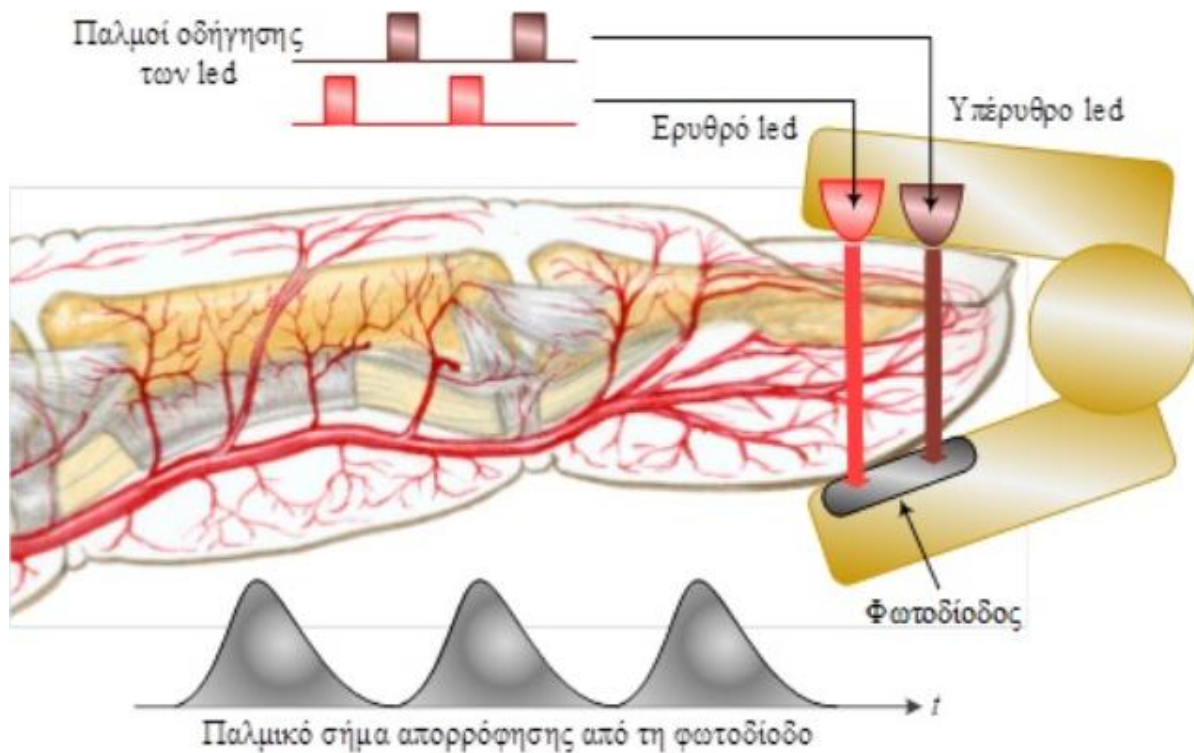
2.3 Οξύμετρο Οξυγόνου

Το οξύμετρο οξυγόνου, γνωστό και ως παλμικό οξύμετρο, είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του κορεσμού του οξυγόνου στο αίμα (SpO_2) και του καρδιακού ρυθμού. Αυτή η συσκευή είναι μη επεμβατική, εύκολη στη χρήση και αποτελεί ένα από τα πιο βασικά εργαλεία παρακολούθησης σε κλινικές συνθήκες, όπως νοσοκομεία, μονάδες εντατικής θεραπείας και ακόμη και για οικιακή χρήση.

Αρχή Λειτουργίας του Οξυμέτρου

Το οξύμετρο βασίζεται στην οπτική πληθυσμογραφία, μια τεχνική που εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες της αιμοσφαιρίνης να απορροφά φως διαφορετικά ανάλογα με την κατάσταση οξυγόνωσής της. Η αιμοσφαιρίνη υπάρχει σε δύο μορφές:

1. **Οξυαιμοσφαιρίνη (HbO_2):** Απορροφά περισσότερο υπέρυθρο φως (940 nm).
2. **Δεοξυαιμοσφαιρίνη (Hb):** Απορροφά περισσότερο ερυθρό φως (660 nm).



Εικόνα 2.9 Αρχή Λειτουργίας του Παλμικού Οξυμέτρου

Το οξύμετρο χρησιμοποιεί δύο διόδους φωτός (LEDs) που εκπέμπουν φως σε αυτά τα μήκη κύματος. Το φως διέρχεται μέσα από το δάχτυλο (ή τον ακροδάχτυλο) και προσπίπτει σε μια φωτοδίοδο, η οποία μετρά την ποσότητα του φωτός που απορροφάτε από το αίμα. Με βάση την απορρόφηση του φωτός, το οξύμετρο υπολογίζει το SpO_2 και τον καρδιακό ρυθμό. [15]

Κορεσμός Οξυγόνου (SpO₂)

Ο κορεσμός του οξυγόνου (SpO₂) είναι ο λόγος της οξυαιμοσφαιρίνης προς τη συνολική αιμοσφαιρίνη στο αίμα και εκφράζεται ως ποσοστό. Η φυσιολογική τιμή του SpO₂ σε υγιείς ενήλικες κυμαίνεται μεταξύ 95% και 100%. Τιμές κάτω από 90% μπορεί να υποδηλώνουν υποξία (έλλειψη οξυγόνου) και απαιτούν ιατρική παρέμβαση. [16]

Καρδιακός Ρυθμός

Το οξύμετρο μπορεί επίσης να μετρήσει τον καρδιακό ρυθμό αναλύοντας τις παλμικές αλλαγές στην απορρόφηση φωτός. Κάθε καρδιακός παλμός προκαλεί μια μικρή αύξηση στον όγκο του αίματος στα αιμοφόρα αγγεία, η οποία οδηγεί σε αλλαγές στην απορρόφηση φωτός. Μετρώντας τη συχνότητα αυτών των αλλαγών, το οξύμετρο υπολογίζει τον καρδιακό ρυθμό σε χτύπους ανά λεπτό (bpm). [17]

2.4 Θερμοκρασία Σώματος:

Η θερμοκρασία του σώματος είναι μια άλλη βασική ζωτική παράμετρος που αντικατοπτρίζει την ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Η φυσιολογική θερμοκρασία ενός υγιούς ενήλικα κυμαίνεται μεταξύ 36,5°C και 37,5°C. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται από τον υποθάλαμο του εγκεφάλου, ο οποίος διατηρεί τη θερμοκρασία σε ένα στενό εύρος για να διασφαλίσει την ομαλή λειτουργία των μεταβολικών διεργασιών. [18]

Παρακολούθηση Θερμοκρασίας

Η παρακολούθηση της θερμοκρασίας είναι σημαντική για την ανίχνευση παθήσεων, όπως πυρετός (υψηλή θερμοκρασία) ή υποθερμία (χαμηλή θερμοκρασία). Ο πυρετός μπορεί να υποδηλώνει λοίμωξη, ενώ η υποθερμία μπορεί να σχετίζεται με υποθερμικές καταστάσεις ή μεταβολικές διαταραχές. [19]

2.5 Επίλογος

Στο παρόν κεφάλαιο, εξετάστηκαν οι βασικές αρχές και οι λειτουργίες των ζωτικών παραμέτρων, με έμφαση στην καρδιακή λειτουργία, την οξυγόνωση του αίματος και τη θερμορύθμιση του σώματος. Η κατανόηση αυτών των παραμέτρων είναι κρίσιμη για την παρακολούθηση της υγείας και την ανίχνευση παθολογικών καταστάσεων. Η παρακολούθηση των ζωτικών παραμέτρων, όπως ο καρδιακός ρυθμός, ο κορεσμός του οξυγόνου και η θερμοκρασία του σώματος, αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της σύγχρονης ιατρικής. Αυτές οι παράμετροι παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τη λειτουργία του οργανισμού και βοηθούν στη γρήγορη ανίχνευση και αντιμετώπιση παθολογικών καταστάσεων. Η κατανόηση των βασικών αρχών που διέπουν αυτές τις λειτουργίες είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική παρακολούθηση και διαχείριση της υγείας.

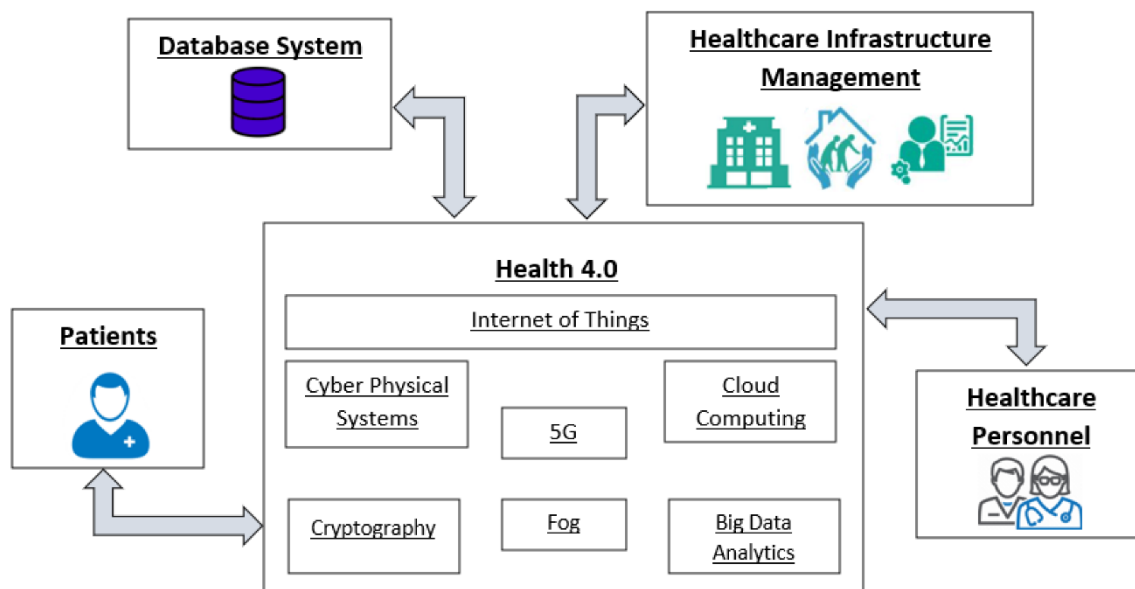
Κεφάλαιο 3: Το Internet of Medical Things (IoMT)

3.1 Εισαγωγή

Το Internet of Medical Things (IoMT) συνιστά έναν ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο της ψηφιακής υγειονομικής περίθαλψης, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Internet of Things (IoT) για τη συλλογή, μετάδοση και ανάλυση ιατρικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο[20]. Μέσω διασυνδεδεμένων ιατρικών συσκευών και αισθητήρων, το IoMT επιτρέπει την εξατομικευμένη παρακολούθηση της υγείας, διευκολύνοντας την πρόληψη και την έγκαιρη παρέμβαση. Η πανδημία COVID-19 ενίσχυσε καταλυτικά την ανάγκη για απομακρυσμένες λύσεις παρακολούθησης, αναδεικνύοντας το IoMT ως κρίσιμο εργαλείο στην παγκόσμια στρατηγική αντιμετώπισης [22]. Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, το IoMT αποτελεί τη θεωρητική βάση για την υλοποίηση ενός οικιακού συστήματος παρακολούθησης υγείας, που αξιοποιεί αισθητήρες βιομετρικών δεδομένων και την πλατφόρμα Blynk, προσφέροντας ένα προσιτό και επεκτάσιμο παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας.

3.2 Αρχιτεκτονική και Πεδίο Εφαρμογών

Η λειτουργία ενός συστήματος IoMT στηρίζεται σε μια αρχιτεκτονική τριών επιπέδων: τη συσκευή, το δίκτυο και το υπολογιστικό νέφος [20]. Αρχικά, η συσκευή συλλέγει δεδομένα από τον χρήστη. Στη συνέχεια, μέσω ασύρματων πρωτοκόλλων όπως Wi-Fi, Bluetooth ή 5G, τα δεδομένα μεταφέρονται σε απομακρυσμένους διακομιστές, όπου είτε αναλύονται με χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης είτε προβάλλονται απευθείας στον ιατρό ή τον ασθενή [21]. Η αρχιτεκτονική αυτή υλοποιείται στη συγκεκριμένη εργασία με τον μικροελεγκτή ESP32, ο οποίος λειτουργεί ως ενδιάμεσος κρίκος μεταξύ των αισθητήρων και του Blynk Cloud, επιτρέποντας τη διαδραστική απεικόνιση ζωτικών μετρήσεων.



Εικόνα 3.1 Αρχιτεκτονική Υγειονομικής Περιθαλψης IoT

Οι εφαρμογές του IoMT είναι πολυδιάστατες. Σε ατομικό επίπεδο, η απομακρυσμένη παρακολούθηση επιτρέπει στους ασθενείς να διατηρούν επαφή με την κλινική τους εικόνα από το σπίτι. Παράλληλα, η τηλεϊατρική αξιοποιεί την τεχνολογία για την εξ αποστάσεως παροχή φροντίδας, περιορίζοντας την ανάγκη φυσικής παρουσίας σε ιατρικές δομές [30]. Επιπλέον, σε επίπεδο υποδομών, τα «έξυπνα» νοσοκομεία βασίζονται στη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαγνωστικών μηχανημάτων και ηλεκτρονικών

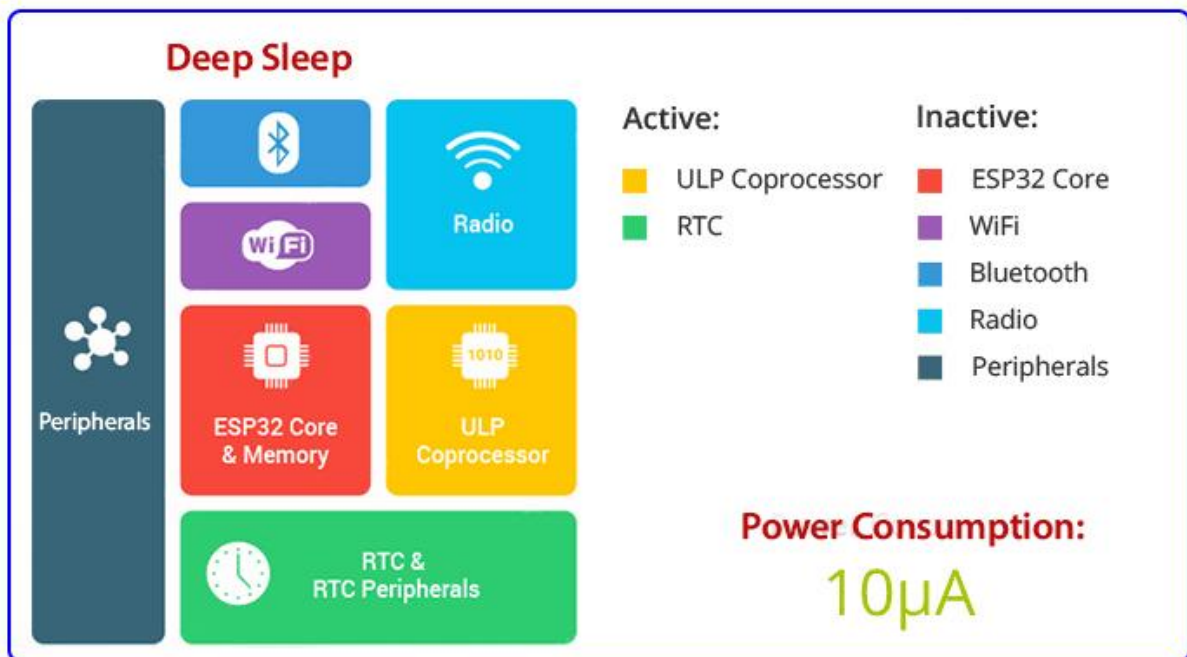
ιατρικών αρχείων, δημιουργώντας ένα συνεκτικό ψηφιακό οικοσύστημα. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην κατηγορία της οικιακής παρακολούθησης, με στόχο την ανάπτυξη μιας οικονομικά προσβάσιμης και προσαρμόσιμης λύσης, κατάλληλης για ηλικιωμένα ή ευάλωτα άτομα χωρίς τεχνική κατάρτιση.

3.3 Προκλήσεις και Τεχνολογικές Αντιμετωπίσεις

Η εφαρμογή του IoMT, παρά τα πλεονεκτήματά της, συνοδεύεται από τεχνολογικές προκλήσεις που απαιτούν προσεκτική αντιμετώπιση [21]. Μια βασική πρόκληση αφορά την αξιοπιστία των μετρήσεων. Παράγοντες όπως η κίνηση του χρήστη ή εξωτερικοί περιβαλλοντικοί θόρυβοι ενδέχεται να επηρεάσουν την ακρίβεια των αισθητήρων. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, στο σύστημα της παρούσας εργασίας εφαρμόζονται τεχνικές φιλτραρίσματος και αξιολόγησης ποιότητας σήματος, διασφαλίζοντας την εγκυρότητα των δεδομένων.

Ένα εξίσου κρίσιμο ζήτημα είναι η διασφάλιση της ιδιωτικότητας και της ασφάλειας των ευαίσθητων ιατρικών πληροφοριών. Η χρήση πρωτοκόλλων κρυπτογράφησης (όπως TLS στο Blynk Cloud), σε συνδυασμό με τη δυνατότητα φιλοξενίας του συστήματος σε τοπικό διακομιστή, προσφέρει ευελιξία και προστασία, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα με αυστηρές απαιτήσεις κανονιστικής συμμόρφωσης [23].

Τέλος, η ενεργειακή απόδοση αποτελεί κρίσιμο παράγοντα, ειδικά για φορητές ή αυτόνομες συσκευές. Ο μικροελεγκτής ESP32 υποστηρίζει λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας, όπως το Deep Sleep και το Ultra Low Power mode, ενώ η βέλτιστη συχνότητα δειγματοληψίας εξασφαλίζει ισορροπία μεταξύ ακρίβειας και διάρκειας λειτουργίας με μπαταρία [26].



Εικόνα 3.2 ESP32 Power Mode

3.4 Σύνδεση με το Σύστημα της Εργασίας

Το πρωτότυπο σύστημα που υλοποιείται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας ενσωματώνει τις βασικές αρχές του IoMT, εφαρμόζοντάς τις σε ένα λειτουργικό και επεκτάσιμο πλαίσιο. Η συλλογή των βιοσημάτων πραγματοποιείται μέσω εγκεκριμένων μεθόδων και διασυνδεδεμένων εξαρτημάτων, ενώ η μετάδοση των δεδομένων υλοποιείται μέσω εικονικών ακροδεκτών στην πλατφόρμα Blynk[24]. Παράλληλα, το σύστημα ενσωματώνει βασικά χαρακτηριστικά ανάλυσης, όπως η αναγνώριση τιμών εκτός φυσιολογικού εύρους και η ενεργοποίηση ειδοποιήσεων σε πραγματικό χρόνο. Η διαφοροποίηση του συστήματος έγκειται στη χρήση ανοικτού λογισμικού και υλικού, προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς την προσαρμογή και το κόστος, χωρίς να θυσιάζεται η λειτουργικότητα.

3.5 Επίλογος

Το IoMT αντιπροσωπεύει έναν από τους πιο δυναμικούς τομείς της ψηφιακής ιατρικής, προσφέροντας δυνατότητες που ξεπερνούν τους παραδοσιακούς περιορισμούς της απόστασης και του χρόνου. Η εργασία αυτή αποδεικνύει ότι ακόμα και με χαμηλού κόστους εξαρτήματα και ανοικτές τεχνολογίες, είναι εφικτή η υλοποίηση ενός αποτελεσματικού συστήματος οικιακής παρακολούθησης, με δυνατότητες αναβάθμισης και διασύνδεσης. Οι μελλοντικές εξελίξεις αναμένεται να ενισχύσουν περαιτέρω την αξιοπιστία, την ασφάλεια και τη διαλειτουργικότητα τέτοιων λύσεων, καθιστώντας το IoMT πυλώνα μιας πιο προσωποποιημένης και προληπτικής υγειονομικής φροντίδας.

Κεφάλαιο 4^ο: Πλατφόρμα Blynk

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθεί η εφαρμογή Blynk, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον απομακρυσμένο έλεγχο του συστήματος. Η Blynk είναι μια δημοφιλής πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών Internet of Things (IoT), η οποία επιτρέπει στους χρήστες να συνδέουν, να ελέγχουν και να παρακολουθούν έξυπνες συσκευές μέσω κινητών συσκευών ή υπολογιστών. Η πλατφόρμα αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για έργα που περιλαμβάνουν μικροελεγκτές, αισθητήρες και άλλες IoT συσκευές, καθώς προσφέρει ευκολία στη σύνδεση και την απομακρυσμένη διαχείριση.

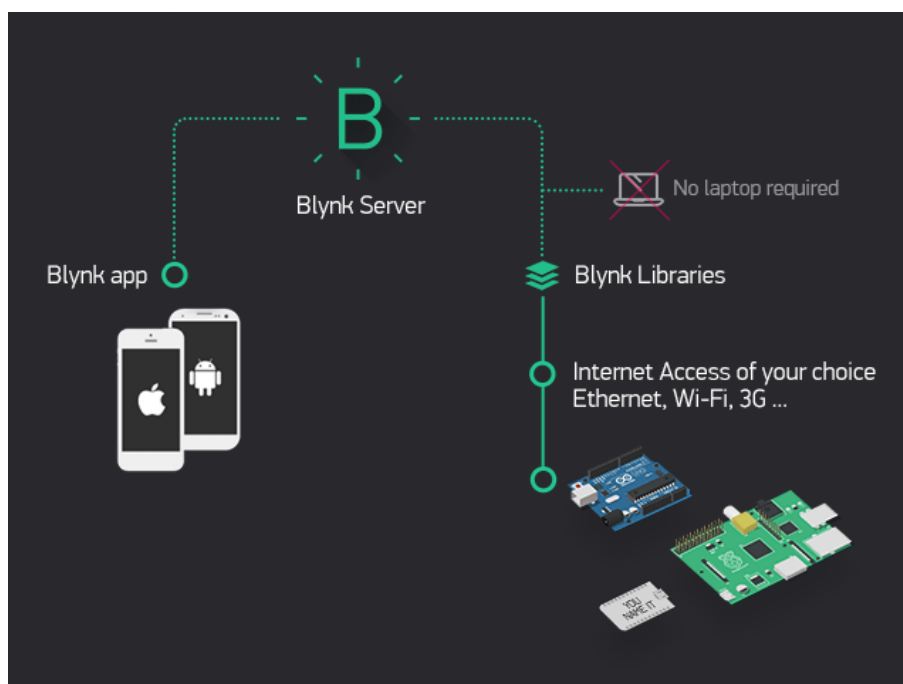
Εικόνα 4.1
Λογότυπο
Blynk

4.2 Ορισμός/Αρχιτεκτονική

Η Blynk είναι μια πλατφόρμα IoT που επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών για τον έλεγχο και την παρακολούθηση συσκευών μέσω του διαδικτύου. Βασίζεται σε μια αρχιτεκτονική που περιλαμβάνει τρία κύρια στοιχεία:

1. **Blynk App:** Η εφαρμογή για κινητά (iOS και Android) που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν διεπαφές χρήστη (GUI) για τον έλεγχο των συσκευών τους.
2. **Blynk Server:** Ο διακομιστής που διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ της εφαρμογής και των συσκευών. Ο διακομιστής μπορεί να είναι δημόσιος (Blynk Cloud) ή να εγκατασταθεί τοπικά (Private Server).
3. **Blynk Libraries:** Οι βιβλιοθήκες που εγκαθίστανται στις συσκευές (π.χ. Arduino, ESP8266, Raspberry Pi) για να επιτρέπουν την επικοινωνία με τον Blynk Server.

Η Blynk υποστηρίζει μια ποικιλία πρωτόκολλων επικοινωνίας, όπως Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth, GSM και άλλα, καθιστώντας την ιδανική για μια ευρεία γκάμα εφαρμογών IoT.[24]



Εικόνα 4.2 Αρχιτεκτονική Blynk

4.3 Χαρακτηριστικά

Η Blynk προσφέρει μια σειρά από χαρακτηριστικά που την καθιστούν ιδανική για έργα IoT:

1. **Απλή Διασύνδεση Χρήστη:** Η εφαρμογή Blynk προσφέρει μια εύχρηστη διεπαφή που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν γραφικές διεπαφές (GUI) για τον έλεγχο των συσκευών τους χωρίς να χρειάζεται να γράφουν κώδικα. Οι χρήστες μπορούν να προσθέτουν κουμπιά, γραφήματα, συσκευές εισόδου και άλλα στοιχεία με απλό drag-and-drop.
2. **Ποικιλία Εργαλείων για Παρουσίαση Δεδομένων:** Η Blynk προσφέρει μια σειρά από widgets (ελεγκτικά στοιχεία) όπως γραφήματα, μετρητές, LED, κουμπιά, sliders και πολλά άλλα, που επιτρέπουν την οπτικοποίηση και τον έλεγχο των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
3. **Απομακρυσμένη Πρόσβαση και Έλεγχος:** Με την Blynk, οι χρήστες μπορούν να ελέγχουν και να παρακολουθούν τις συσκευές τους από οπουδήποτε στον κόσμο, αρκεί να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Αυτό καθιστά την πλατφόρμα ιδανική για εφαρμογές όπως έξυπνα σπίτια, αυτοματισμούς και βιομηχανικούς ελέγχους.
4. **Υποστήριξη για Ποικιλία Συσκευών και Πρωτοκόλλων:** Η Blynk υποστηρίζει μια ευρεία γκάμα υλικών, όπως Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi, και άλλα. Επίσης, υποστηρίζει διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπως Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth, GSM, και άλλα.
5. **Ασφαλής Επικοινωνία:** Η Blynk χρησιμοποιεί πρωτόκολλα ασφαλείας για να διασφαλίσει ότι οι επικοινωνίες μεταξύ της εφαρμογής, του διακομιστή και των συσκευών είναι ασφαλείς. Αυτό περιλαμβάνει την κρυπτογράφηση δεδομένων και την αυθεντικοποίηση συσκευών.
6. **Αποθήκευση Δεδομένων με Ιστορικό:** Η Blynk προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων στο cloud, επιτρέποντας στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στο ιστορικό των μετρήσεων και να αναλύουν τα δεδομένα τους με την πάροδο του χρόνου.
7. **Υποστήριξη για Υπηρεσίες Cloud:** Η Blynk ενσωματώνεται άψογα με υπηρεσίες cloud, επιτρέποντας στους χρήστες να αποθηκεύουν και να αναλύουν δεδομένα στο cloud. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές που απαιτούν μακροπρόθεσμη αποθήκευση δεδομένων και ανάλυση.
8. **Ενσωμάτωση με Άλλες Πλατφόρμες:** Η Blynk μπορεί να ενσωματωθεί με άλλες πλατφόρμες και υπηρεσίες, όπως IFTTT, Google Assistant, Amazon Alexa, και άλλες, προσφέροντας ακόμη μεγαλύτερη ευελιξία και δυνατότητες αυτοματισμού.[25]

4.4 Πλεονεκτήματα Blynk

- **Ευκολία Χρήσης:** Η πλατφόρμα Blynk, είναι σχεδιασμένη για να είναι φιλική προς τον χρήστη, επιτρέποντας ακόμη και σε αρχάριους να δημιουργούν εφαρμογές IoT χωρίς να χρειάζεται εκτεταμένη γνώση προγραμματισμού.
- **Ευελιξία:** Η υποστήριξη για ποικιλία υλικών και πρωτοκόλλων καθιστά την Blynk κατάλληλη για μια ευρεία γκάμα εφαρμογών.
- **Κλιμακωσιμότητα:** Η Blynk μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για μικρά έργα όσο και για μεγάλα συστήματα IoT, χάρη στη δυνατότητα χρήσης ιδιωτικών διακομιστών και την υποστήριξη cloud.
- **Κοινότητα και Υποστήριξη:** Η Blynk διαθέτει μια ενεργή κοινότητα χρηστών και εκτεταμένη τεκμηρίωση, καθιστώντας εύκολη την επίλυση προβλημάτων και την ανάπτυξη νέων εφαρμογών.

4.5 Περιορισμοί

- **Εξάρτηση από Διαδίκτυο:** Η Blynk βασίζεται σε σύνδεση με το διαδίκτυο για τη λειτουργία της, γεγονός που μπορεί να αποτελέσει περιορισμό σε περιοχές με περιορισμένη ή ανύπαρκτη σύνδεση.[25]
- **Περιορισμένη Δωρεάν Έκδοση:** Η δωρεάν έκδοση της Blynk έχει περιορισμούς στον αριθμό των συσκευών και την ποσότητα των δεδομένων που μπορούν να αποθηκευτούν, γεγονός που μπορεί να απαιτήσει αναβάθμιση σε επίπληκτο πρόγραμμα για μεγαλύτερες εφαρμογές.

4.6 Επίλογος

Η Blynk είναι μια ισχυρή και ευέλικτη πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών IoT, προσφέροντας ευκολία στη σύνδεση, τον έλεγχο και την παρακολούθηση συσκευών. Με τα πολυάριθμα χαρακτηριστικά και την υποστήριξη για μια ευρεία γκάμα υλικών και πρωτόκολλων, η Blynk αποτελεί μια εξαιρετική επιλογή για έργα IoT, από απλά πρωτότυπα έως πολύπλοκα συστήματα.

Κεφάλαιο 5ο: Ανάλυση Υλικών και Αισθητήρων κατασκευής

5.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα, θα γίνει ανάλυση των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας. Το σύστημα βασίζεται σε μια σειρά από αισθητήρες, οι οποίοι επιτρέπουν τη συλλογή και την επεξεργασία βασικών βιομετρικών δεδομένων, όπως ο καρδιακός παλμός, το επίπεδο οξυγόνου στο αίμα, η θερμοκρασία του σώματος και η ηλεκτροκαρδιογραφική δραστηριότητα.

5.2 Σχεδίαση Συστήματος

Το σύστημα βασίζεται σε τρεις βασικούς αισθητήρες: τον MAX30100, ο οποίος μετρά τον καρδιακό ρυθμό και την περιεκτικότητα σε οξυγόνο στο αίμα (SpO₂), τον MLX90614, που μετρά τη θερμοκρασία του σώματος, και τον AD8232, ο οποίος καταγράφει την ηλεκτροκαρδιογραφική δραστηριότητα (ECG). Τα δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη TFT ST7789, η οποία παρουσιάζει τόσο τις αριθμητικές τιμές (HR, SpO₂, θερμοκρασία) όσο και την καμπύλη ECG ως γραφική παράσταση. Επιπλέον, τα δεδομένα αποστέλλονται στην πλατφόρμα Blynk για απομακρυσμένη παρακολούθηση, χρησιμοποιώντας εικονικούς ακροδέκτες, για την αποστολή των μετρήσεων HR, SpO₂, θερμοκρασίας και ECG. Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης έναν βομβητή (buzzer), ο οποίος ενεργοποιείται όταν τα βιομετρικά δεδομένα βρίσκονται εντός των καθορισμένων ορίων. Η ανάλυση των αισθητήρων και η σχεδίαση του συστήματος αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης υγείας, το οποίο μπορεί να βρει εφαρμογές τόσο σε προσωπική όσο και σε επαγγελματική χρήση. Ο ESP32, ως ο κεντρικός μικροελεγκτής, διαχειρίζεται τη συλλογή, την επεξεργασία και την αποστολή των δεδομένων, ενώ διασφαλίζει την αξιόπιστη και ακριβή λειτουργία του συστήματος.

5.3 Ανάλυση Αισθητήρων

Παρακάτω θα γίνει λεπτομερής ανάλυση για τους αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν:

5.3.1 ESP32

Το ESP32 Development Board - DEVKIT V1 είναι μια πλακέτα ανάπτυξης που βασίζεται στον μικροελεγκτή ESP32, ο οποίος είναι ένας ισχυρός και πολυδύναμος μικροελεγκτής με ενσωματωμένες δυνατότητες Wi-Fi και Bluetooth. Παρακάτω θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του ESP32 DEVKIT V1, όπως περιγράφονται από τον κατασκευαστή:

1. Βασικά Χαρακτηριστικά

- Μικροελεγκτής: ESP32 (32-bit dual-core Tensilica LX6):
 - Ταχύτητα ρολογιού: Έως 240 MHz.
 - Κόρη επεξεργασίας: Dual-core (δύο πυρήνες), επιτρέποντας την παράλληλη εκτέλεση εργασιών.
 - Μνήμη:
 - RAM: 520 KB SRAM.
 - Flash μνήμη: 4 MB (εξαρτάται από την έκδοση).
 - Wi-Fi: Υποστήριξη για Wi-Fi 802.11 b/g/n (2.4 GHz).
 - Bluetooth: Υποστήριξη για Bluetooth Classic και Bluetooth Low Energy (BLE).
 - GPIO (General Purpose Input/Output): 36 GPIO pins (πολλά από αυτά μπορούν να ρυθμιστούν για διάφορες λειτουργίες).

- ADC (Analog-to-Digital Converter): 12-bit, με έως 18 κανάλια.
- DAC (Digital-to-Analog Converter): 2 κανάλια 8-bit.
- SPI, I2C, I2S, UART: Υποστήριξη για πολλαπλές διεπαφές επικοινωνίας.
- PWM (Pulse Width Modulation): 16 κανάλια.
- Touch Sensors: 10 αισθητήρες αφής.
- Hall Effect Sensor: Ενσωματωμένος αισθητήρας Hall για ανίχνευση μαγνητικών πεδίων.[26]

2. Δομή και Pinout

Το ESP32 DEVKIT V1 διαθέτει **30 φυσικούς ακροδέκτες**, οι οποίοι κατανέμονται ως εξής:

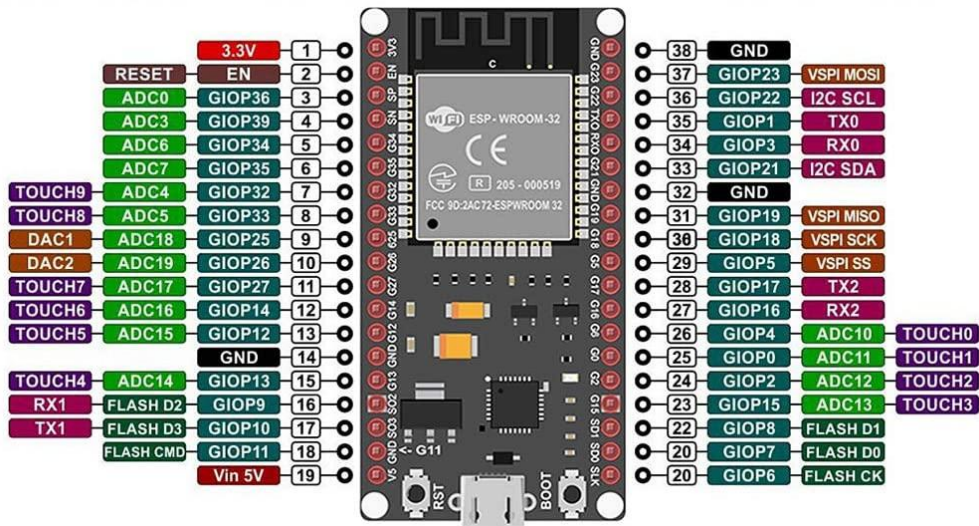
➤ 4 ακροδέκτες για τροφοδοσία και γείωση:

- **3.3V:** Για τροφοδοσία συσκευών που λειτουργούν σε 3.3V.
 - **5V:** Για τροφοδοσία μέσω USB ή εξωτερικών πηγών.
 - **GND:** Για γείωση.
 - **EN (Enable):** Χρησιμοποιείται για την επανεκκίνηση ή την απενεργοποίηση του μικροεγκτή.
- 25 φυσικοί ακροδέκτες GPIO: Αυτοί οι ακροδέκτες αντιστοιχούν σε 48 GPIO pins χάρη στη δυνατότητα πολυπλεξίας (pin multiplexing). Αυτό σημαίνει ότι ο ίδιος ακροδέκτης μπορεί να ανατεθεί σε διαφορετικές λειτουργίες ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής.

3. Δυνατότητες GPIO Pins

Οι GPIO pins του ESP32 μπορούν να ανατεθούν σε διάφορες λειτουργίες, όπως:

- **Αναλογικές είσοδοι (ADC):** 15 κανάλια 12-bit για ανάγνωση αναλογικών σημάτων (π.χ., από αισθητήρες).
- **Αναλογικές έξοδοι (DAC):** 2 κανάλια 8-bit για έξοδο αναλογικών σημάτων.
- **Ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι:** Για σύνδεση με κουμπιά, LED, κλπ.
- **PWM (Pulse Width Modulation):** 25 έξοδοι για έλεγχο φωτισμού, κινητήρων, κλπ.
- **Σειριακή επικοινωνία (UART):** 2 δίαυλοι για επικοινωνία με άλλες συσκευές.
- **SPI:** 3 δίαυλοι για γρήγορη επικοινωνία με οθόνες, αισθητήρες, κλπ.
- **I2C:** 1 διεπαφή για επικοινωνία με συσκευές όπως οθόνες, αισθητήρες, κλπ.
- **I2S:** 2 διεπαφές για επεξεργασία ήχου.
- **Αισθητήρες αφής:** 9 κανάλια για εφαρμογές αφής.
- **Wi-Fi και Bluetooth:** Οι ενσωματωμένες διεπαφές επιτρέπουν ασύρματη επικοινωνία.[26]



Εικόνα 5.1 GPIO ESP32 DEVKIT V1

4. Σημασία της Πολυπλεξίας (Pin Multiplexing)

Η δυνατότητα πολυπλεξίας επιτρέπει στον ίδιο ακροδέκτη να ανατεθεί σε διαφορετικές λειτουργίες ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής. Για παράδειγμα, ένας ακροδέκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος ADC σε μια εφαρμογή και ως έξοδος PWM σε μια άλλη. Αυτό αυξάνει την ευελιξία του ESP32 και επιτρέπει την υλοποίηση πολύπλοκων συστημάτων με περιορισμένο αριθμό ακροδεκτών.

5.3.2 MAX30100

Ο MAX30100 είναι ένας ολοκληρωμένος αισθητήρας που συνδυάζει τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού (HR) και της περιεκτικότητας σε οξυγόνο στο αίμα (SpO₂). Βασίζεται στην τεχνολογία οπτικής ανακλασμένης φωτός, χρησιμοποιώντας LED υπέρυθρης και ερυθρής ακτινοβολίας για την ανίχνευση των αλλαγών στον παλμό και την οξυγόνωση του αίματος. Ο αισθητήρας επικοινωνεί με τον ESP32 μέσω της διεπαφής I2C, παρέχοντας ακριβή και αξιόπιστα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.



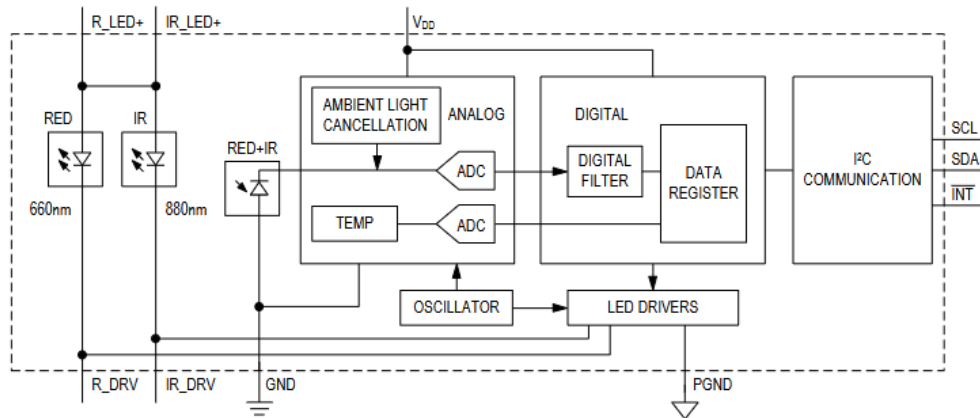
Εικόνα 5.2 Αισθητήρας MAX30100

1. Βασικά Χαρακτηριστικά:

- **Τεχνολογία:** Οπτική ανακλασμένου φωτός (Photoplethysmography - PPG).
- **LEDs:** Δύο LED (υπέρυθρο και ερυθρό) για ανίχνευση αλλαγών στον παλμό και την οξυγόνωση του αίματος.
- **Διεπαφή:** I2C (Inter-Integrated Circuit) για επικοινωνία με τον μικροελεγκτή (ESP32).
- **Τροφοδοσία:** 1.8V - 3.3V
- **Ακρίβεια:** Υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις HR και SpO₂, ιδανικό για ιατρικές εφαρμογές.
- **Χαμηλή κατανάλωση:** Κατάλληλο για φορητές συσκευές και εφαρμογές με μπαταρία.[27]

2. Σύνδεση MAX30100 με ESP32:

- Ο MAX30100 επικοινωνεί με τον ESP32 μέσω της διεπαφής **I2C**.
- Η σύνδεση γίνεται ως εξής:
 - **VIN**: Συνδέεται στο **3.3V** του ESP32 για τροφοδοσία.
 - **GND**: Συνδέεται στο **GND** του ESP32.
 - **SCL**: Συνδέεται στο **GPIO 22** του ESP32 (I2C clock line).
 - **SDA**: Συνδέεται στο **GPIO 21** του ESP32 (I2C data line).[27]



Εικόνα 5.3 Διάγραμμα Λειτουργίας MAX30100

5.3.3 MLX90614

Ο MLX90614 είναι ένας αισθητήρας θερμοκρασίας χωρίς επαφή που βασίζεται στην υπέρυθρη ακτινοβολία (IR). Χρησιμοποιεί την τεχνολογία IR thermopile για να μετράει τη θερμοκρασία από απόσταση, χωρίς να απαιτεί φυσική επαφή.



Εικόνα 5.4 Αισθητήρας MLX90614/GY-906

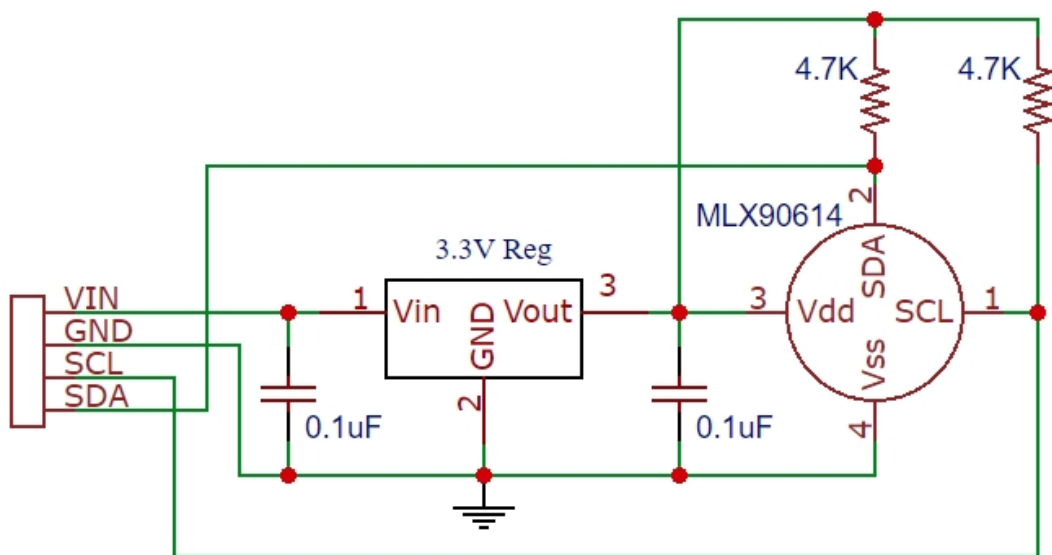
1. Βασικά Χαρακτηριστικά:

- **Τεχνολογία:** Υπέρυθρη ακτινοβολία (Infrared Thermopile).
- **Εύρος μέτρησης θερμοκρασίας:**
 - **Αντικείμενο:** -70°C έως $+380^{\circ}\text{C}$.
 - **Περιβάλλον:** -40°C έως $+125^{\circ}\text{C}$.
- **Ακρίβεια:** $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ στην περιοχή 0°C έως $+50^{\circ}\text{C}$.
- **Διεπαφή:** I2C (Inter-Integrated Circuit) για επικοινωνία με τον μικροελεγκτή (ESP32).
- **Τροφοδοσία:** 3V - 5V (συμβατό με το ESP32 που λειτουργεί σε 3.3V).
- **Χαμηλή κατανάλωση:** Κατάλληλο για φορητές συσκευές και εφαρμογές με μπαταρία.[28]

2. Σύνδεση MLX90614 με ESP32

Ο MLX90614 επικοινωνεί με τον ESP32 μέσω της διεπαφής **I2C**. Η σύνδεση γίνεται ως εξής:

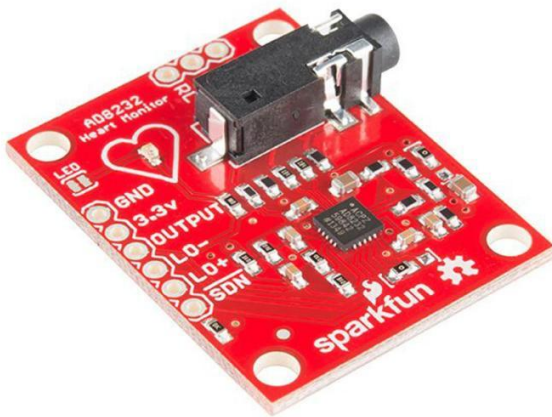
- **VDD**: Συνδέεται στα **5V** του ESP32 για τροφοδοσία.
- **GND**: Συνδέεται στο **GND** του ESP32.
- **SCL**: Συνδέεται στο **GPIO 22** του ESP32 (I2C clock line).
- **SDA**: Συνδέεται στο **GPIO 21** του ESP32 (I2C data line).[28]



Εικόνα 5.5 Σχηματικό Διάγραμμα MLX90614/GY-906

5.3.4 AD8232

Ο AD8232 είναι ένα ολοκληρωμένο μπλοκ επεξεργασίας σήματος για εφαρμογές ηλεκτροκαρδιογραφίας (ECG) και άλλων βιομετρικών μετρήσεων. Σχεδιάστηκε για την εξαγωγή, ενίσχυση και φιλτράρισμα μικρών σημάτων σε συνθήκες θορύβου, όπως κίνηση ή απομακρυσμένη τοποθέτηση ηλεκτροδίων. Περιλαμβάνει φίλτρα υψηλής και χαμηλής διέλευσης για την εξάλειψη θορύβου και παραμορφώσεων, καθώς και ενισχυτή για διέγερση δεξιού ποδιού (RLD) για βελτίωση της ποιότητας σήματος. Η λειτουργία γρήγορης αποκατάστασης επιτρέπει άμεση ανάκτηση μετά από απότομες αλλαγές σήματος.



Εικόνα 5.6 Αισθητήρας AD8232

1. Βασικά Χαρακτηριστικά:

- **Τεχνολογία:** Ενισχυτής ECG με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
- **Εύρος τάσης εισόδου:** ± 300 mV.
- **Κέρδος:** Ρυθμιζόμενο κέρδος έως 1000 V/V.
- **Διέγερση Right Leg Drive (RLD):** Βελτιώνει την ποιότητα του σήματος ECG.
- **Χαμηλή κατανάλωση:** 170 μ A κατά τη λειτουργία, ιδανικό για φορητές συσκευές.
- **Τροφοδοσία:** 2.0V - 3.5V (συμβατό με το ESP32 που λειτουργεί σε 3.3V).[29]

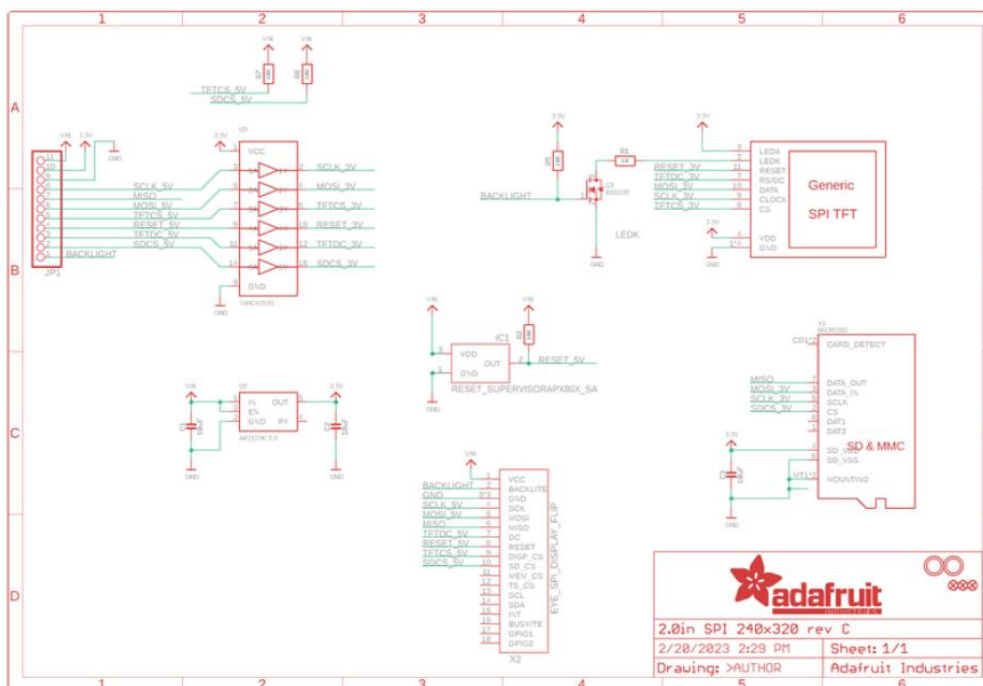
5.3.5 Οθόνη ST7789

Η οθόνη προσφέρει ζωντανά χρώματα και υψηλή φωτεινότητα, ιδανική για εμφάνιση δεδομένων όπως καρδιακός ρυθμός, SpO2, θερμοκρασία και καμπύλες ECG σε εφαρμογές υγείας και όχι μόνο. Ο ελεγκτής ST7789 χρησιμοποιείται σε έγχρωμες οθόνες TFT υψηλής ανάλυσης (320x240 pixels) και συνδέεται με το ESP32 μέσω SPI για γρήγορη επικοινωνία. Η συνδεσμολογία είναι η εξής:

- **GND:** Συνδέεται στο **GND** του ESP32.
- **VCC:** Συνδέεται στο **3.3V** του ESP32 για τροφοδοσία.
- **SCL:** Συνδέεται στο **GPIO 18 (SCK)** του ESP32 για το ρολόι της διεπαφής SPI.
- **SDA:** Συνδέεται στο **GPIO 23 (MOSI)** του ESP32 για τη μετάδοση δεδομένων μέσω SPI.
- **RES:** Συνδέεται στο **GPIO 4** του ESP32 για την επαναφορά της οθόνης.
- **DC:** Συνδέεται στο **GPIO 2** του ESP32 για την επιλογή δεδομένων/εντολών.
- **CS:** Συνδέεται στο **GPIO 5** του ESP32 για την επιλογή της οθόνης (Chip Select).[30][31]



Εικόνα 5.8 Οθόνη ST7789



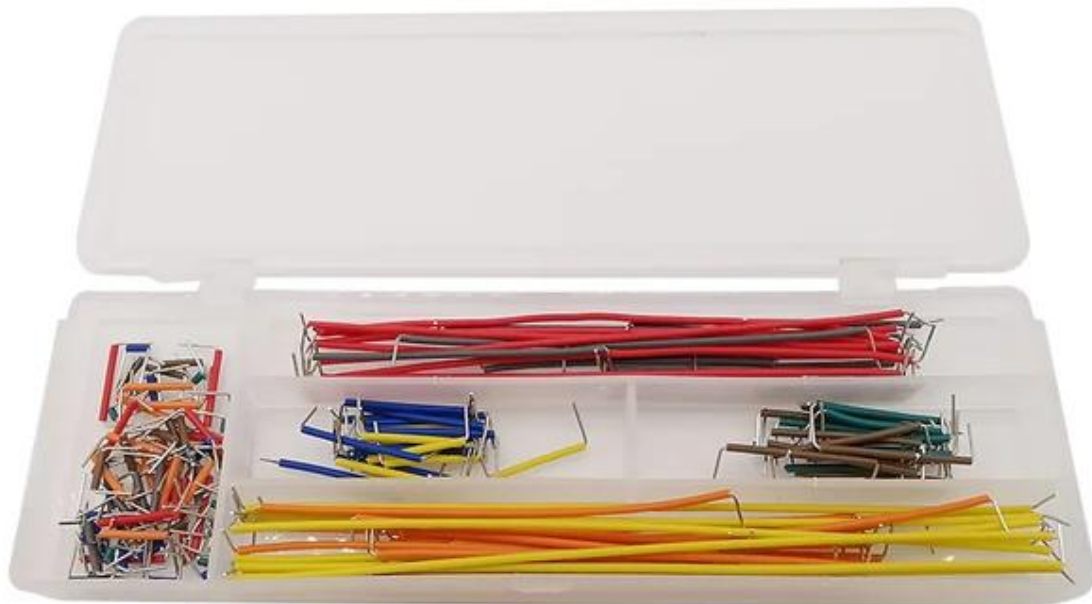
Εικόνα 5.9 Σχηματικό Οθόνης ST7789

5.4 Ολοκλήρωση Κατασκευής: Επιλογή Υπόλοιπων Υλικών

Μετά την εκτενή ανάλυση και περιγραφή όλων των αισθητήρων και των χαρακτηριστικών τους, προχωράμε στην ανάλυση και την επιλογή των υπόλοιπων υλικών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της κατασκευής του συστήματος. Αυτά τα υλικά περιλαμβάνουν:

5.4.1 Βραχυκυκλωτήρες

Για τη συνδεσμολογία των αισθητήρων και του ESP32, χρησιμοποιήθηκαν βραχυκυκλωτήρες αρσενικό σε αρσενικό. Στην οριστική κατασκευή, επιλέχθηκαν επίπεδοι βραχυκυκλωτήρες, οι οποίοι προσφέρουν καλύτερη οργάνωση, μειώνουν τον απαιτούμενο χώρο και διευκολύνουν τη δημιουργία ενός συμπαγούς κουτιού (casing). Αυτό εξασφάλισε ευκολία στη συναρμολόγηση και σταθερότητα στη λειτουργία του συστήματος.



Εικόνα 5.10 Βραχυκυκλωτήρες

5.4.2 Βομβητής (Mini Piezo Buzzer)

Το **Mini Piezo Buzzer** είναι μια συσκευή παραγωγής ήχου που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρονικά κυκλώματα για ηχητικές ειδοποιήσεις. Λειτουργεί με βάση το φαινόμενο πιεζοηλεκτρισμού, όπου η εφαρμογή τάσης προκαλεί δόνηση και παραγωγή ήχου. Είναι ιδανικό για εφαρμογές όπως:

- Ηχητικές ειδοποιήσεις σε ιατρικές συσκευές
- Συναγερμούς
- Επιβεβαίωση λειτουργιών συστήματος



5.11 Mini Piezo Buzzer

Βασικά Χαρακτηριστικά:

1. Τύποι:

- Active: Λειτουργεί με σταθερή τάση (3.3V/5V), παράγει έναν προκαθορισμένο ήχο
- Passive: Απαιτεί σήμα PWM για έλεγχο συχνότητας και δημιουργία διαφορετικών ηχητικών τόνων [32]

2. Τεχνικές Προδιαγραφές:

- Τάση λειτουργίας: 5V (συμβατό με ESP32)
- Κατανάλωση ρεύματος: <30mA (ασφαλές για απευθείας σύνδεση σε GPIO)
- Εύρος συχνοτήτων: 2,300 ±500Hz [33]

3. Συνδεσμολογία:

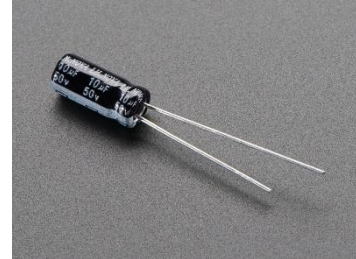
- IN (+): Συνδέεται στο GPIO 13 του ESP32
- GND: Συνδέεται στο GND του ESP32.

5.4.3 Πυκνωτής 10μf

Ο ηλεκτρολυτικός πυκνωτής των 10μF, τοποθετημένος ανάμεσα στα pin EN (Enable) και GND της πλακέτας ESP32, βοηθά στην αυτόματη επανεκκίνηση (reset) της συσκευής κατά την έναρξη της μεταφόρτωσης κώδικα.

Αναλυτικά:

- Το θετικό πόδι του πυκνωτή συνδέεται στο pin **EN** του ESP32.
- Το αρνητικό πόδι συνδέεται στο pin **(GND)**.

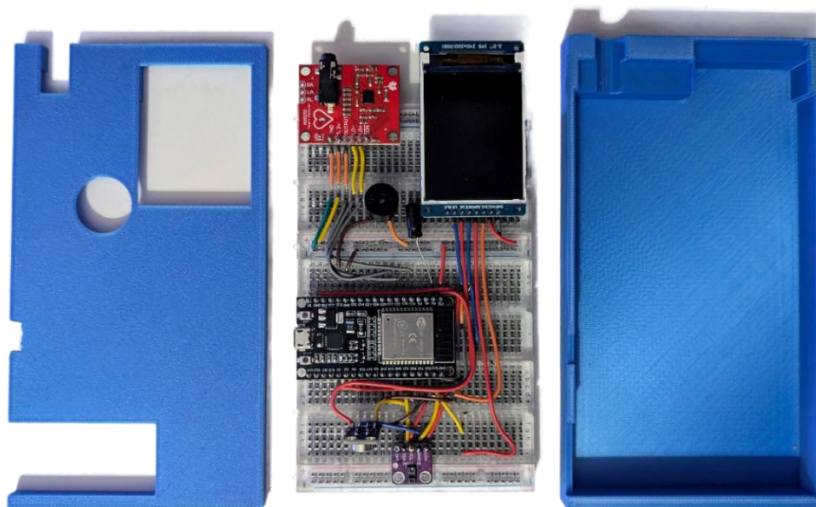


5.12 Πυκνωτής 10μf

Κατά τη μεταφόρτωση προγράμματος μέσω USB, ο πυκνωτής προκαλεί μια σύντομη καθυστέρηση στην άνοδο της τάσης στο pin EN, επιτρέποντας στο ESP32 να εισέλθει έγκαιρα σε λειτουργία bootloader. Έτσι, η μεταφόρτωση γίνεται αυτόματα, χωρίς να απαιτείται χειροκίνητο πάτημα του κουμπιού "BOOT".

5.4.4 Κατασκευή Casing

Το casing της κατασκευής σχεδιάστηκε με τη βοήθεια του Tinkercad και στη συνέχεια εκτυπώθηκε σε 3D εκτυπωτή με υλικό PLA. Στο κέντρο υπάρχει μια κυκλική τρύπα για τον βομβητή (buzzer), η οποία εξασφαλίζει ότι ο ήχος ακούγεται καθαρά. Στην πάνω αριστερή πλευρά υπάρχει μια τρύπα για τη σύνδεση καλωδίου για τα ηλεκτρόδια του AD8232. Στην κάτω αριστερή πλευρά υπάρχει μια τετράγωνη τρύπα για τη σύνδεση καλωδίου micro USB, που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία και τον προγραμματισμό του ESP32. Στην κάτω πλευρά υπάρχει μια τρύπα για την υποδοχή του δαχτύλου, η οποία διευκολύνει τη χρήση του αισθητήρα MAX30100 για μετρήσεις καρδιακού ρυθμού και οξυγόνου, καθώς και του αισθητήρα MLX90614 για τη μέτρηση της θερμοκρασίας.



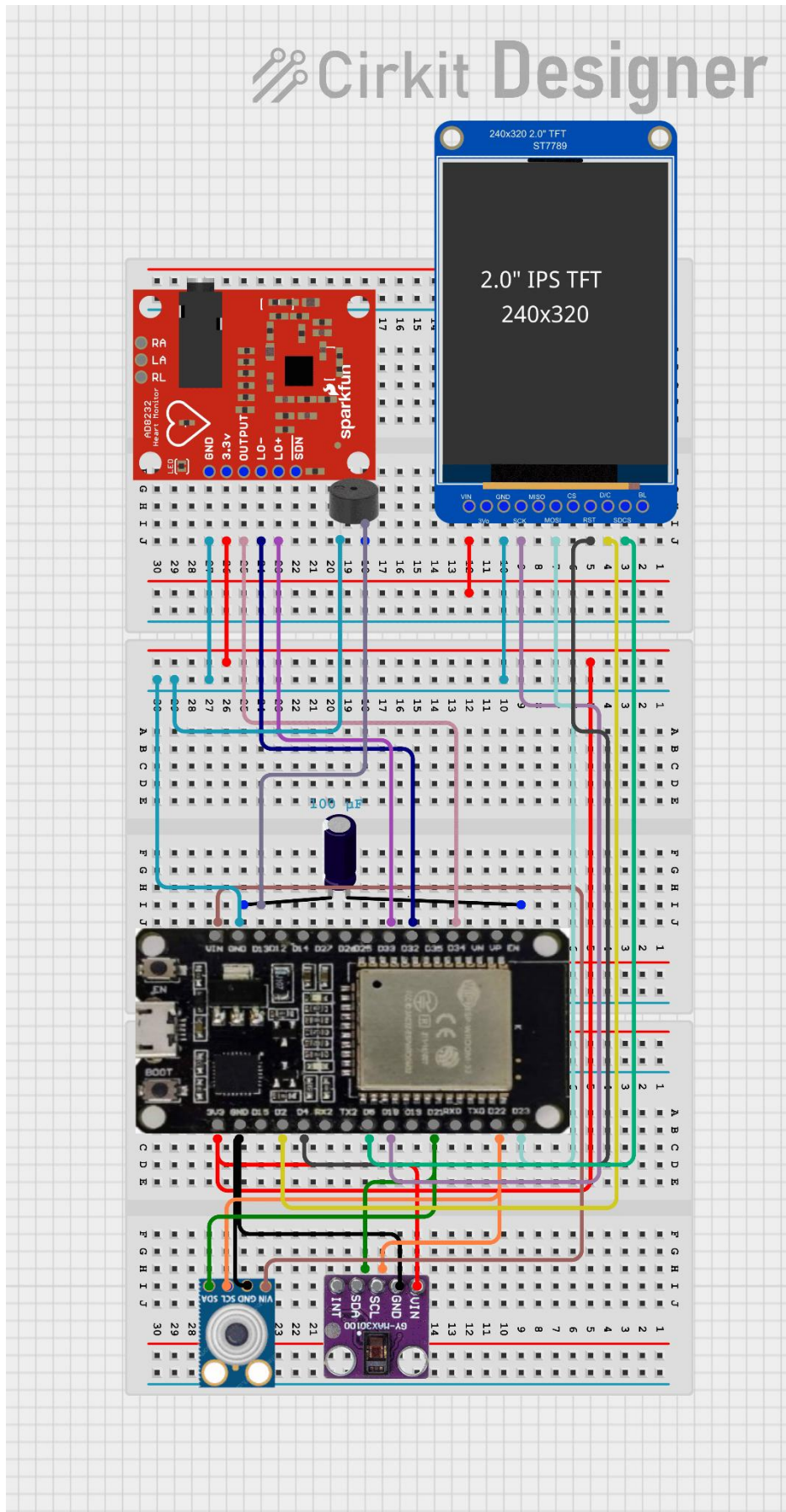
5.13 Casing Κατασκευής

Σύντομες Οδηγίες για το Tinkercad

1. **Δημιουργία Παραλληλόγραμμου Κύβου:** Χρησιμοποίησα έναν κύβο ως βάση για το casing.
2. **Προσθήκη Τρυπών:**
 - **Κυκλική τρύπα για το buzzer:** Προσέθεσα έναν κύλινδρο στο κέντρο του περιβλήματος και τον έκανα "τρύπα" (Hole).
 - **Τρύπα για ηλεκτρόδια AD8232:** Προσέθεσα ένα ορθογώνιο πρίσμα στην πάνω αριστερή πλευρά και το έκανα μια κυκλική "τρύπα" στο κάτω μέρος του κουτιού.
 - **Τρύπα για micro USB:** Προσέθεσα ένα ορθογώνιο πρίσμα στην κάτω αριστερή πλευρά και το έκανα "τρύπα".
 - **Τρύπα για υποδοχή δαχτύλου:** Προσέθεσα έναν παραλληλόγραμμο κενό "τρύπα" στην πάνω πλευρά της εκτύπωσης ώστε να είναι η υποδοχή για το δάχτυλο.
3. **Εξαγωγή Αρχείου:**
 - Εξήγαγα το σχέδιο σε μορφή **STL** για 3D εκτύπωση.
4. **Εκτύπωση:**
 - Χρησιμοποίησα υλικό **PLA** για την εκτύπωση του περιβλήματος.

5.5 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε αναλυτική παρουσίαση των βασικών αισθητήρων και υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος, μαζί με τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία τους. Αφού ολοκληρώθηκε η περιγραφή των εξαρτημάτων, ακολουθεί η συνδεσμολογία του κυκλώματος.



5.14 Συνδεσμογία Κυκλώματος

Κεφάλαιο 6ο: Ανάλυση Κώδικα

6.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση του κώδικα, με έμφαση στη λογική λειτουργίας του συστήματος. Περιλαμβάνει:

1. Αρχικοποιήσεις: Τα βήματα εκκίνησης των αισθητήρων και των επικοινωνιακών πρωτοκόλλων, με χρονολογική σειρά.
2. Βρόχους επεξεργασίας: Τις ρουτίνες του κύριου βρόχου και τους χρονισμούς τους (π.χ. ECG ανά 240ms, SpO2 ανά 3s).
3. Διάγραμμα ροής: Μια οπτική απεικόνιση της λειτουργίας στο τέλος του κεφαλαίου, για σαφήνεια και άμεση κατανόηση.

Ο στόχος είναι να παρουσιαστεί η δυναμική του συστήματος — από την εκκίνηση έως τη συνεχή αλληλεπίδραση με τον χρήστη και το cloud.

6.2 Ανάλυση και Επεξήγηση

Το σύστημα ξεκινά με την αρχικοποίηση όλων των απαραίτητων στοιχείων. Αρχικά, ενεργοποιείται η σειριακή επικοινωνία (`Serial.begin(115200)`) για σκοπούς debugging, ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση της εκτέλεσης του κώδικα. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται σύνδεση στο δίκτυο WiFi και στην πλατφόρμα Blynk μέσω της κλήσης `Blynk.begin(auth, ssid, pass)`, η οποία εξασφαλίζει ότι το σύστημα μπορεί να επικοινωνήσει με το cloud για αποστολή δεδομένων και λήψη εντολών. Οι αισθητήρες του συστήματος αρχικοποιούνται με τη σειρά τους. Ο MAX30100, που είναι υπεύθυνος για τη μέτρηση του σφυγμού και της οξυγόνωσης του αίματος, ρυθμίζεται με την `rox.begin()`. Ο MLX90614, που μετρά την θερμοκρασία, ενεργοποιείται με την `mlx.begin()`. Παράλληλα, η οθόνη ST7789 προετοιμάζεται με την `tft.init()` για την απεικόνιση των δεδομένων. Σε περίπτωση που οποιοσδήποτε από τους αισθητήρες αποτύχει να αρχικοποιηθεί, το σύστημα εμφανίζει σχετικό μήνυμα λάθους και εισέρχεται σε ατέρμονα βρόχο (`while(1)`), διακόπτοντας τη λειτουργία του για να αποφευχθεί η επεξεργασία εσφαλμένων δεδομένων. Μόλις ολοκληρωθεί η αρχικοποίηση, το σύστημα εισέρχεται στον κύριο βρόχο λειτουργίας, όπου εκτελεί συνεχώς τις ακόλουθες λειτουργίες:

1. Διαχείριση εργασιών παρασκηνίου μέσω της `yield()`, η οποία εξασφαλίζει ότι οι επικοινωνιακές διεργασίες (WiFi, Blynk) εκτελούνται χωρίς να μπλοκάρονται οι κύριες λειτουργίες του συστήματος.
2. Ανάγνωση και επεξεργασία δεδομένων από τους αισθητήρες:
 - Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG) διαβάζεται ανά 240 ms από τον αισθητήρα AD8232 (`analogRead(ECG_PIN)`), και τα δεδομένα του εμφανίζονται ως waveform στην οθόνη, ενώ ταυτόχρονα αποστέλλονται στο Blynk μέσω του εικονικού pin V4.



Εικόνα 6.1 Περίπτωση Έγκυρων Ορίων

- Οι μετρήσεις σφυγμού και οξυγόνωσης από τον MAX30100 λαμβάνονται ανά 3 δευτερόλεπτα. Πριν από την επεξεργασία τους, γίνεται έλεγχος ύπαρξης δακτύλου, ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των μετρήσεων (έγκυρες τιμές: σφυγμός 40–180 bpm, SpO2 70–100%). Εάν οι μετρήσεις εμφανίζονται επαναλαμβανόμενες για δύο ή περισσότερες φορές, ο αισθητήρας επαναρχικοποιείται για να αποφευχθεί η χρήση εσφαλμένων δεδομένων.
- Η θερμοκρασία μετράτε από τον MLX90614 με την `mlx.readObjectTempC()`.

Στη συνέχεια, το σύστημα πραγματοποιεί έλεγχο ασφαλείας για τις μετρήσεις, σύμφωνα με τα προκαθορισμένα ασφαλή εύρη:

- Σφυγμός: 40–120 bpm
- Οξυγόνωση: >90%
- Θερμοκρασία: 34–38°C

Εάν οι τιμές βρίσκονται εντός των ορίων, ενεργοποιείται ο βομβητής για 100 ms (1000 Hz) ως ένδειξη ασφαλούς κατάστασης. Σε αντίθετη περίπτωση, και εφόσον έχει παρέλθει χρονικό διάστημα 60 δευτερολέπτων από την τελευταία ειδοποίηση, αποστέλλεται ειδοποίηση μέσω του Blynk (`Blynk.logEvent`) και ταυτόχρονα γίνεται και ειδοποίηση μέσω mail.



Εικόνα 6.2 Περίπτωση Ειδοποίησης

Τα δεδομένα απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο τόσο στην οθόνη ST7789 όσο και στην εφαρμογή Blynk:

- Στην οθόνη, οι τιμές εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα όταν ξεπερνούν τα ασφαλή όρια (π.χ. σφυγμός <40 ή >120 bpm).
- Στο Blynk, αποστέλλονται μέσω των εικονικών pins V1 (σφυγμός), V2 (SpO2), V3 (θερμοκρασία).

Η λειτουργία του συστήματος μπορεί να απεικονιστεί ως ένας άπειρος βρόχος που εκτελεί τις εξής βασικές λειτουργίες με τη σειρά:

1. Εκτέλεση εργασιών παρασκηνίου (WiFi, Blynk).
2. Ανάγνωση και επεξεργασία δεδομένων από τους αισθητήρες.
3. Έλεγχος ασφαλείας και ενημέρωση της οθόνης/cloud.

Αυτή η δομή εξασφαλίζει αξιόπιστη και συνεχής λειτουργία, με δυνατότητα πραγματικού χρόνου για την παρακολούθηση των βιοσημάτων και την άμεση ανίχνευση κινδύνων.

6.4 Επίλογος

Η ανάλυση του κώδικα έδειξε ότι το σύστημα λειτουργεί αξιόπιστα σε πραγματικό χρόνο, με βασικές δυνατότητες παρακολούθησης και ειδοποιήσεων. Ωστόσο, όπως θα αναλυθεί στην παρακάτω ενότητα, υπάρχουν μερικοί περιορισμοί σε θέματα ακρίβειας, εξάρτησης από internet και καθυστερήσεων, οι οποίοι ανοίγουν το δρόμο για μελλοντικές βελτιώσεις.

6.5 Προβλήματα Και Τρόποι Βελτίωσης

- **Πρόβλημα:** Ο MLX90614 μετρά μόνο επιφανειακή θερμοκρασία δακτύλου

Λύση:

- Αλλαγή θέσης του αισθητήρα MLX90614 με τοποθέτηση σε απόσταση 1-3εκ από το μέτωπο
- Χρήση επαφικού αισθητήρα (DS18B20) για πυρηνική θερμοκρασία σώματος

- **Πρόβλημα:** Μερική Καθυστέρηση ESP32 σε συνεχή λειτουργία

Λύση:

- Χρήση διπλού ESP32 (1 για αισθητήρες, 1 για επικοινωνία)
- Σύνδεση μέσω UART/I2C
- **Πρόβλημα:** Όριο δεδομένων cloud/Blynk

Λύση:

- Πληρωμή της pro έκδοσης
- Αλλαγή πλατφόρμας cloud (με την χρήση αυτών δεν γίνεται λύση του παρακάτω προβλήματος το οποίο είναι:)
- **Πρόβλημα:** Εξάρτηση από internet

Λύση:

- SD Card για offline αποθήκευση
- Blynk.Local Server για εσωτερικό δίκτυο
- **Πρόβλημα:** Υψηλή κατανάλωση ενέργειας

Λύση:

- Deep sleep mode μεταξύ μετρήσεων
- Χρονοδιακόπτης για περιοδική λειτουργία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

- [1] *The History of Medicine* by Lois N. Magnet
- [7] *Goldberger's Clinical Electrocardiography: A Simplified Approach*, 9th Edition
- [8] Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2011). *Textbook of Medical Physiology*. Saunders.
- [9] Braunwald, E. (2012). *Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. Elsevier.
- [10] Hampton, J. R. (2013). *The ECG Made Easy*.
- [11] Surawicz, B., & Knilans, T. K. (2008). *Chou's Electrocardiography in Clinical Practice*

Άρθρα / Περιοδικά

- [3] Lv, Z., & Li, Y. (2022). Wearable sensors for vital signs measurement: a survey. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 11(1), 19. [Online]: <https://www.mdpi.com/2224-2708/11/1/19>
- [4] Perez, M. V., et al. (2019). Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation. *New England Journal of Medicine*, 381(20), 1909-1917. [online]:<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1901183>
- [5] Jiang, F., et al. (2017). Artificial intelligence in healthcare. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230–243.[online]:<https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- [6] Einthoven, W. (1925). The string galvanometer and the measurement of the action currents of the heart. *Nobel Lecture*, December 11, 10 [Online]: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2435435/>
- [12] Durham, D., & Worthley, L. I. G. (2002). Cardiac arrhythmias: diagnosis and management. *The tachycardias. Critical Care and Resuscitation*, 4(1), 35–53. [Online]: [https://doi.org/10.1016/S1441-2772\(23\)00717-2](https://doi.org/10.1016/S1441-2772(23)00717-2)
- [13] Durham, D., & Worthley, L. I. G. (2002). Cardiac arrhythmias: diagnosis and management. *The bradycardias. Critical Care and Resuscitation*, 4(1), 54–60. [Online]: [https://doi.org/10.1016/S1441-2772\(23\)00718-4](https://doi.org/10.1016/S1441-2772(23)00718-4)
- [14] Kingma, J., Simard, C., & Drolet, B. (2023). Overview of cardiac arrhythmias and treatment strategies. *Pharmaceuticals*, 16(6), 844. [Online]: <https://doi.org/10.3390/ph16060844>
- [15] Jubran, A. (2015). Pulse oximetry. *Critical Care*, 19(1), 272. [Online]: <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0984-8>
- [16] Sinex, J. E. (1999). Pulse oximetry: principles and limitations. *The American Journal of Emergency Medicine*, 17(1), 59–66. [Online]: [https://doi.org/10.1016/s0735-6757\(99\)90019-0](https://doi.org/10.1016/s0735-6757(99)90019-0)

- [17] Mannheimer, P. D. (2007). The light–tissue interaction of pulse oximetry. *Anesthesia & Analgesia*, 105(6), S10–S17. [Online]: <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000269522.84942.54>
- [18] Romanovsky, A. A. (2014). Skin temperature: its role in thermoregulation. *Acta Physiologica*, 210(3), 498–507. [Online]: <https://doi.org/10.1111/apha.12231>
- [19] Grossman, M. (1997). Fever: Basic Mechanisms and Management. *JAMA*, 278(5), 441. [Online]: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/417907>
- [20] Islam, S. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., & Kwak, K. S. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. [Online]: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2437951>
- [21] Baker, S. B., Xiang, W., & Atkinson, I. (2017). Internet of Things for Smart Healthcare: Technologies, Challenges, and Opportunities. [Online]: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2775180>
- [22] World Health Organization (2020). Digital Health for COVID-19 Response. World Health Organization, Geneva. [Online]: <https://www.jmir.org/2020/6/e19284/>
- [23] Gope, P., & Hwang, T. (2016). BSN-Care: A Secure IoT-Based Modern Healthcare System Using Body Sensor Network. [Online]: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2502401>

Online Πηγές / Ιστοσελίδες / Datasheets

- [2] Παπαγεωργίου, Δ. Ε. Ζωτικά Σημεία [Online]: <https://shorturl.at/AGpq3>
- [24] Blynk Documentation. “Introduction to Blynk.” [Online]: <https://docs.blynk.io>
- [25] Key Advantages of Using Blynk Cloud for IoT [Online]: <https://iies.in/blog/key-advantages-of-using-blynk-cloud-for-iot/>
- [26] Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet, Feb. 2024. [Online]: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [27] Analog Devices. MAX30100 Datasheet [Online]: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/max30100.pdf>

[28] Wiltronics. MLX90614 Datasheet [Online]: <https://www.wiltronics.com.au/wp-content/uploads/datasheets/ARD2-2190%20Data%20Sheet.pdf>

[29] Analog Devices. AD8232 Datasheet – Single-Lead, Heart Rate Monitor Front End, Feb. 2013 [Online]: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf>

[30] Espressif. SPI Master Driver Documentation [Online]: https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/spi_master.html

[31] Adafruit. 2.0" 320x240 Color IPS TFT Display Datasheet [Online]: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/2-0-inch-320-x-240-color-ips-tft-display.pdf>

[32] Arduino – Piezo Buzzer [Online]: <https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-piezo-buzzer>

[33] Magnetic Buzzer [Online]: <https://www.farnell.com/datasheets/2891591.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

Κωδ.	Περιγραφή Εξαρτήματος	Πηγή	Ποσ.	Τιμή
4.3.1	ESP32 DEVKIT V1	Grobotronics	1	9,9€
4.3.2	MAX30100	AliExpress	1	1,79€
4.3.3	MLX90614	AliExpress	1	6,65€
4.3.4	AD8232 ECG Module	AliExpress	1	4,67€
4.3.5	Οθόνη ST7789	AliExpress	1	5,41€
4.4.1	Βραχυκυκλωτήρες	AliExpress	1	2,34€
4.4.2	Breadboard 400pts	AliExpress	3	7,62€
4.4.3	Κατασκευή Casing (εκτίμηση)	-	1	0,8€
4.4.4	Βομβητής (Piezo Buzzer)	AliExpress	1	0,5€
Συνολικό Κόστος:				39,68€

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΚΩΔΙΚΑΣ

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4CgkZQ6NP"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Biometrics"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "MPPi6i0Zuh1L7_WgnEtMT2oQJlSCL8Hg"

#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <Adafruit_ST7789.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#define TFT_CS 5
#define TFT_DC 2
#define TFT_RST 4
#define BUZZER_PIN 13
#define ECG_PIN 34
#define WAVEFORM_HEIGHT 160
#define WAVEFORM_START_Y (200 - WAVEFORM_HEIGHT / 2)
#define BUFFER_SIZE 240

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "Test_Ard";
char pass[] = "b96hmn6b546xcbcp4nam";

PulseOximeter pox;
Adafruit_ST7789 tft = Adafruit_ST7789(TFT_CS, TFT_DC, TFT_RST);
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

int ecgData[BUFFER_SIZE];
int bufferIndex = 0;
unsigned long lastSampleTime = 0;
const long sampleInterval = 240;
uint32_t tsLastReport = 0;
#define REPORTING_PERIOD_MS 3000

float heartRate = 0, spO2 = 0, objectTemp = 0;
unsigned long lastAlertTime = 0;
const unsigned long alertCooldown = 30000;
int sameReadCount = 0;
float lastHR = 0, lastSpO2 = 0;

void updateWaveformBuffer(int reading) {
  ecgData[bufferIndex] = reading;
  bufferIndex = (bufferIndex + 1) % BUFFER_SIZE;
}
```

```

void displayECGWaveform() {
  tft.fillRect(0, WAVEFORM_START_Y, 240, WAVEFORM_HEIGHT, ST77XX_BLACK);
  for (int i = 1; i < BUFFER_SIZE; i++) {
    int previousIndex = (bufferIndex + i - 1) % BUFFER_SIZE;
    int currentIndex = (bufferIndex + i) % BUFFER_SIZE;
    int y1 = map(ecgData[previousIndex], 0, 4095, WAVEFORM_START_Y,
WAVEFORM_START_Y + WAVEFORM_HEIGHT);
    int y2 = map(ecgData[currentIndex], 0, 4095, WAVEFORM_START_Y,
WAVEFORM_START_Y + WAVEFORM_HEIGHT);
    tft.drawLine(i - 1, y1, i, y2, ST77XX_GREEN);
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  Wire.begin(21, 22, 100000);

  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  tft.init(240, 320);
  tft.setRotation(4);
  tft.fillScreen(ST77XX_BLACK);
  tft.setTextSize(2);
  tft.setTextColor(ST77XX_WHITE);
  tft.setCursor(10, 10);
  tft.println("Initializing...");

  if (!pox.begin()) {
    Serial.println("Oximeter FAILED!");
    while (1);
  }

  if (!mlx.begin()) {
    Serial.println("MLX90614 Sensor NOT Found!");
    while (1);
  }

  Serial.println("Initialization complete.");
}

void loop() {
  yield();
  unsigned long currentMillis = millis();
  pox.update();
  int ecgValue = analogRead(ECG_PIN);

  if (currentMillis - lastSampleTime >= sampleInterval) {
    lastSampleTime = currentMillis;
    updateWaveformBuffer(ecgValue);
  }
}

```

```

if (bufferIndex % 120 == 0) {
    displayECGWaveform();
}

int scaledECG = map(ecgValue, 0, 4095, 255, 0);
Blynk.virtualWrite(V4, scaledECG);
}

if (currentMillis - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
    objectTemp = mlx.readObjectTempC();

    float newHR = pox.getHeartRate();
    float newSpO2 = pox.getSpO2();

    bool hrValid = newHR > 40 && newHR < 180;
    bool spo2Valid = newSpO2 > 70 && newSpO2 <= 100;
    bool fingerDetected = hrValid && spo2Valid;

    if (fingerDetected) {
        if (newHR == lastHR && newSpO2 == lastSpO2) {
            sameReadCount++;
            if (sameReadCount >= 2) {
                Serial.println("Stale MAX30100 data. Resetting...");
                pox.begin(); // Reinitialize sensor
                heartRate = 0;
                spO2 = 0;
            }
        } else {
            heartRate = newHR;
            spO2 = newSpO2;
            sameReadCount = 0;
        }
    } else {
        heartRate = 0;
        spO2 = 0;
    }

    lastHR = newHR;
    lastSpO2 = newSpO2;

    bool inSafeRange = (heartRate > 40 && heartRate < 120 && spO2 > 90 &&
objectTemp >= 34 && objectTemp <= 38);
    if (inSafeRange) {
        tone(BUZZER_PIN, 1000, 100);
    } else {
        if (currentMillis - lastAlertTime > alertCooldown) {
            Serial.println("Vitals out of safe range! Sending alert.");
            Blynk.logEvent("out_of_range", "Vitals out of safe range!");
        }
    }
}

```

```

        lastAlertTime = currentMillis;
    }
}

Blynk.virtualWrite(V1, heartRate);
// Display data on screen
tft.fillScreen(ST77XX_BLACK);

tft.setCursor(10, 10);
tft.setTextColor((heartRate < 40 || heartRate > 120) ? ST77XX_RED :
ST77XX_WHITE);
tft.print("HR:");
tft.print(heartRate);
tft.print(" bpm");

tft.setCursor(10, 50);
tft.setTextColor((spO2 < 90) ? ST77XX_RED : ST77XX_WHITE);
tft.print("SpO2:");
tft.print(spO2);
tft.print(" %");

tft.setCursor(10, 90);
tft.setTextColor((objectTemp < 34 || objectTemp > 38) ? ST77XX_RED :
ST77XX_WHITE);
tft.print("Temp:");
tft.print(objectTemp, 1);
tft.print((char)247);
tft.print("C");

Blynk.virtualWrite(V2, spO2);
Blynk.virtualWrite(V3, objectTemp);

tsLastReport = currentMillis;
}
Blynk.run();
}

```