

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σύστημα υποβοήθησης για άτομα με προβλήματα ακοής»



Της φοιτήτριας
Βασιλικής Πετραλάφης
Αρ. Μητρώου: 51918M

Επιβλέπων
Θεοδόσιος Σαουνίδης
Επίκουρος Καθηγητής

Οκτώβριος 2021

Τίτλος Δ.Ε. :Σύστημα υποβοήθησης για άτομα με προβλήματα ακοής

Κωδικός Δ.Ε.: 21153

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Βασιλική Πετραλάφη

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Θεοδόσιος Σαπουνίδης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 09/09/2020

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 17/10/2021

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 της φοιτήτριας Βασιλικής Πετραλάφη 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 απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Στο σύζυγο μου και στο παιδί μου.

Πρόλογος

Τα άτομα με προβλήματα ακοής αντιμετωπίζουν καθημερινά προκλήσεις και δυσκολίες, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα ζωής τους. Λόγω της εργασιακής ενασχόλησης της συγγραφέως στο χώρο των ακουστικών βοηθημάτων, εντοπίστηκε η έλλειψη στο εμπόριο φθηνών και εύκολων στη χρήση συσκευών για οπτικό και απτικό προσδιορισμό ακουστικών σημάτων ιδιαίτερα στο χώρο της οικίας. Η χρήση τέτοιων συσκευών είναι σε θέση να βελτιώσει δραματικά την ποιότητα ζωής των ανθρώπων αυτών. Η κεντρική ιδέα που προτείνεται στην παρούσα εργασία, είναι η υλοποίηση ενός τέτοιου καινοτόμου συστήματος, με σκοπό τη βελτίωση της καθημερινότητας των ατόμων που πάσχουν από απώλεια ακοής.

Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός έξυπνου συστήματος υποβοήθησης για άτομα με προβλήματα ακοής με οπτικοποίηση και απτική ανατροφοδότηση ηχητικών σημάτων. Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί εντός της οικίας για άτομα με μειωμένη ακουστική ικανότητα ή και πλήρη κώφωση. Το σύστημα αποτελείται από ένα έξυπνο ρολόι (smartwatch) το οποίο υλοποιείται με τη χρήση ενός μικροελεγκτή ESP32 ο οποίος επικοινωνεί μέσω του ασύρματου πρωτοκόλλου ESP-NOW με επιμέρους συσκευές-τοπικούς ανιχνευτές ηχητικών σημάτων. Η τοποθέτηση και σύνδεση των ανιχνευτών αυτών πραγματοποιείται απευθείας στα σημεία ενδιαφέροντος εντός της οικίας, όπως το κουδούνι της θύρας και το θυροτηλέφωνο. Οι ανιχνευτές είναι αυτόνομα κυκλώματα με πολλαπλούς τύπους εισόδων αντίχρησης, με σκοπό την κάλυψη των αναγκών σύνδεσης με την υφιστάμενη εγκατάσταση της οικίας. Το σύστημα παραμετροποιείται με βάση τις εκάστοτε ανάγκες του κάθε χρήστη και αποτελείται από δύο κυρίως μέρη, τους περιφερειακούς ανιχνευτές και τον κεντρικό δέκτη- έξυπνο ρολόι που φορά ο χρήστης.

«Assistive device for people with hearing disorders»

«Vasiliki Petralafi»

Abstract

The aim of this thesis is the study, design and development of an intelligent assistance system for the hearing impaired people, with visualization and tactile feedback of sound signals. This system can be used indoors for people with reduced hearing or complete deafness. The system consists of a smartwatch, implemented using an ESP32 microcontroller which communicates via the ESP-NOW wireless protocol with individual devices featuring local audio signal detection. These devices are installed and connected directly to points of interest within the home, such as the doorbell and intercom system. Detectors are autonomous circuits with multiple types of detection inputs, in order to meet the connection criteria with the existing home installation. The system is configured based on the needs of each user and consists of two main parts, the peripheral detectors and the central receiver - smartwatch worn by the user.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της. Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Θεοδόσιο Σαπουνίδη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την επιστημονική του καθοδήγηση. Τέλος, θα ήθελα εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου και το σύζυγό μου για όλη τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	v
Περίληψη	vi
Abstract.....	vii
Ευχαριστίες.....	viii
Περιεχόμενα	ix
Ευρετήριο πινάκων	x
Ευρετήριο εικόνων.....	xi
Κεφάλαιο 1ο: Ο μηχανισμός της ακοής.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Το ανθρώπινο αυτί.....	2
1.2.1 Το εξωτερικό αυτί.....	3
1.2.2 Το μέσο αυτί.....	5
1.2.3 Το εσωτερικό αυτί.....	6
1.3 Απώλεια ακοής – Αιτίες απώλειας ακοής.....	7
1.4 Τύποι απώλειας ακοής	9
1.4.1 Νευροαισθητήρια βαρηκοΐα.....	10
1.4.2 Βαρηκοΐα αγωγιμότητας.....	11
1.4.3 Μικτή απώλεια ακοής.....	12
Κεφάλαιο 2ο: Έξυπνο σπίτι για άτομα με κώφωση.....	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Έξυπνο σπίτι για άτομα με προβλήματα ακοής	14
2.3 Ανεξάρτητη διαβίωση ατόμων με ειδικές ανάγκες.....	15
2.4 Προβλήματα και λύσεις διαβίωσης	16
Κεφάλαιο 3ο: Περιγραφή κατασκευής.....	19
3.1 Εισαγωγή.....	19
3.2 Επεξήγηση λειτουργίας.....	19
3.3 Ανάλυση ανιχνευτών	21
3.3.1 Βασικός ανιχνευτής.....	21
3.3.2 Ανιχνευτής κίνησης (PIR).....	25
3.3.3 Ανίχνευση επιπέδων θορύβου	27
3.3.4 Έξυπνο ρολόι M5StickC	30
Κεφάλαιο 4ο: Προγραμματισμός και υλοποίηση κατασκευής	36

4.1	Τι είναι το Arduino IDE	36
4.2	Μικροελεγκτές ESP8266 – ESP32.....	38
4.3	Διάγραμμα ροής κώδικα μικροελεγκτών ESP8266 και ESP32 (smartwatch).....	41
4.3.1	Έξυπνο ρολόι (smartwatch-ESP32).....	41
4.3.2	Μικροελεγκτής ESP8266	42
4.4	Δοκιμή συστήματος σε άτομα που πάσχουν από προβλήματα ακοής	43
Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις.....		50
5.1	Συμπεράσματα.....	50
5.2	Μελλοντικές επεκτάσεις.....	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		52

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1: Ερωτηματολόγιο δοκιμής συστήματος	50
--	----

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1.1: Ποσοστά απώλειας ακοής.....	2
Εικόνα 1.2: Το αυτί.....	3
Εικόνα 1.3: Ανατομία του αυτιού.....	4
Εικόνα 1.4: Τύποι απώλειας ακοής.....	9
Εικόνα 1.5: Ακοόγραμμα.....	13
Εικόνα 1.6: Βαθμοί απώλειας ακοής.....	13
Εικόνα 2.1: Ξυπνητήρι για βαρήκοους-κωφούς.....	17
Εικόνα 2.2: Κουδούνι θύρας για άτομα με προβλήματα ακοής.....	17
Εικόνα 3.1: Μπλοκ διάγραμμα της κατασκευής.....	19
Εικόνα 3.2: Επικοινωνία των πομπών-ανιχνευτών με τον δέκτη.....	21
Εικόνα 3.3: Μπλοκ διάγραμμα βασικού ανιχνευτή.....	21
Εικόνα 3.4: Σχηματικό διάγραμμα βασικού ανιχνευτή.....	22
Εικόνα 3.5: Είσοδος δικτύου 230VAC.....	22
Εικόνα 3.6: Είσοδος δικτύου 9-24VAC.....	23
Εικόνα 3.7: Είσοδος ξηρής επαφής.....	24
Εικόνα 3.8: Είσοδοι βασικού ανιχνευτή-Τροφοδοσία.....	25
Εικόνα 3.9: Αισθητήρας κίνησης.....	26
Εικόνα 3.10: Κυκλωματική διάταξη ανιχνευτή κίνησης.....	27
Εικόνα 3.11: Κυκλωματικό διάγραμμα του αισθητήρα κίνησης.....	27
Εικόνα 3.12: Επίπεδα θορύβου.....	28
Εικόνα 3.13: Κυκλωματική διάταξη ανιχνευτή θορύβου.....	29
Εικόνα 3.14: Κυκλωματικό διάγραμμα μικροφώνου.....	29
Εικόνα 3.15: Έξυπνο ρολόι M5StickC.....	30
Εικόνα 3.16: Κεντρική οθόνη έξυπνου ρολογιού.....	31
Εικόνα 3.17: Μήνυμα πως ηχεί το κουδούνι της θύρας.....	31
Εικόνα 3.18: Μήνυμα πως η θύρα άνοιξε.....	32
Εικόνα 3.19: Απεικόνιση ακροδεκτών εισόδων-εξόδων του M5StickC.....	33
Εικόνα 3.20: Κυκλωματικό διάγραμμα δόνησης.....	34
Εικόνα 3.21: Έξυπνο ρολόι με προσαρμοσμένη επέκταση δόνησης.....	34
Εικόνα 3.22: Κυτίο επέκτασης δόνησης.....	35
Εικόνα 3.23 Πλακέτα επέκτασης δόνησης.....	35
Εικόνα 4.1: Περιβάλλον του Arduino IDE.....	37
Εικόνα 4.2: Μικροελεγκτής ESP8266.....	38
Εικόνα 4.3: Μικροελεγκτής ESP32.....	39
Εικόνα 4.4: Διαφορές ESP8266- ESP32.....	40
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα ροής κώδικα έξυπνου ρολογιού.....	41
Εικόνα 4.6: Διάγραμμα ροής κώδικα μικροελεγκτή ESP8266.....	42
Εικόνα 4.7: Σύνδεση ανιχνευτή με κουδούνι θύρας.....	44
Εικόνα 4.8: Κυτίο ανιχνευτή κουδουνιού θύρας.....	45
Εικόνα 4.9: Εσωτερική απεικόνιση ανιχνευτή θύρας.....	46
Εικόνα 4.10: Σύνδεση ανιχνευτή με θυροτηλέφωνο.....	47
Εικόνα 4.11: Μαγνητική επαφή θύρας.....	48
Εικόνα 4.12: Εγκατάσταση μαγνητικής επαφής στη θύρα.....	49
Εικόνα 4.13 Έξυπνο ρολόι τοποθετημένο στο χέρι του χρήστη.....	49

Κεφάλαιο 1ο: Ο μηχανισμός της ακοής

1.1 Εισαγωγή

Η αίσθηση της ακοής αποτελεί έναν από τους κύριους τρόπους με τους οποίους ο άνθρωπος έρχεται σε διαδραστική επικοινωνία με το περιβάλλον του και κατορθώνει αφενός να το κατανοήσει και αφετέρου να κυριαρχήσει σε αυτό και να προοδέψει. Η απώλεια της ακουστικής ικανότητας είναι γενικά παραδεκτό ότι αποτελεί μια σημαντική αναπηρία.

Σύμφωνα με τον Σύλλογο Ακοοπροθετιστών Ελλάδος, το 10% του πληθυσμού παγκοσμίως παρουσιάζει ένα μικρό ή μεγάλο πρόβλημα ακοής ποικίλης αιτιολογίας. Κανείς όμως δεν γνωρίζει ακριβώς τον αριθμό των βαρήκοων, που αυξάνει συνεχώς και λόγω της ηχορύπανσης και της γήρασης του πληθυσμού. Στις Η.Π.Α. οι βαρήκοοι είναι 28 εκατομμύρια εκ των οποίων 5,2 εκατομμύρια είναι παιδιά. Στην Ισπανία 3 εκατομμύρια, δηλαδή 8,3 του πληθυσμού, παρουσιάζει βαρηκοΐα.

Παγκοσμίως το 40% των ατόμων άνω των 60 ετών, το 10% των ατόμων ηλικίας 21-60 και το 1,5% των παιδιών ηλικίας 0-20, έχουν μειωμένη ακουστική ικανότητα, ενώ το 50% των βαρήκοων είναι κάτω των 65 ετών [14]. Ένα σημαντικό ποσοστό παιδιών σχολικής ηλικίας αντιμετωπίζει πρόβλημα ακοής αν και οι περισσότεροι από τους νέους δεν θεωρούν την βαρηκοΐα σαν ένα σοβαρό πρόβλημα υγείας. Για την Ελλάδα δεν υπάρχουν επίσημα στατιστικά στοιχεία, αλλά σύμφωνα με τα διεθνή δεδομένα οι βαρήκοοι υπολογίζονται στις 900.000 άτομα περίπου, εκ των οποίων 60.000 - 80.000 είναι παιδιά ηλικίας 0-18 ετών. Υπάρχουν 34,4 εκατομμύρια ενήλικες στην ΕΕ με απώλεια ακοής (35 dB ή μεγαλύτερη). Έρευνες σε μια σειρά ευρωπαϊκών χωρών δείχνουν ότι δύο στους τρεις Ευρωπαίους δεν αντιμετωπίζονται ιατρικά για την απώλεια ακοής τους. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν 22,6 εκατομμύρια ενήλικες στην ΕΕ που ζουν με μια απώλεια ακοής που δεν έχει αντιμετωπιστεί. Επιπλέον, σχεδόν 10 εκατομμύρια άνθρωποι στην ΕΕ έχουν απώλεια ακοής 50 dB ή μεγαλύτερη και περίπου 5,5 εκατομμύρια από αυτούς δεν αναζητούν θεραπεία για την απώλεια ακοής τους. Μια μη διαγνωσμένη απώλεια ακοής αυτού του μεγέθους απομονώνει τους πάσχοντες από τον κοινωνικό και οικογενειακό περίγυρο, και καθιστά πολύ δύσκολη τη διατήρηση μιας εργασίας καθώς και την ευρύτερη συμμετοχή στην κοινωνία [12].

Ο ΠΟΥ εκτιμά στην Παγκόσμια Έκθεση Ακοής του 2021 ότι στην περιοχή της ΠΟΥ στην Ευρώπη, 196 εκατομμύρια άνθρωποι έχουν κάποιο βαθμό απώλειας ακοής και ότι 57,3 εκατομμύρια ή 6,2% έχουν μέτρια ή υψηλότερη βαθμίδα απώλειας ακοής. Μέχρι το 2050, 236 εκατομμύρια άνθρωποι στην Ευρώπη θα έχουν κάποιο βαθμό απώλεια ακοής [14].



Number of people in EU countries with a disabling hearing loss (Total and untreated)

Country	People with a disabling hearing loss - 35 dB or greater (1,000)	People with an untreated disabling hearing loss - 35 dB or greater (1,000)
Germany	5,794	3,844
Italy	4,818	3,139
United Kingdom	4,484	3,007
France	4,367	2,873
Spain	3,184	2,085
Poland	2,296	1,484
Romania	1,229	796
Netherlands	969	647
Greece	805	526
Portugal	761	502
Belgium	721	475
Czech Republic	658	428
Hungary	627	407
Austria	530	353
Sweden	511	341
Bulgaria	488	316
Finland	337	223
Denmark	308	207
Slovakia	291	189
Croatia	285	185
Ireland	211	140
Lithuania	199	127
Latvia	137	88
Slovenia	135	88
Estonia	91	58
Cyprus	58	39
Luxembourg	28	19
Malta	28	18
Total EU	34,350	22,604

Source: Report "Hearing loss - Numbers and Costs" Published by hear-it AISBL

Εικόνα 1.1: Ποσοστά απώλειας ακοής

(Πηγή: <https://tinyurl.com/wncar3cz>)

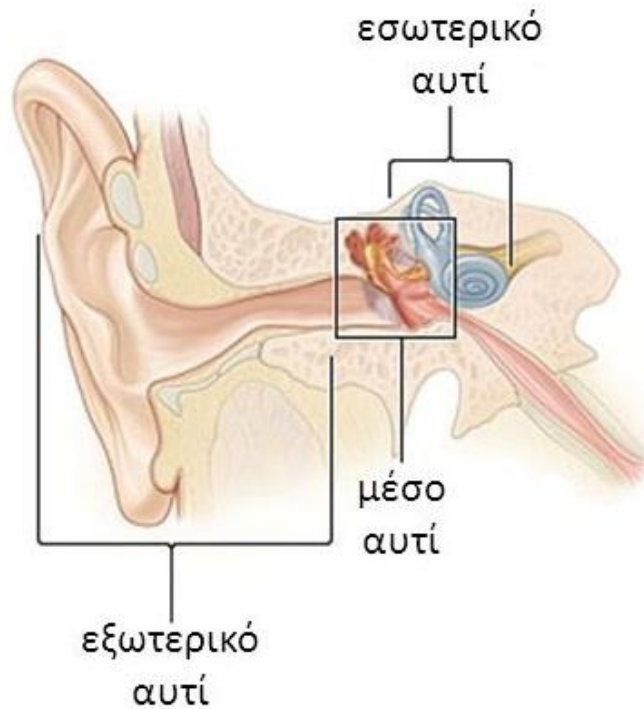
1.2 Το ανθρώπινο αυτί

Το αυτί είναι ένα προηγμένο και πολύ ευαίσθητο όργανο του ανθρώπινου σώματος. Η λειτουργία του οργάνου αυτού είναι η μετάδοση ήχου στον εγκέφαλο μέσω των τμημάτων του: το έξω, μέσο και το έσω ους [3]. Εκτός από την αντίληψη και τη μετάδοση του ήχου το αυτί εκτελεί και μια άλλη πολύ σημαντική λειτουργία, τη διατήρηση της αίσθησης της ισορροπίας.

Ο τρόπος λειτουργίας του ακουστικού συστήματος μπορεί να αναλυθεί ακολουθώντας τη διαδρομή των ηχητικών κυμάτων στο αυτί. Τα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν από το εξωτερικό αυτί και μέσα από το ακουστικό κανάλι, προκαλώντας τη δόνηση του τυμπάνου ή της τυμπανικής μεμβράνης. Αυτό, με τη σειρά του, προκαλεί την κίνηση τριών μικρών οστών, γνωστών ως οστάρια, τη σφύρα, του άκμονα και του αναβολέα, στο μεσαίο ους. Οι δονήσεις μεταφέρονται μέσω του υγρού στο κοχλία στο εσωτερικό έσω ους, διεγείροντας χιλιάδες μικροσκοπικά τριχοφόρα κύτταρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον μετασχηματισμό των δονήσεων σε ηλεκτρικά σήματα που τελικά μεταφράζονται από τον εγκέφαλο ως ήχος.

Το αυτί αποτελείται από πολλά επιμέρους μέρη, αλλά μπορεί να χωριστεί σε τρία κύρια :

- ✚ Το εξωτερικό αυτί (έξω ους)
- ✚ Το μέσο αυτί (μέσω ους)
- ✚ Το εσωτερικό αυτί (έσω ους)



Εικόνα 1.2: Το αυτί.

(Πηγή: <https://tinyurl.com/cmjkbfs3>)

1.2.1 Το εξωτερικό αυτί

Το έξω ους είναι το εξωτερικό μέρος του αυτιού, το οποίο συλλέγει ηχητικά κύματα και τα κατευθύνει στο αυτί.

Το πτερύγιο

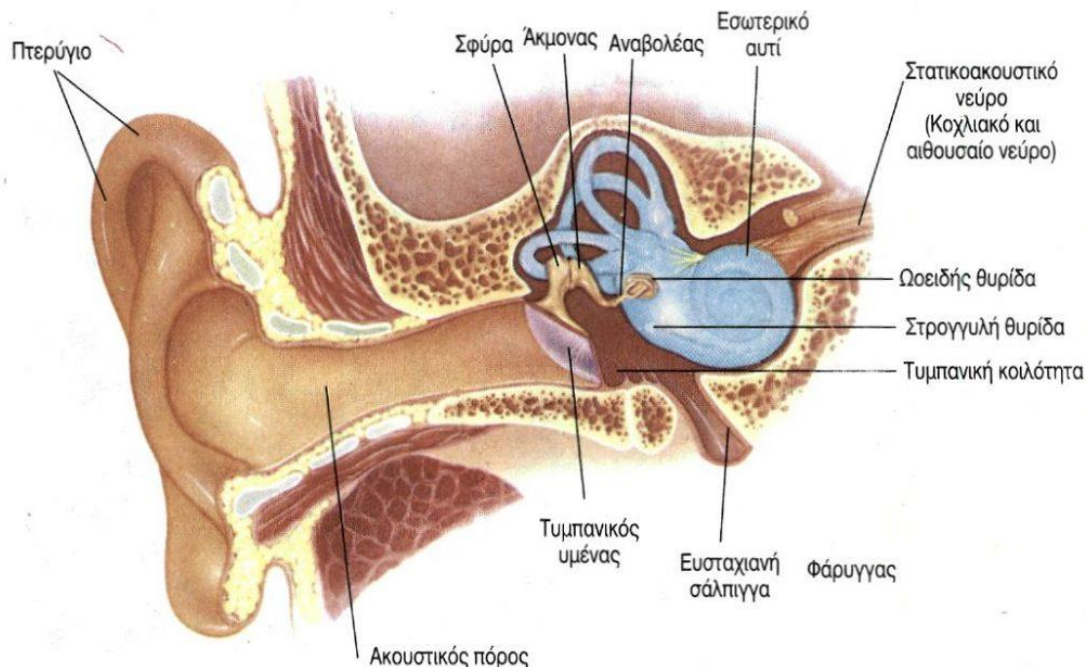
Το πτερύγιο είναι το μόνο ορατό μέρος του αυτιού και χαρακτηρίζεται από το ειδικό ελικοειδές σχήμα του. Είναι το πρώτο μέρος που αντιδρά με τον ήχο [3]. Το πτερύγιο λειτουργεί ως ένα είδος χοάνης που κατευθύνει τον ήχο περαιτέρω στο αυτί. Χωρίς αυτήν τη χοάνη, τα ηχητικά κύματα θα ακολουθούσαν μια πιο άμεση διαδρομή στο ακουστικό κανάλι. Αυτό θα ήταν δύσκολο, καθώς θα χανόταν ένα μεγάλο μέρος του ήχου, καθιστώντας δυσκολότερη την ακοή και την κατανόηση των ήχων.

Η παρουσία του πτερυγίου είναι απαραίτητη λόγω της διαφοράς στην πίεση που εντοπίζεται ανάμεσα στο έξω και στο εσω αυτί. Η αντίσταση του αέρα είναι υψηλότερη στο εσωτερικό του αυτιού παρά στο εξωτερικό επειδή ο αέρας στο εσωτερικό του συμπιέζεται και συνεπώς δημιουργείται μεγαλύτερη πίεση.

Προκειμένου τα ηχητικά κύματα να εισέλθουν στο αυτί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, η αντίσταση δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλή. Το πτερύγιο ξεπερνώντας τη διαφορά πίεσης μέσα και έξω από το αυτί λειτουργεί ως ένα είδος ενδιάμεσου συνδέσμου με αποτέλεσμα η μετάβαση να είναι πιο ομαλή και λιγότερο βάνωση επιτρέποντας περισσότερους ήχους να περάσουν στο ακουστικό κανάλι.

Το κανάλι του αυτιού - το ακουστικό κανάλι

Μόλις τα ηχητικά κύματα περάσουν στον ακουστικό πόρο, μετακινούνται δύο έως τρία εκατοστά στο ακουστικό κανάλι πριν «χτυπήσουν» το τύμπανο, γνωστό ως τυμπανική μεμβράνη.



Εικόνα 1.3: Ανατομία του αυτιού.

(Πηγή: <https://tinyurl.com/n938tmkp>)

Το τύμπανο

Το τύμπανο (τυμπανική μεμβράνη), είναι μια μεμβράνη στο τέλος του ακουστικού καναλιού η οποία σηματοδοτεί την αρχή του μέσου αυτιού. Είναι εξαιρετικά ευαίσθητο και η πίεση από τα ηχητικά κύματα κάνει το τύμπανο να δονείται. Με σκοπό την προστασία του τυμπάνου, το ακουστικό κανάλι είναι ελαφρώς κυρτό, καθιστώντας πιο δύσκολο να εισέλθει κάποιο ξένο σώμα και να φθάσει σε αυτό. Ταυτόχρονα, η ύπαρξη κεριού του αυτιού στο ακουστικό κανάλι, βοηθά στη συγκράτηση ανεπιθύμητων υλικών όπως η σκόνη, έξω από το αυτί.

Εκτός από την προστασία του τυμπάνου, το ακουστικό κανάλι λειτουργεί και ως φυσικό ακουστικό βαρηκοΐας που ενισχύει αυτόματα τους χαμηλούς και λιγότερο διεσδυτικούς ήχους της ανθρώπινης φωνής. Με αυτόν τον τρόπο το αυτί αντισταθμίζει μερικές από τις αδυναμίες της ανθρώπινης φωνής και διευκολύνει την ακρόαση και την κατανόηση της συνηθισμένης συνομιλίας.

1.2.2 Το μέσο αυτί

Το μέσο αυτί είναι η αεροφόρος κοιλότητα που βρίσκεται στη λιθοειδή μοίρα του κροταφικού οστού. Το μέσο ους μεταδίδει ήχο από το έξω ους στο έσω ους [3]. Αποτελείται από τρία οστά: τη σφύρα, τον άκμονα και τον αναβολέα, το ωοειδές παράθυρο, το στρογγυλό παράθυρο και την ευσταχιανή σάλπιγγα.

✚ Τα οστά του μεσαίου αυτιού

Το τύμπανο είναι πολύ λεπτό, έχει διάμετρο περίπου 8 έως 10 χιλιοστά και τεντώνεται μέσω μικρών μυών. Η πίεση από τα ηχητικά κύματα δονεί το τύμπανο. Οι δονήσεις μεταδίδονται περαιτέρω στο αυτί μέσω τριών οστών (οστάρια) στο μεσαίο αυτί. Τα οστάρια σχηματίζουν ένα είδος γέφυρας και ο αναβολέας, που είναι το τελευταίο οστό, συνδέεται με το οβάλ παράθυρο.

✚ Το οβάλ παράθυρο

Το οβάλ παράθυρο είναι μια μεμβράνη που καλύπτει την είσοδο του κοχλίου στο εσωτερικό αυτί. Όταν το τύμπανο δονείται, τα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν μέσω της σφύρας και του άκμονα στον αναβολέα και στη συνέχεια στο οβάλ παράθυρο.

Όταν τα ηχητικά κύματα μεταδίδονται από το τύμπανο στο οβάλ παράθυρο, το μέσο αυτί λειτουργεί ως ακουστικός μετασχηματιστής που ενισχύει τα ηχητικά κύματα προτού προχωρήσουν στο εσωτερικό αυτί. Η πίεση των ηχητικών κυμάτων στο οβάλ παράθυρο είναι περίπου 20 φορές υψηλότερη από ότι στο τύμπανο.

Η πίεση αυξάνεται λόγω της διαφοράς μεγέθους μεταξύ της σχετικά μεγάλης επιφάνειας του τυμπάνου και της μικρότερης επιφάνειας του ωοειδούς παραθύρου. Το στρογγυλό παράθυρο στο μεσαίο αυτί δονείται σε αντίθετη φάση(φορά) με δονήσεις που εισέρχονται στο εσωτερικό αυτί μέσω του οβάλ παραθύρου. Με αυτόν τον τρόπο, επιτρέπει την κίνηση του υγρού στον κοχλία.

✚ Η ευσταχιανή σάλπιγγα

Η ευσταχιανή σάλπιγγα βρίσκεται επίσης στο μέσο ους και συνδέει το αυτί με το πιο πίσω μέρος του ουρανίσκου. Η λειτουργία της είναι να εξισώσει την πίεση του αέρα και στις δύο πλευρές του τυμπάνου, διασφαλίζοντας ότι η πίεση δεν αυξάνεται στο αυτί [3]. Η σάλπιγγα ανοίγει κατά την κατάποση, εξισώνοντας έτσι την πίεση του αέρα μέσα και έξω από το αυτί. Στις περισσότερες περιπτώσεις η πίεση εξισώνεται αυτόματα, αλλά αν αυτό δεν συμβεί, μπορεί να επιτευχθεί κάνοντας μια ενεργητική δράση κατάποσης. Η δράση κατάποσης θα αναγκάσει το σωλήνα που συνδέει τον ουρανίσκο με το αυτί να ανοίξει, εξισώνοντας έτσι την πίεση.

Η αυξημένη πίεση στο αυτί μπορεί να συμβεί σε καταστάσεις όπου η πίεση στο εσωτερικό του τυμπάνου είναι διαφορετική από αυτήν στο εξωτερικό του τυμπάνου. Εάν η πίεση δεν ομαλοποιηθεί θα συσσωρευτεί στο τύμπανο, αποτρέποντάς του να δονείται σωστά. Η περιορισμένη δόνηση οδηγεί σε ελαφρά μείωση της ικανότητας ακοής. Μια μεγάλη διαφορά στην πίεση θα προκαλέσει δυσφορία και ακόμη και ελαφρύ πόνο.

1.2.3 Το εσωτερικό αυτί

Το εσωτερικό αυτί είναι το εσωτερικό μέρος του αυτιού, το οποίο αποτελείται από τον κοχλία, τον μηχανισμό ισορροπίας, το αιθουσαίο νεύρο και το ακουστικό νεύρο [3]. Μόλις οι δονήσεις του τυμπάνου μεταδοθούν στο οβάλ παράθυρο, τα ηχητικά κύματα συνεχίζουν το ταξίδι τους στο εσωτερικό αυτί. Τα μέρη του εσωτερικού αυτιού συμβάλλουν τόσο στην ακοή όσο και στην ισορροπία. Το εσωτερικό αυτί είναι ένας λαβύρινθος σωλήνων και διόδων, που αναφέρονται ως λαβύρινθος. Στον λαβύρινθο συναντάται ο προθάλαμος και ο κοχλίας.

Ο κοχλίας

Στον κοχλία, τα ηχητικά κύματα μετατρέπονται σε ηλεκτρικά ερεθίσματα που στέλνονται στον εγκέφαλο. Στη συνέχεια, ο εγκέφαλος μεταφράζει τις παρορμήσεις σε ήχους που γνωρίζουμε και κατανοούμε.

Ο κοχλίας μοιάζει με κέλυφος σαλιγκαριού ή ελαστικό σωλήνα και γεμίζει με υγρό που ονομάζεται περιλέμφο και περιέχει δύο στενά τοποθετημένες μεμβράνες. Αυτές οι μεμβράνες σχηματίζουν έναν τύπο διαχωριστικού τοιχώματος στον κοχλία [3]. Ωστόσο, προκειμένου το υγρό να κινείται ελεύθερα στον κοχλία από τη μία πλευρά του τοιχώματος διαχωρισμού στην άλλη, το τοίχωμα έχει μια μικρή τρύπα σε αυτό. Αυτή η οπή είναι απαραίτητη, για να διασφαλιστεί ότι οι δονήσεις από το ωοειδές παράθυρο μεταδίδονται σε όλο το υγρό του κοχλίας.

Όταν το υγρό κινείται μέσα στον κοχλία, τίθενται σε κίνηση χιλιάδες μικροσκοπικές ίνες μαλλιών εντός του τοιχώματος του διαχωριστικού. Υπάρχουν περίπου 24.000 από αυτές τις ίνες μαλλιών, διατεταγμένες σε τέσσερις μεγάλες σειρές.

Το ακουστικό νεύρο

Το ακουστικό νεύρο είναι μια δέσμη νευρικών ινών που μεταφέρουν πληροφορίες μεταξύ του κοχλίας στο εσωτερικό αυτί και στον εγκέφαλο. Η λειτουργία του ακουστικού νεύρου είναι η μετάδοση σημάτων από το εσωτερικό αυτί στον εγκέφαλο. Τα τριχοειδή κύτταρα στον κοχλία συνδέονται με το ακουστικό νεύρο και, ανάλογα με τη φύση των κινήσεων στο κοχλιακό υγρό, διάφορες από αυτά τίθενται σε κίνηση.

Όταν τα τριχοειδή κύτταρα κινούνται στέλνουν ηλεκτρικά σήματα στο ακουστικό νεύρο που συνδέεται με το ακουστικό κέντρο του εγκεφάλου. Στον εγκέφαλο οι ηλεκτρικές παρορμήσεις μεταφράζονται σε ήχους που αναγνωρίζουμε και κατανοούμε. Κατά συνέπεια, τα τριχοειδή κύτταρα είναι απαραίτητα για την ικανότητα της ακοής. Εάν αυτές οι ίνες καταστραφούν, τότε η ικανότητα ακοής μειώνεται.

✚ Ο αιθουσαίος - ο μηχανισμός ισορροπίας

Το αιθουσαίο είναι ένα άλλο σημαντικό μέρος του εσωτερικού αυτιού. Το αιθουσαίο είναι το όργανο ισορροπίας. Η λειτουργία του αιθουσαίου είναι η καταγραφή των κινήσεων του σώματος, διασφαλίζοντας έτσι ότι μπορούμε να διατηρήσουμε την ισορροπία μας. Ο προθάλαμος αποτελείται από τρεις διόδους σε σχήμα δακτυλίου, προσανατολισμένες σε τρία διαφορετικά επίπεδα. Και τα τρία περάσματα είναι γεμάτα με υγρό που κινείται σύμφωνα με τις κινήσεις του σώματος. Εκτός από το υγρό, αυτά τα περάσματα περιέχουν επίσης χιλιάδες τριχοειδή κύτταρα που αντιδρούν στην κίνηση του υγρού στέλνοντας μικρές παρορμήσεις στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος στη συνέχεια αποκωδικοποιεί αυτές τις παρορμήσεις που χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν το σώμα να διατηρήσει την ισορροπία του. Οι διαταραχές του αιθουσαίου ή μολύνσεων στο εσωτερικό αυτί μπορούν να προκαλέσουν ίλιγγος, την αίσθηση περιστροφής της ζάλης.

1.3 Απόλεια ακοής – Αιτίες απώλειας ακοής

✚ Θόρυβος και απώλεια ακοής

Η απώλεια ακοής που προκαλείται από θόρυβο είναι το αποτέλεσμα παρατεταμένης έκθεσης σε δυνατό θόρυβο. Η συνεχής έκθεση καθημερινά σε θορυβώδη περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ακοή [10]. Ενώ η απώλεια ακοής που προκαλείται από θόρυβο είναι γενικά προσωρινή, η επαναλαμβανόμενη υπερβολική έκθεση σε δυνατό θόρυβο καθιστά πιο δύσκολο για τα αυτιά να ανακάμψουν μεταξύ των συμβάντων. Ο θόρυβος καταστρέφει τα τριχοειδή κύτταρα του εσωτερικού αυτιού, με αποτέλεσμα η απώλεια ακοής να επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου και να είναι πλέον μόνιμη.

Όσο περισσότερο ο άνθρωπος έρχεται σε επαφή με θόρυβο ή δυνατούς ήχους, τόσο πιθανότερο είναι να βλάψει την ακουστική του ικανότητα. Υπάρχει σύνδεση μεταξύ υπερβολικού θορύβου και απώλειας ακοής. Η απώλεια ακοής μπορεί είτε να είναι προσωρινή είτε μόνιμη.

Σχεδόν όλους τους τομείς της σύγχρονης ζωής οι άνθρωποι εκτίθενται σε δυνατούς θορύβους ή έντονους ήχους. Υπάρχει μια ισχυρή σύνδεση μεταξύ θορύβου και απώλειας ακοής. Η έκθεση σε θόρυβο και υψηλά επίπεδα ήχου μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια ακοής που προκαλείται από θόρυβο (NIHL).

Ένα συνεχές επίπεδο θορύβου 85 dB (οδική κυκλοφορία) θα έχει ως αποτέλεσμα βλάβη στην ακοή και είτε προκαλεί μόνιμη είτε προσωρινή απώλεια ακοής. Η έκθεση στο θόρυβο και οι έντονοι ήχοι μπορούν να προκαλέσουν δύο βασικούς τύπους απώλειας ακοής, δηλαδή την προσωρινή αλλαγή κατωφλίου και τη μόνιμη μετατόπιση κατωφλίου.

✚ Ηλικία και απώλεια ακοής

Ο πιο συνηθισμένος τύπος απώλειας ακοής είναι γνωστός ως απώλεια ακοής που σχετίζεται με την ηλικία ή πρεσβυακουσία [13]. Αυτό σημαίνει τη σταδιακή απώλεια ακοής που συμβαίνει με την πάροδο του χρόνου. Όπως και με άλλες αλλαγές στο σώμα που σχετίζονται με τη γήρανση, η απώλεια ακοής είναι ένα φυσιολογικό - αλλά θεραπεύσιμο - μέρος της γήρανσης.

Αυτός ο τύπος απώλειας είναι μόνιμος και ο ασθενής συνήθως δυσκολεύεται να ακούσει τους γνωστούς ήχους "υψηλής συχνότητας", όπως φωνές παιδιών, κελάηδισμα πουλιών ή κουδούνισμα τηλεφώνου. Τα κύρια συμπτώματα που υποδεικνύουν απώλεια ακοής που σχετίζεται με την ηλικία είναι: η αίσθηση ότι ο ασθενής αισθάνεται ότι μπορεί να ακούσει, αλλά στην πραγματικότητα δεν καταλαβαίνει. Μπορεί να βρίσκει ορισμένους ήχους ενοχλητικούς ή πολύ δυνατούς και αντιμετωπίζει περισσότερα επεισόδια εμβοών (κουδούνισμα στα αυτιά).

Η πρεσβυακουσία είναι ένας τύπος αισθητηριακής απώλειας ακοής, που σημαίνει ότι συμβαίνει από αλλαγές στο εσωτερικό αυτί καθώς ένα άτομο γερνά. Μπορεί επίσης να είναι το αποτέλεσμα αλλαγών στο μεσαίο αυτί ή κατά μήκος των νευρικών οδών που οδηγούν στον εγκέφαλο. Οι καρδιακές παθήσεις, που συνήθως εντοπίζονται σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, όπως η υψηλή αρτηριακή πίεση επηρεάζουν επίσης την ακουστική ικανότητα.

Στατιστικά η πτώση της ακοής ξεκινά από τα 40 έτη. Ένας ενήλικας στους πέντε και πάνω από το ήμισυ όλων των ατόμων άνω των 80 ετών πάσχουν από απώλεια ακοής. Ωστόσο, περισσότερο από το ήμισυ του πληθυσμού με προβλήματα ακοής είναι σε ηλικία εργασίας.

✚ Κληρονομική απώλεια ακοής

Οι κληρονομικοί παράγοντες ευθύνονται για πολλές περιπτώσεις απώλειας ακοής σε παιδιά. Η κληρονομική απώλεια ακοής μπορεί να είναι αγωγήμη, αισθητηριακή ή μικτή και είναι μερικές φορές το αποτέλεσμα ενός γενετικού χαρακτήρα που μεταδίδεται από έναν γονέα. Υπάρχουν περισσότερα από 400 γνωστά γενετικά και σπάνια σύνδρομα που περιλαμβάνουν απώλεια ακοής. Είναι πιθανό να αναγνωριστούν περισσότερα καθώς οι γενετικοί έλεγχοι γίνονται ακόμη πιο περίπλοκοι.

Ο βαθμός απώλειας μπορεί να ποικίλλει ευρέως από άτομο σε άτομο, ακόμη και εκείνοι με την ίδια γενετική κατάσταση. Για ορισμένα άτομα, τα ακουστικά βαρηκοΐας θα είναι επαρκή. Για άλλους, θα προτείνονται κοχλιακά εμφυτεύματα ή και εκμάθηση νοηματικής γλώσσας. Ενώ πολλές κληρονομικές απώλειες ακοής είναι συγγενείς (υπάρχουν κατά τη γέννηση), ορισμένες από αυτές τις καταστάσεις αναπτύσσονται αργά με την πάροδο του χρόνου.

✚ Απώλεια ακοής που σχετίζεται με την ασθένεια

Υπάρχουν πολλές ασθένειες και διαταραχές που συμβάλλουν στην απώλεια ακοής, [10] όπως: Διαβήτης- Η σχέση μεταξύ διαβήτη και απώλειας ακοής και γιατί ο διαβήτης αυξάνει τον κίνδυνο απώλειας ακοής είναι ακόμα ασαφής. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι η απώλεια ακοής εντοπίζεται σε διπλάσια συχνότητα σε ενήλικες που έχουν διαγνωσθεί με σακχαρώδη διαβήτη σε σύγκριση με αυτούς που δεν είχαν την ασθένεια. Τόσο ο διαβήτης τύπου 1 όσο και ο τύπος 2 αυξάνουν τον κίνδυνο απώλειας ακοής.

✚ Νόσος του Meniere :

Η αιτία αυτής της ασθένειας είναι άγνωστη, αλλά τα συμπτώματα περιλαμβάνουν συνήθως κυμαινόμενη απώλεια ακοής, ίλιγγος και εμβοές.

- ✚ **Λοιμώξεις μέσου ους:**
Η απώλεια ακοής από λοιμώξεις του μέσου ούς είναι συνήθως προσωρινή. Ο/η πάσχων/ουσα όμως πρέπει να αναζητά πάντα θεραπεία καθώς αν η λοίμωξη παραμείνει καιρό μπορεί να επέλθει μόνιμη βλάβη.
- ✚ **Ωτοσκλήρυνση:**
Αυτή η ασθένεια επηρεάζει την κίνηση των μικροσκοπικών οστών στο μέσο αυτί προκαλώντας μια αγωγή απώλεια ακοής που συνήθως αντιμετωπίζεται με χειρουργική επέμβαση.
- ✚ **Φαρμακευτική αγωγή και απώλεια ακοής:**
Πληθώρα φαρμακευτικών σκευασμάτων συνδέεται με την απώλεια ακοής, γνωστά ως ωτοτοξικά φάρμακα. Αυτά περιλαμβάνουν: αντιβιοτικά αμινογλυκοσίδης, μερικά διουρητικά, χημειοθεραπευτικά φάρμακα, ειδικά η σισπλατίνη. Θα πρέπει να ληφθούν μεγάλες και παρατεταμένες δόσεις αυτών των τύπων φαρμάκων για να παρατηρηθούν οι επιπτώσεις της απώλειας ακοής. Η περαιτέρω κατανόηση των επιπτώσεων συγκεκριμένων δόσεων και φαρμάκων είναι ακόμη υπό διερεύνηση.
- ✚ **Τραύμα στο κεφάλι – όγκοι και απώλεια ακοής:**
Μια άλλη αιτία απώλειας ακοής είναι η παρουσία όγκων όπως ένα ακουστικό νεύρωμα. Η απώλεια ακοής που σχετίζεται με τον όγκο μπορεί επίσης να περιλαμβάνει εμβοές (κουδούνισμα στα αυτιά) ή να δημιουργεί ένα αίσθημα πληρότητας σε ένα ή και στα δύο αυτιά. Οι όγκοι αντιμετωπίζονται συνήθως είτε ιατρικά είτε χειρουργικά και η φυσιολογική ακοή σε κάποιες περιπτώσεις αποκαθίσταται ενώ σε κάποιες άλλες δεν συμβαίνει το ίδιο. Το τραύμα της κεφαλής μπορεί να βλάψει τις δομές του εσωτερικού αυτιού προκαλώντας προσωρινή ή μόνιμη απώλεια ακοής. Τυχόν τραυματισμός στο κεφάλι πρέπει να αξιολογείται αμέσως από γιατρό. Η ιατρική αξιολόγηση πιθανότατα θα περιλαμβάνει εξέταση ακοής και οφθαλμών.

1.4 Τύποι απώλειας ακοής



Εικόνα 1.4: Τύποι απώλειας ακοής

(Πηγή: <https://tinyurl.com/n938tmkp>)

1.4.1 Νευροαισθητήρια βαρηκοΐα

Η νευροαισθητήρια βαρηκοΐα είναι αποτέλεσμα βλάβης στα μικροσκοπικά τριχοφόρα κύτταρα στο εσωτερικό αυτί [11]. Τα μικροσκοπικά αυτά κύτταρα είναι υπεύθυνα για την μετάδοση του ήχου από το εσωτερικό αυτί μέσω του νεύρου ακοής στον εγκέφαλο. Η νευροαισθητήρια απώλεια ακοής συναντάται είτε στο ένα αυτί (μονομερής απώλεια ακοής) είτε και στα δύο αυτιά (διμερή απώλεια ακοής).

Αιτίες της αισθητηριακής απώλειας ακοής μπορεί να είναι η ηλικία, ο θόρυβος και οι ασθένειες. Τα συμπτώματα μπορεί να ποικίλλουν και εξαρτώνται από τον βαθμό της απώλειας ακοής και ποιες συχνότητες επηρεάζονται από αυτήν.

Η νευροαισθητήρια απώλεια ακοής συνήθως προκαλείται από διάφορους παράγοντες. Κάποιοι από αυτούς είναι :

✚ Το γήρας

Όλοι χάνουν μερικά από τα μικροσκοπικά τριχοφόρα κύτταρα στον κοχλία καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής, ενώ η ακοή τους σταδιακά γίνεται λιγότερο ακριβής. Αυτό είναι ένα φυσικό μέρος της γήρανσης. Η γήρανση είναι μία από τις κύριες αιτίες απώλειας της ακοής του αισθητήρα.

✚ Ο θόρυβος

Ωστόσο, τα κύτταρα των μαλλιών μπορεί επίσης να καταστραφούν από υπερβολικό θόρυβο. Ως αποτέλεσμα της παρατεταμένης έκθεσης σε θόρυβο υψηλής έντασης, για παράδειγμα από το περιβάλλον εργασίας ή από την ακρόαση μουσικής, η αισθητηριακή ακουστική δυσλειτουργία γίνεται πιο συχνή. Η νευροαισθητήρια βαρηκοΐα μπορεί επίσης να συμβεί εάν η μητέρα κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης νοσήσει από ιλαρά κατά τη ή εάν το βάρος γέννησής είναι χαμηλό.

Εάν ο/η ασθενής πάσχει αισθητηριακή απώλεια ακοής και στα δύο αυτιά (διμερή αισθητηριακή ακουστική απώλεια ακοής) και υπάρχει μεγάλη διαφορά στην απώλεια ακοής μεταξύ των αυτιών, ονομάζεται ασύμμετρη αισθητηριακή ακουστική απώλεια ακοής.

Συνήθως, μια αισθητηριακή ακουστική απώλεια αναπτύσσεται σταδιακά και επιδεινώνεται. Δεν συμβαίνει από την μία στιγμή στην άλλη εκτός εάν πρόκειται για ξαφνική απώλεια ακουστικής. Με αυτόν τον τρόπο, συχνά οι πάσχοντες δεν παρατηρούν ότι η ακοή τους έχει επιδεινωθεί.

Η νευροαισθητήρια απώλεια ακοής είναι μόνιμη καθώς τα τριχοφόρα κύτταρα στο εσωτερικό ούς δεν μπορούν να αντικατασταθούν ή να θεραπευτούν. Ανεξάρτητα από το αν πρόκειται για διμερή ή μονομερή απώλεια ακοής - η ακοή δεν ανακάμπτει πλήρως ή εν μέρει με την πάροδο του χρόνου ή από μόνη της. Η ακοή χάνεται μόνιμα. Η απώλεια ακοής που σχετίζεται με την ηλικία, για παράδειγμα, συνήθως επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου. Μια αισθητηριακή ακουστική απώλεια αντιμετωπίζεται κανονικά με ακουστικά βαρηκοΐας ή εμφυτεύματα ακοής.

1.4.2 Βαρηκοΐα αγωγιμότητας

Μία αγωγήμη απώλεια ακοής συμβαίνει όταν η ικανότητα αγωγής ήχου από το εξωτερικό και το μεσαίο αυτί στο εσωτερικό αυτί μειώνεται ή χάνεται. Μια αγωγήμη απώλεια ακοής είναι μια απώλεια ακοής όπου η ικανότητα του αυτιού να μεταφέρει ήχο από το εξωτερικό αυτί και το μεσαίο αυτί στο εσωτερικό αυτί είναι αδύνατη ή μειωμένη [11]. Με αυτόν τον τρόπο, μια αγωγήμη απώλεια ακοής διαφέρει από μια αισθητηριακή ακουστική απώλεια ακοής, όπου οι αιτίες της απώλειας ακοής βρίσκονται στο εσωτερικό αυτί.

Ορισμός: Μια αγωγήμη απώλεια ακοής είναι όταν η αιτία της απώλειας ακοής εντοπίζεται στη διαδικασία μεταφοράς ήχου από το εξωτερικό αυτί μέσω του μεσαίου αυτιού στο εσωτερικό αυτί. Μια αγωγήμη απώλεια ακοής μπορεί να έχει διαφορετικούς βαθμούς: ήπια, μέτρια, σοβαρή ή βαθιά. Μπορεί το άτομο να πάσχει από αγωγήμη απώλεια ακοής σε ένα μόνο αυτί (μονομερή απώλεια ακοής) ή και στα δύο αυτιά (διμερή απώλεια ακοής).

✚ Συμπτώματα αγωγήμης απώλειας ακοής

Η αγωγήμη απώλεια ακοής μειώνει την ικανότητα ακοής σε κανονικό επίπεδο ακοής. Τα συμπτώματα της αγωγήμης απώλειας ακοής είναι επομένως μερική ή ολική απώλεια ακοής. Εάν μια αγωγήμη απώλεια ακοής συμβεί ξαφνικά ή η ακοή μειώνεται όλο και περισσότερο σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο ασθενής θα πρέπει να αναζητήσει διάγνωση-θεραπεία.

✚ Θεραπεία της αγωγήμης απώλειας ακοής

Είναι η αγωγήμη απώλεια ακοής θεραπεύσιμη; Ναι, συχνά. Οι περισσότερες περιπτώσεις αγωγήμης ακοής είναι προσωρινές και θεραπεύονται μέσω κατάλληλης ιατρικής θεραπείας, επομένως είναι σημαντικό να αναζητήσετε άμεση ιατρική βοήθεια. Άλλοι τύποι αγωγήμης απώλειας ακοής μπορούν να αντιμετωπιστούν με ακουστικά βαρηκοΐας ή τύπους εμφυτευμάτων ακοής. Τέλος, ορισμένοι τύποι αγωγήμης απώλειας ακοής μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω χειρουργικής επέμβασης.

✚ Αιτίες της αγωγήμης απώλειας ακοής

Μπορεί το κερί αυτιού να προκαλέσει απώλεια ακοής; Ναι, μία από τις πιο κοινές αιτίες της αγωγήμης απώλειας ακοής είναι η απόφραξη του εξωτερικού ακουστικού πόρου, που συνήθως προκαλείται από κερί. Άλλες αιτίες της αγωγήμης απώλειας ακοής μπορεί να είναι λοιμώξεις του ακουστικού πόρου, διάτρητο ή θραύσμα του τυμπάνου (τυμπανική μεμβράνη), πολύ μικρά αυτιά, κύστες και όγκοι ή ξένα αντικείμενα στο αυτί. Η ωτοσκλήρυνση, η οποία είναι μια ανώμαλη ανάπτυξη των οστών στο μέσο αυτί, μπορεί επίσης να προκαλέσει αγωγήμη απώλεια ακοής.

Στο μέσο αυτί, η αγωγήμη απώλεια ακοής συμβαίνει λόγω χρόνιων λοιμώξεων του μέσου ωτός ή κόλλας, όπου τα υγρά γεμίζουν το μεσαίο αυτί, έτσι ώστε το τύμπανο να μην μπορεί να κινηθεί. Η αγωγήμη απώλεια ακοής μπορεί επίσης να προκληθεί από ασθένειες, βλάβες και φυσικές αλλαγές στο μεσαίο αυτί όπως, χολοστεάτωμα, όγκους και ωτικό βαρότρυμα.

1.4.3 Μικτή απώλεια ακοής

Μια μικτή απώλεια ακοής είναι ένας συνδυασμός μιας αγωγήμης απώλειας ακοής και μιας αισθητηριακής απώλειας ακοής.

✚ Ορισμός της μικτής απώλειας ακοής

Μερικές φορές συμβαίνει μια αγωγήμη απώλεια ακοής σε συνδυασμό με μια αισθητηριακή απώλεια ακοής (SNHL) Όταν συμβαίνει αυτό, ονομάζεται μικτή απώλεια ακοής. Με άλλα λόγια, με μικτή απώλεια ακοής υπάρχει ταυτόχρονα βλάβη στην ικανότητα του εξωτερικού και του μεσαίου αυτιού να μεταφέρει ήχο στο εσωτερικό αυτί και στον εγκέφαλο και βλάβη στο εσωτερικό αυτί (κοχλία) ή στο ακουστικό νεύρο. Η κατάσταση μπορεί να προκαλέσει ήπια ή μέτρια έως σοβαρή απώλεια ακοής.

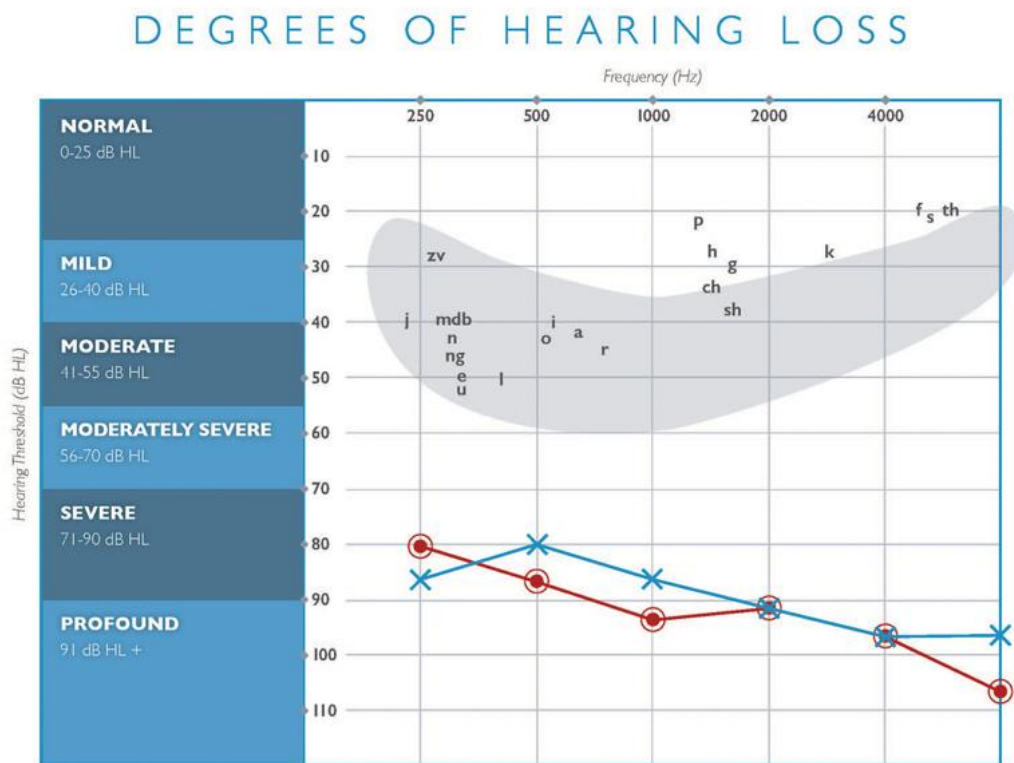
✚ Αιτίες μικτής απώλειας ακοής

Τι προκαλεί μικτή απώλεια ακοής; Υπάρχουν πολλές αιτίες μικτής απώλειας ακοής, συμπεριλαμβανομένων αυτών για την απώλεια ακοής της αισθητηριακής ακουστικής. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν ασθένεια, φάρμακα, γενετικές αιτίες, τραύμα στο κεφάλι και / ή δυσπλασία του εσωτερικού αυτιού. Οι αιτίες για την αγωγήμη απώλεια ακοής μπορεί να περιλαμβάνουν κερύ αυτιού, υγρά στο μέσο αυτί, λοιμώξεις του αυτιού, διάτρητα τύμπανα ή και δυσπλασία του εξωτερικού ή του μέσου ωτός.

✚ Συμπτώματα μικτής απώλειας ακοής

Τα συμπτώματα μιας μικτής απώλειας ακοής είναι η μειωμένη ακοή σε ένα (μονομερή απώλεια ακοής) ή και στα δύο αυτιά (διμερή απώλεια ακοής)

Μια αγωγήμη απώλεια ακοής μπορεί συχνά να διορθωθεί με ιατρική ή χειρουργική θεραπεία, ενώ η αισθητηριακή ακουστική απώλεια αντιμετωπίζεται συνήθως με ακουστικά βαρηκοΐας. Η θεραπεία μπορεί επομένως να είναι ένας συνδυασμός ιατρικής ή χειρουργικής θεραπείας και της χρήσης ακουστικών βαρηκοΐας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, χρειάζονται εμφυτεύματα ή ειδικοί τύποι ακουστικών βαρηκοΐας όταν έχει διαγνωσθεί μικτή απώλεια ακοής.



Εικόνα 1.5: Ακούγραμμα

(Πηγή: <https://betterhearing.org/your-hearing-health/degrees-of-hearing-loss/>)

Degree	Hearing loss range (dB HL)
Slight	16 - 25
Mild	26 - 40
Moderate	41 - 55
Moderately Severe	56 - 70
Severe	71 - 90
Profound	91+

Εικόνα 1.6: Βαθμοί απώλειας ακοής

(Πηγή: <https://betterhearing.org/your-hearing-health/degrees-of-hearing-loss/>)

Κεφάλαιο 2ο: Έξυπνο σπίτι για άτομα με κώφωση

2.1 Εισαγωγή

Η σύγχρονη τεχνολογία έχει πλέον εισχωρήσει στις περισσότερες πτυχές της καθημερινότητας των ανθρώπων και την έχει επηρεάσει βαθύτατα. Η εξέλιξή της προχωράει με ταχύτετους ρυθμούς και από επιβεβαιώνεται από το γεγονός πως πράγματα που τα θεωρούμε σήμερα δεδομένα, μμόλις λίγες δεκαετίες πριν αποτελούσαν σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα, όπως στην περίπτωση της ασπρόμαυρης τηλεόρασης. Σήμερα, οι επιστήμονες επικεντρώνονται στην τεχνολογική ανάπτυξη συγκεκριμένων τομέων που θα συμβάλλουν στην ποιοτική βελτίωση της καθημερινότητας των πολιτών όπως η Ιατρική, τα Ευφυή Αυτοκίνητα, η Τεχνητή Νοημοσύνη, η Εικονική Πραγματικότητα, κτλ.

Από την αρχή της ιστορίας, το ανθρώπινο γένος αναζητούσε ένα φυσικό καταφύγιο στο οποίο θα αισθανόταν ασφαλές από τους εξωτερικούς κινδύνους και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Με την πάροδο του χρόνου, το φυσικό καταφύγιο αυτό μετατράπηκε στην έννοια του σπιτιού το οποίο πέρα από την ασφάλεια, πλέον αποσκοπεί στην εξυπηρέτηση ανέσεων παρά ασφάλειας. Οι ρυθμοί, όμως, που επιβάλλει η σύγχρονη κοινωνία σε συνδυασμό με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιούργησαν την ανάγκη της αυτοματοποίησης των λειτουργιών ενός σπιτιού. Έτσι, γενήθηκε ο όρος «Έξυπνο Σπίτι» (Smart Home).

Ο όρος «Έξυπνο Σπίτι» περιγράφει τις ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις που τοποθετούνται σε σπίτια με σκοπό να προσφέρουν άνεση, ασφάλεια και εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων στους ενοίκους/ιδιοκτήτες [1]. Οι έξυπνες εγκαταστάσεις αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον χρησιμοποιώντας ασύρματα ή ενσύρματα μέσα επικοινωνίας μέσω των οποίων ανταλλάσσουν δεδομένα προκειμένου να διεξάγουν κάποιες λειτουργίες, όπως η ρύθμιση του φωτισμού και της θερμοκρασίας ενός χώρου.

Τα έξυπνα συστήματα, εκτός από τις ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις, δύναται να ελέγχουν και οικιακές συσκευές καθώς και συσκευές πολυμέσων, δημιουργώντας έτσι ένα εννοποιημένο σύστημα. Συνδυάζοντας όλες αυτές τις ανεξάρτητες, αρχικά, εγκαταστάσεις σε μια κοινή βάση, καθίσταται εφικτός ο πλήρης έλεγχος της κατοικίας.

2.2 Έξυπνο σπίτι για άτομα με προβλήματα ακοής

Τα έξυπνα σπίτια έχουν άμεσο αντίκτυπο στον τρόπο ζωής των ανθρώπων που ζουν σε αυτά. Καθώς είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένα έτσι ώστε να αποφέρουν δραματικές αλλαγές στην καθημερινότητά τους. "Έξυπνο σπίτι" είναι ο όρος που χρησιμοποιείται συνήθως για να ορίσει το σπίτι ή το κτίριο, το οποίο διαθέτει ειδικό εξοπλισμό που ενεργεί ανάλογα με την κατάσταση. Η ενσωμάτωση των οικιακών συστημάτων τους επιτρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του σπιτιού ελεγκτή σε προκαθορισμένα σενάρια ή τρόπους λειτουργίας. Για παράδειγμα, όταν ένα άτομο προσεγγίζει την εξωτερική πόρτα, το σύστημα αναγνωρίζει την ταυτότητα του ατόμου και αποφασίζει είτε να ανοίξει την πόρτα είτε όχι. Αυτό είναι ένα παράδειγμα ενεργοποίησης για έξυπνα σπίτια. Καλούμε αυτού του είδους τα συστήματα ως "Συστήματα Ευαισθητοποίησης Περιβάλλοντος" που γνωρίζουν πού βρίσκεται

το άτομο και λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με το τι πρέπει να γίνει. Όλα αυτά τα έξυπνα συστήματα χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν την καθημερινή ζωή των ανθρώπων, ιδιαίτερα των ατόμων με οποιαδήποτε μορφή αναπηρίας.

Τα άτομα με αναπηρία καλούνται να αντιμετωπίσουν καθημερινά προβλήματα τα οποία δεν αντιμετωπίζουν οι υγιείς άνθρωποι. Πιο συγκεκριμένα τα άτομα με προβλήματα ακοής αντιμετωπίζουν μία πληθώρα δυσκολιών όταν βρίσκονται εντός της οικίας τους. Ένας ασθενής με βαρηκοΐα ή πλήρη κώφωση δυσκολεύεται να ανταπεξέλθει σε καθημερινές δραστηριότητες όπως να ακούσει το κουδούν της θύρας, να αντιληφθεί ότι χτυπάει το τηλέφωνο, να συνηθειτοποιήσει αν έχει αυξημένη ένταση στην τηλεόρασή του πέρα από τα ανεκτά όρια. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας όμως, μπορούν να αναπτυχθούν βοηθητικά συστήματα και ξεπεράσουν τις δυσκολίες τους. Τα έξυπνα σπίτια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη ατόμων με προβλήματα ακοής, παρέχοντας τους ένα ασφαλή περιβάλλον. Το περιβάλλον μπορεί να παρακολουθείται από το σύστημα-εφαρμογή και ειδοποιεί τους χρήστες όταν υπάρχει κάποια επικίνδυνη κατάσταση.

Ένας ασθενής που πάσχει είτε από βαρηκοΐα και είναι χρήστης ακουστικών είτε από κώφωση ιδιαίτερα τη νύχτα κατά την διάρκεια του ύπνου δυσκολεύεται να αντιληφθεί τους θορύβους που μπορεί να σημαίνουν παραβίαση του χώρου του. Οι χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας κατά την διάρκεια της νύχτας αφαιρούν τα ακουστικά βοηθήματα είτε για να ξεκουράσουν τα αυτιά τους από την χρήση τους είτε για να τα τοποθετήσουν για φόρτιση εάν αυτά είναι επαναφορτιζόμενα.

Η τελευταία γενιά των Έξυπνων Σπιτιών είναι πλέον σε θέση να ενσωματώνει μμεγάλες ποσότητες υπολογιστικής ισχύος για να παρακολουθεί τις δραστηριότητες των ενοίκων του και να προβλέπει τις ανάγκες τους. Μια υποκατηγορία των κατοίκων που επωφελούνται σε μεγάλο βαθμό από τις αυξημένες παροχές ενός έξυπνου σπιτιού (Smart Home) είναι οι άνθρωποι με ειδικές ανάγκες.

2.3 Ανεξάρτητη διαβίωση ατόμων με ειδικές ανάγκες

Η μελέτη της ανεξάρτητης διαβίωσης των ατόμων με οποιαδήποτε μορφής αναπηρία τα τελευταία χρόνια βρίσκεται στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος για διάφορους κλάδους της επιστήμης. Τα άτομα με αναπηρία δεν είναι πλέον μέλη μόνο του οικογενειακού πυρήνα αλλά και μέλη κοινοτήτων όπως οι διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης, οι κοινωνικές συναναστροφές, το εργασιακό περιβάλλον κλπ. Για να καταστεί δυνατή η ανεξάρτητη διαβίωση των ατόμων με αναπηρία αναπόφευκτα διαμορφώθηκαν πρακτικές που ακολουθούνται προκειμένου η ανεξάρτητη διαβίωση να μπορεί να αποτελέσει επιλογή για τα άτομα με αναπηρία.

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την Υπηρεσία Απογραφής των ΗΠΑ το 2011 [21], ο πληθυσμός των ΗΠΑ με ηλικίες άνω των 65 ετών έφτασε το 14% του πληθυσμού το 2010, με περίπου το 16% των ενηλίκων να έχουν κάποια αναπηρία. Είναι αναμφισβήτητο πως τα ποσοστά αυτά είναι πολύ υψηλά με αποτέλεσμα πολλές κυβερνήσεις να εκλαμβάνουν τα Έξυπνα Σπίτια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση για τη μείωση της οικονομικής επιβάρυνσης της υποστήριξης των ατόμων με ειδικές ανάγκες καθώς και των ηλικιωμένων.

Πιο συγκεκριμένα, η Αμερικάνικη Ακαδημία Ακοολογίας δημοσίευσε ενημερωτική ανάρτηση όπου έδειχνε πως η έλλειψη ακοής αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας καθώς είναι το τρίτο πιο συχνό πρόβλημα που εμφανίζεται σε ανθρώπους, μετά από την αρθρίτιδα και την καρδιοπάθεια [16]. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μέσω μμελέτης από τον τομέα Γεροντολογίας της Οξφόρδης, πως τα άτομα με θέματα ακοής δυσκολεύονται στην καθημερινότητά τους να ανταποκριθούν στα ηχητικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η ποιότητα της ζωής τους σε κάποιο βαθμό [25].

2.4 Προβλήματα και λύσεις διαβίωσης

Τα άτομα με προβλήματα ακοής αδυνατούν να ανταποκριθούν άμεσα και επαρκώς στα διάφορα ηχητικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αναπόφευκτα και η καθημερινότητα τους εντός της οικίας τους.

Κάποια ηχητικά ερεθίσματα που λαμβάνουν χώρα καθημερινώς εντός μίας οικίας είναι :

- Το χτύπημα του κουδουνιού της θύρας
- Το χτύπημα του θυροτηλεφώνου
- Σταθερό τηλέφωνο

Αλλά και ερεθίσματα που δεν λαμβάνουν χώρα καθημερινώς όπως :

- Η παραβίαση της θύρας ή του παραθύρου
- Η παραβίαση του χώρου κατά την διάρκεια της νύχτας
- Η ανίχνευση θορύβου υψηλών decibel

Τα παραπάνω σενάρια που παρουσιάζονται αποτελούν δεδομένες καταστάσεις της καθημερινότητας ενός ακούοντα αλλά για τα άτομα με θέμα ακοής απαιτείται επιπρόσθετη βοήθεια. Μέρος αυτής της επιπρόσθετης βοήθειας μπορεί να αποτελέσει η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής.

Η ύπαρξη διάφορων συσκευών στο εμπόριο διευκολύνει την ζωή των ατόμων με προβλήματα ακοής. Κάποιες από αυτές είναι τα ξυπνητήρια με πολύ δυνατό ήχο (άνω των 100 dB σταδιακά) εναλλασσόμενων συχνοτήτων και μια μονάδα δόνησης που τοποθετείται κάτω απ' το μαξιλάρι.



Εικόνα 2.1: Ξυπνητήρι για βαρήκοους-κωφούς

(Πηγή: <https://tinyurl.com/2tzf84jh>)

Πολύ ισχυρό κουδούνι θύρας με κλίμακα έντασης έως και 95 dB και με φωτεινή ένδειξη.



Εικόνα 2.2: Κουδούνι θύρας για άτομα με προβλήματα ακοής

(Πηγή: <https://tinyurl.com/23vz4ypr>)

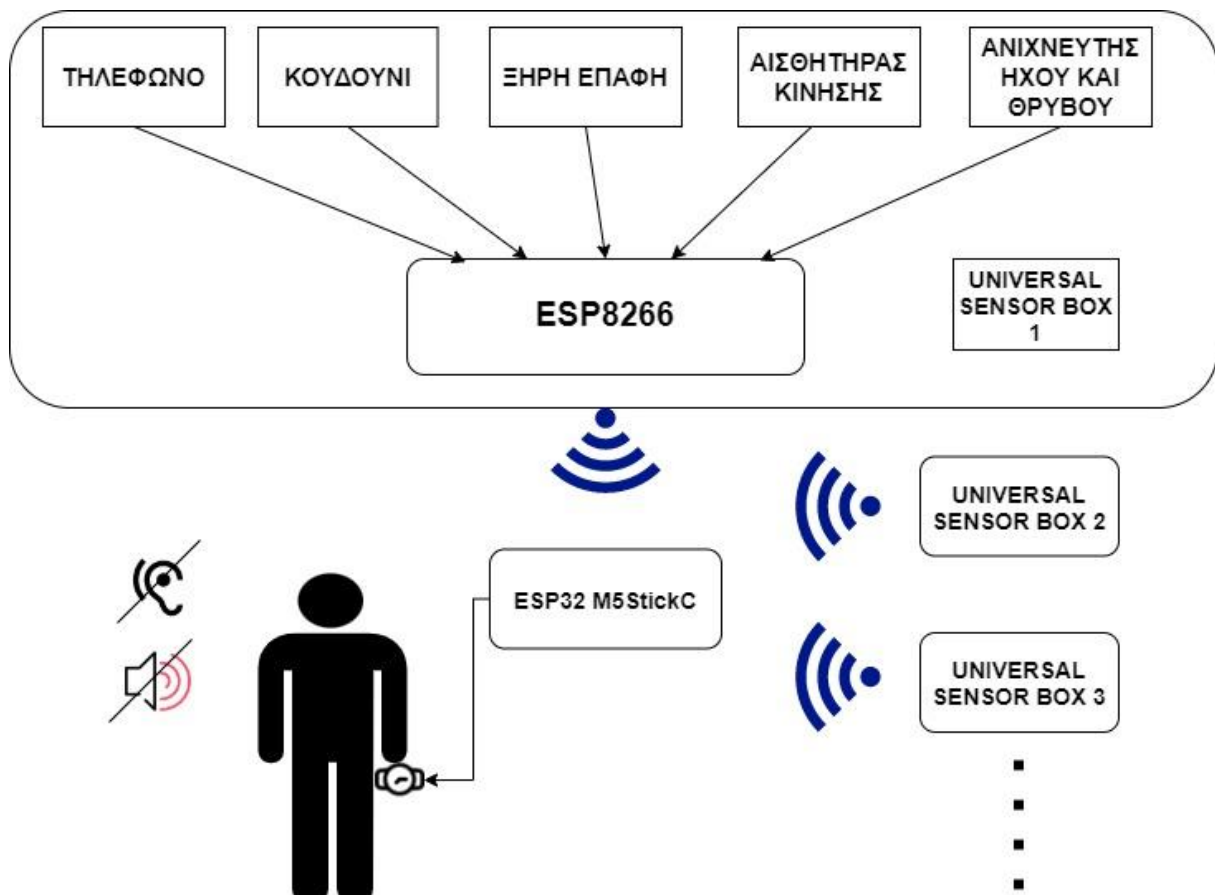
Όμως τα παραπάνω συστήματα επιβάλλουν τη συνεχή παρουσία του χρήστη σε συγκεκριμένο χώρο και επιπροσθέτως δημιουργούν ηχορύπανση. Το παρόν σύστημα εκμεταλλεύεται την ασύρματη τεχνολογία έτσι ώστε να επιτρέπει στο άτομο με απώλεια ακοής να έχει πλήρη εποπτεία και ενημέρωση σε οποιοδήποτε χώρο της οικίας και αν βρίσκεται, συνδυάζοντας το οπτικό και ακουστικό σύστημα και ενσωματώνοντάς τα σε ένα έξυπνο ρολόι (smart wearable).

Κεφάλαιο 3ο: Περιγραφή κατασκευής

3.1 Εισαγωγή

Το σύστημα αποτελείται από ένα έξυπνο ρολόι (smart wearable watch) καθώς και από μία κεντρική μονάδα - συσκευή που λαμβάνει τα αντίστοιχα μηνύματα από τις περιφερειακές συσκευές οι οποίες συνδέονται στα εκάστοτε σημεία ενδιαφέροντος αξιοποιώντας ένα ασύρματο πρωτόκολλο για τη μεταξύ τους επικοινωνία. Το ανάλογο μήνυμα εμφανίζεται κάθε φορά για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στην οθόνη του έξυπνου ρολογιού με σκοπό την έγκυρη ειδοποίηση του χρήστη.

3.2 Επεξήγηση λειτουργίας



Εικόνα 3.1: Μπλοκ διάγραμμα της κατασκευής

Το σύστημα αποτελείται από έναν κεντρικό δέκτη που είναι το έξυπνο ρολόι (M5StickC- ESP32) του χρήστη το οποίο είναι και ο κεντρικός δέκτης όλων των συνδεδεμένων συσκευών της εκάστοτε οικίας. Είναι μία συσκευή η οποία μπορεί να φορεθεί στην καθημερινότητα χωρίς να απαιτείται η χρήση κάποιου εξειδικευμένου εξοπλισμού.

Ο δέκτης αυτός έχει την ικανότητα να επικοινωνεί ασύρματα με τις επιμέρους περιφερειακές συσκευές οι οποίες ονομάζονται UNIVERSAL SENSOR BOX 1 και προγραμματίζονται για μία συγκεκριμένη λειτουργία για χρήση, για παράδειγμα:

- στο κουδούνι της θύρας
- στην εξώπορτα σαν μαγνητική επαφή ή σε κάποια μπαλκονόπορτα
- σαν αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης στο χώρο
- μπορεί να τοποθετηθεί στο τηλέφωνο σαν ανιχνευτής επιπέδων ήχου

Ο ανιχνευτής επιπέδων θορύβου μπορεί να ανιχνεύσει οποιοδήποτε αντικείμενο στο περιβάλλοντα χώρο παράγει ήχο.

Το UNIVERSAL SENSOR BOX 1 συλλέγει όλα αυτά τα παραπάνω γεγονότα και μέσω της ασύρματης σύνδεσης που έχει με το έξυπνο ρολόι (M5Sticke -ESP32) ενημερώνει τον χρήστη για τα συμβάντα σε πραγματικό χρόνο. Κατά την διάρκεια ανάπτυξης του συστήματος πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμαστικές λειτουργίες διασύνδεσης, ο μέγιστος αριθμός ανιχνευτών που συνδέθηκαν ταυτόχρονα ήταν οχτώ. Δεν παρατηρήθηκε κάποια δυσλειτουργία κατά την διάρκεια των δοκιμών.

Το παρόν σύστημα βασίζεται στην ασύρματη επικοινωνία μεταξύ των ανιχνευτών με το έξυπνο ρολόι του χρήστη. Η ασύρματη επικοινωνία υλοποιείται μέσω του πρωτοκόλλου ESP NOW, το οποίο είναι ένα πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Espressif. Επιτρέπει την επικοινωνία πολλών συσκευών μεταξύ τους χωρίς τη χρήση κάποιου δρομολογητή (router) . Το πρωτόκολλο είναι παρόμοιο με τη χαμηλής ισχύος ασύρματη συνδεσιμότητα 2,4 GHz που χρησιμοποιείται συχνά σε ασύρματα ποντίκια. Έτσι, η αντιστοίχιση μεταξύ συσκευών είναι απαραίτητη πριν από την επικοινωνία τους. Αφού ολοκληρωθεί η σύζευξη, η σύνδεση είναι ασφαλής χωρίς να απαιτείται κάποια άλλη ενέργεια.

Στο ESP-Now, τα δεδομένα είναι ενσωματωμένα σε ένα πλαίσιο και μεταδίδονται από μία συσκευή που στην εκάστοτε επικοινωνία θεωρείται πομπός σε μια άλλη που θεωρείται δέκτης. Το πρωτόκολλο CBC-MAC (CCMP) χρησιμοποιείται για την προστασία του πλαισίου δεδομένων. Το ESP-Now χρησιμοποιείται ευρέως σε έξυπνες συσκευές.

Στην εικόνα 3.2 εμφανίζεται μία τυπική σύνδεση των μικροελεγκτών ESP8266 που στο παρόν σύστημα είναι οι περιφερειακοί ανιχνευτές μας και ο μικροελεγκτής ESP32 που είναι ο δέκτης μας, το έξυπνο ρολόι.



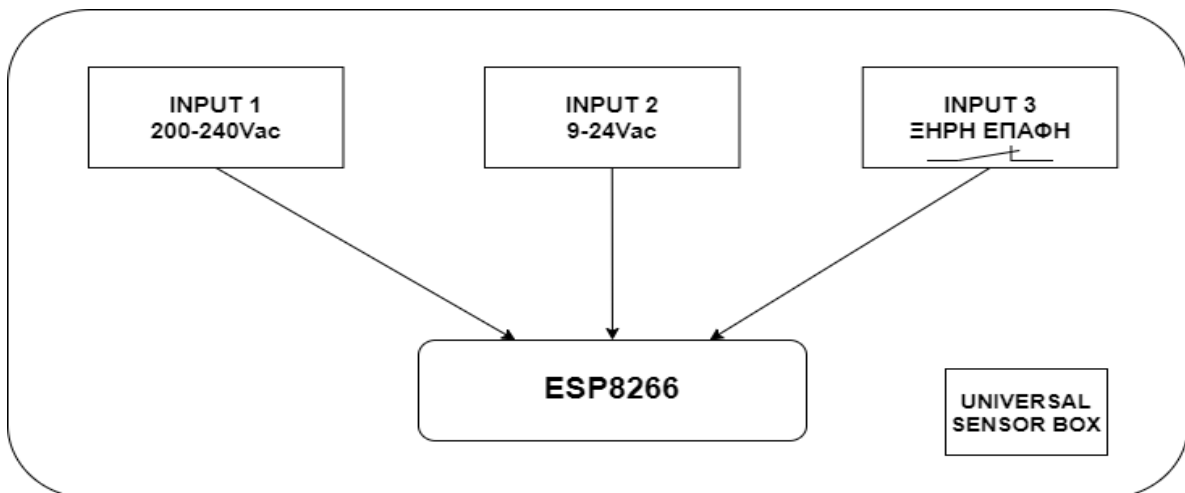
Εικόνα 3.2: Επικοινωνία των πομπών-ανιχνευτών με τον δέκτη

(Πηγή: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-esp32-arduino-ide/>)

3.3 Ανάλυση ανιχνευτών

Παρακάτω παρουσιάζονται τα συστήματα των κυτίων των ανιχνευτών.

3.3.1 Βασικός ανιχνευτής

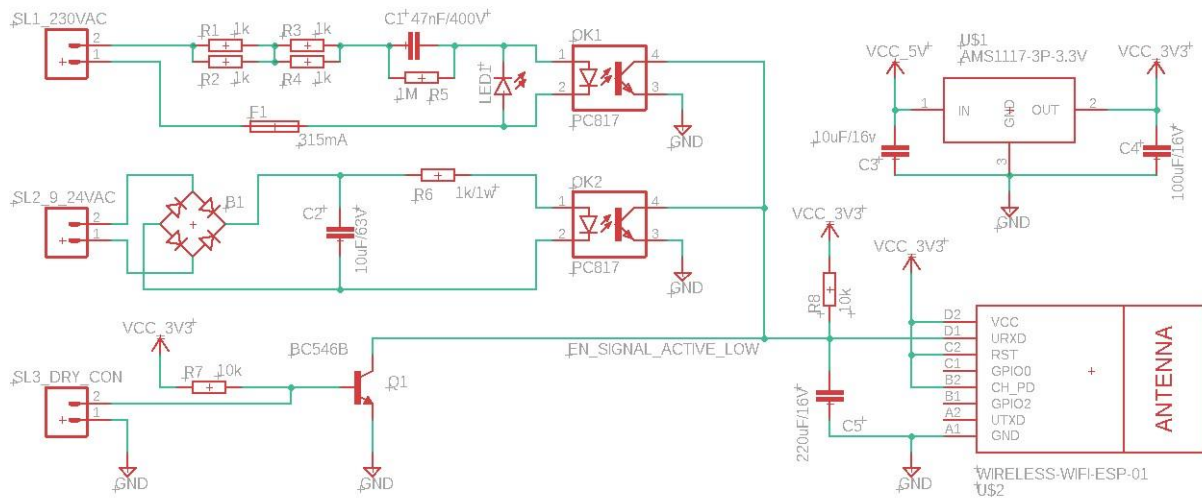


Εικόνα 3.3: Μπλοκ διάγραμμα βασικού ανιχνευτή

Το κυρίως μέρος του συστήματος αποτελείται από ένα βασικό ανιχνευτή τοποθετημένο σε κυτίο το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί για διαφορετικούς τύπους σύνδεσης καθώς διαθέτει τρεις ανεξάρτητες εισόδους που περιγράφονται παρακάτω.

- Είσοδος 1: Ανίχνευση εναλλασσόμενης τάσης 200-240VAC
- Είσοδος 2: Ανίχνευση εναλλασσόμενης τάσης 9-24VAC
- Είσοδος 3: Ξηρή επαφή, βρίσκεται σε κατάσταση μόνιμα κλειστή (normally closed) .

Το σχηματικό διάγραμμα του κυτίου παρουσιάζεται παρακάτω:

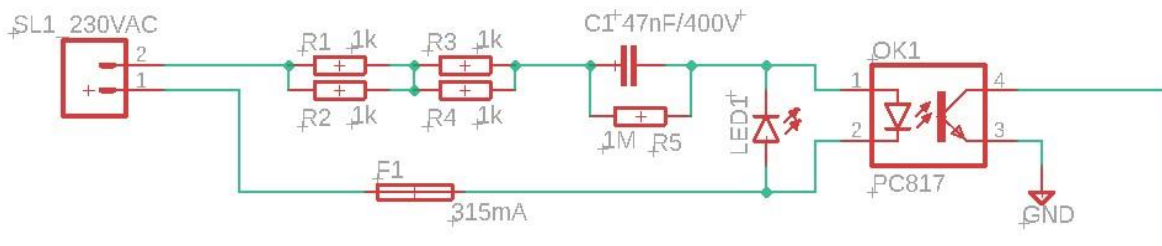


Εικόνα 3.4: Σχηματικό διάγραμμα βασικού ανιχνευτή

Το παραπάνω σχηματικό διάγραμμα παρουσιάζει την πλήρη διάταξη του κυκλώματος του κυτίου αυτού, το οποίο μπορεί να διαιρεθεί σε τρία διακριτά μέρη ανάλογα με τον τύπο της εισόδου.

✚ Είσοδος δικτύου 230VAC

Η πρώτη είσοδος είναι σε θέση να ανιχνεύει την παρουσία εναλλασσόμενης τάσης δικτύου (230VAC).



Εικόνα 3.5: Είσοδος δικτύου 230VAC

Όταν παρουσιάζεται τάση δικτύου 230VAC στην είσοδο SL1, το υπέρυθρο led του οπτοζεύκτη OK1 φωτοβολεί σε κάθε θετική ημιπερίοδο του ημιτόνου με αποτέλεσμα το τρανζίστορ του οπτοζεύκτη αυτού να άγει και να οδηγεί στη γείωση τον ακροδέκτη URXD (GPIO3) του μικροελεγκτή ESP8266. Κατά τις αρνητικές ημιπεριόδους του ημιτόνου εισόδου, το LED1 φωτοβολεί, δίνοντας έτσι στο χρήστη οπτική απεικόνιση επιβεβαίωσης για τη λειτουργία του κυκλώματος.

Για την αντίσταση περιορισμού του ρεύματος που διαρρέει το εκάστοτε led, χρησιμοποιήθηκε κύκλωμα περιορισμού ρεύματος με χρήση χωρητικής αντίστασης πυκνωτή σε σειρά, για την αποφυγή δημιουργίας μεγάλων θερμικών φορτίων σε αντίστοιχη περίπτωση με χρήση απλής ωμικής αντίστασης. Η χωρητική αντίσταση που παρουσιάζει ο πυκνωτής C1 δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$X_{C1} = \frac{1}{2 * \pi * f * C} = \frac{1}{2 * 3,14 * 50 * 4,7 * 10E-8} = 67,759K\Omega \quad (1.1)$$

Όπου X_{C1} η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή, f η συχνότητα του δικτύου (50Hz) και C η χωρητικότητά του. Σε σειρά με τη χωρητική αυτή αντίσταση του πυκνωτή, προστίθεται και η αθροισόμενη αντίσταση του δικτυώματος $R1, R2, R3, R4$, η τιμή του οποίου υπολογίζεται στο $1K\Omega$. Ο ρόλος ύπαρξης του δικτυώματος αυτού, είναι η προστασία του κυκλώματος από υπερβολικό ρεύμα εκκίνησης στην περίπτωση που το ημίτονο δικτύου κατά την τροφοδοσία βρίσκεται κοντά σε κάποια από τις κορυφές του.

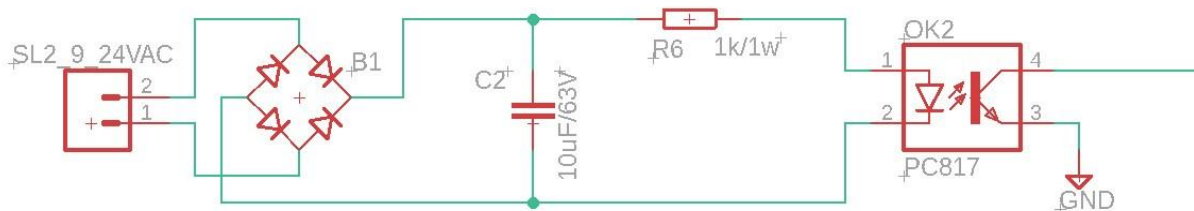
Ο ρόλος της ασφάλειας $F1$ είναι η προστασία του κυκλώματος σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ή καταστροφής του λόγω της ύπαρξης τάσης δικτύου στο κύκλωμα.

Έτσι, η συνολική τιμή αντίστασης περιορισμού ρεύματος του led του οπτοζεύκτη και αντίστοιχα του LED1, προκύπτει στα $68,7K\Omega$. Σύμφωνα με την τιμή αυτή, το ρεύμα που διαρρέει τα led αυτά προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$I_{led} = \frac{V_{grid} - V_f(led)}{68,7K\Omega} = \frac{230V - 3V}{68,7K\Omega} = 3,3mA \quad (1.2)$$

Λόγω της παλμικής φύσεως της εξόδου του οπτοζεύκτη OK1 (άγει μόνο κατά τις θετικές ημιπεριόδους του ημιτόνου) το εξαγόμενο προς το μικροελεγκτή σήμα εξομαλύνεται με τη χρήση του πυκνωτή C . Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό ασφαλείας που μας παρέχει ο οπτοζεύκτης είναι η γαλβανική απομόνωση της εξόδου.

✚ Είσοδος δικτύου 9-24VAC



Εικόνα 3.6: Είσοδος δικτύου 9-24VAC

Αρχικά μέσω της γέφυρας ανόρθωσης $B1$, η εισερχόμενη εναλλασσόμενη τάση μετατρέπεται σε συνεχή η οποία στη συνέχεια εξομαλύνεται από τον πυκνωτή $C2$. Η συνεχής τάση που προκύπτει για μέγιστη τάση εισόδου $V_{in}=24VAC$ υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_{C2} = (V_{in} * \sqrt{2}) - 2 * V_{df} = (24 * \sqrt{2}) - 2 * 0,7 = 33,93 - 1,4 = 32,5V \quad (1.3)$$

Το ρεύμα που διαρρέει το led του οπτοζεύκτη υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$I_{led} = I_{R6} = \frac{V_{C2} - V_{F(led)}}{R6} = \frac{32,5 - 3}{1000} = 29,5 \text{ mA} \quad (1.4)$$

Όπου I_{led} το ρεύμα που διαρρέει το led του οπτοζεύκτη OK2

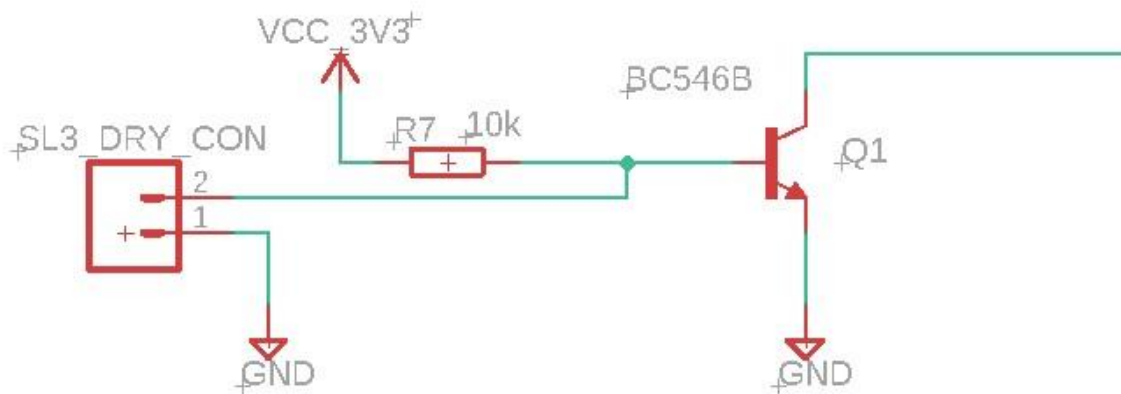
Όπου I_{R6} το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R6

Όπου $V_{F(led)}$ είναι η εσωτερική τάση του led του οπτοζεύκτη

Και σε αυτήν την περίπτωση όπως και στην προηγούμενη ο οπτοζεύκτης μας παρέχει γαλβανική απομόνωση.

✚ Είσοδος ξηρής επαφής

Για την είσοδο της ξηρής επαφής σχεδιάστηκε το κύκλωμα που ακολουθεί. Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως το σύστημα υποστηρίζει κανονικά κλειστές επαφές (normally closed contacts), λόγω της ευρέως διαδεδομένης χρήσης τους σε συστήματα ασφαλείας του εμπορίου.



Εικόνα 3.7: Είσοδος ξηρής επαφής

Σε περίπτωση που η επαφή SL3 ανοίξει, η επαφή συλλέκτη εκπομπού του τρανζίστορ πολώνεται μέσω της αντίστασης R7 κάτι που κάνει το τρανζίστορ να άγει με αποτέλεσμα να οδηγείται ο συλλέκτης στη γείωση και να σηματοδοτεί στο μικροελεγκτή το άνοιγμα της επαφής.



Εικόνα 3.9: Αισθητήρας κίνησης

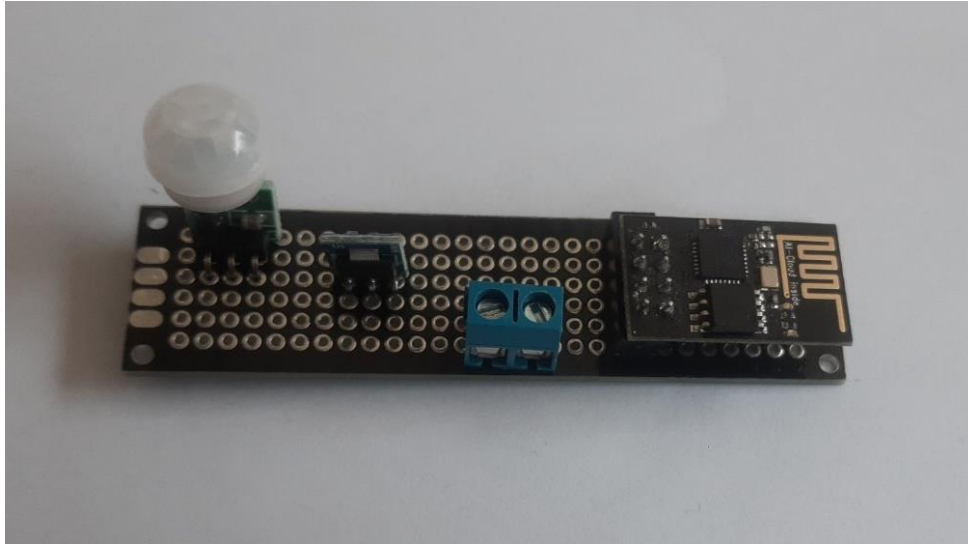
(Πηγή: <https://tinyurl.com/8rnc494h>)

Τα χαρακτηριστικά του πυροηλεκτρικού ανιχνευτή παρουσιάζονται παρακάτω [7]:

Χαρακτηριστικά :

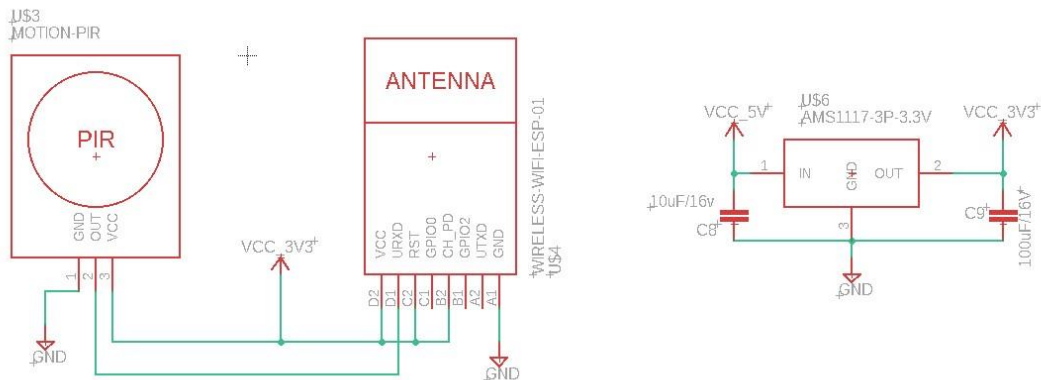
- Τύπος αισθητήρα: Κίνησης
- Τυπική Τάση Εισόδου: 3,3VDC
- Ρεύμα Λειτουργίας: 60mA
- Διασύνδεση: Ψηφιακή
- Πρωτόκολλο Επικοινωνίας: Χωρίς
- Κατανάλωση: <60uA
- Σήμα Εξόδου: 3.3V TTL
- Απόσταση Ανίχνευσης: 3 - 6 μέτρα
- Γωνία Ανίχνευσης: <140°
- Χρόνος ενεργοποίησης: 5 - 200 sec
- Χρόνος καθυστέρησης: 2 - 4 sec

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η κυκλωματική διάταξη του ανιχνευτή κίνησης.



Εικόνα 3.10: Κυκλωματική διάταξη ανιχνευτή κίνησης

Στην εικόνα 3.10 παρουσιάζεται το κυκλωματικό διάγραμμα του αισθητήρα κίνησης PIR, δεν απαιτείται κάποια επιπλέον κυκλωματική διάταξη και η έξοδος του οδηγείται απευθείας στη προκαθορισμένη ψηφιακή είσοδο του μικροελεγκτή.



Εικόνα 3.11: Κυκλωματικό διάγραμμα του αισθητήρα κίνησης

3.3.3 Ανίχνευση επιπέδων θορύβου

Τα άτομα με προβλήματα ακοής αντιμετωπίζουν καθημερινά δυσκολία στην αντίληψη-αναγνώριση συσκευών που παράγουν ήχο και επιπροσθέτως αδυνατούν να αντιληφθούν υψηλά επίπεδα θορύβου που μπορεί να προκληθούν ακούσια και να προκαλέσουν δυσφορία προς τρίτους. Η λειτουργία του μικροφώνου αποτελεί μία σημαντική προσθήκη του συστήματος. Υπάρχει δυνατότητα κατά την εγκατάσταση του ανιχνευτή να πραγματοποιηθεί προ ρύθμιση της ευαισθησίας του μικροφώνου ανάλογα με τη χρήση.

Η ρύθμιση της ευαισθησίας του μικροφώνου μπορεί να καθοριστεί από τον προγραμματιστή για διαφορετικές καταστάσεις ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη. Κάποια πιθανά ενδεικτικά όρια όπου ο προγραμματιστής μπορεί να ρυθμίσει το επίπεδο ανίχνευσης των ήχων είναι τα εξής [17]:

1. Πιθανή παραβίαση του χώρου = 40-60dB
2. Πολύ δυνατοί θόρυβοι – ηχορύπανση = 70-90dB

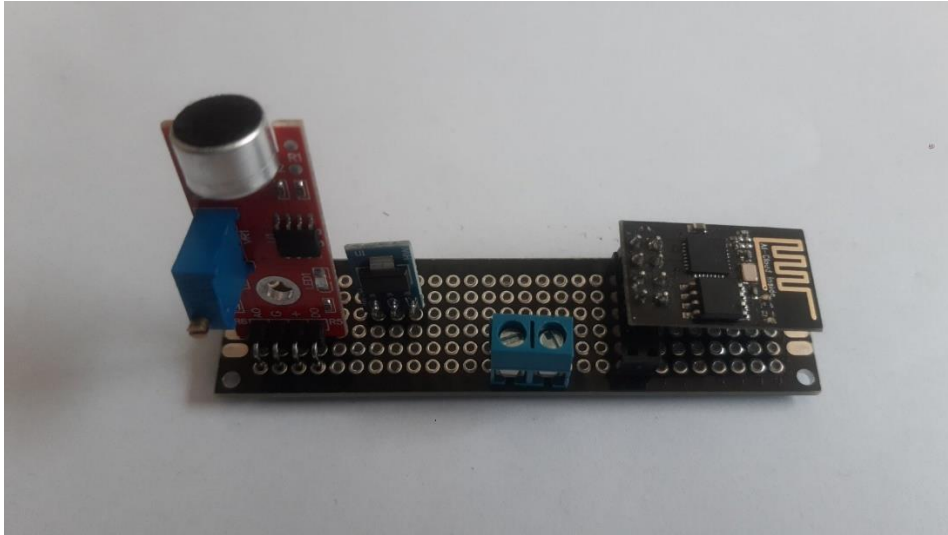
Επιπλέον, εκτός από τα παραπάνω ενδεικτικά όρια επιπέδων θορύβου στο χρήστη παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης του ανιχνευτή ήχου σε πιο συγκεκριμένα πλαίσια. Δηλαδή, εάν ο χρήστης επιθυμεί να ειδοποιείται από τον ανιχνευτή ήχου όταν χτυπάει το σταθερό του τηλέφωνο τότε ο προγραμματιστής του συστήματος προχωρά στην εγκατάσταση του ανιχνευτή δίπλα στο σταθερό τηλέφωνο, πραγματοποιεί μία κλίση ώστε να ηχήσει το τηλέφωνο και μέσω του εσωτερικού ποτενσιόμετρου θέτει σαν όριο την επιθυμητή τιμή της ευαισθησίας για την ενεργοποίηση του ανιχνευτή.



Εικόνα 3.12: Επίπεδα θορύβου

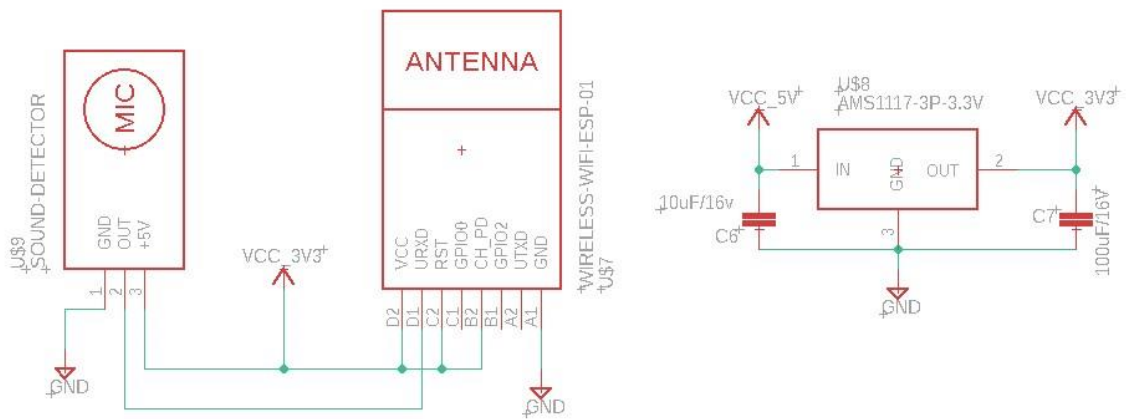
(Πηγή: <https://www.aliexpress.com/item/4000400339965.html>)

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η κυκλωματική διάταξη των επιπέδων ανίχνευσης θορύβου.



Εικόνα 3.13: Κυκλωματική διάταξη ανιχνευτή θορύβου

Στην εικόνα 3.12 εμφανίζεται το κυκλωματικό διάγραμμα του μικροφώνου, όπου διακρίνεται η σύνδεση του με τον μικροελεγκτή ESP8266.



Εικόνα 3.14: Κυκλωματικό διάγραμμα μικροφώνου

3.3.4 Έξυπνο ρολόι M5StickC



Εικόνα 3.15: Έξυπνο ρολόι M5StickC

(Πηγή: <https://tinyurl.com/7wx2pj8>)

Το έξυπνο ρολόι που επιλέχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής είναι το M5StickC. Το βασικό μέρος του ρολογιού είναι ο μικροελεγκτής ESP32. Διαθέτει ρολόι πραγματικού χρόνου (RTC- Real Time Clock) και παρέχει την δυνατότητα να αξιοποιηθεί και σαν απλό ρολόι. Είναι μικρού μεγέθους και βάρους και χαμηλού κόστους.

Τα χαρακτηριστικά του έξυπνου ρολογιού M5StickC παρουσιάζονται παρακάτω [8]:

- Μικροελεγκτής ESP32
- Μικρόφωνο
- Πομπός υπερύθρων
- Υποστήριξη βασισμένη σε ESP32 BLE 4.2 και WiFi
- Κόκκινο LED
- Πομπός IR
- Ρολόι πραγματικού χρόνου (RTC)
- Κουμπιά, LCD (1,14 ίντσες)
- Ενσωματωμένη μπαταρία Lipo
- Πλατφόρμα ανάπτυξης UIFlow , MicroPython , Arduino

Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται τα εκάστοτε μηνύματα που δέχεται το έξυπνο ρολόι από τους ανιχνευτές του συστήματος.

Στην εικόνα 3.16 απεικονίζεται στην οθόνη του έξυπνου ρολογιού το μήνυμα του ανιχνευτή κίνησης που ειδοποιεί το χρήστη για την παραβίαση του χώρου του.



Εικόνα 3.16: Κεντρική οθόνη έξυπνου ρολογιού

Στην εικόνα 3.17 εμφανίζεται στην οθόνη του έξυπνου ρολογιού το μήνυμα «ΚΟΥΔΟΥΝΙ» και ειδοποιεί το χρήστη πως έχει ηχήσει το κουδούνι της θύρας του.



Εικόνα 3.17: Μήνυμα πως ηχεί το κουδούνι της θύρας

Στην εικόνα 3.18 απεικονίζεται στην οθόνη του έξυπνου ρολογιού το μήνυμα «ΠΟΡΤΑ ΑΝΟΙΧΤΗ» και ειδοποιεί το χρήστη μέσω της εισόδου της ξηρής επαφής, πως η πόρτα της οικίας του έχει ανοίξει.



Εικόνα 3.18: Μήνυμα πως η θύρα άνοιξε

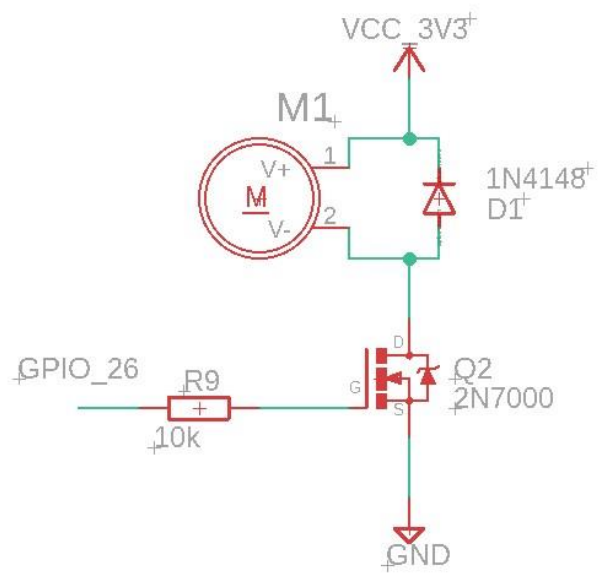
Το παρόν σύστημα απευθύνεται σε άτομα που πάσχουν είτε από μερική απώλεια ακοής είτε από πλήρη κώφωση. Κατά τη χρήση του συστήματος υπάρχει πιθανότητα ο χρήστης να μην αντιληφθεί τα μηνύματα ειδοποίησης που εμφανίζονται στην οθόνη του έξυπνου ρολογιού. Το ρολόι κατασκευαστικά επιτρέπει μόνο την οπτική πληροφόρηση του χρήστη. Για την αξιοποίηση της απτικής ειδοποίησης, σχεδιάστηκε και προστέθηκε η λειτουργία της δόνησης με σκοπό την προτροπή του χρήστη να κοιτάξει την οθόνη του έξυπνου ρολογιού έτσι ώστε να αντιληφθεί εγκαίρως την ειδοποίηση διαβάζοντας το μήνυμα που εμφανίζεται από ποιο σημείο ενδιαφέροντος προέρχεται. Το έξυπνο ρολόι διαθέτει δύο εισόδους-εξόδους για επεκτάσεις.

Κατά την προβολή του μηνύματος στην οθόνη πραγματοποιείται παράλληλα ενεργοποίηση του ακροδέκτη GPIO26 ο οποίος δίνει και την εντολή στο MOSFET Q2 για την εκκίνηση της δόνησης. Προστέθηκε η δίοδος D1 με σκοπό την προστασία του κυκλώματος από πιθανά ανάστροφα ρεύματα που μπορεί να δημιουργήσει ο κινητήρας. Στην εικόνα 3.19 παρουσιάζονται η έξοδος του GPIO26. Στην εικόνα 3.20 παρουσιάζεται το κυκλωματικό διάγραμμα της δόνησης.

Οι φωτογραφίες του συστήματος δόνησης παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 3.19: Απεικόνιση ακροδεκτών εισόδων-εξόδων του M5StickC



Εικόνα 3.20: Κυκλωματικό διάγραμμα δόνησης



Εικόνα 3.21: Έξυπνο ρολόι με προσαρμοσμένη επέκταση δόνησης



Εικόνα 3.22: Κυτίο επέκτασης δόνησης



Εικόνα 3.23 Πλακέτα επέκτασης δόνησης

Κεφάλαιο 4ο: Προγραμματισμός και υλοποίηση κατασκευής

4.1 Τι είναι το Arduino IDE

Το Arduino IDE είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που βασίζεται σε εύχρηστο υλικοτεχνικό εξοπλισμό και σε λογισμικό [23]. Οι αναπτυξιακές πλακέτες της οικογένειας Arduino είναι σε θέση να διαβάζουν εισόδους ,φως σε έναν αισθητήρα, ενεργοποίηση ενός μπουτόν ή ένα μήνυμα σε μία πλατφόρμα μέσω κοινωνικής δικτύωσης όπως το Twitter, και να το μετατρέπουν σε έξοδο ενεργοποιώντας είτε έναν κινητήρα είτε ένα LED ή και δημοσιεύοντας κάτι στο διαδίκτυο. Οι ενέργειες που θα εκτελέσει η εκάστοτε πλακέτα Arduino εξαρτώνται από τις εντολές-οδηγίες που θα λάβει ο μικροελεγκτής.

Για την ανάπτυξη του λογισμικού έγινε χρήση της πλατφόρμας Arduino IDE. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα είναι ανοιχτού κώδικα με μια μεγάλη και ενεργή κοινότητα υποστήριξης και το περιβάλλον λειτουργίας της είναι ιδιαίτερα απλό και φιλικό για τον προγραμματιστή. Η γλώσσα προγραμματισμού είναι ουσιαστικά C/C++ με προσανατολισμό στις ειδικές λειτουργίες που μπορούν να εκτελέσουν οι μικροελεγκτές. Οποιοδήποτε από τα δημοφιλή λειτουργικά συστήματα (Windows, Linux, MacOSX) μπορεί να φιλοξενήσει το IDE, το οποίο διαθέτει ειδική λειτουργία για την εγγραφή του κώδικα (μέσω σειριακής) στην EEPROM ή flash μνήμη μικροελεγκτών [24]. Το ESP8266 το οποίο αποτελεί τον μικροελεγκτή του έργου δεν ανήκει στην κατηγορία των Arduino την οποία εγγενώς υποστηρίζει η πλατφόρμα. Μόνο σχετικά πρόσφατα προστέθηκε (επίσημα) στη λίστα των υποστηριζόμενων μικροελεγκτών κάνοντας το ιδιαίτερα δημοφιλή.

Κατά κανόνα τα προγράμματα για Arduino διαιρούνται σε τρεις βασικά τμήματα όπως:

- Το τμήμα δήλωσης μεταβλητών (variable declaration section)
- Το τμήμα εγκατάστασης (setup section)
- Το τμήμα βρόχου (loop section)

```

Blink §
This example code is in the public domain.

http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
    
```

32 Arduino/Genuino Uno on COM1

Εικόνα 4.1: Περιβάλλον του Arduino IDE

4.2 Μικροελεγκτές ESP8266 – ESP32

Μικροελεγκτής είναι ένα προγραμματιζόμενο ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο διαθέτει επεξεργαστή, μνήμη, διάφορα περιφερειακά κυκλώματα καθώς επίσης και θύρες εισόδου/εξόδου για επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές.

Ο μικροελεγκτής (microcontroller) αποτελείται από έναν μικροεπεξεργαστή και η λειτουργία του μπορεί να εκτελεστεί με τον ελάχιστο αριθμό εξωτερικών εξαρτημάτων, λόγω των πολλών υποσυστημάτων που βρίσκονται ενσωματωμένα στο ίδιο κύκλωμα. Ένας μικροελεγκτής εκτός από την CPU περιλαμβάνει, μνήμες για την αποθήκευση των δεδομένων και του λογισμικού, θύρες εισόδου/εξόδου, μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακού και το αντίστροφο, ρολόι, διάφορους αισθητήρες κ.α. Η χρήση των μικροελεγκτών πραγματοποιείται κυρίως σε εφαρμογές που απαιτούν σύντομο χρονικό διάστημα για την υλοποίησή τους, χαμηλό κόστος, ευελιξία σχεδιασμού, μικρό μέγεθος αλλά και μικρή κατανάλωση ενέργειας.

✚ ESP8266

Τα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή ESP8266 παρουσιάζονται παρακάτω [4]:



Εικόνα 4.2: Μικροελεγκτής ESP8266

(Πηγή: <https://grobotronics.com/esp8266-wifi-module.html>)

Χαρακτηριστικά :

- Συμβατό για προγραμματισμό μέσω της πλατφόρμας Arduino IDE
- Διεπαφή WiFi /2,4GHz
- ESP-01 - Serial/UART baud rate = 115200 bps
- Τάση λειτουργίας: 3.3V
- Διαστάσεις ολοκληρωμένου: 24.8mm x 14.3mm
- Υποστήριξη 3 WiFi λειτουργιών: AP,STA,AP+STA

Η συγκεκριμένη αναπτυξιακή πλακέτα ESP8266-1 που χρησιμοποιήθηκε κάνει διαθέσιμους τέσσερις ακροδέκτες GPIO προς χρήση. Στην παρούσα εφαρμογή γίνεται χρήση ενός από αυτούς τους ακροδέκτες σε κάθε Universal Sensor Box, με σκοπό τον εντοπισμό σε κάθε περίπτωση της αντίστοιχης ενεργοποίησης εισόδου.

✚ ESP32

Τα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή ESP32 παρουσιάζονται παρακάτω [5] :



Εικόνα 4.3: Μικροελεγκτής ESP32

(Πηγή: <https://tinyurl.com/y5dczc8j>)

Χαρακτηριστικά:

- Πυρήνες: 2 πυρήνες 160MHz
- Μνήμη Flash 4MB
- Τάση τροφοδοσίας 3,3V
- 4 διάλογοι SPI
- 2 διάλογοι I²S
- 2 διάλογοι I²C
- 3 διάλογοι UART
- Διεπαφή Wi-Fi /2,4GHz
- Διεπαφή BLE

Κεφάλαιο 4ο

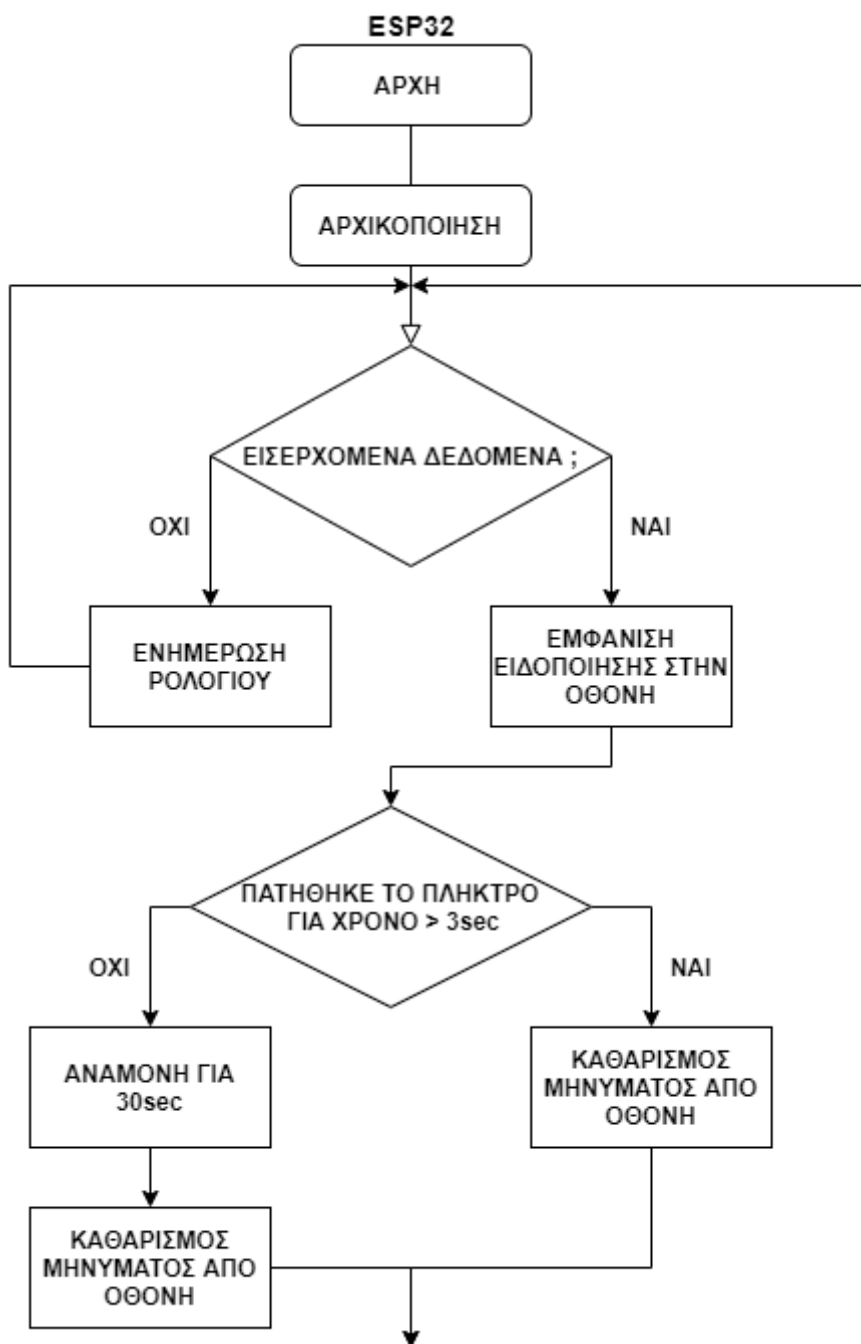
Παρακάτω παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ των δύο μικροελεγκτών που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

	ESP8266	ESP32
MCU	Xtensa Single-core 32-bit L106	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 with 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	HT20	HT40
Bluetooth	No	Bluetooth 4.2 and BLE
Typical Frequency	80 MHz	160 MHz
SRAM	No	Yes
Flash	No	Yes
GPIO	17	36
Hardware /Software PWM	None / 8 channels	None / 16 channels
SPI/I2C/I2S/UART	2/1/2/2	4/2/2/2
ADC	10-bit	12-bit
CAN	No	Yes
Ethernet MAC Interface	No	Yes
Touch Sensor	No	Yes
Temperature Sensor	No	Yes
Hall effect sensor	No	Yes
Working Temperature	-40°C to 125°C	-40°C to 125°C

Εικόνα 4.4: Διαφορές ESP8266- ESP32

4.3 Διάγραμμα ροής κώδικα μικροελεγκτών ESP8266 και ESP32 (smartwatch)

4.3.1 Έξυπνο ρολόι (smartwatch-ESP32)



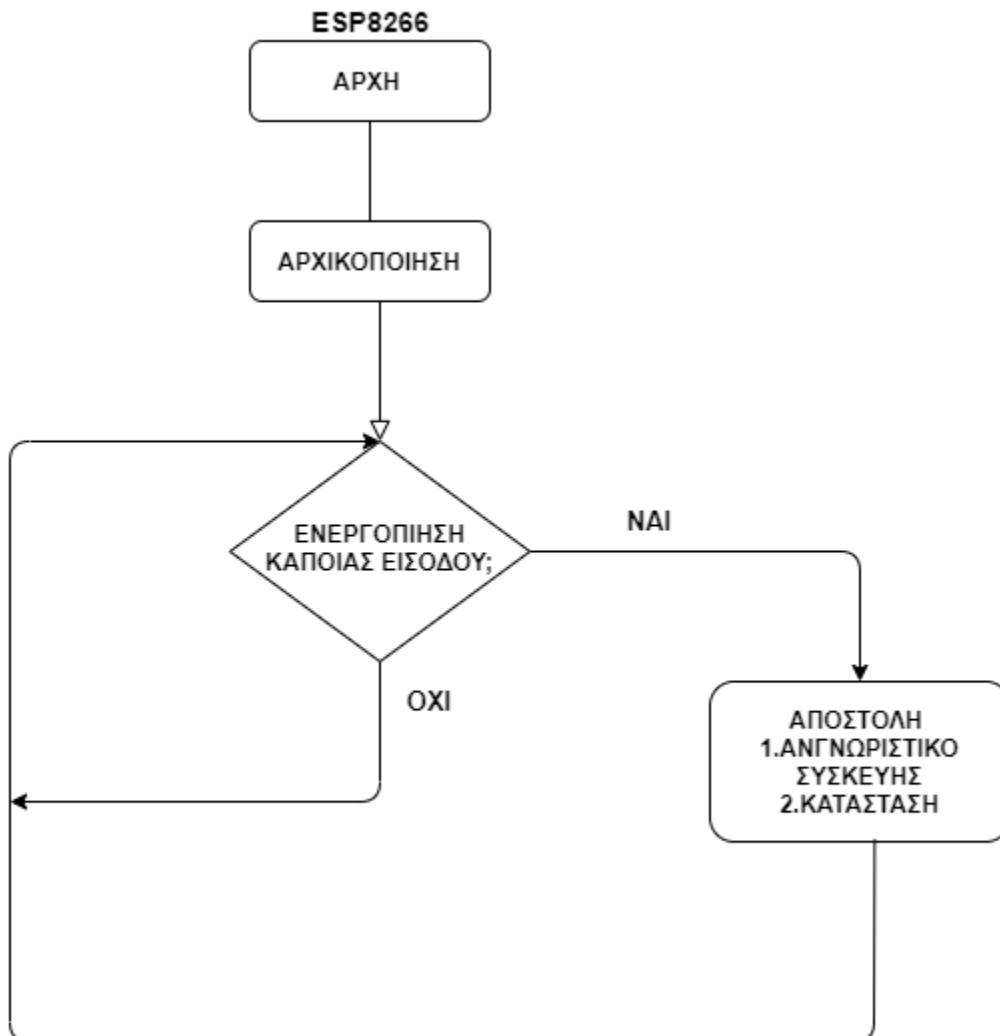
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα ροής κώδικα έξυπνου ρολογιού

Γίνεται αρχικοποίηση του συστήματος και στη συνέχεια πραγματοποιείται σύνδεση στο δίκτυο ESP NOW. Το σύστημα εισέρχεται σε ένα βρόγχο ανίχνευσης για εισερχόμενα δεδομένα που μπορεί να είναι:

- Το τηλέφωνο
- Το κουδούνι
- Η ξηρή επαφή
- Ο ανιχνευτής κίνησης

Αν δεν διαβαστεί κάποιο εισερχόμενο πακέτο η συσκευή πραγματοποιεί απλή ενημέρωση του ρολογιού πραγματικού χρόνου (RTC). Αν όμως ανιχνεύσει εισερχόμενα δεδομένα διαβάζει από που προέρχονται και εμφανίζει στην οθόνη του έξυπνου ρολογιού το αντίστοιχο μήνυμα για 30 δευτερόλεπτα και παράλληλα ενεργοποιείται και η λειτουργία της δόνησης. Αν πατηθεί το πλήκτρο όπου βρίσκεται πάνω στο ρολόι για πάνω από 2 δευτερόλεπτα τότε το μήνυμα διαγράφεται και επιστρέφει στην αρχική οθόνη.

4.3.2 Μικροελεγκτής ESP8266



Εικόνα 4.6: Διάγραμμα ροής κώδικα μικροελεγκτή ESP8266

Πραγματοποιείται η αρχικοποίηση της συσκευής και η σύνδεση στο πρωτόκολλο επικοινωνίας ESP NOW. Ο μοναδικός βρόγχος που εκτελείται είναι η ανίχνευση οποιασδήποτε δραστηριότητας εάν υπάρχει με αποτέλεσμα να ανιχνεύεται και η αλλαγή της κατάστασης του συστήματος από high σε low αποστέλλεται το αναγνωριστικό της συσκευής καθώς και η κατάσταση στο έξυπνο ρολόι- δέκτης.

4.4 Δοκιμή συστήματος σε άτομα που πάσχουν από προβλήματα ακοής

Το παρόν σύστημα τοποθετήθηκε και δοκιμάστηκε σε οικία βαρήκουου ατόμου. Το προφίλ του χρήστη είναι το εξής :

- Φύλο : Άρρεν
- Ηλικία : 40 έτη

Απώλεια ακουστικής ικανότητας:

- Δεξί αυτί : Πλήρη κώφωση
- Αριστερό αυτί : Σοβαρού βαθμού βαρηκοΐα, τοποθέτηση ακουστικού βοηθήματος.

Το σύστημα τέθηκε σε λειτουργία για τα εξής σημεία:

- Το κουδούνι
- Το θυροτηλέφωνο
- Μαγνητική επαφή στη θύρα εισόδου
- Ανίχνευση επιπέδων θορύβου



Εικόνα 4.7: Σύνδεση ανιχνευτή με κουδούνι θύρας



Εικόνα 4.8: Κυτίο ανιχνευτή κουδουνιού θύρας



Εικόνα 4.9: Εσωτερική απεικόνιση ανιχνευτή θύρας



Εικόνα 4.10: Σύνδεση ανιχνευτή με θυροτηλέφωνο



Εικόνα 4.11: Μαγνητική επαφή θύρας



Εικόνα 4.12: Εγκατάσταση μαγνητικής επαφής στη θύρα



Εικόνα 4.13 Έξυπνο ρολόι τοποθετημένο στο χέρι του χρήστη

Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

5.1 Συμπεράσματα

Μετά το πέρας δύο εβδομάδων ο χρήστης κατέθεσε την εμπειρία του μετά την χρήση του συστήματος στην καθημερινότητα του. Εξέφρασε την ικανοποίηση του καθώς βελτιώθηκε σε μεγάλο βαθμό η παραμονή του εντός της οικίας του. Οι καθημερινές δραστηριότητες στο χώρο της οικίας του όπως να απαντά στο θυροτηλέφωνο, να ανταποκρίνεται στο χτύπημα του κουδουνιού της θύρας, να κοιμάται με γαλήνη πριν την τοποθέτηση και χρήση του συστήματος διεκπεραιώνονταν με δυσκολία. Τις ώρες παραμονής του εντός της οικίας ο χρήστης επιθυμούσε να αφαιρεί το ακουστικό του βοήθημα για παρατεταμένα χρονικά διαστήματα. Ιδιαίτερα κατά την διάρκεια του ύπνου ο χρήστης επιθυμούσε την αφαίρεση του ακουστικού με σκοπό την ξεκούραση του αυτιού του από την πολύωρη χρήση αλλά και την πραγματοποίηση της διαδικασίας αφύγρυνσης του, που κρίνεται απαραίτητη για την μακροζωία και την εύρυθμη λειτουργία ενός ακουστικού βαρηκοΐας.

Μετά την δοκιμή του συστήματος ο χρήστης εξέφρασε τον ενθουσιασμό του καθώς όλες οι παραπάνω δυσκολίες ξεπεράστηκαν από την πρώτη κιόλας ημέρα χρήσης. Ο χειρισμός του συστήματος ήταν απλός και κατανοητός και δεν παρουσίασε κάποια δυσκολία που να δυσαρεστεί το χρήστη. Το χαμηλό κόστος καθώς και η ευκολία στη χρήση, καθιστούν το προτεινόμενο σύστημα καινοτόμο στον τομέα του.

Ζητήθηκε από τον χρήστη μετά την δοκιμή του συστήματος να συμπληρώσει ένα ερωτηματολόγιο με σκοπό την ευχρηστία του συστήματος. Η κλίμακα βαθμολόγησης εκτείνεται από το 1 έως και το 10, βαθμολογώντας ουσιαστικά την έγκυρη ενημέρωσή του σε κάθε πιθανό σενάριο που αφορά τα σημεία ενδιαφέροντος που τοποθετήθηκαν τα κουτιά των ανιχνευτών.

Πίνακας 1: Ερωτηματολόγιο δοκιμής συστήματος

Δραστηριότητα	Ανταπόκριση του χρήστη πριν την τοποθέτηση του συστήματος	Ανταπόκριση του χρήστη μετά την τοποθέτηση του συστήματος
Κουδούνι	5	8
Θυροτηλέφωνο	4	9
Άνοιγμα θύρας	2	9
Ανίχνευση επιπέδων θορύβου	2	8

5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Το σύστημα θα μπορούσε να υποστεί κάποιες αλλαγές με σκοπό την βελτίωσή του, κάποιες από αυτές αναφέρονται παρακάτω. Αρχικά, οι μονάδες του συστήματος να είναι κοινές και ο χρήστης να μπορεί να προμηθευτεί όσες αυτός επιθυμεί χωρίς να είναι απαραίτητος ο προγραμματισμός τους εκ των προτέρων, αλλά να μπορεί να επιλέξει μέσω του μενού του έξυπνου ρολογιού τη σύζευξη τους με το δέκτη (έξυπνο ρολόι). Μία ακόμα επιπρόσθετη επέκταση θα μπορούσε να είναι η λειτουργία ημέρας και νύχτας (day-night mode). Κατά τη λειτουργία ημέρας ο πυροηλεκτρικός αισθητήρας κίνησης (PIR) να είναι απενεργοποιημένος με σκοπό την απεριόριστη και απερίσπαστη κίνηση του χρήστη στο χώρο. Επιπροσθέτως, η ένταση της φωτεινότητας της οθόνης του έξυπνου ρολογιού να είναι σε υψηλότερα επίπεδα. Κατά τη νυχτερινή λειτουργία, ο πυροηλεκτρικός αισθητήρας κίνησης (PIR) θα είναι ενεργοποιημένος με σκοπό την έγκυρη ειδοποίηση του χρήστη σε περίπτωση παραβίασης του χώρου. Σε αυτή την περίπτωση η φωτεινότητα της οθόνης θα βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα με σκοπό την προστασία των οφθαλμών. Επιπλέον, τα επίπεδα αντίχτυπου του ήχου να έχει τη δυνατότητα να τα ρυθμίσει και να τα επιλέξει ο χρήστης μέσω του μενού του έξυπνου ρολογιού. Τέλος, θα μπορούσε να κατασκευαστεί ένα εξατομικευμένο ρολόι ειδικά για το παρόν σύστημα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

[1] Χ. Τζανετοπούλου, «Έξυπνο Σπίτι Με Χρήση Του Προτύπου Konnex Και Εξοικονόμηση Ενέργειας», Αθήνα, Ιούλιος 2010

[2] Edith Law; Luis von Ahn, Human Computation , Morgan & Claypool, 2011

[3] J. Antony Seikel, David G. Drumright, Douglas W. King, «Ανατομία & Φυσιολογία Ομιλίας, Λόγου και Ακοής», Κωνσταντάρας, 2019

Data Sheet

[4] Espressif Systems, “ESP8266EX Datasheet ”, 2020.

[5] Espressif Systems, “ ESP32WROOMDA Datasheet ”, 2021.

[6] Sharp, “ PC817 Series, High Density Mounting Type Photocoupler ”,

Internet Site

[7] "HC-SR505 PIR motion sensor Module", *Microcontrollers Lab*, 2021. [Online]. Available: <https://microcontrollerslab.com/hc-sr505-pir-motion-sensor-module/>. [Accessed: 16- Oct- 2021].

[8] 2021. [Online]. Available: <https://gr.mouser.com/new/m5stack/m5stack-m5stickc-tools/>. [Accessed: 16- Oct- 2021].

[9] European Telecommunications Standards Institute, “Digital Video Broadcasting (DVB): Implementation guide for DVB terrestrial services; transmission aspects,” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI-TR-101, 2007. [Online].

[10] "Causes of hearing loss – what causes hearing loss? - hear-it.org", *hear-it.org*, 2021. [Online]. Available: <https://www.hear-it.org/causes-of-hearing-loss>. [Accessed: 08- Oct- 2021].

[11] "Types of hearing loss | Understand the types of hearing loss - hear-it.org", *hear-it.org*, 2021. [Online]. Available: <https://www.hear-it.org/types-hearing-loss>. [Accessed: 08- Oct- 2021].

[12] "Europe- Hearing-loss - hear-it.org", *hear-it.org*, 2021. [Online]. Available: <https://www.hear-it.org/hearing-loss-in-europe>. [Accessed: 08- Oct- 2021].

[13] 2021. [Online]. Available: <https://www.healthyhearing.com/help/hearing-loss/causes>. [Accessed: 08- Oct- 2021].

[14] S. User, "Διεθνή Στατιστικά Στοιχεία - Σύλλογος Ακοοπροθετιστών Ελλάδος", *Akouste.gr*, 2021. [Online]. Available: <https://www.akouste.gr/index.php/arthra/diethni-statistika-stoixeia>. [Accessed: 16-Oct- 2021].

[15] zhang, "PoPulation RefeRence BuReau america's aging population", *Academia.edu*, 2021. [Online]. Available: https://www.academia.edu/36721332/PoPulation_RefeRence_BuReau_americas_aging_population. [Accessed: 08- Oct- 2021].

[16] American Academy of Audiology, "Myth VS Fact, The truth about hearing loss", September 2015, [http://www.audiology.org/sites/default/files/AAM Poster \(24x36\).pdf](http://www.audiology.org/sites/default/files/AAM%20Poster%20(24x36).pdf)

[17] 2021. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>. [Accessed: 16- Oct- 2021].

Paper in Conference Proceedings

[18] A. V. Zinkevich, "ESP8266 Microcontroller Application in Wireless Synchronization Tasks," 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2021, pp. 670-674, doi: 10.1109/ICIEAM51226.2021.9446411.

[19] P. Kumari, P. Goel and S. R. N. Reddy, "PiCam: IoT Based Wireless Alert System for Deaf and Hard of Hearing," 2015 International Conference on Advanced Computing and Communications (ADCOM), 2015, pp. 39-44, doi: 10.1109/ADCOM.2015.14.

[20] H. Ren, M. Q. - . Meng and X. Chen, "Wireless Assistive Sensor Networks for the Deaf," 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2006, pp. 4804-4808, doi: 10.1109/IROS.2006.282354.

Journal Articles

[21] Linda A. Jacobsen, Mary Kent, Marlene Lee and Mark Mather, "America's Aging Population", Population Reference Bureau, Vo. 66, no.1, February 2011

[22] E. T. R. Babar and M. U. Rahman, "A Smart, Low Cost, Wearable Technology for Remote Patient Monitoring," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 19, pp. 21947-21955, 1 Oct.1, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3101146.

[23]"Integrated Development Environment "IDE" For Arduino", *ResearchGate*, 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/328615543_Integrated_Development_Environment_IDE_For_Arduino.

[24] E. Ramos, "Processing", *Arduino and Kinect Projects*, pp. 35-60, 2012. Available: 10.1007/978-1-4302-4168-3_3.

[25] Dalton DS, Cruickshanks KJ, Klein BE, Klein R, Wiley TL, Nondahl DM. The impact of hearing loss on quality of life in older adults. *Gerontologist*. 2003 Oct;43(5):661-8. doi: 10.1093/geront/43.5.661. PMID: 14570962.