



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ανιχνευτής σωματιδίων σκόνης και έλεγχος της
ποιότητας του αέρα κλειστού χώρου»

«Εικόνα»

Του φοιτητή
Μακρή Βασίλη
Αρ. Μητρώου: 516077

Επιβλέπων
Άγγελος Γιακουμής
Βαθμίδα

Ημερομηνία 22/03/22

Τίτλος Δ.Ε. Ανιχνευτής σωματιδίων σκόνης και έλεγχος της ποιότητας του αέρα κλειστού χώρου

Κωδικός Δ.Ε. 22185

Όνοματεπώνυμο φοιτητή Μακρής Βασίλης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Άγγελος Γιακουμής

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε 22/03/22

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 04/09/22

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 Μακρή Βασίλη 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.

«Αφιέρωση»

Πρόλογος

Ο κύριος λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε αυτό το συγκεκριμένο θέμα διπλωματικής εργασίας αφορά την ανιδιοτελή συμβολή η οποία χαρακτηρίζει το ήθος και την ευαισθησία του συγγραφέα στο να ωθήσει την όποια μεταβολή του πλανήτη γη σε περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες να προκύπτουν το κατά όσο δυνατότερο καθαρές και βιώσιμες για το ανθρώπινο αλλά και λοιπά έμβια είδη γίνεται διότι η υπερβολική ρύπανση της ατμόσφαιρας από παράγωγα των υλικών καύσης στο εσωτερικό των καυστήρων των οχημάτων και των εργοστασιακών δομών έχουν προκαλέσει υπολογίσιμη περιβαλλοντολογική καταστροφή στον πλανήτη. Με βάση αυτήν ακριβώς την ανησυχία εμπνεύστηκε η σύλληψη της ιδέας της ανάπτυξης μιας μικρής αλλά χρήσιμης κατασκευής με σκοπό την αναγνώριση της εν λόγω ρύπανσης στο άμεσο περιβάλλον του κάθε ανθρώπου έτσι ώστε αφενός να εδραιώσει την απόδειξη του ισχυρισμού και αφετέρου την άμεση αποτροπή της επιδείνωσης της ρύπανσης εάν η ανθρωπότητα συνεχίσει να δουλεύει μόνο προς το οικονομικό όφελος της. Επομένως με την κατασκευή αυτή μπορεί ο χρήστης να παρακολουθεί τα επίπεδα ρύπανσης με σκοπό να εξαλειφθούν ή τουλάχιστον να περιορισθούν οι συνέπειες τους στην υγεία των ανθρώπων αλλά και γενικότερα στο περιβάλλον, συμβάλλοντας έτσι στο κοινωνικό σύνολο για ένα καθαρότερο και υγιεινό περιβάλλον.

Περίληψη

Οι περιβαλλοντικοί παράμετροι του αέρα επηρεάζουν άμεσα την καθημερινή μας ποιότητα ζωής και μπορούν να αλλάζουν από μέρα σε μέρα ή ακόμα και από ώρα σε ώρα. Σήμερα, με την ταχεία εκβιομηχάνιση και τον αυξανόμενο αριθμό αυτοκινήτων στην πόλη τις τελευταίες δεκαετίες, είναι καιρός για όλους να είναι λίγο πιο προσεκτικοί με την υγεία τους. Σε αυτή τη Πτυχιακή εργασία αποφάσισα να προσπαθήσω να βοηθήσω όποιον δεν είναι σίγουρος για το πόσο κακή είναι η ποιότητα του αέρα στο σπίτι του. Έτσι έφτιαξα ένα ανιχνευτή σωματιδίων του αέρα βασισμένο στον μικροελεγκτή ESP32. Ο ανιχνευτής αυτός έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μια αποτελεσματική και άμεση λύση για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα ενός δωματίου συνεχώς σε πραγματικό χρόνο, καθώς και για να δείχνει τη θερμοκρασία και την υγρασία.

Είναι ένα φορητό σύστημα που περιέχει δύο αισθητήρες και μια λωρίδα neopixel led, που μας δείχνει την ποιότητα του αέρα στο δωμάτιο. Για μια πιο λεπτομερή αναφορά, μπορούμε να διαβάσουμε την οθόνη OLED που μας δείχνει σε πραγματικό χρόνο τα σωματίδια του αέρα μέσα στο δωμάτιο ανά κατηγορία μεγέθους.

«Dust particle detector and indoor air quality control system»

«Makris Vasileios»

Abstract

Environmental air parameters directly affect our daily quality of life, and they can change from day to day or even hour to hour. Nowadays with the rapid industrialization and the increasing number of cars in my city over the past few decades, it is time for everyone to be a little more conscious with their health. In this thesis I decided to try and help anyone who is not sure on how bad the air quality is in their house. So, I built an air monitoring system based on the ESP32 microcontroller. This air monitoring system is designed to provide an efficient, straightforward and robust solution to monitor the air quality of a room continuously and in real-time as well as showing you the temperature and the humidity. It is a portable system that contains two sensors and has a led strip attached to it, that shows you the air quality in the room. For a more detailed report, you can read the OLED screen that shows you in real-time the particles based on their size.

Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω και να αφιερώσω αυτή την πτυχιακή εργασία στους ανθρώπους που ήταν εκεί για εμένα σε όλο αυτό το ταξίδι, όπως την οικογένεια μου και τους φίλους μου, που με βοήθησαν ψυχολογικά και με ενθάρρυναν να συνεχίσω και να φτάσω μέχρι το τέλος.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	v
Περίληψη.....	vi
Abstract	vii
Ευχαριστίες	viii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων.....	xii
Συνομογραφίες.....	xiii
Κεφάλαιο 1ο: Έλεγχος των ατμοσφαιρικών ρύπων	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	2
1.3 Η γήινη ατμόσφαιρα.....	3
1.4 Τα ενσωματωμένα συστήματα	5
1.5 Ο αυτόματος έλεγχος.....	8
1.6 Λογισμικό.....	8
1.7 Επίλογος.....	9
Κεφάλαιο 2ο: Ατμοσφαιρικοί ρύποι.....	10
2.1 Περιβαλλοντικοί παράγοντες του αέρα.....	10
2.2 Συμπτώματα από τους Σωματιδιακούς Ρύπους.....	13
2.3 Τρόποι μείωσης της έκθεσης του ανθρώπου από τα σωματίδια του αέρα.....	13
2.4 Ενσωματωμένη Σχεδίαση και Πλατφόρμα Arduino	14
2.5 Τεχνικές Αισθητήρων.....	15
2.6 Ανιχνευτές Σωματιδίων του Σήμερα	18
2.7 Αισθητήρες σε συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού	20
2.8 Επίλογος.....	20
Κεφάλαιο 3ο: Μέθοδος σχεδίασης και υλοποίησης του ενσωματωμένου συστήματος.....	22
3.1 Εισαγωγή.....	22
3.2 Επισκόπηση σχεδίασης συστήματος	22
3.2.1 Τρόποι Λειτουργίας.....	22
3.2.2 Architecture Design.....	23
3.3 System Control Unit.....	24
3.4 Υλοποίηση software	27

3.5	Μεθοδολογία αισθητήρων.....	28
3.5.1	PMS5003 Αισθητήρας.....	28
3.5.2	Αισθητήρας Υγρασίας και Θερμοκρασίας.....	31
3.6	Hardware Schematic Design	32
3.6.1	LM7805 σταθεροποιητής τάσης.....	33
3.6.2	Encoder Pin Header.....	34
3.6.3	OLED Screen Pin Header.....	34
3.6.4	PMS Pin Header	35
3.6.5	DHT Pin Header	35
3.6.6	LED Strip Pin Header.....	36
3.7	Το Σχέδιο της πλακέτας	36
3.8	Ανάλυση OLED οθόνης.....	39
3.9	Επίλογος.....	47
Κεφάλαιο 4ο:	Πειράματα	48
4.1	Το 2ωρο Πείραμα.....	51
4.2	Το πείραμα κουζίνας.....	53
Κεφάλαιο 5ο:	Συμπεράσματα και Προτάσεις Βελτίωσης.....	58
Κεφάλαιο 6ο:	Επίλογος.....	59
	BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Σχηματικό του Ανιχνευτή Σωματιδίων.....	63
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : Κώδικας.....	64
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ : Κόστος Υλικών.....	69

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1: Σχηματικό Ανιχνευτή Σωματιδίων	23
Σχήμα 3.2: System Block Diagram.....	24
Σχήμα 3.3: ESP32 Pin out Board.....	25
Σχήμα 3.4: Block Diagram που δείχνει όλες τα interfaces με τον ESP32 μικροελεγκτή.....	26
Σχήμα 3.5: Διάγραμμα ροής του Μικροελεγκτή.....	27
Σχήμα 3.6: Τρόπος λειτουργίας του PMS5003.....	29
Σχήμα 3.7: Διαστάσεις DHT11	31
Σχήμα 3.8: System Schematic Block Diagram.....	32
Σχήμα 3.9: Power Circuit.....	33
Σχήμα 3.10: Encoder Schematic.....	34
Σχήμα 3.11: OLED Screen Schematic.....	34
Σχήμα 3.12: PMS Pin Header.....	35
Σχήμα 3.13: DHT Schematic.....	35
Σχήμα 3.14: LED Strip Schematic.....	36
Σχήμα 3.15: PCB πλακέτα ανιχνευτή σωματιδίων.....	36
Σχήμα 3.16: Συναρμολογημένη πλακέτα PCB Ανιχνευτή Σωματιδίων.....	38
Σχήμα 3.17: Ανάλυση περιεχομένων Ανιχνευτή Σωματιδίων.....	39
Σχήμα 3.18: Πρώτο παράθυρο της οθόνης OLED.....	40
Σχήμα 3.19: Δεύτερο παράθυρο της οθόνης OLED.....	41
Σχήμα 3.20: Τρίτο παράθυρο της οθόνης OLED.....	42
Σχήμα 3.21: Τέταρτο παράθυρο της οθόνης OLED.....	43
Σχήμα 3.22: Πέμπτο παράθυρο της οθόνης OLED.....	45
Σχήμα 3.23: Ρυθμίσεις οθόνης OLED.....	46
Σχήμα 4.24: PMS5003 Λειτουργία ON/καθαρός αέρας στο δωμάτιο.....	48
Σχήμα 4.25: PMS5003 Λειτουργία OFF/Όχι και τόσο ποιοτικός αέρας στο δωμάτιο.....	49
Σχήμα 4.26: PMS5003 Λειτουργία ON/Αρχίζει να φτάνει επικίνδυνα επίπεδα η ποιότητα του αέρα.....	50
Σχήμα 4.27: Θερμοκρασία δωματίου σε σύγκριση με θερμοκρασία Θεσσαλονίκης.....	51
Σχήμα 4.28: Υγρασία δωματίου σε σύγκριση με την υγρασία στην Θεσσαλονίκη.....	52
Σχήμα 4.29: PM2.5 επίπεδα μέσα στο δωμάτιο.....	52
Σχήμα 4.30: Σωματίδια του αέρα στη κουζίνα πριν το μαγείρεμα.....	53
Σχήμα 4.31: Σωματίδια του αέρα στη κουζίνα όσο μαγειρεύω.....	54
Σχήμα 4.32: Σωματίδια PM0.3, PM0.5 πριν το μαγείρεμα.....	56

Σχήμα 4.33: Σωματίδια PM0.3, PM0.5 κατά την διάρκεια μαγειρέματος.....	57
Σχήμα 5.34: Solar module connection diagram.....	58

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: PM2.5 επίπεδα ρυπών.....	11
Πίνακας 3.2: PMS5003 sensor specification.....	30
Πίνακας 3.3: PMS5003 Pins.....	31
Πίνακας 3.4: DHT11 Specifications.....	32

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία

Κεφάλαιο 1ο: Έλεγχος των ατμοσφαιρικών ρύπων

1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί ένα ενσωματωμένο σύστημα το οποίο συνθέτει μία κατασκευή από μια συστοιχία αισθητήρων η οποία έπειτα από την κατάλληλη προεργασία και κατασκευή της απεικονίζει τις ανιχνεύσεις της σε ένα απεικονιστικό μέσο τις πληροφορίες τις οποίες έχει λάβει έτσι ώστε να παρέχει την κατάλληλη ενημέρωση και ερμηνεία τους στον χρήστη του ενσωματωμένου συστήματος σχετικά με την ποιότητα του αέρα της ατμόσφαιρας ως προς το κατά πόσο υγιεινό ή όχι είναι το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης. Ο χρήστης με ευκολία θα μπορεί να καταλάβει από το σύνολο των ενδείξεων του ενσωματωμένου συστήματος αν ο αέρας ο οποίος εισπνέει δεν είναι ποιοτικός από τις φωτεινές κόκκινες ενδείξεις που θα εμφανίσει στο απεικονιστικό του μέσο, η κατασκευή του ενσωματωμένου συστήματος, όταν πράγματι ο αέρας μέσα στον χώρο στον οποίο βρίσκεται είναι ανθυγιεινός.

Στόχος της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι να μελετηθεί, να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί μια αυτοματοποιημένη συσκευή ενός ενσωματωμένου συστήματος το οποίο να μπορεί να μετρήσει διάφορες παραμέτρους του αέρα περιβάλλοντος του όπως της υγρασίας και της θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο καθώς και να απεικονίζει τα μετρήσιμα αυτά μεγέθη μέσω μιας περιφερειακής συσκευής απεικόνισης. Επίσης η κατασκευή στο τελικό της σύνολο θα πρέπει να είναι εύκολη στην χρήση, γρήγορη στην εμφάνιση των αποτελεσμάτων της καθώς και να μετράει με πολύ μεγάλη ακρίβεια τα μεγέθη των σωματιδίων του αέρα με σκοπό να παρέχει πληροφορίες υψηλής ακρίβειας για αυτά έτσι ώστε να μπορεί να τα ταυτοποιεί και να ερμηνεύει την ποιότητα του αέρα είτε αυτή είναι υγιεινή είτε ανθυγιεινή. Ο ανιχνευτής σωματιδίων του αέρα μπορεί να προσφέρει μία βολική και απλή μέθοδο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα και να εντοπίζει διάφορα σωματίδια με βάση το μέγεθος τους σε πραγματικό χρόνο.

Πολύ συχνά ο άνθρωπος, χωρίς να το καταλάβει μπορεί να θέσει τον εαυτό του σε κίνδυνο και να αποκτήσει διάφορα αναπνευστικά προβλήματα. Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η συσκευή αυτή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, συμπεριλαμβανομένων της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε εσωτερικούς χώρους όπως για παράδειγμα, στο σπίτι, στον χώρο εργασίας, στο νοσοκομείο ή ακόμα και στα σχολεία ώστε να ενημερώνει καθημερινά και συνεχώς τον κόσμο για τους κινδύνους που το γυμνό μάτι δεν βλέπει.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναπτυχθεί αρχικά με ένα κεφάλαιο, στο οποίο θα γίνει μια ιστορική αναδρομή στις μελέτες που αφορούν την ατμόσφαιρα γενικότερα, πώς φτάσαμε στο σημείο που βρισκόμαστε τώρα τεχνολογικά και πώς βοήθησε όλο αυτό το «ταξίδι» για να καταλάβουμε τι είναι ακριβώς η ατμόσφαιρα. Στην συνέχεια θα αναλυθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση και πώς μπορεί πολύ εύκολα μέσω κάποιων μικροσωμάτων, με μεγέθη που ξεκινούν από 10 μικρόμετρα και φτάνουν μέχρι και 1 μικρόμετρο, να εισέλθουν μέσα στον άνθρωπο με αποτέλεσμα να παρουσιάσει πολλά θέματα υγείας, είτε σοβαρά που προκαλούν ακόμα και τον πρόωρο θάνατο είτε και κάποια ελαφριά αναπνευστικά προβλήματα που μπορεί να κουβαλάει για την υπόλοιπη ζωή του ο άνθρωπος. Έπειτα θα αναπτυχθεί η μεθοδολογία των αισθητήρων και το πώς λειτουργούν και ταυτόχρονα μια μικρή εισαγωγή πάνω στα συστήματα Arduino και τι είναι.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιάζεται το λογισμικό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας καθώς και ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος, εξηγώντας με κάθε λεπτομέρεια τα μέρη του λογισμικού και τον λόγο που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον θα δούμε αναλυτικά και στα πειράματα που έκανα τις τιμές με πόσο ακρίβεια μετράνε την θερμοκρασία την υγρασία καθώς και τα σωματίδια του αέρα.

Τέλος θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα της πτυχιακής εργασίας καθώς και προτάσεις βελτίωσης της και συνέχισης της. Το παράρτημα θα συμπεριλαμβάνει τον κώδικα και τον σχηματικό της πλακέτας PCB για περισσότερη ανάλυση.

1.2 Ιστορική αναδρομή

4.6 δισεκατομμύρια χρόνια π.Χ.: Όταν η Γη σχηματίστηκε πριν από 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια από ένα θερμό μείγμα αερίων και στερεών, δεν είχε σχεδόν καθόλου ατμόσφαιρα. Η επιφάνεια ήταν λιωμένη. Καθώς η Γη ψύχθηκε, μια ατμόσφαιρα σχηματίστηκε κυρίως από αέρια που εκτοξεύονταν από τα ηφαίστεια. Περιλάμβανε υδροθείο, μεθάνιο και δέκα έως 200 φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από τη σημερινή ατμόσφαιρα. Μετά από περίπου μισό δισεκατομμύριο χρόνια, η επιφάνεια της Γης ψύχθηκε και στερεοποιήθηκε αρκετά ώστε το νερό να συγκεντρωθεί πάνω της.

1648 μ.Χ. : Ο Blaise Pascal και ο Florin Perier ανέβηκαν στο Puy de Dome, ένα μικρό σβησμένο ηφαίστεια καλυμμένο με γρασίδι στην κεντρική Γαλλία με υψόμετρο 1464 μέτρων. Μαζί τους είχαν μια γυάλινη στήλη ύψους ενός μέτρου γεμάτη υδράργυρο. Η ψηλή στήλη του υδραργύρου στηριζόταν σε μια λίμνη υδραργύρου στη βάση. Η γυάλινη στήλη του υδραργύρου - ήταν το πρώτο βαρόμετρο, μια συσκευή για τη μέτρηση της πίεσης του αέρα. Όταν η πίεση του αέρα ήταν υψηλότερη, ο υδράργυρος στην πισίνα γέμιζε τον χώρο στη στήλη, ανεβάζοντας το επίπεδο μέσα στο ποτήρι. Όταν η πίεση του αέρα ήταν χαμηλότερη, ο υδράργυρος στην πισίνα εξαπλώθηκε, εξάγοντας μέρος του υδραργύρου από τη στήλη και χαμηλώνοντας τη στάθμη στο ποτήρι. Ο Pascal και ο Perier μέτρησαν το ύψος του υδραργύρου στη στήλη του γυαλιού σε τρία υψόμετρα στο βουνό. Βρήκαν ότι σε υψηλότερα υψόμετρα στην πλευρά του Puy de Dome το επίπεδο υδραργύρου στη γυάλινη στήλη ήταν χαμηλότερο από ό,τι σε χαμηλότερα υψόμετρα. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι διαφορές στο ύψος του υδραργύρου προκλήθηκαν από διαφορές στο βάρος του αέρα παραπάνω. Καθώς ανέβαιναν στο βουνό, υπήρχε λιγότερη ατμόσφαιρα από πάνω τους, και επομένως λιγότερο βάρος αέρα για να συμπιέσει τον υδράργυρο. Με βάση αυτό το εύρημα, ο Pascal κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ένα κενό πάνω από την ατμόσφαιρα.

1783 μ.Χ. : Οι Γάλλοι αδερφοί Joseph-Michel και Jacques-Etienne Montgolfier επινόησαν το αερόστατο το 1783. Ήταν φτιαγμένο από σάκο με λεπτά στρώματα χαρτιού στο εσωτερικό που τα κρατούσαν ενωμένα με 1.800 κουμπιά. Στις 3 Ιουνίου 1783, πέταξαν για 10 λεπτά και έφτασαν ίσως μέχρι τα 2000 μέτρα. Με μπαλόνια, οι επιστήμονες μπόρεσαν να αρχίσουν να εξερευνούν ψηλότερα από ποτέ. Ένα χρόνο μετά την ιστορική πτήση των αδελφών Montgolfier, ο Guyton de Moreau και ο αιδεσιμότατος Bertrand ταξίδεψαν στην ατμόσφαιρα πάνω από τη Dijon της Γαλλίας, με ένα αερόστατο και με όργανα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της πίεσης.

1787 μ.Χ. : Ο Horace Benedict de Saussure ανέβηκε στην κορυφή του Mont Blanc για να εξερευνήσει την ατμόσφαιρα. Μόλις ένα χρόνο πριν, αυτή η απόκρημνη κορυφή στις Άλπεις είχε αναρριχηθεί με επιτυχία για πρώτη φορά. Είναι το υψηλότερο σημείο στην Ευρώπη με υψόμετρο 4810 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο Saussure έφτασε στην κορυφή έχοντας μαζί του ένα βαρόμετρο και ένα θερμόμετρο και κάνοντας μετρήσεις στην πορεία. Μέχρι εκείνη τη στιγμή, ήταν διαθέσιμα μικρότερα και πιο φορητά όργανα από το δυσκίνητο βαρόμετρο που έφεραν μαζί τους ο Pascal και ο Perier το 1648. Οι μετρήσεις που έκανε ο Saussure ήταν πολύ πολύτιμες. Έδειξαν ότι η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται με το ύψος στην ατμόσφαιρα κατά περίπου 0,7 C ανά 100 μέτρα. Με αυτές τις πληροφορίες, ο Hermann von Helmholtz και άλλοι συμπέραναν ότι περίπου 30 km ψηλά στην ατμόσφαιρα η θερμοκρασία θα ήταν -273 C (-460 F). Σε αυτή τη θερμοκρασία, δεν παραμένει θερμότητα. Είναι γνωστό ως απόλυτο μηδέν. Το απόλυτο μηδέν θεωρείται ως η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία. Δεν έχει βρεθεί ποτέ ακόμη και με σύγχρονες τεχνολογίες, αν και οι επιστήμονες του 21ου αιώνα έχουν έρθει πολύ κοντά. Τον 18ο αιώνα, όταν ο Χέλμχολτς έκανε τους υπολογισμούς του, η θερμοκρασία τόσο κρύο ήταν εκτός διαγραμμάτων. Θα περνούσαν περίπου 60 χρόνια πριν ο Λόρδος Κέλβιν εφεύρει μια κλίμακα θερμοκρασίας που χρησιμοποιούσε το απόλυτο μηδέν ως μηδενική τιμή.

Έτσι, όταν ο Helmholtz ανακοίνωσε ότι το απόλυτο μηδέν μπορεί να είναι εκεί έξω, υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον μεταξύ των επιστημόνων να εξερευνήσουν αυτό το υψηλό στην ατμόσφαιρα προκειμένου να βρουν το απόλυτο μηδέν.

1862 μ.Χ. : Ο Coxwell ήταν επιδέξιος πιλότος μπαλονιών. Ο James Glaisher ήταν επιστήμονας και είχε εξοπλίσει το μπαλόνι με όργανα για να κάνει μετρήσεις σε διαφορετικά υψόμετρα στο δρόμο προς την ατμόσφαιρα. Έκαναν πολλές ερευνητικές αποστολές με μπαλόνια, αλλά αυτή η αποστολή που πήραν στις 5 Σεπτεμβρίου 1862, είναι η μόνη στην οποία παραλίγο να πεθάνουν. Πέταξαν ψηλότερα από οποιονδήποτε άλλον ποτέ και λίγο έλειψε να στοιχίσει τη ζωή τους. Ο Κόξγουελ λαχάνιαζε για ανάσα αφού ανέβηκε σε περίπου τέσσερα μίλια στην ατμόσφαιρα. Εκτόξευσαν άμμο επιτρέποντας στο μπαλόνι να ανέβει σε ύψος πέντε μιλίων. Η θερμοκρασία ήταν πολύ κάτω από το μηδέν και ο Γκλίσσερ εξακολουθούσε να κάνει μετρήσεις. Ο Κόξγουελ εξακολουθούσε να λαχανιάζει. Έβγαλαν περισσότερη άμμο και ανέβηκαν ακόμα πιο ψηλά.

1902 μ.Χ.: Ένας από τους πρώτους επιστήμονες που χρησιμοποίησαν μετεωρολογικά μπαλόνια ήταν ο Teisserenc de Bort. Έστειλε μπαλόνια από υλικά όπως χαρτί και μετάξι ψηλά στον ουρανό πάνω από το Trappes της Γαλλίας, στα περίχωρα του Παρισιού. Τα μπαλόνια του δεν ήταν δεμένα κλειστά. Το αέριο μέσα τους - υδρογόνο, ήλιο, αμμωνία ή μεθάνιο - θα μπορούσε να διαφύγει καθώς διαστέλλεται ενώ το μπαλόνι ανέβαινε στην ατμόσφαιρα και η πίεση του αέρα έπεφτε. Με λιγότερο αέριο να το σηκώνει, το μπαλόνι τελικά θα έπεφτε αργά στο έδαφος. Τα σημερινά μετεωρολογικά μπαλόνια στέλνουν τα δεδομένα που συλλέγουν πίσω στο έδαφος μέσω ραδιοκυμάτων, αλλά τα πρώτα μετεωρολογικά μπαλόνια δεν είχαν αυτήν την τεχνολογία. Αντίθετα, ο ντε Μπορτ έπρεπε να παρακολουθεί πού πήγε ένα μπαλόνι και να το ακολουθήσει μέχρι να επιστρέψει στο έδαφος. Το πακέτο οργάνων που ήταν συνδεδεμένο με το μπαλόνι κατέγραψε όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την άνοδο. Ο Teisserenc de Bort έστειλε όργανα σε μπαλόνια που κατέγραφαν τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα. Έμεινε σαστισμένος όταν κοίταξε τα δεδομένα από περίπου 200 μπαλόνια και διαπίστωσε ότι σε ένα ορισμένο ύψος στην ατμόσφαιρα, η θερμοκρασία δεν έπεφτε πια. Έμεινε περίπου το ίδιο μεταξύ 8 και 13 χλμ. ψηλά στην ατμόσφαιρα. Αυτό ήταν μπερδεμένο γιατί, εκείνη την εποχή, θεωρήθηκε ότι η θερμοκρασία συνέχιζε να μειώνεται καθώς αυξανόταν το υψόμετρο. Στις **28 Απριλίου 1902**, ο Teisserenc de Bort ανακοίνωσε στη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών ότι ανακάλυψε ένα στρώμα της ατμόσφαιρας όπου η θερμοκρασία παραμένει ίδια με το υψόμετρο. Ονόμασε αυτό το στρώμα της ατμόσφαιρας στρατόσφαιρα.

2010 μ.Χ.: Οι απώλειες θέσεων εργασίας και η καθοδική κινητικότητα που ευθύνονται για την Αυτοματοποίηση έχει αναφερθεί ως ένας από τους πολλούς παράγοντες για την αναζωπύρωση της εθνικιστικής, προστατευτικής και λαϊκιστικής πολιτικής στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γαλλία, μεταξύ άλλων χωρών από τη δεκαετία του 2010.

1.3 Η γήινη ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα είναι ένα χαοτικό σύστημα, η ποιότητα του αέρα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και μπορεί να αλλάξει γρήγορα. Ο κλιματισμός και η ποιότητα του αέρα επηρεάζουν άμεσα την καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Με την επίγνωση ότι γίνονται όλο και περισσότερες μολύνσεις στο περιβάλλον από πολλές χώρες, αυξάνεται έτσι και η ανάγκη να βρεθούν πιο αποτελεσματικοί τρόποι παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα. Το πιο σύνηθες είναι ο κόσμος να λάβει πληροφορίες για τις ατμοσφαιρικές συνθήκες από τις μετεωρολογικές προβλέψεις ή και μέσω του διαδικτύου, αλλά αυτές οι πληροφορίες μπορεί να είναι περιορισμένες και ανακριβείς. Αν και υπάρχουν ορισμένα προηγμένα συστήματα που ενδέχεται να μπορούν να παρακολουθούν περισσότερες ατμοσφαιρικές παραμέτρους,

αυτά τα συστήματα συνήθως γενικεύουν τις μετρήσεις τους σε μια πολύ μεγάλη περιοχή, για παράδειγμα, η παρακολούθηση παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο για μια μητροπολιτική περιοχή ή ένα μεγάλο προάστιο χρησιμοποιώντας μερικά σημεία παρατήρησης. Επιπλέον, μετά από αναθεώρηση πολλών άρθρων, προς το παρόν δεν υπάρχει διαθέσιμη συσκευή στην αγορά που θα μπορούσε αυτόματα να παρακολουθεί ταυτόχρονα πολλαπλούς τύπους παραμέτρων ποιότητας αέρα. Επομένως, είναι χρήσιμο να κατασκευαστεί μια κινητή συσκευή που να είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και μπορεί να καταγράψει μετρήσεις σε οποιαδήποτε τοποθεσία για βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη ανάλυση. Ο ανιχνευτής σωματιδίων του αέρα λοιπόν μπορεί να δώσει μετρήσεις μέχρι και 7 παραμέτρους αέρα σε πραγματικό χρόνο και καταγράφει τα αποτελέσματα στην οθόνη.

Τι είναι όμως η ατμόσφαιρα; Η ατμόσφαιρα είναι ένα μείγμα αερίων που περιβάλλει τον πλανήτη. Στη Γη, η ατμόσφαιρα βοηθά στο να δημιουργηθεί η ζωή αλλά και να την διατηρήσει. Εκτός ότι μας παρέχει κάτι για να αναπνεύσουμε, μας προστατεύει από την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) που προέρχεται από τον Ήλιο, θερμαίνει την επιφάνεια του πλανήτη μας κατά περίπου 33° C (59° F) μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου και αποτρέπει σε μεγάλο βαθμό ακραίες διαφορές μεταξύ της θερμοκρασίας της ημέρας και της νύχτας. Οι άλλοι πλανήτες στο ηλιακό μας σύστημα έχουν επίσης ατμόσφαιρα, αλλά κανένας από αυτούς δεν έχει την ίδια αναλογία αερίων και δομή σε στρώματα με την ατμόσφαιρα της Γης. Το άζωτο και το οξυγόνο είναι μακράν τα πιο κοινά. Ο ξηρός αέρας αποτελείται από περίπου 78% άζωτο (N₂) και περίπου 21% οξυγόνο (O₂). Το αργό, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και πολλά άλλα αέρια υπάρχουν επίσης σε πολύ μικρότερες ποσότητες. το καθένα αποτελεί λιγότερο από το 1% του μίγματος αερίων της ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα περιλαμβάνει επίσης υδρατμούς. Η ποσότητα των υδρατμών που υπάρχουν ποικίλλει πολύ, αλλά κατά μέσο όρο είναι περίπου 1%. Στην ατμόσφαιρα «επιπλέον» επίσης πολλά μικρά σωματίδια - στερεά και υγρά. Αυτά τα σωματίδια, τα οποία οι επιστήμονες αποκαλούν «αερολύματα», περιλαμβάνουν σκόνη, σπόρια και γύρη, αλάτι από θαλάσσιο σπρέι, ηφαιστειακή τέφρα, καπνό και άλλα. Η ατμόσφαιρα γίνεται πιο λεπτή (λιγότερο πυκνή και χαμηλότερη σε πίεση) καθώς κάποιος κινείται προς τα πάνω από την επιφάνεια της Γης. Σταδιακά δίνει τη θέση του στο κενό του διαστήματος. Δεν υπάρχει ακριβής «κορυφή» της ατμόσφαιρας. Ο αέρας γίνεται τόσο αραιός σε υψόμετρα μεταξύ 100 και 120 km (62-75 μίλια) που για πολλούς σκοπούς αυτό το εύρος υψών μπορεί να θεωρηθεί το όριο μεταξύ της ατμόσφαιρας και του διαστήματος. Ωστόσο, υπάρχουν πολύ λεπτά αλλά μετρήσιμα ίχνη ατμοσφαιρικών αερίων εκατοντάδες χιλιόμετρα/μίλια πάνω από την επιφάνεια της Γης.

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές περιοχές ή στρώματα στην ατμόσφαιρα της Γης. Το καθένα έχει χαρακτηριστικές θερμοκρασίες, πιέσεις και φαινόμενα. Ζούμε στην τροπόσφαιρα, το χαμηλότερο στρώμα, όπου βρίσκονται τα περισσότερα σύννεφα και εμφανίζονται σχεδόν όλες οι καιρικές συνθήκες. Μερικά αεριοθούμενα αεροσκάφη πετούν στο επόμενο υψηλότερο στρώμα, τη στρατόσφαιρα, που περιέχει τα ρεύματα αεριοθουμένων και το στρώμα του όζοντος. Οι θερμοκρασίες επανέρχονται στο χαμηλότερο επίπεδο στη μεσόσφαιρα, επειδή δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου μόρια αέρα εκεί για να απορροφήσουν θερμική ενέργεια. Ο ουρανός αλλάζει επίσης από μπλε σε μαύρο στη μεσόσφαιρα, επειδή υπάρχουν τόσο λίγα μόρια για να διαθλαστεί το φως από εκεί. Και πιο μακριά από την επιφάνεια έχουμε τη θερμόσφαιρα, η οποία είναι το ευρύτερο στρώμα της ατμόσφαιρας και απορροφά μεγάλο μέρος της επιβλαβούς ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη από τον Ήλιο. Η εξώσφαιρα αντιπροσωπεύει τη μετάβαση από την ατμόσφαιρα της Γης στο διάστημα.

Χωρίς την ατμόσφαιρα δεν θα είχαμε τίποτα τώρα, όλα τα οφείλουμε σε αυτήν και καλό θα ήταν να αποτρέπουμε περαιτέρω ζημιά που μπορεί η ανθρωπότητα να προκαλέσει σε αυτήν. Η αλήθεια είναι ότι η ατμόσφαιρα της Γης λειτουργεί ως κάλυμμα ασφαλείας που προστατεύει λίγο πολύ τον πλανήτη μας από διάφορες επιβλαβείς επιρροές. Ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους η ατμόσφαιρα

είναι σημαντική είναι ότι προστατεύει τη Γη από το κενό. Χωρίς την ατμόσφαιρα, δεν θα υπήρχε αέρας στον πλανήτη μας, που σημαίνει ότι δεν θα υπήρχε ζωή. Επιπλέον, οι ρίζες υδροξυλίου επιτρέπουν στην ατμόσφαιρα να ελέγχει την ποσότητα των ρύπων και είναι υπεύθυνες για τις ιδιότητες αυτοκαθαρισμού της ατμόσφαιρας. Η χημεία της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας παρέχει ένα σχετικά ασφαλές περιβάλλον για να ευδοκιμήσουν τα φυτά και τα ζωντανά όντα. Η θερμοκρασία στη γη εξαρτάται από την ποσότητα ενέργειας που εισέρχεται και εξέρχεται από το σύστημα. Μαζί με το άζωτο και το οξυγόνο, η τροπόσφαιρα, το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, αποτελείται από αέρια του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και τα φθοριούχα (βιομηχανικά) αέρια. Αυτά τα αέρια είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της θερμοκρασίας της Γης αποτρέποντας την απώλεια θερμότητας στο διάστημα. Όπως ίσως ήδη γνωρίζετε, ο ήχος είναι ένα είδος ενέργειας ή ένα κύμα που δημιουργείται από ένα δονούμενο αντικείμενο. Προκειμένου να ακουστούν ήχοι, οι ηχητικές δονήσεις πρέπει να ταξιδεύουν σε κυματικό μοτίβο μέσω δονούμενων αντικειμένων. Στην πραγματικότητα, τα ηχητικά κύματα δεν μπορούν να ταξιδέψουν μέσα από κενούς χώρους. Ωστόσο, μπορούν να ταξιδέψουν μέσω του αέρα, του νερού ή ακόμα και των στερεών. Στη Γη, τα ηχητικά κύματα χρησιμοποιούν τα αέρια στην ατμόσφαιρα για να μετακινήσουν τις δονήσεις. Χωρίς την ατμόσφαιρα, ο πλανήτης μας θα ήταν εντελώς σιωπηλός. Η τροπόσφαιρα είναι το χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας και περίπου το 75-80% ολόκληρης της ατμόσφαιρας βρίσκεται σε αυτό το στρώμα. Ενώ άλλα στρώματα περιέχουν επίσης λίγη υγρασία, η τροπόσφαιρα είναι το πιο υγρό στρώμα που λειτουργεί ως μέσο για την κίνηση του νερού. Ως εκ τούτου, σχεδόν όλες οι καιρικές συνθήκες εμφανίζονται εντός της τροπόσφαιρας. Χωρίς την τροπόσφαιρα ή την ατμόσφαιρα στο σύνολό της, δεν θα υπήρχε καιρός στη γη. Το στρώμα του όζοντος στη στρατόσφαιρα λειτουργεί ως φίλτρο που μας προστατεύει από την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία. Το όζον απορροφά την ακτινοβολία UV-B από τον ήλιο, παράγοντας μόρια οξυγόνου και άτομα οξυγόνου. Με αυτόν τον τρόπο, το στρώμα του όζοντος εμποδίζει την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία να φτάσει στη Γη. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η στρατόσφαιρα θεωρείται συχνά η ασπίδα που προστατεύει την επιφάνεια της Γης μέσω της διήθησης της υπεριώδους ακτινοβολίας. Το τρίτο στρώμα της ατμόσφαιρας, γνωστό ως μεσόσφαιρα, είναι ένα προστατευτικό στρώμα που καταστρέφει τους περισσότερους μετεωρίτες, αστεροειδείς, θραύσματα βράχου και άλλα σωματίδια που μπορούν να βλάψουν τη Γη. Σύμφωνα με το Meteorology en Red, περίπου 40 τόνοι μετεωριτών πέφτουν προς τον πλανήτη μας καθημερινά, αλλά η μεσόσφαιρα καταφέρνει να τους κάψει πριν φτάσουν στην επιφάνεια της Γης.

1.4 Τα ενσωματωμένα συστήματα

Οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται στον έλεγχο ενός μεγάλου φάσματος συστημάτων, που έχουν εύρος από απλές οικιακές μηχανές και ελεγκτές ηλεκτρονικών παιχνιδιών μέχρι ολόκληρες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι σύστημα υπολογιστή με ειδική λειτουργία μέσα σε μεγαλύτερο μηχανικό ή ηλεκτρικό σύστημα, συχνά με περιορισμούς υπολογισμών σε πραγματικό χρόνο. Είναι ενσωματωμένο ως μέρος μιας πλήρους συσκευής που συχνά περιλαμβάνει υλικό και μηχανικά μέρη. Τα ενσωματωμένα συστήματα ελέγχουν πολλές συσκευές σε κοινή χρήση σήμερα. Το λογισμικό αυτών των συστημάτων πρέπει να αντιδρά σε συμβάντα που παράγονται από το υλικό και να παράγει σήματα ελέγχου αποκρινόμενο σε αυτά τα συμβάντα. Το λογισμικό σε αυτά τα συστήματα είναι ενσωματωμένο στο υλικό, συχνά στη μνήμη για ανάγνωση (ROM), και συνήθως αποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο σε συμβάντα του περιβάλλοντος του συστήματος. Η απόκριση σε πραγματικό χρόνο είναι η κρίσιμη διαφορά μεταξύ των ενσωματωμένων συστημάτων και άλλων λογισμικών συστημάτων, όπως πληροφοριακών συστημάτων, συστημάτων διαδικτύου και προσωπικών συστημάτων λογισμικού. Για συστήματα μη πραγματικού χρόνου, η ορθότητα ενός συστήματος ορίζεται με τον καθορισμό του πως τα δεδομένα που δέχεται αντιστοιχούν σε αποτελέσματα που θα πρέπει να παραχθούν από το

σύστημα. Σε ένα σύστημα πραγματικού χρόνου, η ορθότητά του εξαρτάται και από την απόκριση του συστήματος σε κάποια δεδομένα αλλά και από τον χρόνο που θα χρειασθεί για να αποκριθεί. Αν το σύστημα χρειασθεί πολύ χρόνο για να αποκριθεί, τότε πιθανόν η αιτούμενη απόκριση να μην είναι αποτελεσματική. Σύστημα πραγματικού χρόνου είναι ένα σύστημα λογισμικού του οποίου η σωστή λειτουργία εξαρτάται από τα αποτελέσματα που παράγονται από αυτό και από το χρόνο στον οποίο παράγονται αυτά τα αποτελέσματα. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των ενσωματωμένων συστημάτων είναι ότι γενικώς εκτελούνται συνεχώς και η εκτέλεση τους δεν τερματίζεται ποτέ και ταυτόχρονα οι αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον του συστήματος είναι απρόβλεπτες και μη ελεγχόμενες. Τα ενσωματωμένα συστήματα λειτουργούν πάντα ως μέρος μιας πλήρους συσκευής -- αυτό εννοείται με τον όρο ενσωματωμένο. Είναι μικροί υπολογιστές χαμηλού κόστους, χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας που είναι ενσωματωμένοι σε άλλα μηχανικά ή ηλεκτρικά συστήματα. Γενικά, περιλαμβάνουν επεξεργαστή, τροφοδοτικό και θύρες μνήμης και επικοινωνίας. Τα ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούν τις θύρες επικοινωνίας για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ του επεξεργαστή και των περιφερειακών συσκευών -- συχνά, άλλων ενσωματωμένων συστημάτων -- χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ο επεξεργαστής ερμηνεύει αυτά τα δεδομένα με τη βοήθεια ενός λογισμικού που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη. Το λογισμικό είναι συνήθως πολύ συγκεκριμένο για τη λειτουργία που εξυπηρετεί το ενσωματωμένο σύστημα. Η διαχείριση των ενσωματωμένων συστημάτων γίνεται από μικροελεγκτές ή επεξεργαστές ψηφιακού σήματος (DSP), ολοκληρωμένα κυκλώματα ειδικής εφαρμογής (ASIC), προγραμματιζόμενες στο πεδίο συστοιχίες πύλης (FPGA), τεχνολογία GPU και συστοιχίες πυλών. Αυτά τα συστήματα επεξεργασίας είναι ενσωματωμένα με εξαρτήματα αφιερωμένα στον χειρισμό ηλεκτρικών και/ή μηχανικών διεπαφής. Οι οδηγίες προγραμματισμού ενσωματωμένων συστημάτων, που αναφέρονται ως υλικολογισμικό, αποθηκεύονται σε τσιπ μνήμης μόνο για ανάγνωση ή μνήμης flash, που εκτελούνται με περιορισμένους πόρους υλικού υπολογιστή. Τα ενσωματωμένα συστήματα συνδέονται με τον έξω κόσμο μέσω περιφερειακών, συνδέοντας συσκευές εισόδου και εξόδου.

Τα ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών σε πολλές βιομηχανίες. Μία από αυτές είναι που αφορούν τα αυτοκίνητα. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα συνήθως αποτελούνται από πολλούς υπολογιστές ή ενσωματωμένα συστήματα, σχεδιασμένα να εκτελούν διαφορετικές εργασίες μέσα στο όχημα. Ορισμένα από αυτά τα συστήματα εκτελούν βασικές βοηθητικές λειτουργίες και άλλα παρέχουν λειτουργίες ψυχαγωγίας ή προβολής του χρήστη. Ορισμένα ενσωματωμένα συστήματα σε καταναλωτικά οχήματα περιλαμβάνουν το cruise control, τους εφεδρικούς αισθητήρες, τον έλεγχο της ανάρτησης, τα συστήματα πλοήγησης και τα συστήματα αερόσακων. Προφανώς και τα κινητά τηλέφωνα δεν θα μπορούσαν να μην εκμεταλευτούν αυτήν την τεχνολογία, αποτελούνται λοιπόν από πολλά ενσωματωμένα συστήματα, όπως GUI hardware και software, λειτουργικά συστήματα (OS), κάμερες, μικρόφωνα και μονάδες USB (Universal Serial Bus) I/O (είσοδος/έξοδος). Τα Βιομηχανικά μηχανήματα μπορούν να περιέχουν ενσωματωμένα συστήματα, όπως αισθητήρες, και μπορούν ακόμα να είναι και τα ίδια, ενσωματωμένα συστήματα. Τα βιομηχανικά μηχανήματα έχουν συχνά ενσωματωμένα συστήματα αυτοματισμού που εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου. Ένα τελευταίο παράδειγμα για το που αλλού είναι χρήσιμα τα ενσωματωμένα συστήματα είναι στον ιατρικό εξοπλισμό. Αυτά μπορεί να περιέχουν ενσωματωμένα συστήματα όπως αισθητήρες και μηχανισμούς ελέγχου. Ο ιατρικός εξοπλισμός, όπως και τα βιομηχανικά μηχανήματα, πρέπει επίσης να είναι πολύ φιλικά προς το χρήστη, ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία από λάθη μηχανών που μπορούν να αποφευχθούν. Αυτό σημαίνει ότι συχνά θα περιλαμβάνουν ένα πιο περίπλοκο λειτουργικό σύστημα και ένα γραφικό περιβάλλον σχεδιασμένο για ένα κατάλληλο περιβάλλον χρήστη.

Υπάρχουν αρκετά ήδη ενσωματωμένων συστημάτων όπως για παράδειγμα τα ενσωματωμένα κινητά συστήματα τα οποία είναι συστήματα μικρού μεγέθους που έχουν σχεδιαστεί για να είναι φορητά. Έπειτα έχουμε τα δικτυωμένα ενσωματωμένα συστήματα, αυτά συνδέονται σε ένα δίκτυο για να παρέχουν έξοδο σε άλλα συστήματα. Ένα παράδειγμα είναι τα συστήματα ασφαλείας σπιτιού και συστήματα σημείων πώλησης (POS). Στην συνέχεια έχουμε τα αυτόνομα ενσωματωμένα συστήματα. Όπως κάθε ενσωματωμένο σύστημα, εκτελούν μια εξειδικευμένη εργασία. Ωστόσο, δεν ανήκουν απαραίτητα σε ένα σύστημα υποδοχής, σε αντίθεση με άλλα ενσωματωμένα συστήματα, όπως για παράδειγμα μια αριθμομηχανή. Τέλος τα ενσωματωμένα συστήματα σε πραγματικό χρόνο δίνουν την απαιτούμενη έξοδο σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Συχνά χρησιμοποιούνται σε ιατρικούς, βιομηχανικούς και στρατιωτικούς τομείς επειδή είναι κρίσιμες για το χρόνο εργασίας.

Τα ενσωματωμένα συστήματα μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τις απαιτήσεις απόδοσης τους. Τα ενσωματωμένα συστήματα μικρής κλίμακας χρησιμοποιούν συχνά όχι περισσότερο από έναν μικροελεγκτή **8 bit**. Τα ενσωματωμένα συστήματα μεσαίας κλίμακας χρησιμοποιούν μεγαλύτερο μικροελεγκτή (**16-32 bit**) και συχνά συνδέουν μικροελεγκτές μεταξύ τους και τα ενσωματωμένα συστήματα εξελιγμένης κλίμακας χρησιμοποιούν συχνά αρκετούς αλγόριθμους που οδηγούν σε πολυπλοκότητα λογισμικού και υλικού και μπορεί να απαιτούν πιο πολύπλοκο λογισμικό, έναν διαμορφώσιμο επεξεργαστή και/ή έναν προγραμματιζόμενο λογικό πίνακα.

Με την ταχεία εξέλιξη των ηλεκτρονικών, είναι σημαντικό να παραμένουμε ενημερωμένοι με τις τελευταίες τεχνολογίες. Μια κοινή ερώτηση που τίθεται συνήθως είναι: «ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των ενσωματωμένων συστημάτων και των μικροελεγκτών» Αρχικά τι είναι όμως ο μικροελεγκτής; Μια μονάδα μικροελεγκτή, ή MCU, θεωρείται συχνά ως βασικός υπολογιστής. Θεωρείται ως υπολογιστής λόγω των θεμελιωδών στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε ένα MCU: CPU, ρολόι συστήματος, μνήμη και περιφερειακά, τα οποία χρησιμοποιούν και οι υπολογιστές. Ένας προσωπικός υπολογιστής είναι ικανός να εκτελεί πολλές λειτουργίες ταυτόχρονα. Ένας μικροελεγκτής είναι διαφορετικός από έναν υπολογιστή με την έννοια ότι συνήθως έχει μόνο μία εργασία να ολοκληρώσει τη φορά. Οι ταυτόχρονες λειτουργίες με μικροελεγκτή δεν είναι συνηθισμένες. Εάν απαιτούνται περισσότερες λειτουργίες, απαιτούνται περισσότεροι μικροελεγκτές. Ένας μικροελεγκτής χρησιμοποιείται συχνά για μια πολύ συγκεκριμένη λειτουργία σε ένα σύστημα. Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε μια πληθώρα διαφορετικών περιβαλλόντων. Μια απλή εφαρμογή όπου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας μικροελεγκτής είναι ο έλεγχος της λειτουργίας μιας λυχνίας LED. Κάθε φορά που πατάτε ένα κουμπί, η λυχνία LED θα ανάβει. Αλλά αντί να ανάβει απλώς όταν πατηθεί το κουμπί, το φως θα πρέπει να ανάβει και να σβήνει πέντε φορές στη σειρά. Ένας μικροελεγκτής μπορεί να προγραμματιστεί για να εκτελεί αυτή τη σειρά γεγονότων. Το MCU θα μπορούσε επίσης να προγραμματιστεί για να παρακολουθεί την ώρα που πατιέται το κουμπί ή πόσες φορές πατιέται. Ένας μικροελεγκτής προσθέτει νοημοσύνη σε μια κατά τα άλλα απλή εφαρμογή καθιστώντας την εφαρμογή ικανή να εκτελεί πιο σύνθετες εργασίες.

Στην καρδιά των περισσότερων ενσωματωμένων συστημάτων υπάρχει ένας μικροελεγκτής ή ένας μικροεπεξεργαστής που εκτελεί την εφαρμογή. Τα ενσωματωμένα συστήματα είναι γενικά πιο βασικά και στοιχειώδη από τους μικροελεγκτές αφού συχνά δεν έχουν λογική για να τρέξουν το σύστημα. Τα ενσωματωμένα συστήματα συνήθως ενημερώνονται για το τι πρέπει να κάνουν από την CPU ή την κεντρική μονάδα επεξεργασίας ενός υπολογιστή. Όταν η CPU λέει σε ένα ενσωματωμένο σύστημα να κάνει κάτι, η CPU επικοινωνεί γενικά με έναν μικροελεγκτή που είναι μέρος του ενσωματωμένου συστήματος. Σκεφτείτε τον μικροελεγκτή ως τον εγκέφαλο του ενσωματωμένου συστήματος. Μόλις η CPU πει στον μικροελεγκτή να κάνει κάτι, ο μικροελεγκτής στη συνέχεια κατευθύνει τα στοιχεία του ενσωματωμένου συστήματος για να εκτελέσουν τις συγκεκριμένες εργασίες του.

Οι μικροελεγκτές βρίσκονται πολύ συχνά στο κέντρο των περισσότερων ενσωματωμένων συστημάτων και μπορούν να θεωρηθούν ως οι εγκεφαλοί ή οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων του ενσωματωμένου συστήματος. Το MCU είναι προγραμματισμένο να επικοινωνεί και να κατευθύνει άλλα στοιχεία μέσα στο ενσωματωμένο σύστημα. Κατά μία έννοια, είναι ο θυρωρός για το ενσωματωμένο σύστημα που λέει στο σύστημα τι και πότε να κάνει κάτι.

Με λίγα λόγια τα ενσωματωμένα συστήματα είναι πολύ σημαντικά και έχουν προσφέρει ήδη πάρα πολλά τόσο στο τεχνολογικό κομμάτι όσο και στην άνεση του ανθρώπου που τα χρησιμοποιεί καθημερινά στην ρουτίνα του. Τα ενσωματωμένα συστήματα αναμένεται να συνεχίσουν να αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς, καθοδηγούμενο σε μεγάλο βαθμό από το Internet of Things. Οι επεκτεινόμενες εφαρμογές IoT, όπως φορητές συσκευές, drones, έξυπνα σπίτια, έξυπνα κτίρια,, 3D εκτυπωτές, αναμένεται να προωθήσουν την ανάπτυξη του ενσωματωμένου συστήματος.

1.5 Ο αυτόματος έλεγχος

Ένα σύστημα ελέγχου ορίζεται ως ένα σύστημα συσκευών που διαχειρίζεται, διοικεί, κατευθύνει ή ρυθμίζει τη συμπεριφορά άλλων συσκευών ή συστημάτων για την επίτευξη ενός επιθυμητού αποτελέσματος. Ένα σύστημα ελέγχου το επιτυγχάνει αυτό μέσω βρόχων ελέγχου, οι οποίοι είναι μια διαδικασία σχεδιασμένη να διατηρεί μια μεταβλητή διεργασίας σε ένα επιθυμητό σημείο ρύθμισης.

Με άλλα λόγια, ο ορισμός ενός συστήματος ελέγχου μπορεί να απλοποιηθεί ως ένα σύστημα που ελέγχει άλλα συστήματα. Καθώς ο ανθρώπινος πολιτισμός εκσυγχρονίζεται μέρα με τη μέρα, η ζήτηση για αυτοματισμό έχει αυξηθεί παράλληλα. Ο αυτοματισμός απαιτεί έλεγχο των συστημάτων συσκευών που αλληλεπιδρούν.

Τα τελευταία χρόνια, τα συστήματα ελέγχου έχουν παίξει κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη και πρόοδο της σύγχρονης τεχνολογίας και πολιτισμού. Σχεδόν κάθε πτυχή της καθημερινότητάς μας επηρεάζεται περισσότερο ή λιγότερο από κάποιο είδος συστήματος ελέγχου.

Παραδείγματα συστημάτων ελέγχου στην καθημερινή σας ζωή περιλαμβάνουν ένα κλιματιστικό, ένα ψυγείο, ένα κλιματιστικό, μια δεξαμενή τουαλέτας μπάνιου, ένα αυτόματο σίδερο και πολλές διαδικασίες μέσα σε ένα αυτοκίνητο – όπως το cruise control.

Σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, βρίσκουμε συστήματα ελέγχου στον ποιοτικό έλεγχο προϊόντων, οπλικά συστήματα, συστήματα μεταφοράς, συστήματα ισχύος, διαστημική τεχνολογία, ρομποτική και πολλά άλλα.

1.6 Λογισμικό

Το λογισμικό είναι ένα σύνολο οδηγιών, δεδομένων ή προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία υπολογιστών και την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών. Είναι το αντίθετο του hardware, το οποίο περιγράφει τις φυσικές πτυχές ενός υπολογιστή. Το λογισμικό είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να αναφέρεται σε εφαρμογές, σενάρια και προγράμματα που εκτελούνται σε μια συσκευή. Μπορεί να θεωρηθεί ως το μεταβλητό μέρος ενός υπολογιστή, ενώ το υλικό είναι το αμετάβλητο μέρος. Οι δύο κύριες κατηγορίες λογισμικού είναι το λογισμικό εφαρμογών και το λογισμικό συστήματος. Μια εφαρμογή είναι λογισμικό που ικανοποιεί μια συγκεκριμένη ανάγκη ή εκτελεί εργασίες. Το λογισμικό συστήματος έχει σχεδιαστεί για να εκτελεί το υλικό ενός υπολογιστή και παρέχει μια πλατφόρμα για την εκτέλεση εφαρμογών από πάνω. Άλλοι τύποι λογισμικού περιλαμβάνουν λογισμικό προγραμματισμού, το οποίο παρέχει τα εργαλεία προγραμματισμού που

χρειάζονται οι προγραμματιστές λογισμικού. ενδιάμεσο λογισμικό, το οποίο βρίσκεται μεταξύ λογισμικού συστήματος και εφαρμογών· και λογισμικό προγράμματος οδήγησης, το οποίο χειρίζεται συσκευές υπολογιστών και περιφερειακά. Το αρχικό λογισμικό γράφτηκε για συγκεκριμένους υπολογιστές και πωλήθηκε με το υλικό στο οποίο λειτουργούσε. Στη δεκαετία του 1980, το λογισμικό άρχισε να πωλείται σε δισκέτες και αργότερα σε CD και DVD. Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος του λογισμικού αγοράζεται και γίνεται απευθείας λήψη μέσω του Διαδικτύου. Το λογισμικό μπορεί να βρεθεί σε ιστότοπους προμηθευτών ή ιστότοπους παρόχων υπηρεσιών εφαρμογών.

1.7 Επίλογος

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει γενικότερα το θέμα που αφορά η πτυχιακή εργασία ,τους σκοπούς της και τους στόχους της. Περιλαμβάνει την εισαγωγή που περιγράφει το σύνολο της εργασίας, μια ιστορική αναδρομή πάνω στην ατμόσφαιρα και τι είναι η ατμόσφαιρα. Έπειτα γίνεται μια λεπτομερής αναφορά πάνω στα ενσωματωμένα συστήματα και το πώς αυτά έχουν συνεισφέρει στην τεχνολογία και στις ανάγκες των ανθρώπων.

Η μόλυνση της ατμόσφαιρας από τους ανθρώπους έχει προκαλέσει ανεπανόρθωτη ζημιά στην Γη και ο μόνος τρόπος για να αποτρέψουμε τα χειρότερα, είναι ο άνθρωπος να ξεκινήσει να νοιάζεται λίγο παραπάνω για την Γη, παίρνοντας τα κατάλληλα μέτρα για να την προστατεύσει διότι η ατμόσφαιρα είναι ο λόγος που έχουμε οξυγόνο, φαγητό, πόσιμο νερό κτλπ.

Με την βοήθεια των ενσωματωμένων συστημάτων ο άνθρωπος κατάφερε και εφηύρε διάφορες οικιακές συσκευές που χρησιμοποιούμε καθημερινά για να μας κάνουν την ζωή πιο εύκολη ή και ακόμα συσκευές που βοηθάν τους επιστήμονες να φτάσουν τεχνολογικά πιο μπροστά. Εφηύραν βιομηχανικά μηχανήματα που συχνά είναι και αυτοματοποιημένα για να κάνουν τις λειτουργίες από μόνα τους και ιατρικά μηχανήματα φιλικά προς τον χρήστη για να διευκολύνουν την δουλειά των ανθρώπων ώστε να αποτρέψουν πιθανά ατυχήματα.

Κεφάλαιο 2ο: Ατμοσφαιρικοί ρύποι

2.1 Περιβαλλοντικοί παράγοντες του αέρα

Με την ταχεία εκβιομηχάνιση και αστικοποίηση τις τελευταίες δεκαετίες, ο κόσμος έχει βιώσει εκτεταμένη ατμοσφαιρική ρύπανση και έχει συνειδητοποιήσει πόσο σημασία έχει η παρακολούθηση του περιβαλλοντικού αέρα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να οριστεί ως μια ατμοσφαιρική συνθήκη στην οποία υπάρχουν διάφορες ουσίες σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις, οι οποίες έχουν αρνητικές επιπτώσεις στους ανθρώπους, ζώα και στην βλάστηση. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι επικίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία καθώς και για το περιβάλλον[1]. Σε επιστημονικές έρευνες που αφορούν τις μελέτες ποιότητας του αέρα, οι επιστήμονες είναι σε θέση να προσδιορίσουν τις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που προέρχονται από τις βιομηχανικές αυτές δραστηριότητες και τις περιοχές που ενδέχεται να παρουσιάσουν αυτές τις επιπτώσεις. Καθημερινά, τα περιβαλλοντικά συστήματα παρακολούθησης της ποιότητας αέρα μας ενημερώνουν για το πόσο καθαρός είναι ο αέρας, έτσι μπορεί οποιοσδήποτε να ενημερωθεί πρώτου βγει από το σπίτι του και να λάβει τα απαραίτητα μέτρα. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι μπορούν να ενημερώνονται για την τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση σε πραγματικό χρόνο και έπειτα να αποφασίσουν αν μπορούν να ασκηθούν έξω, εάν χρειάζονται μάσκα αναπνοής για να είναι ασφαλείς ή εάν η παραμονή τους σε εσωτερικούς χώρους είναι η καλύτερη επιλογή. Σε ακραίες συνθήκες, τα σχολεία θα είναι κλειστά για την ασφάλεια των παιδιών και θα είναι καλύτερο για όποιον είναι ευαίσθητος να ελαττώσει την έκθεσή του σε επικίνδυνα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Υπάρχει αυξανόμενη ευαισθητοποίηση για το θέμα της ποιότητας του αέρα σε όλο τον κόσμο, με ιδιαίτερη έμφαση στο PM 2.5. Αυτή η παράμετρος αναφέρεται σε μικροσκοπικό στερεό ή υγρό υλικό που αιωρείται στον αέρα και έχει διάμετρο 2,5 μm ή μικρότερη. Η σωματιδιακή ρύπανση προέρχεται από πολλούς διαφορετικούς τύπους πηγών, συμπεριλαμβανομένων των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανικών διεργασιών, εξατμίσεις οχημάτων, ξυλόσομπες, πυρκαγιές και ορισμένες γεωργικές εργασίες. Το PM2.5 μπορεί να διεισδύσει βαθιά στους ιστούς των πνευμόνων μας και μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα υγείας. Όπως και τα PM2.5 έτσι και τα PM1 είναι εξαιρετικά λεπτά σωματίδια σωματιδίων (PM) με διάμετρο μικρότερη από 1 μικρόμετρο—σημαντικά μικρότερα από PM 2,5 (διαμέτρου 2,5 μικρόμετρα) που έχουν βρεθεί στο επίκεντρο των συζητήσεων για τα σωματίδια στον αέρα του Δελχί στην Ινδία. Τα σωματίδια PM 10, PM 2,5 και PM 1 αποτελούν το σύνολο των αιωρούμενων σωματιδίων. Αυτά τα σωματίδια, υποπροϊόντα των εκπομπών από τα εργοστάσια, της ρύπανσης των οχημάτων, των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων και της οδικής σκόνης, δεν διασπείρονται και παραμένουν αιωρούμενα στον αέρα που αναπνέουμε, 1 μικρόμετρο είναι περίπου ένα χιλιοστό του χιλιοστού. Τα PM1 σωματίδια είναι πιο τα πιο ευλαβή αναμεσα στα 3. Όσο πιο λεπτά είναι τα σωματίδια, τόσο πιο δύσκολο είναι να διασκορπιστούν - και τόσο πιο βαθιά μπορούν να διεισδύσουν στην κυκλοφορία του αίματος, προκαλώντας μεγαλύτερη βλάβη. Τα PM 10, τα οποία έχουν διάμετρο μικρότερη από 10 μικρόμετρα, εισέρχονται στην αναπνευστική οδό και έχουν συσχετιστεί με κινδύνους όπως βρογχίτιδα, άσθμα και λοιμώξεις του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος. Τα PM 10 επιδεινώνουν τα συμπτώματα των υπαρχουσών ασθενειών περισσότερο παρά προκαλούν νέες καταστάσεις. Τα PM 2,5 είναι σημαντικά λεπτότερα, διεισδύουν στην κατώτερη αναπνευστική οδό ή βαθύτερα στην αναπνευστική οδό και στην κυκλοφορία του αίματος, προκαλώντας καρδιαγγειακά προβλήματα. Η αιχμή σε αυτά τα σωματίδια τα τελευταία δύο χρόνια έχει ωθήσει τους γιατρούς να συμβουλεύουν τους ασθενείς να εγκαταλείψουν προσωρινά το Δελχί.

Τα PM 1, τα οποία είναι πολύ πιο λεπτά από τα PM 2,5, μπορούν να διεισδύσουν στο καρδιαγγειακό ρεύμα ακόμη περισσότερο και να δημιουργήσουν μόνιμες καταστάσεις, όπως η προδιάθεση των ανθρώπων σε καρδιακές παθήσεις. Μελέτες στη Δύση έδειξαν ότι το PM 1 μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρους τοκετούς και να επηρεάσει την ανάπτυξη του εμβρύου.[2]

Η σωματιδιακή ρύπανση συνδέεται με μια σειρά προβλημάτων υγείας, συμπεριλαμβανομένου του βήχα, συριγμός, μειωμένη πνευμονική λειτουργία, κρίσεις άσθματος, καρδιακές προσβολές και εγκεφαλικά. Επίσης έχει ως επίπτωση τον πρόωρο θάνατο[3]. Επομένως είναι καλύτερο για παιδιά, μεγάλους σε ηλικία ανθρώπους και άλλα ευαίσθητα άτομα να προστατευτούν από τον ανθυγιεινό κλιματισμό και να βρουν δραστηριότητες που είναι λιγότερο επίπονες και δεν χρειάζεται να βγουν εκτός σπιτιού. Ο πίνακας 2.1 [4] δείχνει τις επιπτώσεις των διαφορετικών επιπέδων ρύπων PM2,5.

Πίνακας 2.1 PM2.5 επίπεδα ρύπων

PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 Επιπτώσεις στην Υγεία	Προειδοποιητική Δήλωση
Good (0-35)	Λίγο έως καθόλου ρίσκο στην Υγεία.	Καμία
Moderate (36-75)	Οι ευπαθείς ομάδες ανθρώπων μπορεί να βιώσουν αναπνευστικά συμπτώματα.	Οι ευπαθείς ομάδες πρέπει να περιορίσουν τις δραστηριότητες τους σε εξωτερικούς χώρους.
Unhealthy for Sensitive Groups (75-115)	Αυξάνει τις πιθανότητες να εμφανιστούν αναπνευστικά συμπτώματα σε ευαίσθητα άτομα και επιδεινώνει την καρδιά, την πνευμονοπάθεια και την πρόωρη θνησιμότητα σε άτομα με καρδιοπνευμονική ασθένεια και στους ηλικιωμένους.	Παιδιά, ενήλικες και άτομα με αναπνευστικά προβλήματα, όπως το άσθμα, θα πρέπει να περιορίζουν τις παρατεταμένες δραστηριότητες.
Unhealthy (116-150)	Επιδείνωση της καρδιάς ή πνευμονοπάθεια και πρόωρη θνησιμότητα σε άτομα με καρδιολογικά και πνευμονολογικά θέματα υγείας. Αύξηση αναπνευστικών προβλημάτων στον γενικό πληθυσμό.	Παιδιά, ενήλικες, και άτομα με αναπνευστικά προβλήματα, όπως το άσθμα, πρέπει να αποφεύγουν τη παρατεταμένη υπαίθρια άσκηση. Όλοι και ειδικά τα παιδιά, θα πρέπει να περιορίσουν την παρατεταμένη άσκηση σε εξωτερικούς χώρους

Very Unhealthy (151-250)	Σημαντική επιδείνωση της υγείας της καρδιάς ή πνευμονοπάθεια και πρόωρη θνησιμότητα σε άτομα με καρδιοπνευμονική νόσο και στους ηλικιωμένους. Αύξηση αναπνευστικών προβλημάτων στον γενικό πληθυσμό.	Παιδιά ,ενήλικες, και άτομα με αναπνευστικά προβλήματα, όπως το άσθμα, πρέπει να αποφεύγουν τη παρατεταμένη υπαίθρια άσκηση. Όλοι και ειδικά τα παιδιά, θα πρέπει να περιορίσουν την παρατεταμένη άσκηση σε εξωτερικούς χώρους.
--------------------------	---	---

Το οξυγόνο είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος του αέρα, καθώς είναι απαραίτητο για τη ζωή. Το επίπεδο οξυγόνου στην ατμόσφαιρα ποικίλλει από μέρος σε μέρος. Για παράδειγμα, περιοχές κοντά σε μεγάλο αριθμό εργοστασίων και μεγάλες πόλεις έχουν χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου λόγω της ρύπανσης. Άλλα μέρη όπως οι αγροτικές περιοχές και τα δάση έχουν υψηλότερα επίπεδα οξυγόνου διότι υπάρχει λιγότερη ρύπανση και περισσότερα φυτά για την παραγωγή οξυγόνου.

Η κανονική ατμόσφαιρα περιέχει από 20,8 έως 21 τοις εκατό οξυγόνο. Σύμφωνα με το OSHA (Occupational Safety and Health Administration), η συγκέντρωση οξυγόνου στον αέρα κάτω από 19,5 τοις εκατό θεωρείται ότι έχει έλλειψη οξυγόνου. και πάνω από το 22 τοις εκατό έχει εμπλουτισμένο οξυγόνο.

Το CO₂ είναι ένα άχρωμο, άοσμο αέριο και άκαυστο αέριο. Επιπλέον, ανήκει στην κατηγορία των ασφυξιογόνων αερίων που έχουν την ικανότητα να παρεμποδίζουν τη διαθεσιμότητα οξυγόνου για τους ιστούς [5]. Η παγκόσμια μέση συγκέντρωση CO₂ τώρα στην ατμόσφαιρα της Γης είναι περίπου 400 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο κατ' όγκο). Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση, τα επίπεδα CO₂ ήταν στα 280 ppm. Ο πλανήτης δεν έφτασε στα 400 ppm από μόνος του. Υπάρχουν άφθονα αποδεικτικά στοιχεία που δείχνουν ότι η αύξηση του CO₂ της ατμόσφαιρας προκαλείται από τους ανθρώπους. Το CO₂ αποτελεί λιγότερο από το 1 τοις εκατό της ατμόσφαιράς μας. Αλλά αυτή η μικρή ποσότητα του CO₂ έχει μεγάλο αντίκτυπο στον πλανήτη. Τα φυτά χρησιμοποιούν CO₂ για φωτοσύνθεση και η θερμοκρασία της γης ελέγχεται από το CO₂. Για όλους αυτούς τους λόγους και όχι μόνο, το CO₂ είναι σημαντικό στη μέτρηση της ποιότητας του αέρα.

Η μονάδα parts per million (ppm) είναι αριθμητικά ισοδύναμη με μικρογραμμομόρια CO₂ ανά μόλο του αέρα. Τα επίπεδα CO₂ σε εξωτερικούς χώρους είναι συνήθως 350-450 ppm ενώ ο μέγιστος αριθμός CO₂ σε εσωτερικούς χώρους που θεωρείται αποδεκτός είναι 1000 ppm. Όταν φτάσει πάνω από 1000 ppm, ο αέρας μένει στάσιμος και οι άνθρωποι αρχίζουν να νυστάζουν. Μόλις το CO₂ φτάσει τα 5000 ppm, κάθε άτομο θα πρέπει να περιοριστεί σε 8 ώρες έκθεσης σύμφωνα με τον OSHA.

Η βροχή μπορεί να βοηθήσει στην απομάκρυνση των ρυπογόνων σωματιδίων από τον αέρα και είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος για να μειωθεί γρήγορα το επίπεδο PM_{2,5}. Συνδέεται επίσης με τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας.

Η θερμοκρασία και η υγρασία επηρεάζουν επίσης την παρουσία ρύπων στον αέρα. Για παράδειγμα, η ομίχλη εμφανίζεται συχνά όταν συσσωρεύεται σκόνη, καπνός και άλλα σωματίδια ρύπων συσσωρευμένα σε σχετικά ξηρό αέρα. Ο χειμώνας είναι η πιο μολυσμένη εποχή του χρόνου στην Κίνα, καθώς ο κρύος και ξηρός αέρας αποτρέπει τη διασπορά του καπνού και άλλων ρύπων. Αυτό συμβαίνει επειδή ο ζεστός αέρας βρίσκεται κοντά στο έδαφος και ο αέρας μπορεί να ανέβει εύκολα και να παρασύρει τους ρύπους, αλλά ο κρύος αέρας παγιδεύεται κοντά στο έδαφος από ένα στρώμα θερμού αέρα. Η θερμοκρασία και η υγρασία μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανθρώπινη άνεση. Ο OSHA συνιστά έλεγχο θερμοκρασίας στο εύρος 20-25°C και έλεγχο υγρασίας στο εύρος 20%-60%.

Εκτός από τις παραπάνω παραμέτρους υπάρχουν και κάποιοι άλλοι παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του αέρα. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τοξικά αέρια (NO_x, O₃, CO, SO₂, NH₃, H₂S), πτητικές οργανικές ενώσεις (βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο), πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH), αέρια θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O), σωματίδια PM_{2,5}, PM₁₀ (PM₁₀ είναι σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μικρόμετρα), αεροζόλ και σκόνη, βαρέα μέταλλα, γύρη στο

περιβάλλον. Οι άνθρωποι που εισπνέουν ρύπους για μεγάλο χρονικό διάστημα θα προκαλέσουν ανεπανόρθωτη βλάβη στην υγεία τους [6].

2.2 Συμπτώματα από τους Σωματιδιακούς Ρύπους

Ο καθένας πρέπει να λάβει μέτρα για να προστατευτεί όταν τα επίπεδα ρύπανσης είναι «επικίνδυνα» και άνω. Μερικοί άνθρωποι διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο από την έκθεση στα PM_{2,5}. Τα άτομα που κινδυνεύουν περισσότερο από την έκθεση στη σωματιδιακή ρύπανση περιλαμβάνουν άτομα με καρδιακή ή πνευμονοπάθεια (συμπεριλαμβανομένου του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας-ΧΑΠ), ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας και παιδιά. Η έρευνα δείχνει ότι οι έγκυες γυναίκες, τα νεογέννητα και τα άτομα με ορισμένες παθήσεις υγείας, όπως η παχυσαρκία ή ο διαβήτης, μπορεί επίσης να είναι πιο ευαίσθητα σε επιδράσεις που σχετίζονται με τα PM. Τα άτομα με καρδιοπάθεια περιλαμβάνουν όλα τα άτομα με γνωστή στεφανιαία νόσο, ισχαιμική καρδιοπάθεια, ιστορικό στηθάγχης και/ή καρδιακής προσβολής, τοποθέτηση stent, επέμβαση by-pass, καρδιακή ανεπάρκεια, κοιλιακή αρρυθμία, περιφερική αγγειακή νόσο, ιστορικό εγκεφαλικού επεισοδίου, παροδικό ισχαιμικό προσβολή (TIA) ή εγκεφαλοαγγειακή νόσο. Αυτή η ομάδα περιλαμβάνει επίσης ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας, επειδή είναι πιο πιθανό να έχουν αδιάγνωστη καρδιαγγειακή νόσο, μαζί με άτομα με πολλούς παράγοντες κινδύνου για καρδιαγγειακή νόσο, όπως υψηλή αρτηριακή πίεση, αυξημένη χοληστερόλη, κάπνισμα και διαβήτη. Επίσης τα παιδιά είναι πιο πιθανό να εκτεθούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση, επειδή συχνά περνούν περισσότερο χρόνο σε εξωτερικούς χώρους με δραστηριότητες και παιχνίδια και αναπνέουν περισσότερο αέρα ανά κιλό σωματικού βάρους από τους ενήλικες. Είναι πιο ευαίσθητα στις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, επειδή οι αεραγωγοί τους εξακολουθούν να αναπτύσσονται. Επιπλέον, τα παιδιά έχουν περισσότερες πιθανότητες από τους ενήλικες να έχουν άσθμα, γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο.

Αν έχετε επηρεαστεί από τους σωματιδιακούς ρύπους θα το καταλάβετε ακόμα και αν νιώθετε υγιής. Μπορεί να εμφανίσετε προσωρινά συμπτώματα όπως ερεθισμό στα μάτια, τη μύτη και τον λαιμό, βήχα, φλέγμα, σφίξιμο στο στήθος και δύσπνοια. Αυτά τα συμπτώματα πρέπει να εξαφανιστούν όταν βελτιωθεί η ποιότητα του αέρα. Εάν έχετε πνευμονική νόσο - συμπεριλαμβανομένου του άσθματος και της ΧΑΠ (**Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια**) - μπορεί να μην μπορείτε να αναπνεύσετε τόσο βαθιά ή τόσο έντονα όσο συνήθως και μπορεί να εμφανίσετε βήχα, δυσφορία στο στήθος, συριγμό, δύσπνοια και ασυνήθιστη κόπωση. Τα συμπτώματα που μπορεί να υποδεικνύουν σοβαρό καρδιακό πρόβλημα περιλαμβάνουν: δυσφορία στο στήθος (άβολη πίεση, πληρότητα, συμπίεση ή πόνος στο κέντρο του θώρακα που διαρκεί περισσότερο από λίγα λεπτά ή φεύγει και επανέρχεται), δυσφορία σε άλλες περιοχές του άνω μέρους σώμα (πόνος ή δυσφορία στο ένα ή και στα δύο χέρια, την πλάτη, τον αυχένα, το σαγόνι ή το στομάχι), δύσπνοια ή άλλα σημάδια μπορεί να περιλαμβάνουν κρύο ιδρώτας, ναυτία ή ζάλη. Γενικά η σωματιδιακή ρύπανση δεν είναι κάτι που πρέπει να αγνοούμε διότι μας επηρεάζει καθημερινά χωρίς καν να το ξέρουμε και καλό θα ήταν να είμαστε ενήμεροι και προετοιμασμένοι για κάθε ενδεχόμενο, για να μπορούμε να αποτρέψουμε μελλοντικά προβλήματα υγείας που μπορεί να αποκτήσουμε στην συνεχή έκθεση μας σε επικίνδυνα επίπεδα ρύπανσης.

2.3 Τρόποι μείωσης της έκθεσης του ανθρώπου από τα σωματίδια του αέρα

Τα επικίνδυνα για την υγεία μας σωματίδια βρίσκονται παντού και ειδικά στους εξωτερικούς χώρους. Ο μόνος τρόπος για να αντιμετωπίσουμε τους κινδύνους αυτούς, είναι να ενημερωνόμαστε είτε από το διαδίκτυο είτε από την τηλεόραση για τον καιρό, για το ποιες περιοχές έχουν επικίνδυνα επίπεδα σωματιδιακών ρύπων ώστε να μην πλησιάσουμε την περιοχή εκείνη. Ο πιο εύκολος τρόπος για να προστατευτούμε από την σωματιδιακή ρύπανση είναι να βρισκόμαστε σε εσωτερικούς χώρους με φιλτραρισμένο αέρα και να αποφύγουμε δραστηριότητες που μας κάνουν να αναπνέουμε πιο γρήγορα ή πιο βαθιά διότι έτσι εισπνέουμε πιο πολλά σωματίδια. Επίσης τα παράθυρα στο σπίτι θα πρέπει να είναι κλειστά και θα πρέπει να λειτουργεί το κλιματιστικό. Καλό θα ήταν επίσης να μην χρησιμοποιούμε ανεμιστήρες στο σπίτι διότι σηκώνει πολλή σκόνη και άλλα σωματίδια με αποτέλεσμα να τα εισπνεύσουμε. Άλλος ένας τρόπος αντιμετώπισης για μέσα στο σπίτι είναι να αποφεύγουμε το κάψιμο

ξύλων στο τζάκι και το άναμμα των κεριών. Ένας καθαριστής αέρα είναι ένας καλός τρόπος για την απομάκρυνση των σωματιδιακών ρύπων από τον αέρα του σπιτιού. Τα παραδοσιακά φίλτρα αέρα όπως το HEPA έχουν βαθμολογηθεί ώστε να αφαιρούν το 99,97 τοις εκατό των σωματιδίων μεγέθους 0,3 μικρομέτρων. Τα PM 2.5 είναι μια δυνητικά επικίνδυνη κατηγορία ατμοσφαιρικών ρύπων και είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τι είναι, από πού προέρχεται και πώς να το αντιμετωπίσουμε. Παρακολουθώντας την ποιότητα του εξωτερικού αέρα και κάνοντας μερικά απλά βήματα στο σπίτι μας, μπορούμε να περιορίσουμε την έκθεσή μας.

2.4 Ενσωματωμένη Σχεδίαση και Πλατφόρμα Arduino

Η πτυχιακή μου εργασία χρησιμοποιεί την ενσωματωμένη τεχνική σχεδίασης και την πλατφόρμα Arduino. Σύμφωνα με τον ορισμό του IEEE, ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι ένας υπολογιστής μίας χρήσης ενσωματωμένο σε ένα μεγαλύτερο σύστημα για σκοπούς ελέγχου και παρακολούθησης του συστήματος [7]. Το Arduino είναι ένα μικροσκοπικό ενσωματωμένο σύστημα που επεξεργάζεται τις λειτουργίες που προγραμματίσαμε μεταξύ της συσκευής και τα εξωτερικά εξαρτήματα που συνδέονται σε αυτό. Τα ενσωματωμένα συστήματα μπορούν να κυμαίνονται από χωρίς διεπαφή χρήστη (UI) -- για παράδειγμα, σε συσκευές στις οποίες το ενσωματωμένο σύστημα έχει σχεδιαστεί για να εκτελεί μια μεμονωμένη εργασία -- σε σύνθετες γραφικές διεπαφές χρήστη (GUI), όπως και στις κινητές συσκευές. Οι διεπαφές χρήστη μπορούν να περιλαμβάνουν κουμπιά, LED, αισθητήρα οθόνης αφής κι άλλα. Ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν επίσης απομακρυσμένες διεπαφές χρήστη. Τα ενσωματωμένα συστήματα ελέγχουν πολλές συσκευές που χρησιμοποιούνται σήμερα. Χρησιμοποιούν λειτουργικά συστήματα ή γλωσσικές πλατφόρμες προσαρμοσμένες για χρήση ενσωμάτωσης [8]. Έχουν αναπτυχθεί αρκετά λειτουργικά συστήματα ειδικά για τις ενσωματωμένες εφαρμογές, τα κυρίαρχα λειτουργικά συστήματα είναι το Linux, Android, Windows CE, VxWorks και QNX.

Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα. Τα σχέδια πλακέτας hardware Arduino χρησιμοποιούν ποικιλία μικροεπεξεργαστών και ελεγκτών. Οι hardware πλακέτες είναι εξοπλισμένες με σετ ψηφιακών και αναλογικών ακίδων εισόδου/εξόδου (I/O) που μπορούν να συνδεθούν με διάφορες πλακέτες (ασπίδες) επέκτασης και άλλα κυκλώματα. Οι πλακέτες διαθέτουν σειριακές διεπαφές επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένου του **Universal Serial Bus (USB)** σε ορισμένα μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται επίσης για την φόρτωση προγραμμάτων από προσωπικούς υπολογιστές. Το ενσωματωμένο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino ή αλλιώς **Integrated Development Environment (IDE)** είναι το τμήμα λογισμικού που παρέχει πάρα πολλές καλές βιβλιοθήκες για βασικές λειτουργίες και μπορεί να τρέξει σε Mac, Windows και Linux. Σε σύγκριση με άλλα συστήματα, το Arduino προσφέρει ορισμένα συγκεκριμένα **πλεονεκτήματα** [9]:

- **Είναι πολύ φτηνές** - Οι πλακέτες Arduino είναι πιο φτηνές σε σύγκριση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Επίσης είναι πολύ διαδεδομένη αναπτυξιακή πλατφόρμα, που σημαίνει ότι περισσότερος κόσμος επιλέγει να την αγοράσει.
- **Cross-platform** - Το Arduino Software (IDE) τρέχει σε Windows, Macintosh OSX και Linux λειτουργικά συστήματα. Τα περισσότερα συστήματα μικροελεγκτών λειτουργούν μόνο σε Windows.
- **Απλό, σαφές περιβάλλον προγραμματισμού** - Το λογισμικό Arduino (IDE) είναι εύχρηστο για αρχάριους, αλλά αρκετά ευέλικτο και για προχωρημένους χρήστες ώστε να το εκμεταλλευτούνε.
- **Λογισμικό ανοιχτού κώδικα και επεκτάσιμο software** – Το λογισμικό Arduino δημοσιεύεται ως εργαλείο open source και είναι διαθέσιμο ώστε οι έμπειροι προγραμματιστές να το επεκτείνουν. Επίσης η γλώσσα προγραμματισμού μπορεί να επεκταθεί μέσω βιβλιοθηκών C++.
- **Λογισμικό ανοιχτού κώδικα και επεκτάσιμο hardware** – Τα σχέδια των πλακών Arduino είναι δημοσιευμένα υπό την άδεια Creative Commons, ώστε να μπορούν οι έμπειροι σχεδιαστές κυκλωμάτων να κάνουν την δική τους module εκδοχή, επεκτείνοντας την και βελτιώνοντας την.

2.5 Τεχνικές Αισθητήρων

Ένας αισθητήρας είναι μια συσκευή που ανιχνεύει και αποκρίνεται σε κάποιο είδος εισόδου από το φυσικό περιβάλλον. Η συγκεκριμένη είσοδος μπορεί να είναι φως, θερμότητα, κίνηση, υγρασία, πίεση ή οποιαδήποτε άλλο από τα πολλά άλλα περιβαλλοντικά φαινόμενα. Η έξοδος είναι γενικά ένα σήμα που μετατρέπεται αναγνώσιμο από τον άνθρωπο σε μία οθόνη, στη θέση του αισθητήρα ή μεταδίδεται ηλεκτρονικά μέσω δικτύου για ανάγνωση ή περαιτέρω επεξεργασία [10]. Οι τύποι αισθητήρων περιλαμβάνουν τους ανιχνευτές φωτοϊονισμού, αισθητήρες υπέρυθρων σημείων, αισθητήρες υπερήχων, ηλεκτροχημικοί αισθητήρες αερίων και αισθητήρες ημιαγωγών και αισθητήρες λέιζερ.

Στον πυρήνα ενός συστήματος αισθητήρα βρίσκεται το στοιχείο αισθητήρα, το οποίο αλλάζει την έξοδό του ανάλογα με τη μετρούμενη ποσότητα. Σε μια μονάδα προεπεξεργασίας, το σήμα του αισθητήρα μετασχηματίζεται σε επαρκές ενισχυμένο και φιλτραρισμένο σήμα χρησιμοποιώντας τεχνικές επεξεργασίας αναλογικού σήματος. Χρησιμοποιώντας την επεξεργασία ψηφιακού σήματος, η μετρούμενη ποσότητα μπορεί να υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τη διακύμανση της κατασκευής, τους παράγοντες επιρροής και τις διαδικασίες γήρανσης. Μέσω του χαμηλού κόστους μετατροπών αναλογικού σε ψηφιακό, η επεξεργασία σήματος μετατοπίζεται όλο και περισσότερο από το υψηλότερο επίπεδο συστήματος στο επίπεδο του αισθητήρα. Οι ποικίλες εγκαταστάσεις στην επεξεργασία ψηφιακού σήματος περιλαμβάνουν νέες προσεγγίσεις για τη βελτίωση των ιδιοτήτων του αισθητήρα. Η βαθμονόμηση και η εξέταση πολλών επιπτώσεων, όπως η διακύμανση κατασκευής ή η διασταυρούμενη ευαισθησία, γίνεται απλή υπόθεση. Η ενσωμάτωση άλλων λειτουργιών, όπως ο διαδικτυακός αυτοέλεγχος ή η αυτοβαθμονόμηση, κερδίζει σήμερα ιδιαίτερη σημασία, βελτιώνοντας την αξιοπιστία του συστήματος και μειώνοντας το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης. Η δομή ενός αισθητήρα με αυτο-παρακολούθηση διαφέρει από την τυπική δομή, ιδίως μέσω της εξέτασης συμπληρωματικών γνώσεων στις πραγματικές πληροφορίες μέτρησης. Γενικά, απαιτούνται συγκεκριμένες σχέσεις σχετικά με τη συμπεριφορά του αισθητήρα και τα αναμενόμενα όρια εμπιστοσύνης των ιδιοτήτων του αισθητήρα. Η κατάσταση του συστήματος αισθητήρων μπορεί να επιθεωρηθεί με μια σύγκριση της πραγματικής εξόδου με την αναμενόμενη τιμή λόγω των προηγουμένως γνωστών σχέσεων. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες επιτάχυνσης με δομή κλειστού βρόχου αντισταθμίζουν την αδρανειακή δύναμη που επενεργεί στη μάζα μέσω μιας ηλεκτρικά παραγόμενης δύναμης αποθήκευσης. Μέσω της εφαρμογής δυνάμεων επαναφοράς με γνωστές τιμές, μπορούν να πραγματοποιηθούν αυτοδιαγνωστικοί έλεγχοι [11]. Για μια διαδικασία αυτο-βαθμονόμησης, οι πραγματικές έξοδοι αισθητήρα με σταθερές γνωστές εισόδους χρησιμοποιούνται επιπλέον για τον υπολογισμό των παραμέτρων του αισθητήρα. Μέσω της αυτο-βαθμονόμησης, τα φαινόμενα γήρανσης μπορούν να αντισταθμιστούν έτσι ώστε να είναι εγγυημένα καθορισμένα όρια ακρίβειας μέτρησης καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας. Η τάση προς την ενσωματωμένη λειτουργία αυτοδιαγνωστικού ελέγχου ή αυτοβαθμονόμησης οδηγεί στο σχεδιασμό συστημάτων αισθητήρων εντελώς χωρίς βαθμονόμηση. έρευνα που ασχολείται με τη μέτρηση θερμοκρασίας με βάση συνδέσμους p-n, έχει αναπτυχθεί μια νέα αρχή αισθητήρα, στην οποία η θερμοκρασία μπορεί να υπολογιστεί χωρίς να χρειάζεται καμία βαθμονόμηση κατά τη διάρκεια των διαδικασιών παραγωγής ή συντήρησης. Η εκ των προτέρων γνώση για τη συμπεριφορά του αισθητήρα αντιπροσωπεύεται σε αυτή την περίπτωση από το μοντέλο του χαρακτηριστικού. Η θερμοκρασία είναι μια άγνωστη παράμετρος, μεταξύ άλλων. Οι μετρούμενες τάσεις σε διαφορετικά ρεύματα τροφοδοσίας προσαρμόζονται στο χαρακτηριστικό μοντέλο, έτσι ώστε η θερμοκρασία να υπολογίζεται ταυτόχρονα σε απευθείας σύνδεση μαζί με όλες τις άγνωστες παραμέτρους στο χαρακτηριστικό μοντέλο.

Οι αισθητήρες περιβάλλοντος παρέχουν λεπτομερή και αξιόπιστα δεδομένα σχετικά με βασικές περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η υγρασία

εδάφους και βροχής. Η περιβαλλοντική ανίχνευση ανοίγει νέες δυνατότητες για τη δημιουργία ευφυέστερων συσκευών που βελτιώνουν την άνεση και την ευημερία μας, καθώς και την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών.

Στην εργασία χρησιμοποίησα όμως έναν **PMS5003** αισθητήρα ο οποίος παρακολουθεί την ατμοσφαιρική ρύπανση με ακρίβεια με τον αισθητήρα σωματιδίων (PM). Ανιχνεύει σωματίδια διάφορων μεγεθών δηλαδή τον PM1, PM2.5 και PM10, από πηγές όπως τον καπνό, την σκόνη, την γύρη, μέταλλα, οργανικά σωματίδια και άλλα.

PM1 – σωματίδια <1 μm σε μέγεθος. Παραδείγματα: σκόνη, σωματίδια καύσης, βακτήρια και ιοί.

PM2,5 – σωματίδια <2,5 μm σε μέγεθος. Παραδείγματα: γύρη και άλλα οργανικά σωματίδια.

PM10 – σωματίδια <10 μm σε μέγεθος. Παραδείγματα: πιο χονδροειδής λεπτή σκόνη και οργανικά σωματίδια.

Ο PMS5003 για την ακρίβεια είναι ένας αισθητήρας σκόνης με Laser. Επίσης χρησιμοποιεί την αρχή σκέδασης φωτός laser για τη μέτρηση των σωματιδίων σκόνης που αιωρούνται στον αέρα. Ο τρόπος που λειτουργεί αυτός ο αισθητήρας είναι ο εξής: Έχει ένα μικρό ανεμιστήρα ο οποίος αναρροφά αέρα μέσω του αισθητήρα και περνάει από ένα laser που μπορεί να ανιχνεύσει τόσο τον αριθμό (και επομένως την συγκέντρωση) όσο και το μέγεθος των σωματιδίων στον αέρα.

Γενικά, οι αισθητήρες υπέρυθρων και οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες είναι δύο συνηθισμένοι τύποι ανιχνευτών περιεκτικότητας αερίου στον αέρα. Η μέθοδος απορρόφησης μη διασποράς υπέρυθρων ή αλλιώς **non-dispersive infrared (NDIR)** είναι μία δημοφιλής φασματοσκοπική προσέγγιση μέτρησης της συγκέντρωσης αερίων που ταιριάζει καλύτερα για αέρια με γραμμές απορρόφησης σε περιοχές 3-5 και 8-12 μm [12]. Για παράδειγμα, ο NDIR αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για CO₂, CO, N₂O, υδρογονάνθρακες και υδρογονωμένους φθοράνθρακες.

Υπάρχουν τρεις τύποι ανιχνευτών PM2.5: ανιχνευτής υπέρυθρων, ο ανιχνευτής μάζας εξασθένησης βήτα ή αλλιώς **Beta attenuation monitoring (BAM)** [13] και ο ανιχνευτής λέιζερ. Ο ανιχνευτής υπέρυθρων μπορεί να δώσει μόνο καλή ή κακή αξιολόγηση, χωρίς ακριβή τιμή σωματιδίων PM2,5. Ο Βήτα εξασθένησης ανιχνευτής είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική παρακολούθησης του αέρα που χρησιμοποιεί την απορρόφηση της βήτα ακτινοβολίας από στερεά σωματίδια, καθώς η ακτινοβολία βήτα μπορεί να περάσει μέσα από στερεά ύλη. Η κύρια αρχή βασίζεται σε ένα είδος νόμου Bouguer (Lambert–Beer) η οποία λέει: το ποσό με το οποίο η ροή της ακτινοβολίας βήτα (ηλεκτρόνια) εξασθενεί από μια στερεά ύλη είναι εκθετικά εξαρτώμενη από τη μάζα του και όχι από οποιοδήποτε άλλο χαρακτηριστικό (όπως πυκνότητα, χημική σύνθεση ή ορισμένες οπτικές ή ηλεκτρικές ιδιότητες) αυτού του υλικού. Ο αέρας τραβιέται από το εξωτερικό του ανιχνευτή μέσω μιας "άπειρης" (ανακυκλώσιμης) κορδέλας κατασκευασμένη από μερικά φιλτραρισμένα υλικά έτσι ώστε τα σωματίδια να συλλέγονται πάνω του [14]. Οι μετρητές εξασθένησης βήτα μπορούν να λάβουν εξαιρετικά ακριβή αποτελέσματα για το μέγεθος των σωματιδίων και της πυκνότητας στον αέρα, αλλά είναι πολύ μεγάλοι και κοστίζουν χιλιάδες δολάρια. Αυτός είναι ο τύπος ανιχνευτή μέτρησης που χρησιμοποιείται μόνο από μεγάλες υπηρεσίες παρακολούθησης, όπως η πρεσβεία των ΗΠΑ στο Πεκίνο. Τέλος, ο αισθητήρας λέιζερ, είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος ανιχνευτή σωματιδίων στην αγορά, που οι άνθρωποι μπορούν να αγοράσουν οικονομικά. Η απόδοσή του είναι εξαιρετική και μπορεί να παράγει αποτελέσματα πολύ κοντά σε αυτά του ανιχνευτή εξασθένησης βήτα.

Πολλές πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία αισθητήρων γίνονται κυρίως δυνατές μέσω μικροτεχνολογιών. Αυτές οι νέες τεχνολογίες προσφέρουν κατασκευαστικά συστήματα μεγάλου όγκου με μικρές διαστάσεις, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερη αξιοπιστία. Έτσι, τα υλοποιημένα μικροσυστήματα ενσωματώνουν αισθητήρες, ενεργοποιητές, μηχανικές και ηλεκτρονικές μονάδες. Παρέχουν λύσεις χαμηλού κόστους που δεν ήταν εφικτές με μικροηλεκτρονικά συστήματα. Η ανάπτυξή τους περιλαμβάνει ειδικές προκλήσεις για τεχνολογίες μοντελοποίησης συσκευών, μικροκατασκευής, υλικών και συσκευασίας. Τα μικρομηχανικά συστήματα είναι σήμερα ήδη εγγενή στοιχεία σε αυτοκίνητα, έγχρωμους εκτυπωτές, κινητά τηλέφωνα και ιατρικά συστήματα. Οι πιο δημοφιλείς μικρομηχανικοί αισθητήρες είναι οι αισθητήρες πίεσης, γωνιακού ρυθμού και αισθητήρες επιτάχυνσης. Επέτρεψαν την ευρεία εφαρμογή συστημάτων αερόσακων χαμηλού κόστους και

καταλυτικών μετατροπών. Η μικροκατεργασία πυριτίου είναι μια από τις πιο σημαντικές μικροτεχνολογίες για συστήματα αισθητήρων. Οι εξέχουσες ιδιότητες του υλικού πυριτίου, όπως η ελευθερία σφαλμάτων υστέρησης, και οι προηγούμενες εξελίξεις στον τομέα της μικροηλεκτρονικής επέτρεψαν αυτή τη σημαντική τεχνική εξέλιξη. Σε περίπτωση χύδην μικροκατεργασίας, το υπόστρωμα δομείται μέσω διαδικασιών υγρής και ξηρής χάραξης. Η υψηλή επιλεκτικότητα χάραξης και η αξιοπιστία είναι τα πλεονεκτήματα της μαζικής μικροκατεργασίας. Σε μια ισότροπη διαδικασία, η ταχύτητα χάραξης είναι ανεξάρτητη από την κατεύθυνση στο υπόστρωμα. Σε αυτήν την περίπτωση, οι διαμορφώσεις συσκευών που μπορούν να αποκτηθούν είναι περιορισμένες και το υλικό πυριτίου ενδέχεται να μην χρησιμοποιείται αποτελεσματικά. Σε μια ανισότροπη διαδικασία, η ταχύτητα χάραξης εξαρτάται από τον προσανατολισμό. Οι κατασκευασμένες δομές στη χύδην μικρομηχανική έχουν από την αρχή υψηλό λόγο διαστάσεων. Αυτό σημαίνει ότι το ύψος της δομής είναι υψηλό σε σχέση με την ελάχιστη πλευρική διάσταση ολόκληρης της κατασκευής. Αυτή η ιδιότητα περιλαμβάνει σημαντικά πλεονεκτήματα για την απόδοση του αισθητήρα, όπως υψηλότερη ευαισθησία, μετατόπιση, μηχανική ευρωστία και μειωμένο θόρυβο. Σε περίπτωση μικροεπεξεργασίας επιφανειών, τρεις Οι διαστατικές μηχανικές δομές αναπτύσσονται με διαδοχική εναπόθεση και επιλεκτική αφαίρεση θυσιαστικών στρωμάτων (π.χ. SiO) που διαχωρίζουν τα μεμονωμένα στρώματα στη δομή. Πρόσφατα, η χρήση της χάραξης αντιδραστικών ιόντων (RIE) επέτρεψε μια οικονομικά αποδοτική υλοποίηση δομών με υψηλότερο λόγο διαστάσεων 30.

Οι τάσεις ανάπτυξης στην τεχνολογία αισθητήρων προκύπτουν από οικονομικές πτυχές της αγοράς, γενικά αιτήματα πελατών και ειδικές απαιτήσεις των εφαρμογών-στόχων. Μειώσει κόστους και περισσότερη βελτίωση στην ακρίβεια και την ταχύτητα θα επιτευχθούν στο μέλλον χρησιμοποιώντας μεθόδους μέτρησης με υψηλότερη απόδοση, νέες τεχνολογίες κατασκευής και εξελιγμένες μεθόδους επεξεργασίας σήματος. Η μεγαλύτερη ζήτηση για προστασία του περιβάλλοντος απαιτεί την ανάπτυξη εξαιρετικά αξιόπιστων αισθητήρων. Αισθητήρες χωρίς συντήρηση με μεγάλη διάρκεια ζωής και χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι, ως εκ τούτου, το επίκεντρο των ενδιαφερόντων. Οι κύριες τάσεις ανάπτυξης στην τεχνολογία αισθητήρων είναι, γενικά, προς τη σμίκρυνση και την αυξανόμενη χρήση συστημάτων πολλαπλών αισθητήρων και ασύρματων συστημάτων. Η μικρογραφία είναι μια εξαιρετική στρατηγική επιτυχίας στις σύγχρονες τεχνολογίες. Η μείωση των χαρακτηριστικών διαστάσεων οδηγεί συνήθως σε μικρότερους χρόνους απόκρισης, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αντίστοιχα υψηλότερη ταχύτητα στη δημιουργία και την επεξεργασία σήματος. Σε πολλές περιπτώσεις, μειώνει το κόστος λόγω του υψηλότερου ρυθμού ενοποίησης, της χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας και της υψηλότερης αξιοπιστίας. Η μικρογραφία αποκτά γενικά σημασία σε όλα τα πεδία εφαρμογών, όπου οι μικρότερες δομές και η μεγαλύτερη ακρίβεια καθίστανται καθοριστικές για την αποδοχή μεμονωμένων προϊόντων στην αγορά. Η αναπτυξιακή τάση για σμίκρυνση συνεχίζεται στις νανοτεχνολογίες, οι οποίες θα ανοίξουν την πρόσβαση σε ακόμη μικρότερες διαστάσεις. Για παράδειγμα, για την παρακολούθηση ζωτικών παραμέτρων του ανθρώπου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συσκευές υγειονομικής περιθάλψης ώστε να μπορεί να απελευθερωθεί αυτόματα μια κλήση έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση απώλειας των αισθήσεων του παρατηρούμενου ατόμου. Για αποδοχή από τους χρήστες, η συσκευή θα πρέπει να είναι ελαφριά και να παρέχει ανεμπόδιστη κινητικότητα. Ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να το αγνοεί και να ζει κανονικά χωρίς να είναι υποχρεωμένος να το βγάλει σε οποιαδήποτε κατάσταση κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η χρήση συστημάτων πολλαπλών αισθητήρων γίνεται όλο και πιο σημαντική σε ευρέως διαδεδομένες εφαρμογές. Οι εφαρμογές τους φτάνουν από την παρακολούθηση και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών παραγωγής έως τη ρομποτική, τις εφαρμογές αυτοκινήτου, smart home, έλεγχος διαδικασιών, περιβαλλοντική μηχανική, βιοτεχνολογία και βιοεπιστήμες. Τα συστήματα πολλαπλών αισθητήρων παρέχουν το πλεονέκτημα ότι οι οικονομικοί αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και για την επίτευξη υψηλού επιπέδου ακρίβειας και αξιοπιστίας. Ως εκ τούτου, ένας μεγάλος όγκος διαθέσιμων πληροφοριών διαχειρίζεται χρησιμοποιώντας εξελιγμένες τεχνικές επεξεργασίας σήματος, έτσι ώστε το σύστημα να επιτυγχάνει καλύτερη απόδοση. Η σύντηξη δεδομένων πολλαπλών αισθητήρων στην πραγματικότητα εκτελείται εγγενώς από ζώα και ανθρώπους για να επιτευχθεί ακριβέστερη αξιολόγηση του περιβάλλοντος περιβάλλοντος. Ένα άμεσα σχετικό παράδειγμα είναι η ηλεκτρονική μύτη, η οποία αποτελείται από μια σειρά διαφορετικών αισθητήρων που έχει αποδειχθεί ότι ανταποκρίνονται σε καθορισμένες οργανικές και ανόργανες ενώσεις με χαμηλές συγκεντρώσεις.

Προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή ανάλυση σε χαμηλές συγκεντρώσεις, η απόκριση μιας σειράς αισθητήρων χρησιμοποιείται όπως στην πραγματική ανθρώπινη μύτη. Οι εφαρμογές της ηλεκτρονικής μύτης είναι ευρέως διαδεδομένες στη χημική ανάλυση, την παρακολούθηση περιβάλλοντος, την επιθεώρηση τροφίμων και κρασιού, την εκπομπή έλεγχος και ανίχνευση ναρκωτικών. Οι τάσεις ανάπτυξης των συστημάτων πολλαπλών αισθητήρων είναι στην ανάπτυξη αρθρωτών συστημάτων, τα οποία είναι εύκολα επεκτάσιμα με νέες μονάδες χωρίς να διαταράσσουν τις ήδη διαθέσιμες λειτουργίες.

Με τη μεγάλη ποσότητα εξαρτημάτων, τα οποία είναι απαραίτητα για την επίτευξη της απαιτούμενης λειτουργικότητας, η ηλεκτρική καλωδίωση των χωρικά κατανεμημένων συστημάτων γίνεται πολύπλοκη και προκαλεί δυσκολίες στο χειρισμό του συστήματος. Η χρήση ασύρματων συστημάτων συνεπάγεται καλύτερη ευκολία και έχει σημαντικό κόστος μείωση. Τα ασύρματα συστήματα αισθητήρων έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε και μπορούν. Οι ασύρματοι αισθητήρες μπορούν να επικοινωνούν μέσω υπερήχων ή υπέρυθρων σημάτων. Για παράδειγμα, συσκευές ακουστικών κυμάτων επιφάνειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση αντικειμένων και για τη μέτρηση φυσικών, χημικών και βιολογικών μεγεθών όπως θερμοκρασία, πίεση, ροπή, επιτάχυνση ή υγρασία. Οι ενεργειακά αυτόνομοι αισθητήρες θα αποκτήσουν ιδιαίτερη σημασία μεταξύ των ασύρματων αισθητήρων γιατί, σε αυτή την περίπτωση, τα καλώδια δεν είναι πλέον απαραίτητα, ακόμη και για την παροχή ρεύματος. Αυτό το είδος αισθητήρα είναι απαραίτητο για πολλές εφαρμογές στις οποίες πρόκειται να γεφυρωθούν μεγάλες αποστάσεις ή είναι απαραίτητος ένας μεγάλος αριθμός κατανεμημένων εξαρτημάτων.

Εν κατακλείδι, η τεχνολογία αισθητήρων επωφελείται από τη συνεργική ταυτοποίηση τόσο των τεχνολογιών κατασκευής όσο και των μεθόδων επεξεργασίας σήματος. Οι νέοι αισθητήρες παρέχουν υποσχόμενες τεχνικές λύσεις, οι οποίες μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας, της αξιοπιστίας και της οικονομικής απόδοσης των τεχνικών προϊόντων. Για την ανάπτυξη νέων αισθητήρων, είναι απαραίτητη μια διεπιστημονική εργασία βασικής ικανότητας από το πανεπιστήμιο και τη βιομηχανία. Στο μέλλον, τα συστήματα αισθητήρων θα σχεδιάζονται σε μια ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένων όχι μόνο των τεχνολογικών πτυχών, αλλά και του σχεδιασμού των συγκεκριμένων βημάτων κατασκευής και των αλγορίθμων επεξεργασίας σήματος.

2.6 Ανιχνευτές Σωματιδίων του Σήμερα

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε ένα τεράστιο κύμα ενδιαφέροντος για την εφαρμογή αισθητήρων χαμηλού κόστους στις μετρήσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων από εκπαιδευτικούς, επιστήμονες πολιτών και μέλη διαφόρων ομάδων που ενδιαφέρονται για τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις κοινότητες τους. Αυτό το ενδιαφέρον προήλθε από έναν συνδυασμό παραγόντων που περιλαμβάνουν αρχικά την ανάπτυξη και εμπορία ηλεκτροχημικών αισθητήρων χαμηλού κόστους για είδη αέριας φάσης. Στην συνέχεια την εφαρμογή μετρητών οπτικών σωματιδίων χαμηλού κόστους (OPC) που αναπτύχθηκαν αρχικά για την παρακολούθηση συστημάτων HVAC σε μετρήσεις της πυκνότητας σωματιδίων του περιβάλλοντος και των συμπερασμένων συγκεντρώσεων μάζας. Επίσης την εισαγωγή των πλακών κυκλωμάτων μικροελεγκτή χομπίστα όπως η πλακέτα Arduino και τέλος τις πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία εφαρμογών για κινητά τηλέφωνα που παρέχει εύκολη εμφάνιση και χαρτογράφηση δεδομένων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, δεκάδες ομάδες, συμπεριλαμβανομένων πολλών πανεπιστημιακών ομάδων, ΜΚΟ και μικρών εταιρειών, να έχουν αναπτύξει συσκευές βασισμένες σε αισθητήρες για μετρήσεις μεγάλης ποικιλίας ατμοσφαιρικών ρύπων. Τέτοιες συσκευές μετρούν τυπικά διάφορους συνδυασμούς PM (PM1, PM2,5 & PM10), CO, CO2, O3, NO, NO2, SO2, VOC και μαύρο άνθρακα. Η EPA των ΗΠΑ ανταποκρίθηκε στο αυξανόμενο ενδιαφέρον του κοινού για τους αισθητήρες αναπτύσσοντας μια εργαλειοθήκη αισθητήρα αέρα για επιστήμονες του πολίτη με πληθώρα πληροφοριών σχετικά με τους διαθέσιμους αισθητήρες, τον τρόπο χρήσης τους και τον τρόπο ερμηνείας των μετρήσεων. Προγράμματα για την αξιολόγηση των αισθητήρων έχουν δημιουργηθεί τόσο από την

EPA των ΗΠΑ όσο και από το Κέντρο Αξιολόγησης Απόδοσης Αισθητήρων Ποιότητας αέρα (AQ-SPEC) της Περιφέρειας Διαχείρισης Ποιότητας αέρα της Νότιας Ακτής της Καλιφόρνια.[15]

Η πλειονότητα των περίπου 50 εμπορικά διαθέσιμων αισθητήρων που δοκιμάστηκαν από το EPA και το AQ-SPEC έχουν πολύ κακή απόδοση, με τιμές συντελεστών προσδιορισμού (R2) 0,5 ή λιγότερο, και αρκετούς αισθητήρες με τιμές R2 ~ 0,0 (δηλαδή, «γεννήτριες θορύβου»). Το 2B Tech Personal Ozone Monitor (POM) είχε την καλύτερη απόδοση σε αυτές τις ανεξάρτητες δοκιμές από το SCAQMD με μετρημένες τιμές R2 0,99 στο εργαστήριο και 1,00 στο πεδίο σε σύγκριση με τα όργανα αναφοράς FEM. Φυσικά, το POM είναι ένα μικροσκοπικό όργανο (και μια ομοσπονδιακή ισοδύναμη μέθοδος EPA των ΗΠΑ) - όχι ένας αισθητήρας. Αυτές οι ανεξάρτητες δοκιμές οδήγησαν σε βελτιώσεις αισθητήρων, ωστόσο, και οι νεότερες εκδόσεις ορισμένων αισθητήρων είχαν καλύτερη απόδοση στον επανέλεγχο. Αυτά τα πακέτα αισθητήρων που χρησιμοποιούν πολλαπλούς αισθητήρες βαθμονομημένους χρησιμοποιώντας μεθόδους πολλαπλών μεταβλητών κατά τη τοποθεσία στο πραγματικό ατμοσφαιρικό περιβάλλον έχουν την καλύτερη απόδοση και, εν μέρει ως αποτέλεσμα εξωτερικών δοκιμών, είναι πλέον γενικά αποδεκτό ότι για τους περισσότερους εργαστηριακούς αισθητήρες οι βαθμονόμηση απλώς δεν δουλεύει. Οι αισθητήρες πρέπει να βαθμονομούνται συχνά στο πεδίο έναντι οργάνων με ακρίβεια.

Είναι σημαντικό να θυμάστε ότι οι αισθητήρες ποιότητας αέρα ανταποκρίνονται στους ατμοσφαιρικούς ρύπους με τρόπο παρόμοιο με την ικανότητά μας να αγγίζουμε ένα αντικείμενο και να ανταποκρινόμαστε στο αν είναι ζεστό ή κρύο ή να δοκιμάσουμε ένα φαγητό και να δίνουμε μια γλυκιά, πικρή, αλμυρή απόκριση. Αν και τα ηλεκτρικά σήματα που παράγονται από τους αισθητήρες μπορούν να μετρηθούν με υψηλή ακρίβεια, είναι συχνά δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί η συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού ρύπου χρησιμοποιώντας τους περισσότερους αισθητήρες χαμηλού κόστους. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για αυτό, οι οποίοι διαφέρουν για διαφορετικούς τύπους αισθητήρων. Μερικές από τις δυσκολίες στον ποσοτικό προσδιορισμό των σημάτων αισθητήρων για τη λήψη ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων περιλαμβάνουν αρχικά την διασταυρούμενη ευαισθησία δηλαδή όταν ένας αισθητήρας μπορεί να ανταποκρίνεται με διάφορους βαθμούς σε διαφορετικά χημικά είδη. Για παράδειγμα, ένα σήμα αισθητήρα NO₂ μπορεί να οφείλεται εν μέρει στο NO₂, εν μέρει σε O₃, εν μέρει σε SO₂ κ.λπ. Επίσης οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρουσιάζουν δυσκολίες στον ποσοτικό προσδιορισμό των σημάτων αισθητήρων διότι η απόκριση του αισθητήρα εξαρτάται συχνά από τη θερμοκρασία, την πίεση και την υγρασία. Επίσης η ευαισθησία, η απόκριση (ευαισθησία) του αισθητήρα μπορεί να διαφέρει με την πάροδο του χρόνου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην εξάντληση των οξειδοαναγωγών ειδών και/ή των ηλεκτρολυτών σε έναν ηλεκτροχημικό αισθητήρα, στην προσρόφηση ρύπων σε αισθητήρες στερεάς κατάστασης κ.λπ. Η μετατόπιση γραμμής βάσης παίζει επίσης σοβαρό λόγο στο ποσοτικό προσδιορισμό των αισθητήρων γιατί η μετατόπιση μπορεί να γίνει θετική ή αρνητική με την πάροδο του χρόνου για διάφορους λόγους, όπως μόλυνση των ενεργών επιφανειών του αισθητήρα, συσσώρευση σωματιδίων μέσα σε έναν αισθητήρα PM. Η γραμμικότητα και το δυναμικό εύρος, στην ιδανική περίπτωση, ένας αισθητήρας θα έχει γραμμική απόκριση σε πολλές τάξεις μεγέθους, όπως και σχεδόν όλα τα παραδοσιακά όργανα. Οι αισθητήρες τείνουν να αποκρίνονται γραμμικά μόνο σε μία έως δύο τάξεις μεγέθους, σε σύγκριση με περίπου πέντε τάξεις μεγέθους για τη μέτρηση του όζοντος με την απορρόφηση UV, για παράδειγμα. Ωστόσο, η έλλειψη μεγάλου δυναμικού εύρους σπάνια αποτελεί σοβαρό περιορισμό για τους αισθητήρες ποιότητας αέρα, καθώς το εύρος συγκέντρωσης ενδιαφέροντος δεν είναι τόσο μεγάλο. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν επίσης τα όργανα, αλλά γενικά σε πολύ μικρότερο βαθμό, και οι μέθοδοι διόρθωσης, όπως ο συχνός μηδενισμός για την εξάλειψη της μετατόπισης της γραμμής βάσης και η βαθμονόμηση με πρότυπα αερίου, είναι πολύ καλύτερα καθιερωμένα.

Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αισθητήρες. Πράγματι, πλέον αναγνωρίζεται ότι οι αισθητήρες μπορούν να καλύψουν σημαντικά κενά που είναι πρακτικά αδύνατο να καλυφθούν με συμβατικά ή ακόμα και μικροσκοπικά όργανα λόγω του χαμηλού κόστους, του μικρού μεγέθους και της ευκολίας ανάπτυξης. Ωστόσο, οι περιορισμοί των αισθητήρων πρέπει να αναγνωρίζονται και πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την επίτευξη αποδεκτών αποτελεσμάτων.

2.7 Αισθητήρες σε συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού

Η ενσωμάτωση αισθητήρων σε συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού έχει λάβει μεγάλη προσοχή από σημαντικό αριθμό ερευνητών και από τη βιομηχανική κοινότητα τα τελευταία χρόνια. Δίνεται έμφαση στη σημασία της δημιουργίας βελτιώσεων στα συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις της ανάπτυξης και της βελτίωσης νέων εφαρμογών. Αυτά τα συστήματα πρέπει να ενσωματώνουν μια ποικιλία αισθητηριακών πληροφοριών και ανθρώπινης γνώσης για χάρη της αποτελεσματικής διεκπεραίωσης των εργασιών με ή χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Στην πραγματικότητα, η ενσωμάτωση αισθητήρων σε έξυπνες συσκευές και συστήματα έχει αυξήσει την ικανότητα μέτρησης, ανάλυσης και συγκέντρωσης δεδομένων σε τοπικό επίπεδο. Οι αυτόνομοι και συνδεδεμένοι αισθητήρες είναι σε θέση να δειγματίζουν και να μετρούν επιλεκτικά πολλές φυσικές ιδιότητες. Βασισμένες στις αυξανόμενες δυνατότητες των δικτύων σταθερής πρόσβασης και ασύρματων δικτύων, οι εξελίξεις έξυπνων αισθητήρων επιτρέπουν τη συλλογή ακατέργαστων δεδομένων, τα οποία υποβάλλονται σε επεξεργασία σε πληροφορίες και μεταφέρονται μέσω σύνδεσης δικτύου.

Η έννοια της ολοκλήρωσης αισθητήρων είναι κοντά στον όρο σύντηξης αισθητήρων, ο οποίος ορίζεται ως «η τέχνη της επεξεργασίας δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες με στόχο την αναπαραγωγή ενός φυσικού περιβάλλοντος ή την πρόκληση νοημοσύνης για τον έλεγχο ενός φαινομένου με αυξημένη ακρίβεια και αξιοπιστία». Η σύντηξη ή η ολοκλήρωση αισθητήρων εξελίσσεται ταχέως ως βάση ισχυρών συστημάτων ελέγχου που μπορούν να έχουν νόημα από την ατελή είσοδο παρά το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί. Τα δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες συγχωνεύονται για να αυξήσουν την απόκριση και την ακρίβεια, παρέχοντας συστήματα ελέγχου που μέχρι πρόσφατα μπορούσαν μόνο να θεωρητικοποιηθούν, βασιζόμενα σε τεχνικές όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η αναγνώριση προτύπων, η ψηφιακή επεξεργασία σήματος και η στατιστική εκτίμηση. Επιπλέον, οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία αισθητήρων και τις τεχνικές επεξεργασίας, σε συνδυασμό με βελτιωμένο υλικό, καθιστούν δυνατή τη συγχώνευση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

2.8 Επίλογος

Για να καταλάβουμε ακριβώς το θέμα της πτυχιακής αυτής εργασίας πρέπει αρχικά να οριστεί το πλαίσιο στο οποίο θα πρέπει να περιοριστεί το θέμα της. Το πλαίσιο αυτό θα αποτελεί την συνολική μελέτη της η οποία θα περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες θεωρητικές βάσεις που αφορούν την υλοποίηση της. Αποτελεί καλή πρακτική καθώς εξυπηρετεί τόσο στο να αποδοθεί μία αρχική εικόνα του συνόλου της εργασίας, όσο και στο να παρέχει πρόληψη και προσοχή σε παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία και αποτυχία της.

Με την συνεχής εκβιομηχάνιση και την αστικοποίηση, ο άνθρωπος ζει καθημερινά σε έναν κόσμο γεμάτο ρύπους που έχουν προκληθεί από τον ίδιο και μάλιστα αυτοί οι ρύποι προκαλούν σοβαρά προβλήματα στον άνθρωπο όταν αυτός είναι εκτεθειμένος καθημερινά. Δηλαδή ο μέσος άνθρωπος εισπνέει καθημερινά τα σωματίδια του αέρα τα οποία έχουν μέγεθος 2,5 μικρόμετρα και μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και πρόωρο θάνατο.

Ο μόνος τρόπος για να περιορίσει κάποιος την έκθεση του στα σωματίδια αυτά, είναι να προσέχει και να ενημερώνεται για την ποιότητα του αέρα από τις ειδήσεις ή τον καιρό από την τηλεόραση ή και από το ίντερνετ. Επίσης δραστηριότητες οι οποίες σε λαχανιάζουν και σε αναγκάζουν να αναπνεύσεις πιο γρήγορα και βαθιά όπως γυμναστική στο σπίτι ή στίβος κ.λ.π. θα πρέπει να γίνονται σε σημεία που δεν υπάρχει μεγάλη ποσότητα σκόνης στον αέρα.

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέραμε και τα συστήματα Arduino τα οποία είναι πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα ενσωματωμένα συστήματα από όλον τον κόσμο και δίνει άπειρες δυνατότητες στον χρήστη να δημιουργήσει και να προγραμματίσει ότι θέλει. Ο λόγος που πολύς κόσμος τα προτιμάει συνήθως έχει να κάνει με το πόσο φθηνά είναι και ότι είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα.

Ένα από τα πιο σημαντικά πράγματα αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι φυσικά οι αισθητήρες, στο κεφάλαιο αυτό έγινε λεπτομερής αναφορά στην δομή τους και τους διάφορους τύπους αισθητήρων που υπάρχουν και πως μέσω της μικροτεχνολογίας μπορεί η επιστήμη των αισθητήρων να φτάσει νέα στάδια εξέλιξης που θα είναι πιο οικονομικοί ,μικρότεροι σε όγκο και φυσικά πιο αποτελεσματικοί.

Κεφάλαιο 3ο: Μέθοδος σχεδίασης και υλοποίησης του ενσωματωμένου συστήματος

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγραφεί όλη η διαδικασία η οποία έχει ως αποτέλεσμα την επιτυχή προσομοίωση ενός ανιχνευτή σωματιδίων του αέρα ο οποίος είναι προγραμματισμένος με έναν μικροελεγκτή να ανιχνεύει χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες που έχει ενσωματωμένους επάνω του ώστε να τους εμφανίζει σε μία μονάδα ψηφιακής απεικόνισης δηλαδή μια OLED οθόνη.

Αρχικά θα περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας του ανιχνευτή σωματιδίων, έπειτα θα αναλυθεί ο σχηματικός του ανιχνευτή σωματιδίων ώστε να γίνει αντιληπτός παραπάνω ο τρόπος λειτουργίας του. Στην συνέχεια εστιάζεται η ανάλυση του μικροεπεξεργαστή ESP32 και ο τρόπος με τον οποίο επικοινωνεί με τα υπόλοιπα εξαρτήματα του συστήματος ώστε να εκπληρώσει με ακρίβεια τον σκοπό της πτυχιακής εργασίας. Επιπλέον γίνεται αναφορά στους δύο αισθητήρες και φυσικά στον τρόπο λειτουργίας τους ώστε να γίνει πιο σαφές το κύκλωμα μας. Ακόμη εξηγούνται αναλυτικά τα στοιχεία του κυκλώματος και οι διαδικασίες σχηματικού σχεδιασμού, μαζί με τις αρχές λειτουργίας και τη διάταξη της πλακέτας συστήματος. Αμέσως μετά σχολιάζεται η σχεδίαση και συναρμολόγηση της πλακέτας καθώς και μια λεπτομερής αναφορά για το τι είναι μια πλακέτα PCB. Τέλος το κεφάλαιο κλείνει με μια ανάλυση για τον τρόπο λειτουργίας της οθόνης OLED και εξηγείται γιατί παίζει σημαντικό ρόλο στην εργασία αυτή.

Ο σκοπός ύπαρξης αυτού του κεφαλαίου είναι να αναλυθεί και να εξηγηθεί με λεπτομέρεια στον αναγνώστη η μέθοδος σχεδίασης και υλοποίησης του ενσωματωμένου συστήματος, διότι πιστεύω ότι είναι το πιο βασικό μέρος της πτυχιακής εργασίας αφού μπορεί να δει με λεπτομέρεια και να μπει στη λογική ενός ηλεκτρονικού μηχανικού, καθώς και να δει τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ώστε να φτάσει στον επίμαχο στόχο του.

3.2 Επισκόπηση σχεδίασης συστήματος

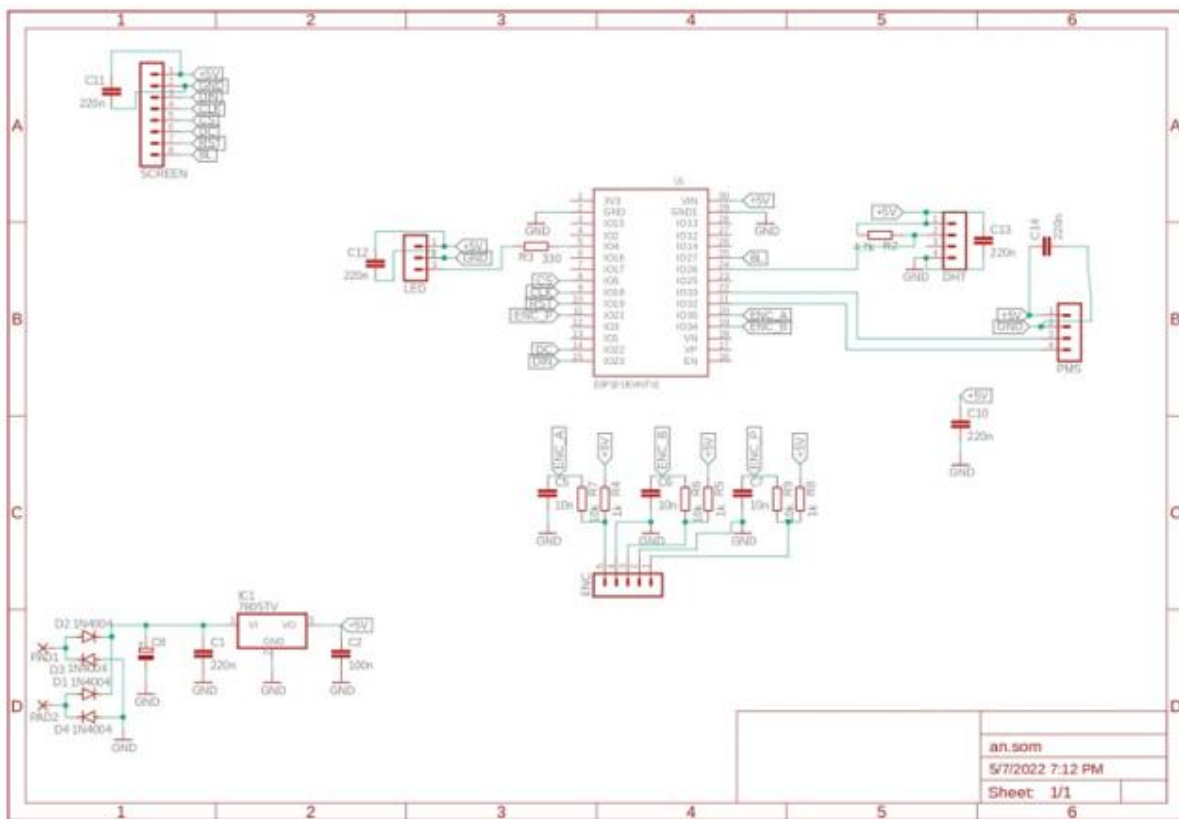
3.2.1 Τρόποι Λειτουργίας

Αυτό το σύστημα λειτουργεί συλλέγοντας δεδομένα συγκεκριμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένων και την ποσότητα σκόνης που υπάρχει στον αέρα. Το σύστημα παρέχει 2 αισθητήρες. Οι οποίοι επιβλέπουν 5 τύπους παραμέτρων του αέρα: PM1,PM2.5,PM10,υγρασία και θερμοκρασία.

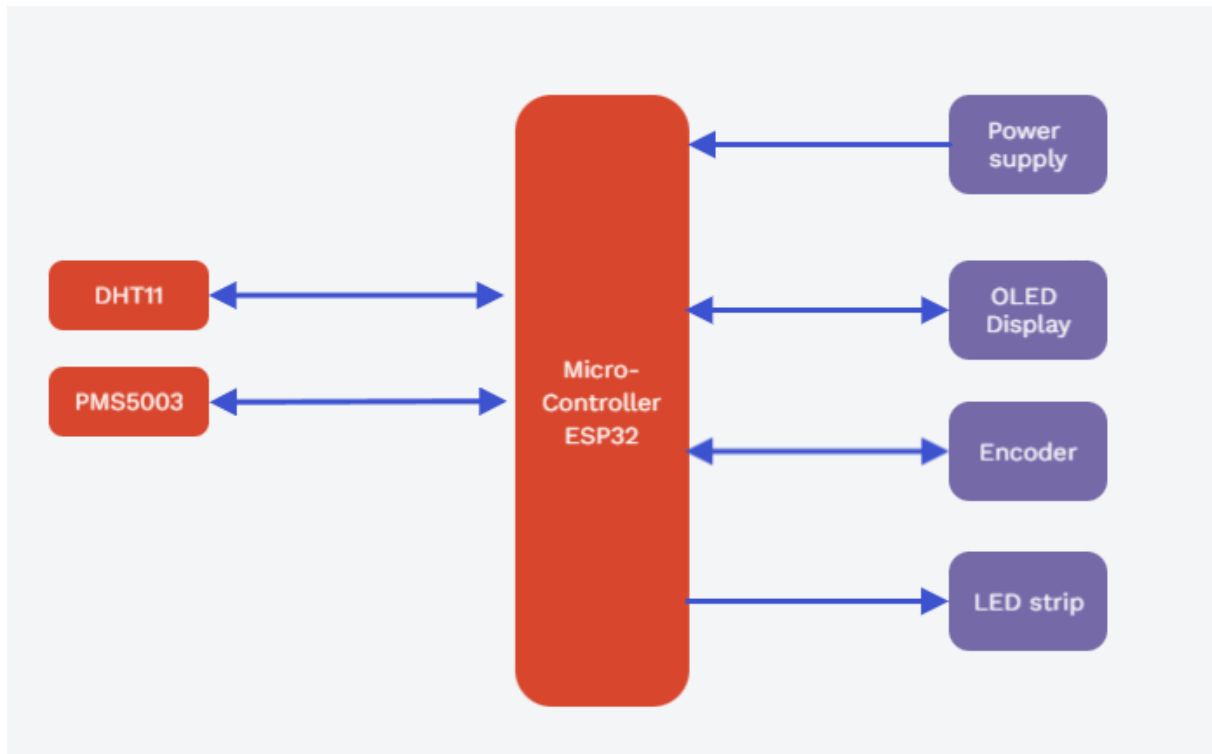
Γενικά, αφού οι μονάδες αισθητήρων ανιχνεύσουν τις περιβαλλοντικές μεταβλητές του αέρα, δημιουργούν είτε αναλογικά είτε ψηφιακά δεδομένα ανάλογα με τον τύπο του αισθητήρα για περαιτέρω επεξεργασία. Ένας μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό χρησιμοποιείται για τη μετατροπή αναλογικών δεδομένων σε ψηφιακό σήμα. Ο μικροελεγκτής ESP32 επεξεργάζεται όλα τα ληφθέντα ψηφιακά σήματα και στη συνέχεια εμφανίζει τα τελικά αποτελέσματα στην οθόνη OLED (οργανική δίοδος εκπομπής φωτός). Ένα επαγγελματικό λογισμικό εντοπισμού σφαλμάτων μπορεί να λαμβάνει συνεχώς τις εισερχόμενες περιβαλλοντικές παραμέτρους από τη σειριακή θύρα και της εμφανίζει στην οθόνη OLED σε γραφήματα σε πραγματικό χρόνο.

3.2.2 Architecture Design

Ο ανιχνευτής σωματιδίων και ποιότητας αέρα είναι βασισμένος πάνω στο **σχήμα 3.1**. Οι πράσινες γραμμές αντιπροσωπεύουν την σύνδεση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την πτυχιακή αυτή. Πάνω αριστερά είναι η LCD οθόνη συνδεδεμένη με ένα πυκνωτή των 220n,την γείωση, την τροφοδοσία, το reset και clock pin του ESP32 όπως και το backlight, data command, chip select και Data In pin. Κάτω αριστερά είναι η τροφοδοσία με ένα σταθεροποιητή τάσης 7805 και ακριβώς δεξιά είναι το κουμπάκι με το οποίο μπορούμε να αλλάξουμε τις ρυθμίσεις και τα menu του στην LCD οθόνη. Στο κέντρο βρίσκουμε το κυριότερο κομμάτι της εργασίας αυτής. Χάρης το ESP32 μικροεπεξεργαστή μπορούμε να ενώσουμε όλα τα υλικά μας και φυσικά να προγραμματίσουμε την λειτουργία της συσκευής. Αριστερά από τον ESP32 βλέπουμε το LED strip. Στην δεξιά πλευρά του σχηματικού βρίσκονται οι αισθητήρες DHT11 και PMS5003 που θα μας δώσουν στην LED οθόνη τα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο της ανίχνευσης.



Σχήμα 3.1 Σχηματικό του Ανιχνευτή Σωματιδίων



Σχήμα 3.2 System block diagram

Στο σχήμα 3.2 υπάρχουν δύο βασικά μέρη. Το δεξί μέρος αντιπροσωπεύει τα στοιχεία επεξεργασίας δεδομένων και τα απεικονιστικά εξαρτήματα. Το αριστερό μέρος έχει σχεδιαστεί για να λαμβάνει τις παραμέτρους του αέρα, το οποίο περιλαμβάνει τις μετρήσεις των αισθητήρων PM2.5, PM5, PM10 και υγρασίας/θερμοκρασίας. Ο μικροελεγκτής ESP32 είναι το κύριο εξάρτημα που συνδέεται κεντρικά με όλα τα εξαρτήματα. Αυτή η μονάδα τροφοδοσίας περιλαμβάνει τον σταυθεροποιητή τάσης LM7805.

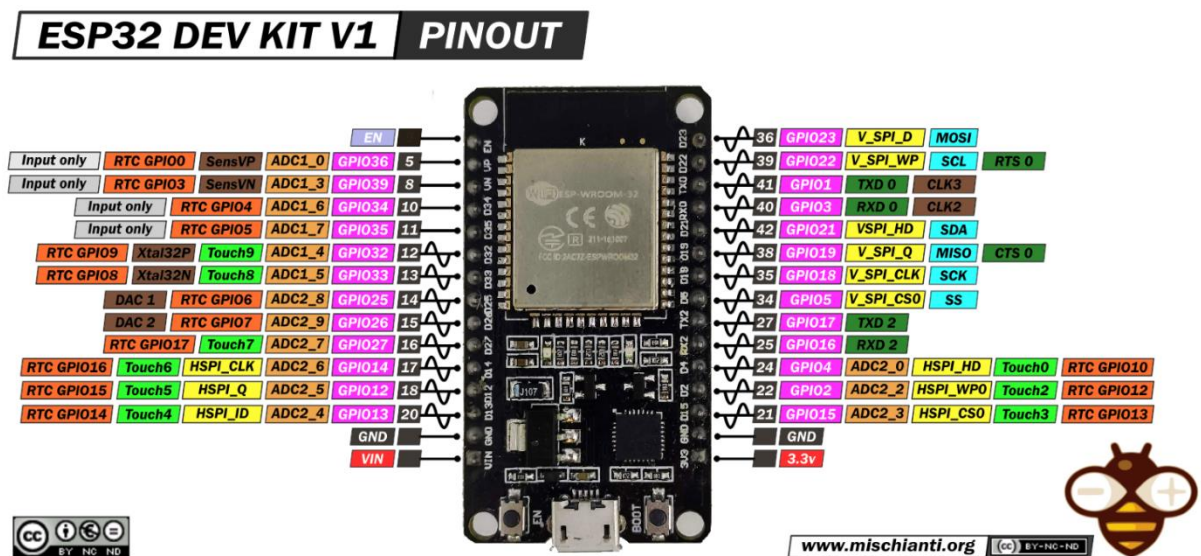
3.3 System Control Unit

Το σύστημα χρησιμοποιεί όπως έχουμε αναφέρει ένα ESP32 μικροεπεξεργαστή. Το ESP32 είναι μια ενσωματωμένη μονάδα που υποστηρίζει συνδεσιμότητα WiFi και BT (διπλής λειτουργίας). Η σειρά ESP32 χρησιμοποιεί είτε μικροεπεξεργαστή Tensilica Xtensa LX6 σε παραλλαγές δύο πυρήνων και μονοπύρηνων, μικροεπεξεργαστή διπλού πυρήνα Xtensa LX7 ή μικροεπεξεργαστή RISC-V ενός πυρήνα και περιλαμβάνει ενσωματωμένους διακόπτες κεραίας, RF balun, ενισχυτή ισχύος, ενισχυτή λήψης χαμηλού θορύβου, φίλτρα και μονάδες διαχείρισης ενέργειας. Το ESP32 δημιουργείται και αναπτύσσεται από την Espressif Systems, μια κινεζική εταιρεία με έδρα τη Σαγκάη, και κατασκευάζεται από την TSMC, επίσης είναι ο διάδοχος του μικροελεγκτή ESP8266.

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά ESP32

Device Summary

- Microcontroller: Tensilica 32-bit Single-/Dual-core CPU Xtensa LX6
- Operating Voltage: 3.3V
- Input Voltage: 7-12V
- Digital I/O Pins (DIO): 25
- Analog Input Pins (ADC): 6
- Analog Outputs Pins (DAC): 2
- UARTs: 3
- SPIs: 2
- I2Cs: 3
- Flash Memory: 4 MB
- SRAM: 520 KB
- Clock Speed: 240 Mhz
- Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n/e/i:
 - Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
 - WEP or WPA/WPA2 authentication, or open networks

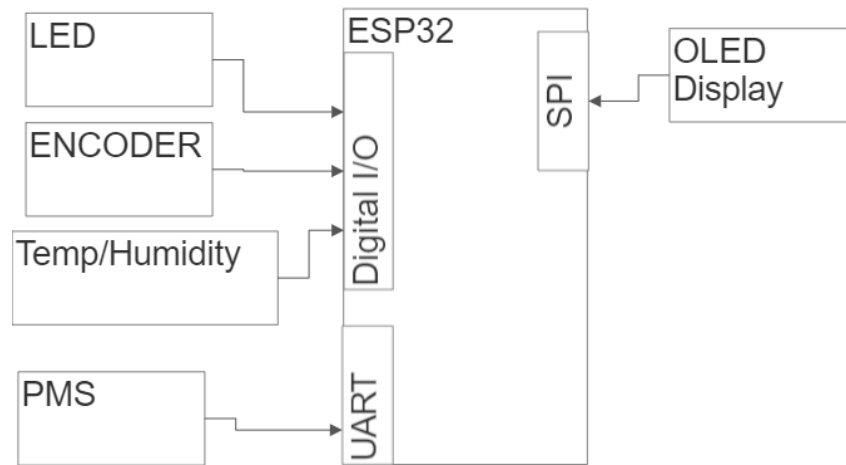


Σχήμα 3.3 ESP32 Pin out board

Έχει και analog και digital input/out pins διαθέσιμα στην πλακέτα για την σύνδεση άλλων ηλεκτρικών συσκευών για input ή output. Όπως δείχνει το σχήμα 3.2 ESP32 Pinout Board έχει 6 ADC pins που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για analog inputs και 25 DIO pins για digital inputs. Επίσης έχει 3

Κεφάλαιο 3

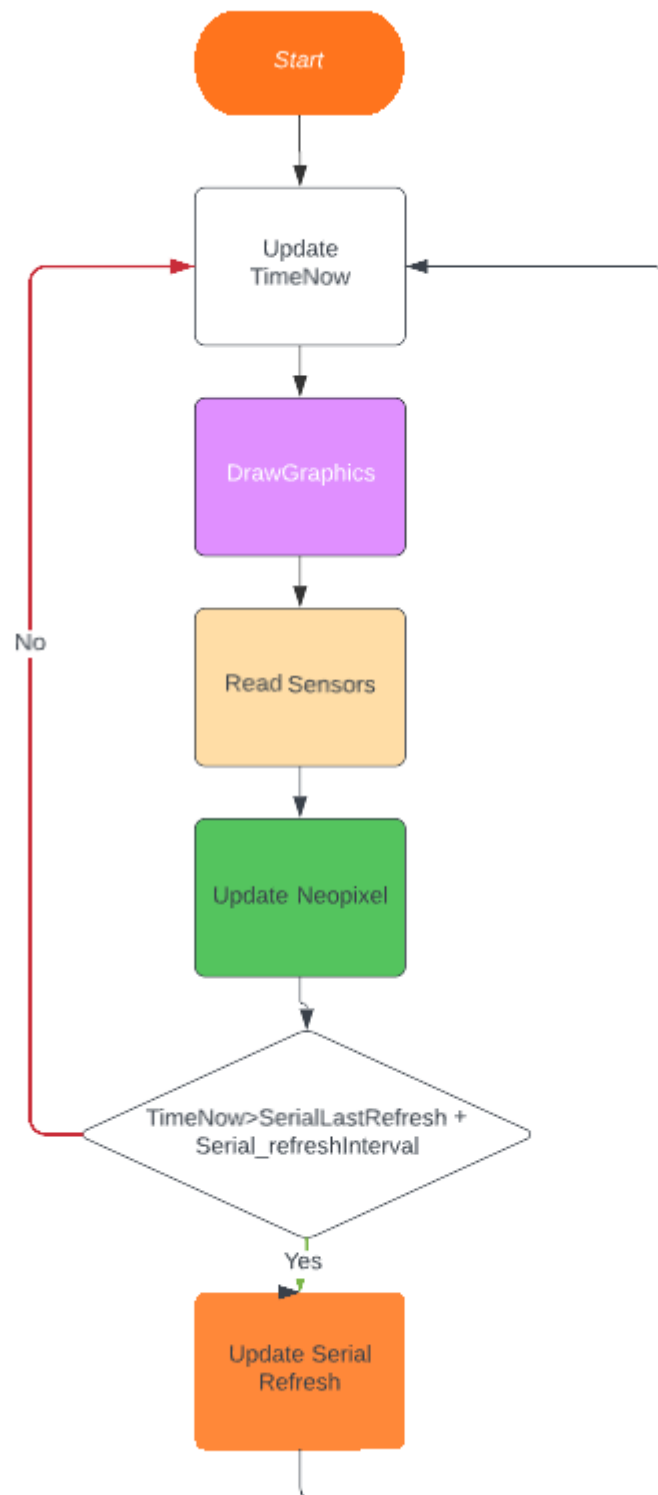
UARTS που χρησιμοποιούνται για serial communication. Τροφοδοτείτε 5V από τον σταθεροποιητή τάσης 7805.



Σχήμα 3.4:Block Diagram που δείχνει όλα τα interfaces με τον ESP32 μικροεπεξεργαστή

Ο αισθητήρας υγρασίας και θερμοκρασίας DHT11 είναι συνδεδεμένος με του ESP32 digital I/O pins. Ενώ ο PSM5003 αισθητήρας χρησιμοποιεί επικοινωνία UART για να μετάδοση δεδομένα στον μικροεπεξεργαστή ESP32. Ο ESP32 με SPI μπορεί επικοινωνήσει με την OLED οθόνη.

3.4 Υλοποίηση software



Σχήμα 3.5 Διάγραμμα ροής του Μικροελεγκτή

Το σχήμα 3.5 δείχνει το διάγραμμα ροής, δηλαδή τις ενέργειες που θα συμβούν όταν ανοίξει η συσκευή. Η βασική δομή του λογισμικού που εκτελείται στον μικροελεγκτή ESP32 είναι η εξής:

Αρχικά ο μικροελεγκτής ενημερώνει την τιμή της μεταβλητής TimeNow. Αμέσως μετά ενημερώνει και σχεδιάζει το τι θα δείξει η οθόνη. Έπειτα διαβάζει τους αισθητήρες, ενημερώνει την κατάσταση του neoPixel strip, ο μικροελεγκτής ελέγχει αν το TimeNow είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα του SerialLastRefresh και του Serial_refreshInterval. Τέλος αν ισχύει η κατάσταση αυτή, ανανεώνει το serial refresh και εμφανίζει στην οθόνη τις νέες τιμές και κυματομορφές, αλλιώς ξανά ξεκινάει η διαδικασία από την αρχή.

3.5 Μεθοδολογία αισθητήρων

Η εργασία αποτελείται από 2 σταθερούς αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση σωματιδίων στον αέρα αλλά και την ποιότητα του.

Αυτοί οι 2 αισθητήρες είναι αισθητήρες που παράγουν 5 τύπους παραμέτρων του αέρα όπως: PM1, PM 2.5, PM 10, υγρασίας και θερμοκρασίας.

Οι αισθητήρες συνδέονται σε ένα μικροελεγκτή ESP32. Όταν η συσκευή είναι ενεργοποιημένη, οι αισθητήρες αρχίζουν να παράγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Σε αυτή την ενότητα, κάθε αισθητήρας θα συζητηθεί λεπτομερώς.

3.5.1 PMS5003 Αισθητήρας

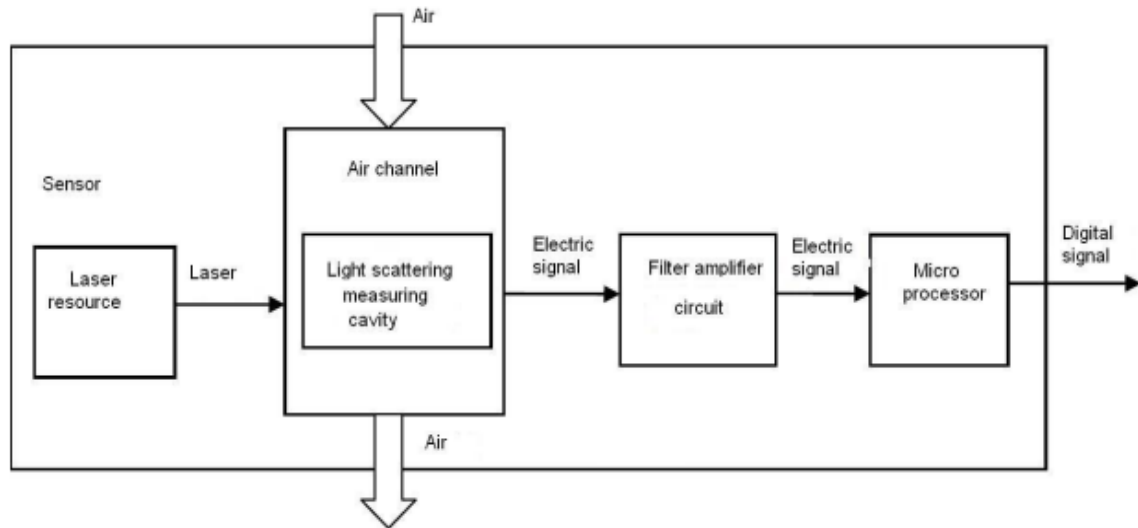
Το PMS5003 είναι ένα είδος ψηφιακού αισθητήρα συγκέντρωσης σωματιδίων, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη των αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα, δηλαδή τη συγκέντρωση των σωματιδίων, και τα εμφανίζει στην έξοδο μέσω μιας μορφής ψηφιακής διεπαφής όπως μια οθόνη OLED.

Η μονάδα αισθητήρα σωματιδίων μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια τα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια (PM1) στον αέρα του περιβάλλοντος. Ο σχεδιασμός της μονάδας αισθητήρα είναι σε θέση να παρακολουθεί τη συγκέντρωση σωματιδίων της ατμόσφαιρας σε πραγματικό χρόνο. Τα προηγμένα ηλεκτρονικά υποστήριξης αυτού του αισθητήρα ποιότητας αέρα τον καθιστούν συμπαγή και αξιόπιστο.

Αυτός ο αισθητήρας αναλύει τα σωματίδια του αγωγού με τη χρήση σκέδασης λέιζερ. Η σκέδαση λέιζερ εκπέμπει φως από τα σωματίδια στον αέρα και αποκτά το σχέδιο σκέδασης του εκπεμπόμενου φωτός. Το εκπεμπόμενο φως μπορεί να ταξιδέψει σε πολλές κατευθύνσεις (εμπρός, πίσω, πάνω, κάτω, αριστερά και δεξιά) ανάλογα με το μέγεθος του σωματιδίου που ακτινοβολείται. Αυτά τα «μοτίβα» αναφέρονται ως τα μοτίβα κατανομής έντασης φωτός. Ακολουθώντας το σχήμα 3.6 παρακάτω, ο αισθητήρας εκπέμπει ένα λέιζερ στη κοιλότητα στην οποία ένας ανεμιστήρας φυσά γύρω αέρα που έριξε. Το διάσπαρτο φως από τα σωματίδια μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Αυτό το σήμα αποστέλλεται στη συνέχεια σε έναν ενισχυτή για ενίσχυση του σήματος για επεξεργασία με χρήση της θεωρίας MIE στον μικροεπεξεργαστή. Στη συνέχεια δίνεται η ψηφιακή έξοδος μονάδες διαμέτρου / μονάδα όγκου.

Η θεωρία MIE είναι η λύση των εξισώσεων Maxwell για τη σκέδαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε σφαιρικά σωματίδια. Μερικές σημειώσεις για τη θεωρία MIE: «Τα σωματίδια είναι σφαιρικά, τα σωματίδια είναι ομοιογενή, το εναιώρημα είναι αραιό και οι οπτικές ιδιότητες είναι γνωστές.»

Η ψηφιακή έξοδος PMS5003 έχει δύο προαιρετικές λειτουργίες. Η προεπιλεγμένη λειτουργία είναι το **active mode**. Αυτή η λειτουργία στέλνει αυτόματα τα σειριακά δεδομένα. Εάν δεν υπάρχουν αλλαγές στη σωματιδιακή συγκέντρωση, το active mode διαβάζει κάθε 2,3 δευτερόλεπτα. Μόλις μια ουσιαστική αλλαγή σε έχει ανιχνευθεί στη συγκέντρωση, ενεργοποιείται η **fast mode** λειτουργία και ο αισθητήρας θα διαβάζει κάθε 200~800χιλιοστά του δευτερολέπτου.



Σχήμα 3.6 Τρόπος λειτουργίας του PMS5003

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.6, η σκέδαση του φωτός μπορεί να προκληθεί όταν τα σωματίδια περνούν την περιοχή ανίχνευσης. Το διασκορπισμένο φως μετατρέπεται σε ηλεκτρικά σήματα και αυτά τα σήματα θα ενισχυθούν και θα υποβληθούν σε επεξεργασία. Ο αριθμός και η διάμετρος των σωματιδίων μπορεί να λαμβάνεται με ανάλυση επειδή η κυματομορφή του σήματος έχει κάποια σχέση με την διάμετρος των σωματιδίων. Για να λειτουργεί το σύστημα με ακρίβεια, ο αισθητήρας πρέπει να αισθανθεί αέρα, έτσι ένας ανεμιστήρας είναι ενσωματωμένος στον αισθητήρα[16].

Πίνακας 3.2 PMS5003 sensor specification

Parameter	Index	unit
Range of measurement	0.3~1.0; 1.0~2.5; 2.5~10	Micrometer ($\mu\text{ m}$)
Counting Efficiency	50%@0.3 $\mu\text{ m}$ 98%@ $\geq 0.5\mu\text{ m}$	
Effective Range (PM2.5 standard)	0~500	$\mu\text{ g/m}^3$
Maximum Range (PM2.5 standard) *	≥ 1000	$\mu\text{ g/m}^3$
Resolution	1	$\mu\text{ g/m}^3$
Maximum Consistency Error (PM2.5 standard data)*	$\pm 10\%$ @100~500 $\mu\text{ g/m}^3$ $\pm 10\mu\text{ g/m}^3$ @0~100 $\mu\text{ g/m}^3$	
Standard Volume	0.1	Litre (L)
Single Response Time	<1	Second (s)
Total Response Time	≤ 10	Second (s)
DC Power Supply	Typ:5.0 Min:4.5 Max: 5.5	Volt (V)
Active Current	≤ 100	Milliampere (mA)
Standby Current	≤ 200	Microampere ($\mu\text{ A}$)
Interface Level	L <0.8 @3.3 H >2.7@3.3	Volt (V)
Working Temperature Range	-10~+60	$^{\circ}\text{C}$
Working Humidity Range	0~99%	
Storage Temperature Range	-40~+80	$^{\circ}\text{C}$
MTTF	≥ 3	Year (Y)
Physical Size	50×38×21	Millimeter (mm)

Note 1: Maximum range means that the highest output value of the PM2.5 standard data is not less than 1000.

Note 2: "PM2.5 standard data" is the "data2" in the appendix.

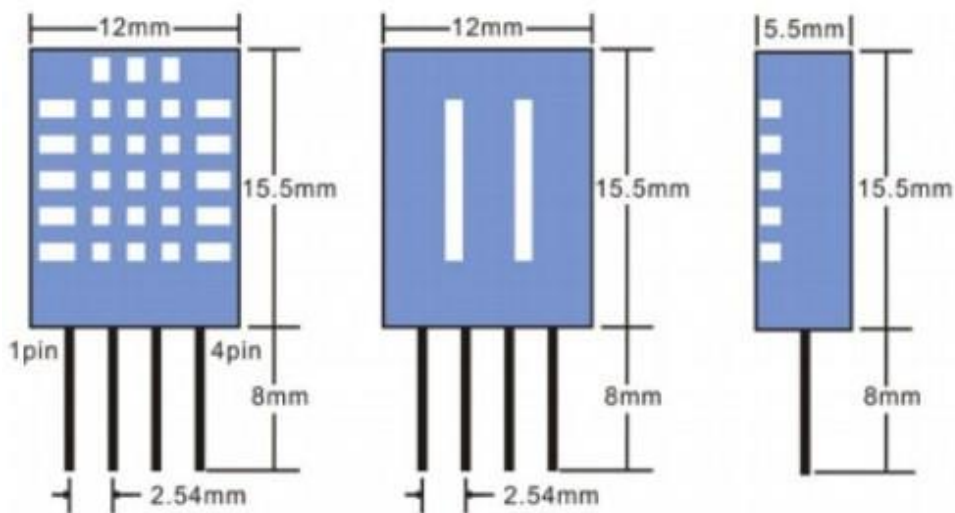
Ο αισθητήρας αυτός έχει οκτώ ακίδες: GND, VCC, SET, RX, TX, RESET, PIN7 και PIN 8. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο, τα PIN7 και PIN8 δεν πρέπει ποτέ να συνδέονται. VCC pin θα πρέπει συνδεθεί στο τροφοδοτικό 5V. Η ακίδα της γείωσης πρέπει να συνδέεται με την γείωση. Ο αισθητήρας βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας όταν η ακίδα SET τραβιέται ψηλά. Όταν ο ακροδέκτης SET είναι σε χαμηλό επίπεδο, ο αισθητήρας έχει ρυθμιστεί σε **sleeping mode**. Όταν η ακίδα RESET πέσει χαμηλά, ο αισθητήρας θα επαναφέρει το σήμα. Οι RX και TX ακίδες συνδέονται με τη θύρα UART του Arduino για τη μετάδοση των δεδομένων.

Πίνακας 3.3 PMS5003 pins

PIN1	VCC	Positive power 5V
PIN2	GND	Negative power
PIN3	SET	Set pin /TTL level@3.3V, high level or suspending is normal working status, while low level is sleeping mode.
PIN4	RX	Serial port receiving pin/TTL level@3.3V
PIN5	TX	Serial port sending pin/TTL level@3.3V
PIN6	RESET	Module reset signal /TTL level@3.3V, low reset.
PIN7/8	NC	

3.5.2 Αισθητήρας Υγρασίας και Θερμοκρασίας

Ο αισθητήρας υγρασίας και θερμοκρασίας που χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το σύστημα είναι ο DHT11. Ο **DHT11** είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας που συνοδεύεται από ειδικό NTC για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και έναν μικροελεγκτή 8-bit για την έξοδο των τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας ως σειριακά δεδομένα.



Σχήμα 3.7 Διαστάσεις DHT11

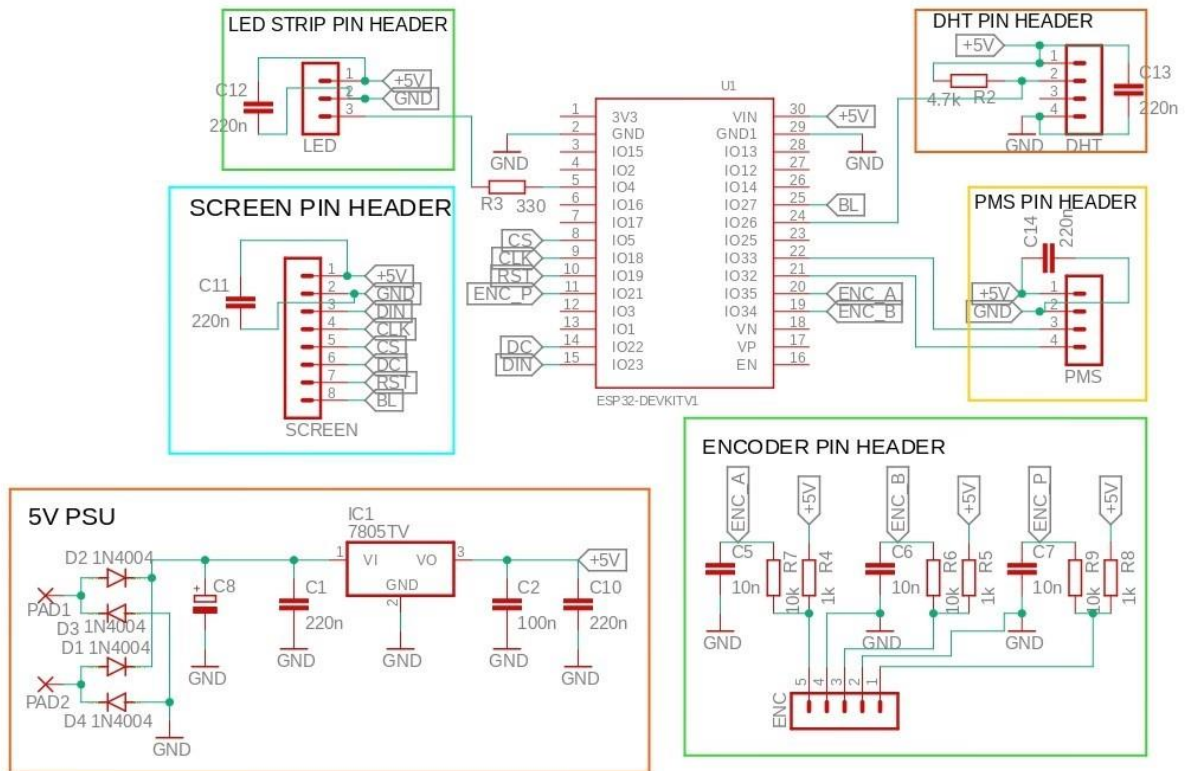
Πίνακας 3.4 DHT11 Specifications

SPECIFICATIONS

- Supply voltage +5V
- Supply current (running) 0.5mA typ. (2.5mA max.)
- Supply current (stand-by) 100uA typ. (150uA max.)
- Temperature range 0 / +50°C ±2°C
- Humidity range 20-90%RH ±5%RH
- Interface Digital

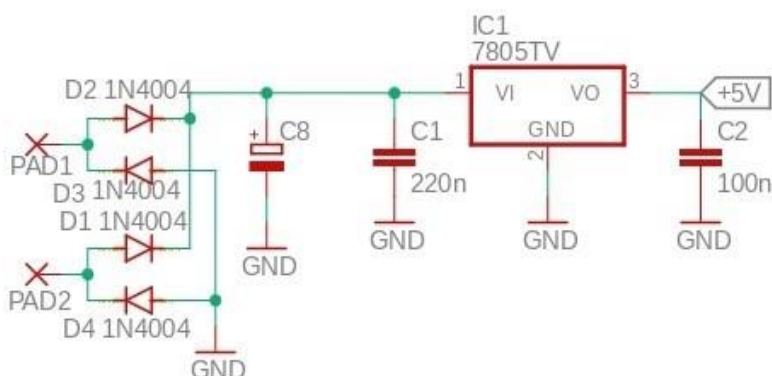
3.6 Hardware Schematic Design

Αυτή η ενότητα εξηγεί τα στοιχεία του κυκλώματος και τις διαδικασίες σχηματικού σχεδιασμού, μαζί με τις αρχές λειτουργίας και τη διάταξη της πλακέτας συστήματος.



Σχήμα 3.8 System Schematic Block Diagram

3.6.1 LM7805 σταθεροποιητής τάσης



Σχήμα 3.9 Power Circuit

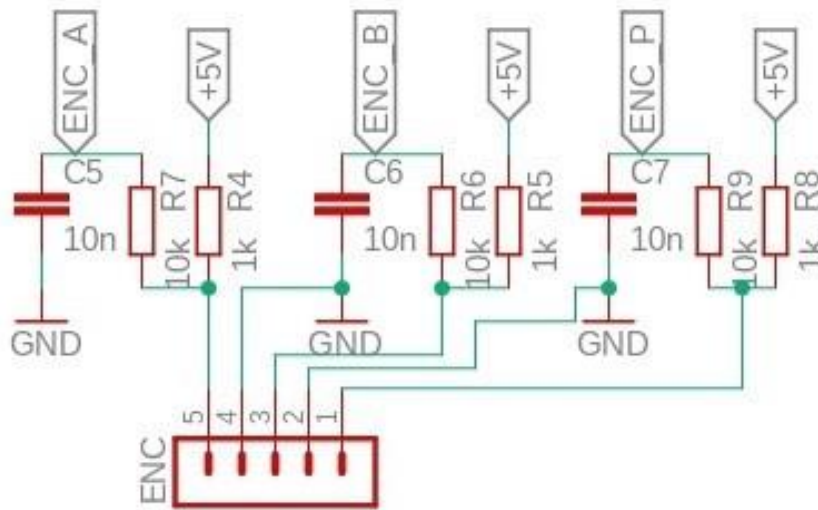
Ο ρυθμιστής τάσης LM7805 είναι μια δημοφιλής επιλογή για σταθερή έξοδο 5 V. Σε αυτό το σχέδιο, θα το χρησιμοποιήσουμε για να μετατρέψουμε 12V σε 5V. Μια ψήκτρα είναι προσαρτημένη στο τσιπ για να απορροφά και να διασκορπίζει τη θερμότητα. Το LM7805 είναι ένα IC τριών pin όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9. Η μέγιστη τάση εισόδου είναι 36V. Ο ρυθμιστής θα ρυθμιστεί τελικά στα 5 V. Το Ground pin καθιερώνει την γείωση για τον regulator. Ο ακροδέκτης εξόδου είναι το ρυθμιζόμενο 5 volt DC.

Μια καθαρή και σταθερή τάση είναι πολύ σημαντική τόσο για την είσοδο όσο και για την έξοδο του ρυθμιστή. Οι πυκνωτές που τοποθετούνται στην πλευρά εισόδου χρησιμοποιούνται για να φιλτράρουν τυχόν θόρυβο που προέρχεται από την πηγή τάσης. Πυκνωτές τοποθετούνται στην έξοδο του σταθεροποιητή τάσης για να αποφύγουμε τυχόν κυματισμούς ή θορύβους. Ένα καθαρό σήμα DC είναι πολύ απαραίτητο κατά την έξοδο τάσης σε ευαίσθητα εξαρτήματα. Ο LM7805 ρυθμιστής θα λειτουργεί επίσης καλύτερα όταν τροφοδοτείται ένα καθαρό σήμα DC.

Οι μεγάλοι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές έχουν καλή ικανότητα να φιλτράρουν τον κυματισμό χαμηλής συχνότητας και να ανταποκρίνονται σε απότομες αιχμές και πτώσεις τάσης. Εδώ επιλέγεται ένας τυπικός πυκνωτής 2200 μ F. Ωστόσο, ο μεγάλος ηλεκτρολυτικός πυκνωτής δεν είναι αρκετός για να κάνει όλη τη δουλειά. Δεν είναι καλός στο φιλτράρισμα του θορύβου υψηλότερης συχνότητας, επειδή τα ηλεκτρολυτικά τείνουν να έχουν μεγάλη εσωτερική αντίσταση σειράς (ESR). Οι μικροί πυκνωτές με χαμηλό ESR και χαμηλή αυτεπαγωγή είναι επομένως παράλληλα στον μεγάλο πυκνωτή. Οι μικροί πυκνωτές έχουν άριστη απόκριση υψηλής συχνότητας, αλλά δεν μπορούν να αποθηκεύσουν αρκετή ενέργεια για να αντιμετωπίσουν το μεγάλο φορτίο παροδικά. Για την επίτευξη της καλύτερης συνολικής απόδοσης, προστίθεται ένας ηλεκτρολυτικός πυκνωτής παράλληλα με τον κεραμικό πυκνωτή στο κύκλωμα.

Οι μεγάλοι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές μπορούν να ελέγξουν κυματισμούς χαμηλής συχνότητας και σημαντικές αλλαγές στο φορτίο εξόδου, ο μικρός πυκνωτής χειρίζεται το θόρυβο και γρήγορες μεταβάσεις. Ο μικρός πυκνωτής που χρησιμοποιείται εδώ είναι μη πολωμένος και πολυστρωματικός κεραμικός πυκνωτής των 100nF.

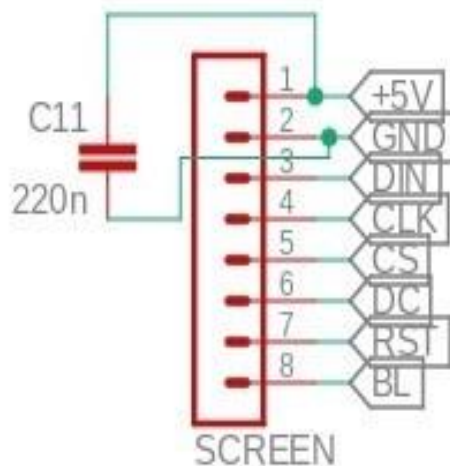
3.6.2 Encoder Pin Header



Σχήμα 3.10 Encoder Schematic

Στο σχήμα 3.10 μπορούμε να δούμε ότι ο Encoder είναι συνδεδεμένος με αντιστάσεις και πυκνωτές. Οι αντιστάσεις 1k είναι pull-up resistors και οι πυκνωτές είναι εκεί για να κάνουν debouncing το σήμα από τις επαφές του μεταγωγέα

3.6.3 OLED Screen Pin Header



Σχήμα 3.11 OLED Screen Schematic

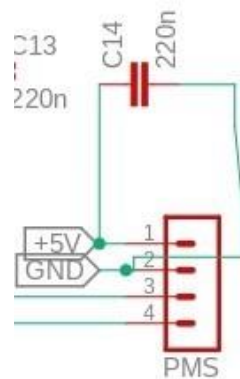
Ο πυκνωτής C11 βρίσκεται εκεί για decoupling και για την μείωση του θορύβου. Τα pins συνδέονται με τον ESP32 μικροεπεξεργαστή για να λάβει τα data που του έχουμε δώσει μέσω του κώδικα και έπειτα να τα εμφανίσει σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη μας μαζί με τις ανιχνεύσεις των αισθητήρων.

Η οθόνη αποτελείται από 8 pins που χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς. Το πρώτο pin είναι το **Vcc** που συνδέεται με την πηγή Vcc για τροφοδοσία +5V. Το δεύτερο pin είναι της **γείωσης** που συνδέεται με την γείωση. Έπειτα είναι το **SPI data input** pin στο οποίο εισάγονται πληροφορίες στην συσκευή. Το **CLK** ή η ακίδα ρολογιού, χρησιμοποιείται για τον χρονισμό των δεδομένων έξω από την καρφίτσα δεδομένων. Ένας κύκλος της ακίδας του ρολογιού τοποθετεί ένα άλλο κομμάτι δεδομένων στον ακροδέκτη DATA. Υπάρχει και το **Chip Select (CS) pin** το οποίο χρησιμοποιείτε για να ενημερώσει η MASTER συσκευή την SLAVE συσκευή ότι θα στείλει ή θα ζητήσει δεδομένα. Ο ακροδέκτης CS πρέπει να ρυθμιστεί στο **LOW** για να μπορεί να ενημερώνει η master συσκευή την slave. Διαφορετικά είναι πάντα **HIGH**. Η οθόνη επικοινωνεί με το SPI πρωτόκολλο επειδή είναι πιο γρήγορη από το I2C. Η ακίδα **Data/command (DC)** επιτρέπει στον μικροελεγκτή να καθορίσει εάν τα δεδομένα στο DATA είναι μια εντολή που χρησιμοποιείται για την αλλαγή της συμπεριφοράς της οθόνης LCD ή των δεδομένων που θα εγγραφούν στην τρέχουσα ενεργή εντολή.

Το **Reset pin** λειτουργεί ως hardware reset. Λειτουργεί ουσιαστικά το ίδιο με την λειτουργία απενεργοποίησης. Όταν ο ακροδέκτης είναι ενεργός (γενικά διατηρείται ενεργός σε χαμηλά επίπεδα), όλοι οι καταχωρητές ρυθμίζονται στις τιμές επαναφοράς τους, που περιλαμβάνει τη ρύθμιση του δείκτη στοίβας και του μετρητή προγράμματος στις διευθύνσεις εκκίνησης, επιτρέποντας στο MCU να εκτελέσει τον κώδικα από την αρχή.

Τέλος το **BL pin** είναι η γραμμή ελέγχου του φωτισμού της οθόνης.

3.6.4 PMS Pin Header

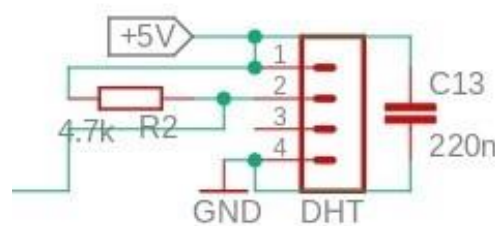


Σχήμα 3.12 PMS Pin Header

Το ίδιο και εδώ ο πυκνωτής μας των 220n χρησιμοποιείτε και την εξομάλυνση του θορύβου και για decoupling.

Όπως είδαμε και πριν το PMS βρίσκεται σε σειριακή επικοινωνία με UART.

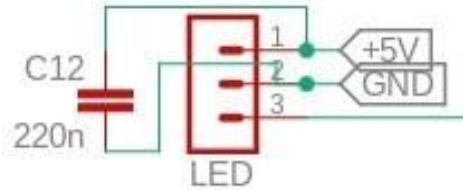
3.6.5 DHT Pin Header



Σχήμα 3.13 DHT Schematic

Η αντίσταση 4.7k είναι μια pull-up αντίσταση και ο πυκνωτής είναι για την εξομάλυνση του θορύβου και για decoupling. Το DHT έχει δικό του πρωτόκολλο το οποίο συνδέεται απευθείας στο ESP32.

3.6.6 LED Strip Pin Header



Σχήμα 3.14 LED Strip Schematic

Όπως και πριν έτσι και εδώ θα έχουμε ένα πυκνωτή των 220n για decoupling και την απομάκρυνση του θορύβου.

3.7 Το Σχέδιο της πλακέτας



Σχήμα 3.15 PCB πλακέτα ανιχνευτή σωματιδίων

Στο σχέδιο 3.13 μπορούμε να δούμε την PCB πλακέτα που έφτιαξα με το πρόγραμμα Autodesk Eagle. Το Autodesk Eagle είναι λογισμικό αυτοματισμού ηλεκτρονικής σχεδίασης (EDA) που επιτρέπει στους σχεδιαστές πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος (PCB) να συνδέουν απρόσκοπτα σχηματικά διαγράμματα, να τοποθετούν εξαρτήματα και να δρομολογούν PCB.

Αρχικά να πούμε τι είναι το PCB πρώτα. Μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB) είναι η βάση της πλακέτας για τη φυσική υποστήριξη και την καλωδίωση των επιφανειακών εξαρτημάτων και των υποδοχών στα περισσότερα ηλεκτρονικά. Σε εφαρμογές όπου χρειάζονται λεπτά αγωγή ιχνη, όπως οι υπολογιστές, τα PCB κατασκευάζονται με φωτολιθογραφική διαδικασία, σε μια έκδοση μεγαλύτερης κλίμακας του τρόπου με τον οποίο κατασκευάζονται οι αγωγίμες διαδρομές στους επεξεργαστές. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα τοποθετούνται συνήθως με το μηχάνημα σε ένα έτοιμο PCB που έχει στη θέση του ταμπόν συγκόλλησης. Το PCB ψήνεται σε βιομηχανικό φούρνο για να λιώσει η συγκόλληση, η οποία ενώνει τις συνδέσεις. Τα περισσότερα PCB κατασκευάζονται από υαλοβάμβακα ή πλαστικά ενισχυμένα με γυαλί με ίχνη χαλκού. Τα PCB μπορούν να είναι μονής στρώσης για απλές ηλεκτρονικές συσκευές. Οι πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων για πολύπλοκο υλικό, όπως κάρτες γραφικών υπολογιστών και μητρικές, μπορεί να έχουν έως και δώδεκα στρώματα. Τα PCB είναι συνήθως πράσινα, αλλά μπορούν να έρθουν σε οποιοδήποτε χρώμα. Άλλες μέθοδοι κατασκευής PCB περιλαμβάνουν μεταξοτυπία και απομάκρυνση του χαλκού με CNC.

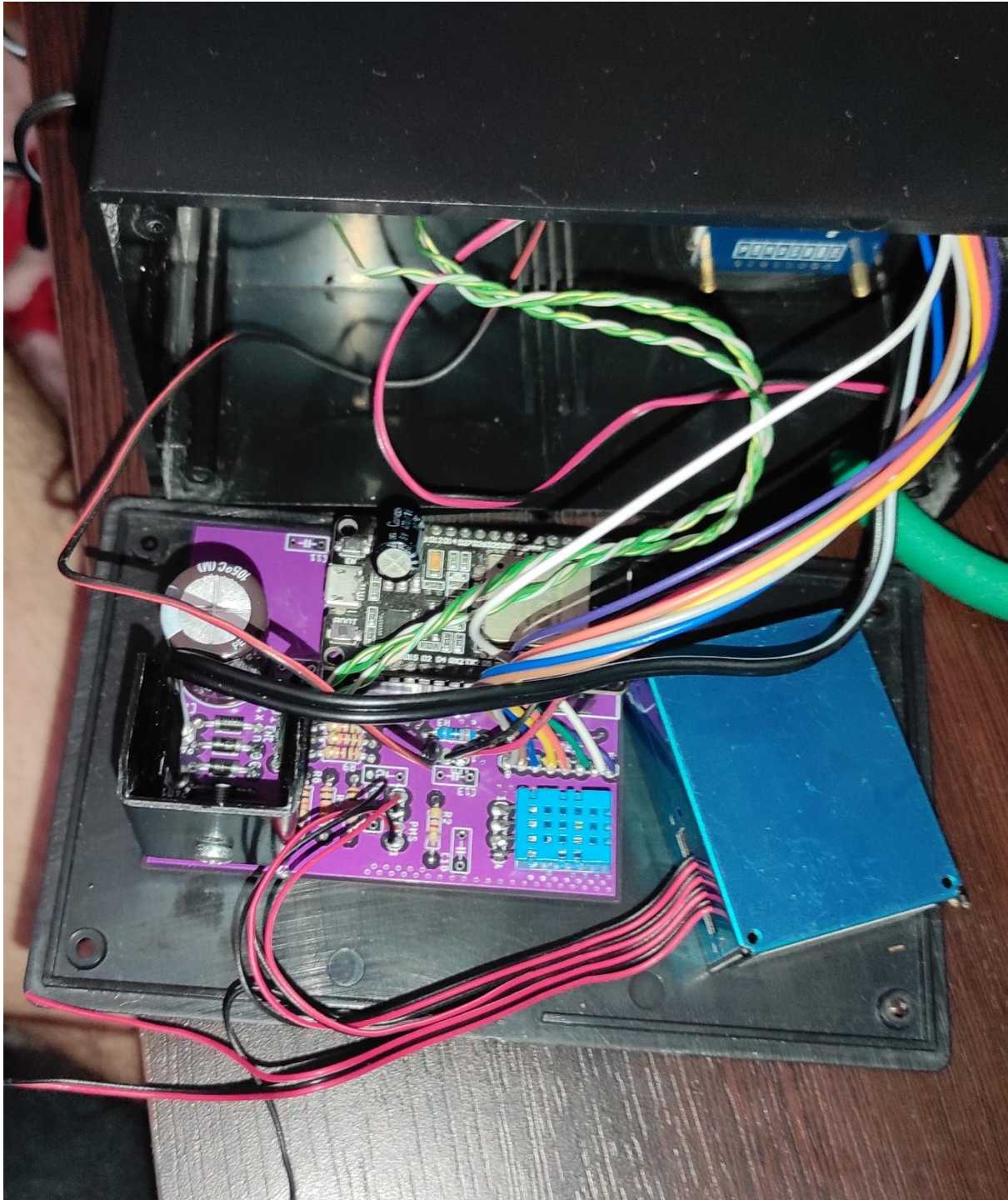
Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα στα σχολεία και στις βιομηχανίες κατασκευάζονται συνήθως με τη χρήση PCB (Printed Circuit Boards). Τα εξαρτήματα στερεώνονται στη θέση τους ανοίγοντας οπές μέσω της πλακέτας, τοποθετώντας τα εξαρτήματα και στη συνέχεια συγκολλώντας τα στη θέση τους. Οι χάλκινες διαδρομές συνδέουν τα εξαρτήματα μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα κύκλωμα.

Οι PCB πλακέτες είναι ευρέως χρησιμοποιημένες κυρίως γιατί έχουν πολλά πλεονεκτήματα. Αρχικά τα PCB έχουν χαμηλό κόστος, η μαζική παραγωγή μπορεί να επιτευχθεί με χαμηλότερο κόστος. Είναι πλήρως επαναλειτουργικό. Είναι ευρέως διαθέσιμες, αφού μπορείς να τις παραγγείλεις και από το διαδίκτυο και κάνουν το πολύ 2 μήνες να φτάσουν στα χέρια σου. Επίσης τα PCB έχουν εξαιρετική διάρκεια ζωής. Ένα ακόμα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που έχουν τα PCB είναι ότι παρέχουν πολύ χαμηλό θόρυβο. Ακόμα, αυτή η πλακέτα απαιτεί λιγότερο χρόνο στη συναρμολόγηση ενός κυκλώματος σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο. Άλλο ένα πλεονέκτημα είναι ότι η θέση του ηλεκτρονικού εξαρτήματος είναι σταθερή και είναι εύκολο να απλοποιηθεί η αναγνώριση εξαρτημάτων και η συντήρηση του εξοπλισμού. Με λίγα λόγια όλοι οι παραπάνω παράγοντες φέρνουν αξιοπιστία στην απόδοση του κυκλώματος.

Αλλά όπως έχει πλεονεκτήματα έτσι έχει και τα μειονεκτήματα του. Κυριότερο μειονέκτημα είναι ότι μόλις εκτυπωθεί το κύκλωμα στην πλακέτα PCB, δεν μπορούμε να το τροποποιήσουμε. Επίσης η συγκόλληση είναι απαραίτητη για τη σύνδεση ή τη στερέωση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων σε PCB. Για την συγκόλληση απαιτείται θερμικό σοκ (Το θερμικό σοκ είναι ένας τύπος ταχέως μεταβατικού μηχανικού φορτίου. Εξ ορισμού, είναι ένα μηχανικό φορτίο που προκαλείται από μια ταχεία αλλαγή θερμοκρασίας ενός συγκεκριμένου σημείου.). Τα PCB περιέχουν περισσότερο μόλυβδο κάτι που είναι πολύ κακό για την υγεία του ανθρώπου αφού μπορεί να κάνει σοβαρή βλάβη στον ανθρώπινο οργανισμό. Τέλος αυτό το κύκλωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για συγκεκριμένες λειτουργίες και δυνατότητες σε συσκευές ή συστήματα.

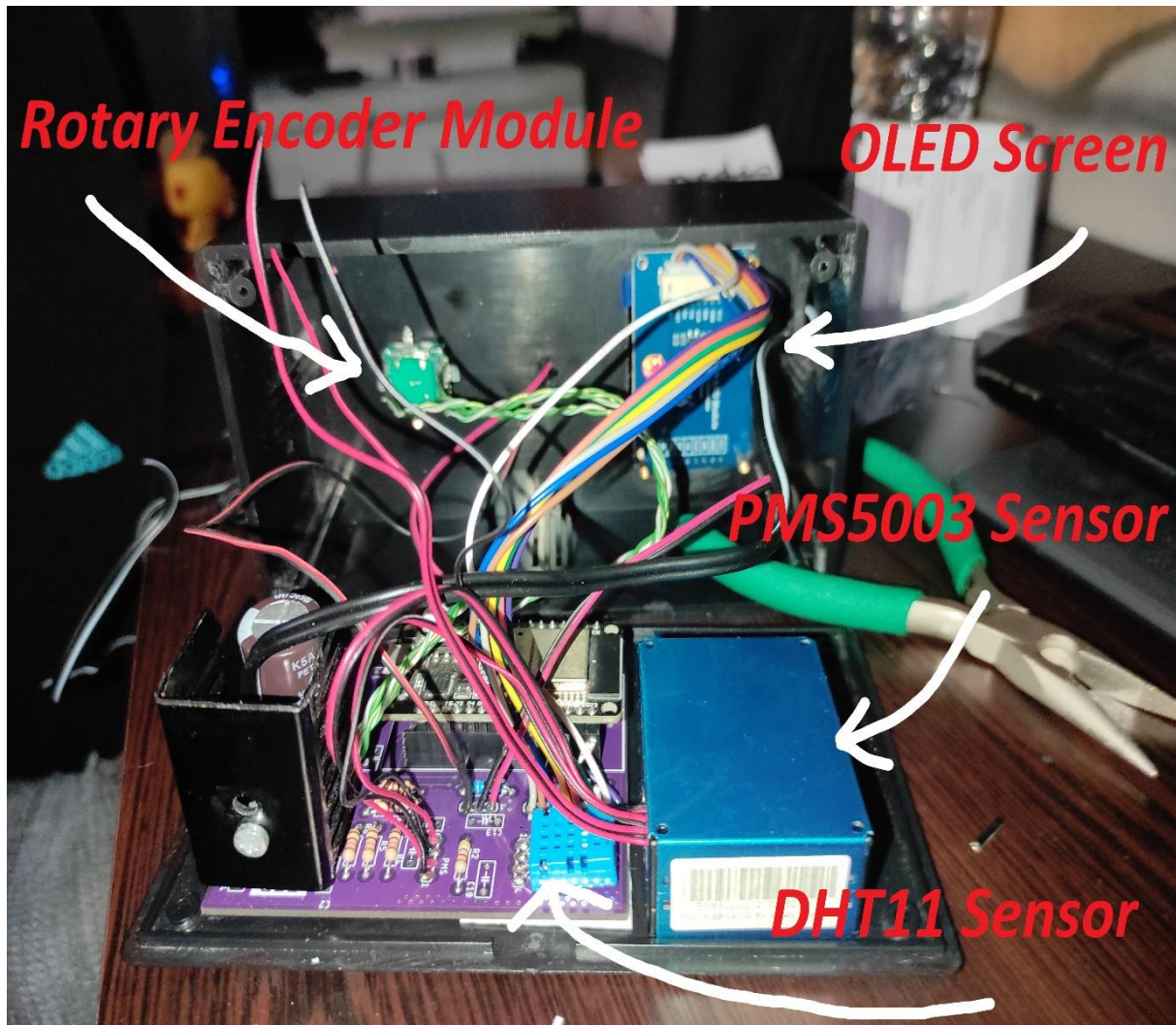
Στο σχέδιο 3.15 μπορούμε να δούμε πολλές οπές, στις οπές αυτές τοποθετούμε τα κατάλληλα εξαρτήματα ώστε να δουλέψει το κύκλωμα μας. Άμα παρατηρήσουμε μπορούμε να δούμε ότι γράφει κάποιες ονομασίες δίπλα από τις οπές. Αυτές τις ονομασίες τις βάλουμε εμείς για να θυμόμαστε ακριβώς τι μπαίνει που για να κάνει την εγκατάσταση αλλά και την ζωή μας πιο εύκολη. Για παράδειγμα εκεί

που γράφει ESP32-Devkit V1 θα τοποθετήσουμε τον μικροεπεξεργαστή μας ESP32, αλλά πρέπει να τοποθετηθεί σωστά για αυτό και βάλουμε από δίπλα τις ονομασίες από κάθε ποδαράκι του για να μην γίνει κάποιο λάθος. Λίγο πιο πάνω μπορούμε να δούμε τις οπές για την οθόνη LED και ακριβώς από πάνω της είναι ο DHT αισθητήρας.



Σχήμα 3.16 Συναρμολογημένη πλακέτα PCB Ανιχνευτή Σωματιδίων

Στο σχήμα 3.16 μπορούμε να δούμε πλέον την πλακέτα συναρμολογημένη. Αφού έγινε πρώτα η συγκόλληση με το κολλητήρι κάθε εξαρτήματος μετά απλά έμεινε να κάνουμε τις σωστές καλωδιώσεις και να βάλουμε το PCB μέσα στο κουτί του. Στην φωτογραφία πολύ καθαρά βλέπουμε τον μικροεπεξεργαστή ESP32, τους 2 αισθητήρες, μια ψήκτρα, τις αντιστάσεις και τους πυκνωτές.

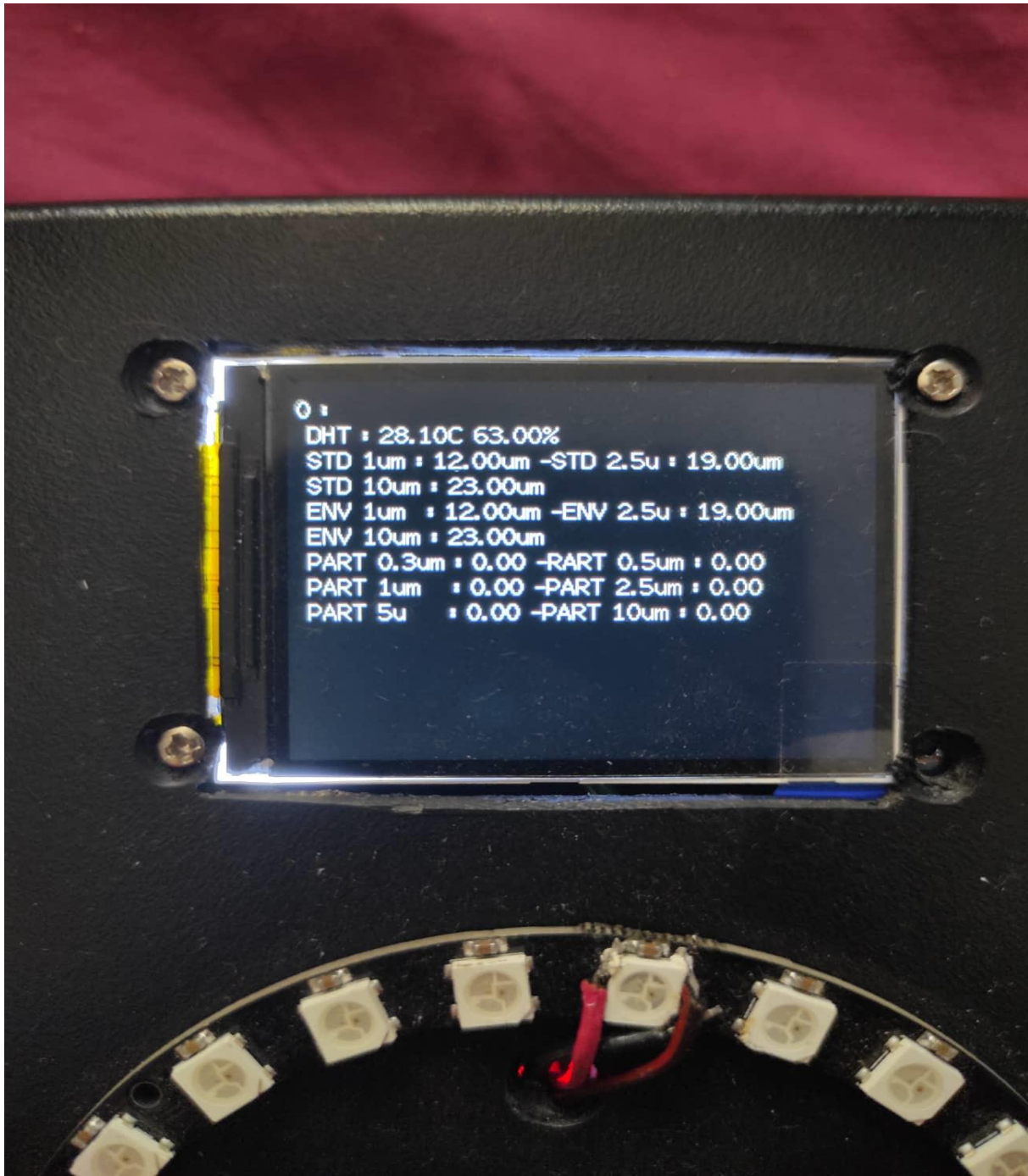


Σχήμα 3.17 Ανάλυση περιχομένων Ανιχνευτή Σωματιδίων

Στο σχήμα 3.15 βλέπουμε από άλλη οπτική γωνία την πλακέτα αλλά και όχι μόνη αυτήν. Επάνω στο κουτί είναι κολλημένη η οθόνη OLED και το encoder. Επίσης τα καλώδια τους είναι συνδεσμοποιημένα στις σπές τους. Έτσι λοιπόν όταν δοθεί τροφοδοσία στο κύκλωμα αυτό, το ESP32 θα στείλει σε κάθε output του την εργασία που έχει να κάνει σύμφωνα και με τα input values που πήρε για να λειτουργήσει σωστά το κύκλωμα για τον σκοπό που θέλουμε.

3.8 Ανάλυση OLED οθόνης

Σε αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε καλύτερα την OLED οθόνη διότι παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην πτυχιακή αυτή εργασία. Αρχικά ήθελα η συσκευή να είναι όσο πιο εύκολη γίνεται για τον χρήστη ώστε να μην μπερδευτεί με τις τιμές που θα του εμφανίζει. Οπότε έβαλα 5 παράθυρα και ένα παράθυρο για να αλλάζει τις ρυθμίσεις της συσκευής. Κάθε main screen εμφανίζει διαφορετικές τιμές, δηλαδή με το που ανοίγει η συσκευή θα του εμφανίζει μια και καλή όλες τις τιμές των σωματιδίων αλλά ταυτόχρονα και τις τιμές του αισθητήρα υγρασίας και θερμοκρασίας.



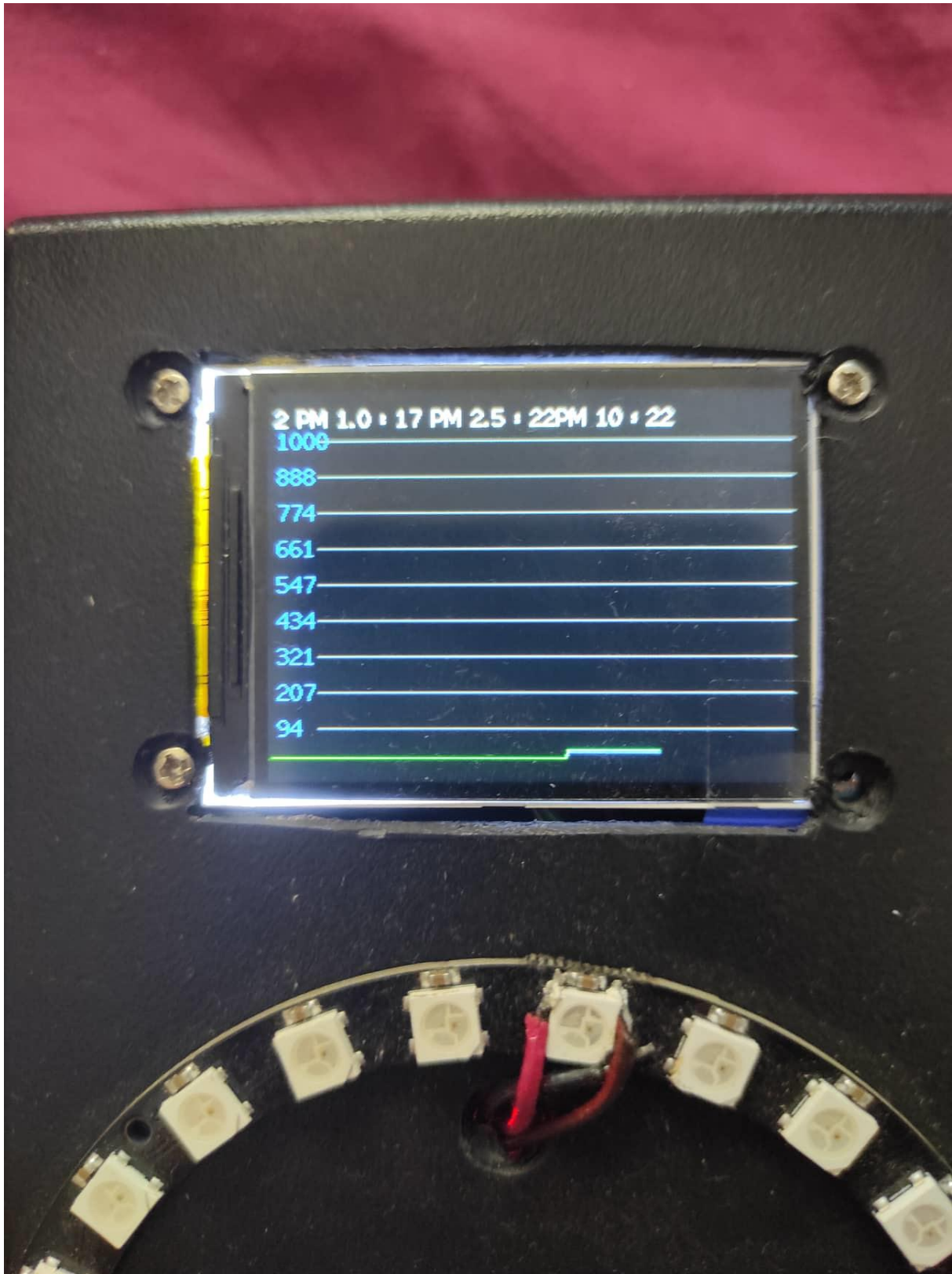
Σχήμα 3.18 Πρώτο παράθυρο της οθόνης OLED

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 3.18 η οθόνη εμφανίζει όλες τις τιμές. Επάνω αριστερά γράφει μηδέν (0) και αυτός ο αριθμός μας υποδηλώνει σε ποιο παράθυρο της οθόνης OLED βρισκόμαστε. Για να πάμε στο επόμενο παράθυρο απλά γυρνάμε δεξιόστροφα το encoder.



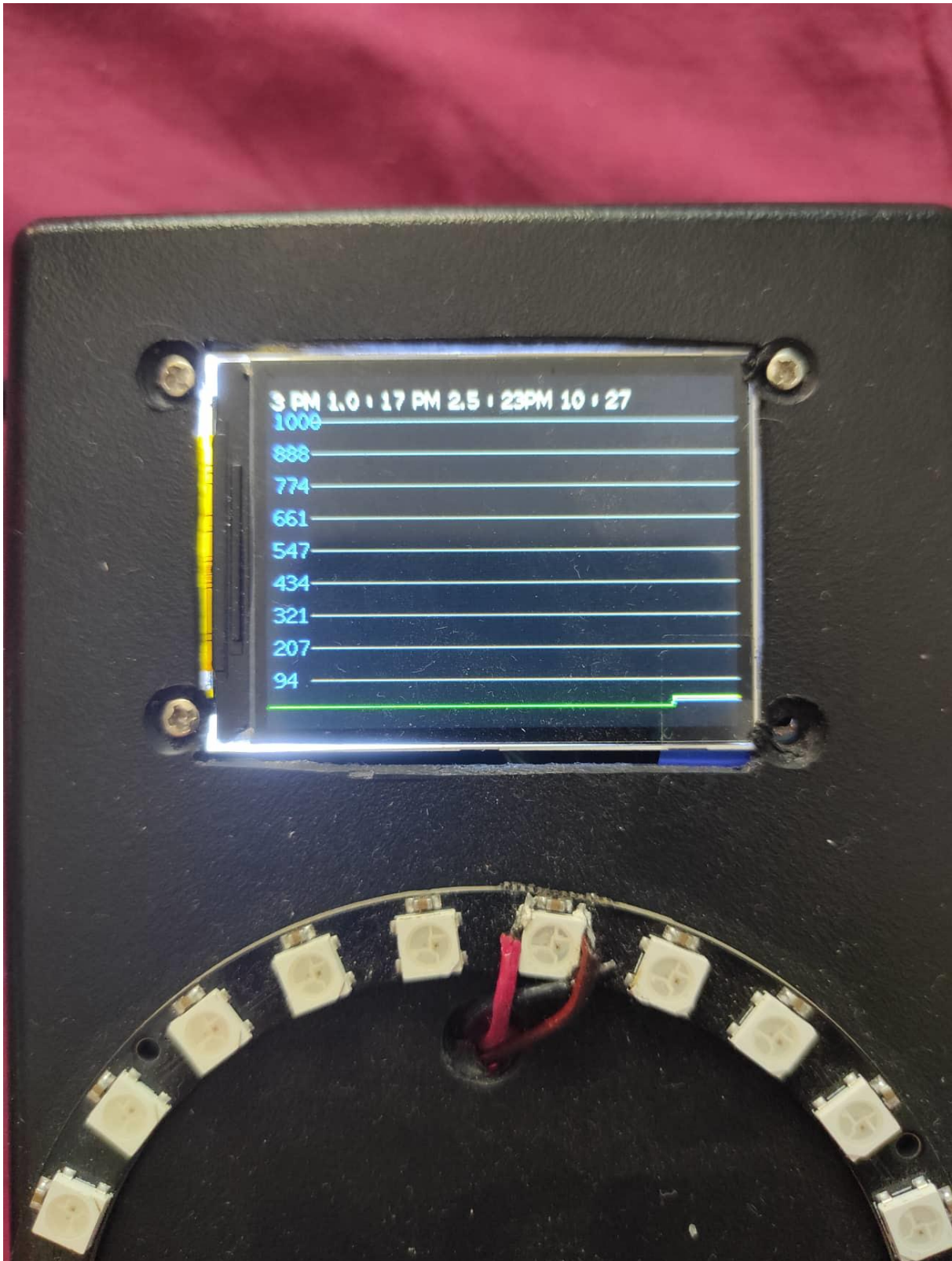
Σχήμα 3.19 Δεύτερο παράθυρο της οθόνης OLED

Στο δεύτερο παράθυρο της OLED οθόνης έχουμε σε χρονικό συσχετισμό τις κυματομορφές της υγρασίας και θερμοκρασίας που πηγάζουν από τον αισθητήρα DHT11.



Σχήμα 3.20 Τρίτο παράθυρο της οθόνης OLED

Στο τρίτο παράθυρο βρίσκουμε πάλι σε χρονικό συσχετισμό τις κυματομορφές του PM1.0, PM2.5 και του PM10, τα τρία κυριότερα σωματίδια αυτής της πτυχιακής εργασίας.



Σχήμα 3.21 Τέταρτο παράθυρο της οθόνης OLED

Όπως και στο τρίτο έτσι και στο τέταρτο παράθυρο εμφανίζει τις τιμές που δίνει ο βασικός μας αισθητήρας PMS5003. Παρατηρούμε όμως ότι είναι ακριβώς οι ίδιες τιμές. Αυτό συμβαίνει διότι ο αισθητήρας έχει στον κώδικα του δύο τιμές συγκέντρωσης. Το standard concentration και το Environmental concentration. Αυτό έχει να κάνει με την πυκνότητα του αέρα που χρησιμοποιείται για

Κεφάλαιο 3

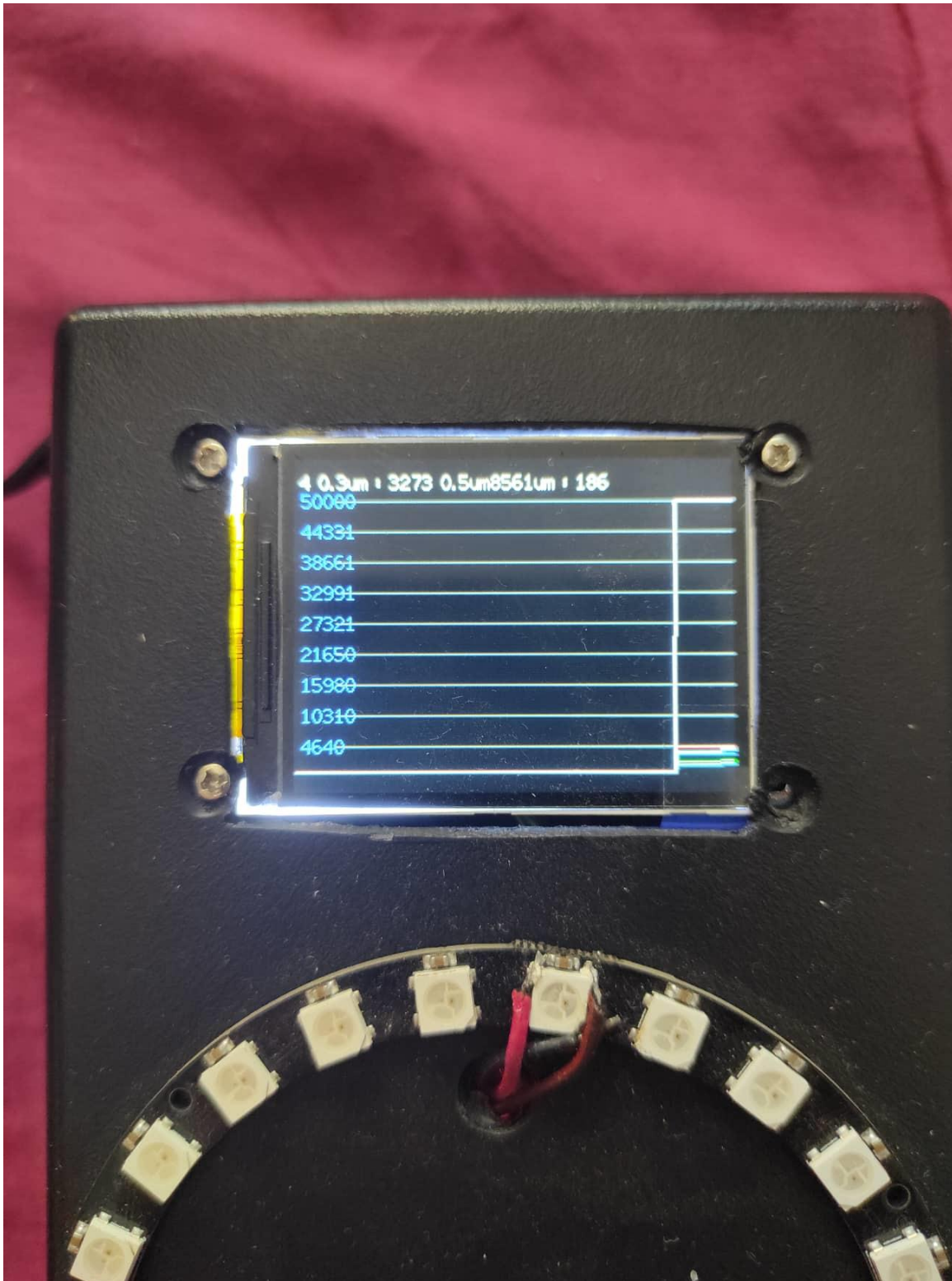
τους υπολογισμούς. Το "Standard" αναφέρεται στη συγκέντρωση "διορθωμένη" στην "κανονική ατμόσφαιρα" η οποία στις ΗΠΑ ορίζεται ότι "έχει θερμοκρασία 288,15 K (15 βαθμούς Celsius) στο επίπεδο της θάλασσας 0 km ύψος γεωδυναμικού και 1013,25 hPa.[17]

Από την άλλη, οι "περιβαλλοντικές συνθήκες" είναι ακριβώς όπως ο αέρας είναι "τώρα" (όποια θερμοκρασία και πίεση υπάρχει).

Δηλαδή ο αέρας ως αέριο, είναι συμπιέσιμος που σημαίνει ότι αλλάζει τον όγκο του όταν αλλάζει η πίεση, επομένως όταν αναφέρετε συγκεντρώσεις ως μάζα ανά όγκο αέρα, είναι σημαντικό σε ποια πίεση υπολογίζεται αυτός ο όγκος. Για παράδειγμα, εάν έχετε ένα μάτσο σωματιδίων που ανεβαίνουν στον αέρα σε μια φυσαλίδα (χωρίς απώλεια σωματιδίων, χωρίς προσθήκη, απλώς οδηγούν μια φυσαλίδα στον αέρα) τότε, καθώς ανεβαίνουν, η πίεση πέφτει, οπότε τι ήταν 1cc στο έδαφος είναι τώρα 2cc οπότε η συγκέντρωση είναι πλέον στο μισό χωρίς ουσιαστικά να αλλάξει τίποτα εκτός από την πίεση περιβάλλοντος. Έτσι, είναι σύνηθες να αναφέρουμε συγκεντρώσεις (για οτιδήποτε) ως "x mg ανά τυπικό m³".

Για τα αέρια είναι επίσης σύνηθες να αναφέρονται οι συγκεντρώσεις ως "μέρη ανά εκατομμύριο" ή "ppm" και αυτή η μέτρηση είναι ανεξάρτητη από τον όγκο του αέρα καθώς αντιπροσωπεύει τον αριθμό των μορίων του αερίου σε ένα εκατομμύριο μόρια αέρα (συμπεριλαμβανομένου του αερίου στόχου).

Εν κατακλείδι, οι επιστήμονες συνήθως χρησιμοποιούν τις standard τιμές για αναφορά αλλά κρατάν και τις environmental τιμές για ανάλυση.



Σχήμα 3.22 Πέμπτο παράθυρο της οθόνης OLED

Στο πέμπτο παράθυρο έχουμε τις κυματομορφές σε χρονικό συσχετισμό των σωματιδίων PM0.3um, PM0.5um, PM1um.



Σχήμα 3.23 Ρυθμίσεις οθόνης OLED

Για να μπούμε στο παράθυρο αυτό πρέπει να πατήσουμε προς τα μέσα το Κnob μας. Έτσι μας βάζει σε αυτό το παράθυρο και μετά έχουμε την επιλογή να αλλάξουμε ότι ρύθμιση θέλουμε. Είτε αυτή είναι η φωτεινότητα είτε είναι το font. Για να βγούμε από το παράθυρο αυτό πρέπει να πατήσουμε προς τα μέσα το knob για τουλάχιστον 2 δευτερόλεπτα για να μας πάει στην αρχική οθόνη.

3.9 Επίλογος

Οι αισθητήρες γενικότερα επέτρεψαν την τεχνολογική και μετεωρολογική πρόοδο και μετάβαση από χρονοβόρες διαδικασίες σε πιο αποδοτικές τόσο από άποψη χρόνου, όσο και από άποψη ποιότητας.

Οι αισθητήρες λοιπόν διακρίνονται σε διάφορους τύπους ανάλογα την εργασία που μπορούν να πραγματοποιήσουν, αλλά στην παρούσα αναλύεται ο αισθητήρας σωματιδίων του αέρα ο οποίος μπορεί να ανιχνεύσει με ακρίβεια τα διάφορα σωματίδια του αέρα με βάση τα μεγέθη τους.

Ο αισθητήρας από μόνος του δεν μπορεί να λειτουργήσει, για αυτό λοιπόν χρειάζεται ένα ενσωματωμένο σύστημα το οποίο επικοινωνεί μαζί του μέσω UART ώστε να δώσει ο μικροεπεργαστής στον αισθητήρα με λίγα λόγια τις εντολές που πρέπει να εκτελέσει για να μετρήσει τα σωματίδια.

Για να δούμε όμως τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πήρε ο αισθητήρας, θα πρέπει να ενσωματώσουμε στην κατασκευή μας μια OLED οθόνη για να είναι εύκολη η ανάγνωση και η ανάλυση των σωματιδίων που μετρήθηκαν. Η OLED οθόνη θα πρέπει να είναι ευανάγνωστη και εύκολη στην χρήση της προς τον χρήστη, για να μπορεί χωρίς δυσκολία να κάνει τις κατάλληλες ρυθμίσεις και να αναλύσει τις κυματομορφές κάθε μέτρησης.

Το κύριο μέρος της πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός του κυκλώματος και η εκτύπωση της πλακέτας PCB πάνω στην οποία θα κολληθεί με ένα κολλητήρι, το κάθε εξάρτημα το οποίο χρειάζεται για την σωστή λειτουργία του κυκλώματος.

Κεφάλαιο 4ο: Πειράματα

Για να δούμε αν λειτουργεί ο PMS αισθητήρας μας θα κάνουμε ένα πείραμα. Στις παρακάτω εικόνες θα δούμε τον αισθητήρα να λειτουργεί πριν φυσήξουμε και αφότου φυσήξουμε καπνό από τσιγάρο.

Πριν φυσήξουμε καπνό το PMS εμφανίζει σχετικά χαμηλές τιμές, που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να ανησυχούμε για την υγεία μας, αφού το Led Strip που έχουμε ενσωματώσει και προγραμματίσει δεν εμφανίζει κάποια ένδειξη κινδύνου.



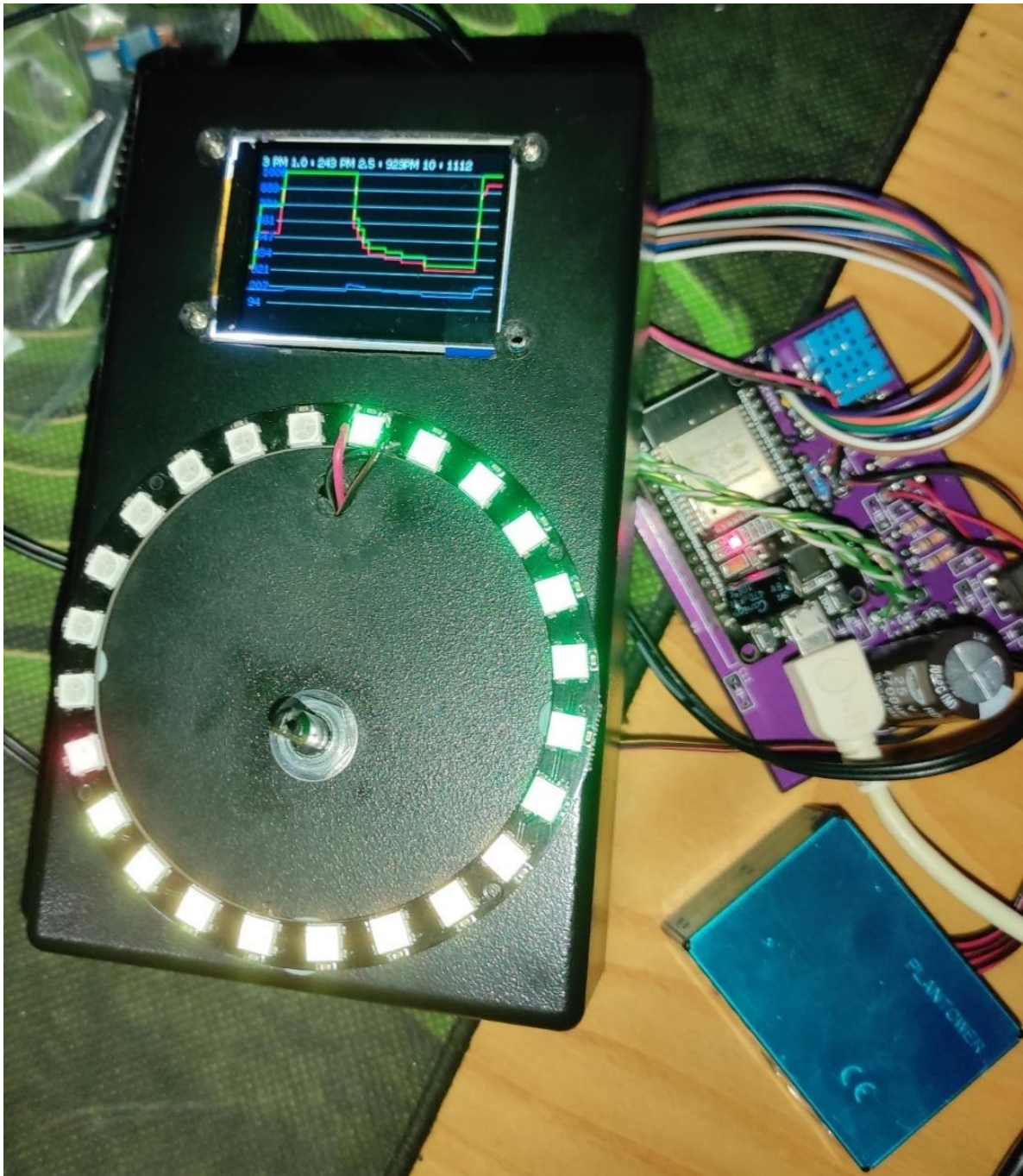
Σχήμα 4.24 PMS5003 Λειτουργία ON/Καθαρός αέρας στο δωμάτιο

Αφότου φυσήξουμε καπνό βλέπουμε ότι πολύ γρήγορα τα σωματίδια του αέρα αυξήθηκαν σημαντικά και μάλιστα το Led Strip αρχίζει να εμφανίζει πράσινες ή κίτρινες ή ακόμα και κόκκινες ενδείξεις. Αυτό σημαίνει ότι ο αέρας που εισπνέουμε δεν είναι καθαρός και ασφαλής.



Σχήμα 4.25 PMS5003 Λειτουργία ON/Όχι και τόσο ποιοτικός αέρας στο δωμάτιο

Έτσι λοιπόν πολύ εύκολα και γρήγορα μπορούμε να δούμε πόσο ποιοτικός είναι ο αέρας στο δωμάτιο που βρισκόμαστε. Όπως προαναφέραμε όσο πιο πολλά led ανάψουν τόσο πιο επικίνδυνος είναι ο αέρας που εισπνέουμε με αποτέλεσμα να προκαλέσουμε σοβαρά προβλήματα στην υγεία μας.

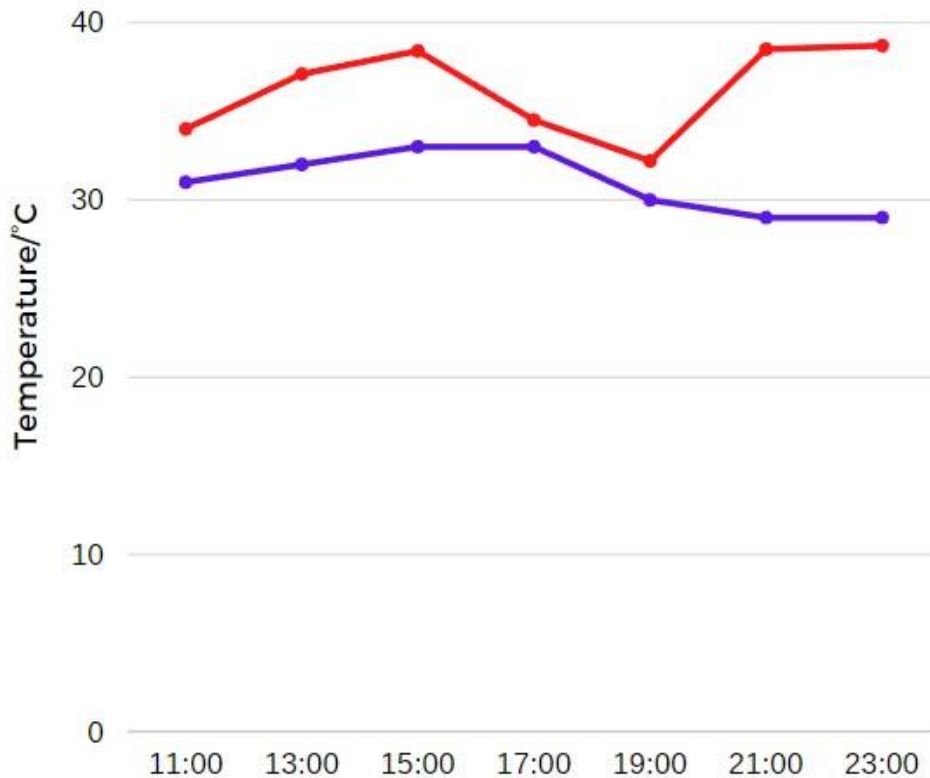


Σχήμα 4.26 PMS5003 Λειτουργία ON /Αρχίζει να φτάνει επικίνδυνα επίπεδα η ποιότητα του αέρα.

Αφού πέρασε ο καπνός κοντά από τον αισθητήρα γρήγορα εκτοξεύθηκε από τα πράσινα led στα κόκκινα και φυσικά τα σωματίδια στον αέρα ανέβηκαν δραματικά σε αριθμούς που φτάσαν και 15.000 χιλιάδες σωματίδια.

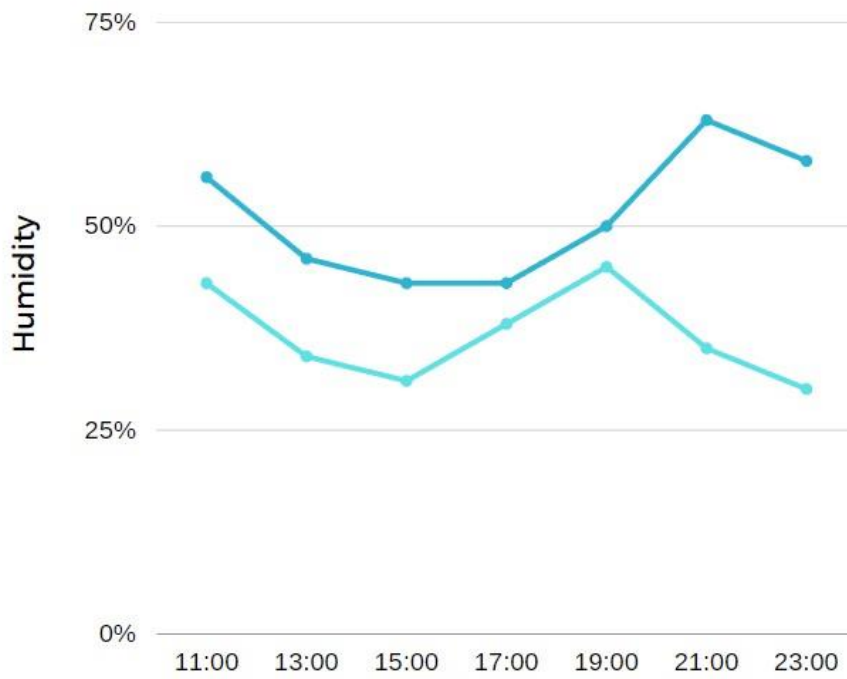
4.1 Το 2ωρο Πείραμα

Η συσκευή τοποθετήθηκε στο δωμάτιο μου και παρακολουθούσε την υγρασία ,την θερμοκρασία αλλά και τα σωματίδια του αέρα για 12 ώρες από τις 11 το πρωί μέχρι της 11 το βράδυ στις 20 Αυγούστου. Τα αποτελέσματα διαβάστηκαν από την οθόνη OLED.



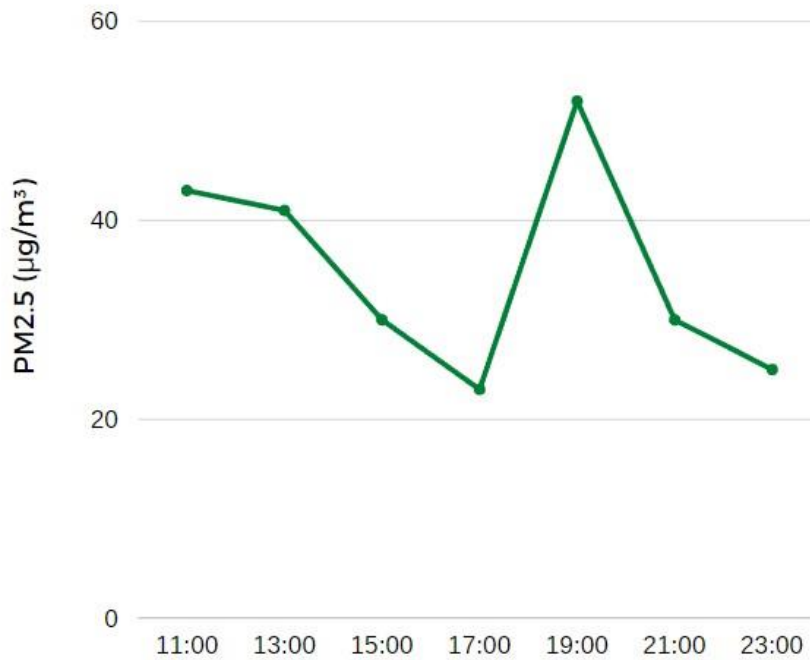
Σχήμα 4.27 Θερμοκρασία δωματίου σε σύγκριση με θερμοκρασία Θεσσαλονίκης

Εδώ βλέπουμε την θερμοκρασία του δωματίου μου(με κόκκινο) σε σύγκριση με την θερμοκρασία που έχει έξω η Θεσσαλονίκη(με μπλε). Παρατηρούμε ότι το δωμάτιο μου είναι πιο ζεστό από έξω. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ήλιος το μεσημέρι πέφτει πάνω στο δωμάτιο μου και ταυτόχρονα ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μου είναι και αυτός ανοιχτός σχεδόν όλη μέρα και παράγει και αυτός αρκετή θερμότητα. Έτσι έχει ως αποτέλεσμα το δωμάτιο μου να φτάσει μέχρι και 38 βαθμούς Κελσίου, δηλαδή σχεδόν 8-9 βαθμούς παραπάνω από έξω.



Σχήμα 4.28 Υγρασία δωματίου σε σύγκριση με την υγρασία στη Θεσσαλονίκη

Όπως και πριν έτσι και εδώ η υγρασία δωματίου μου (τιρκουάζ) σε σύγκριση με την υγρασία έξω (μπλε) έχουν μεγάλη διαφορά.



Σχήμα 4.29 PM2.5 επίπεδα μέσα στο δωμάτιο

4.2 Το πείραμα κουζίνας

Σε αυτό το πείραμα θα βάλω τον ανιχνευτή σωματιδίων του αέρα στην κουζίνα πριν ξεκινήσω να μαγειρεύω και καθώς μαγειρεύω, με σκοπό να δω τα σωματίδια του αέρα τι συγκέντρωση έχουν στον χώρο όταν γίνεται αυτή η καθημερινή για όλους μας διαδικασία.



Σχήμα 4.30 Σωματίδια του αέρα στη κουζίνα πριν το μαγείρεμα

Προτού μαγειρέψω οι τιμές είναι κανονικές, δεν υπάρχουν πολλά σωματίδια στον αέρα και ταυτόχρονα δεν υπάρχουν φωτεινές ενδείξεις να μας πληροφορήσουν για το αν ο αέρας δεν είναι ποιοτικός.



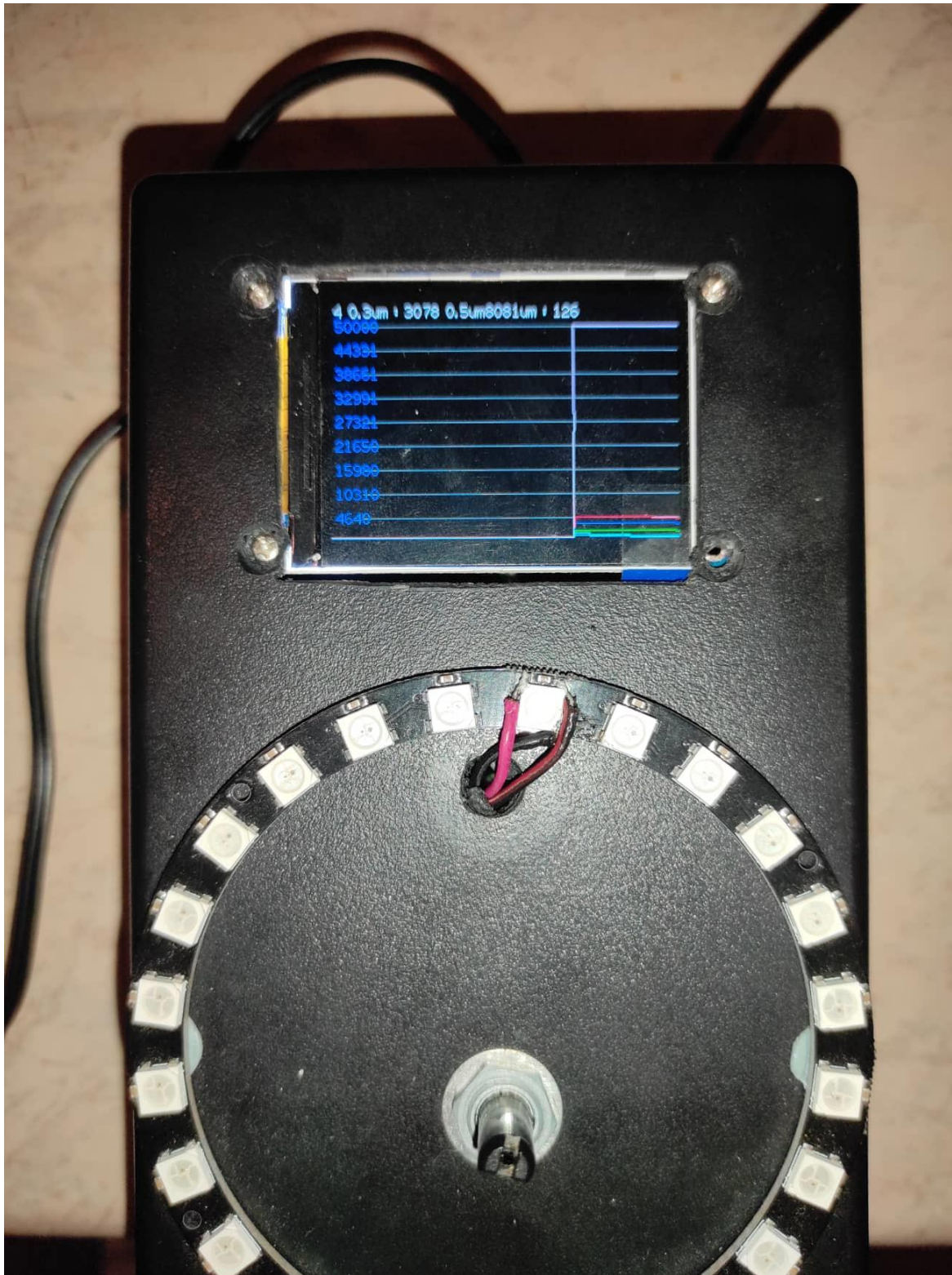
Σχήμα 4.31 Σωματίδια του αέρα στη κουζίνα όσο μαγειρεύω

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.31 τα σωματίδια είναι πολλά παραπάνω από όσο ήταν πριν. Το μαγείρεμα, η καύση και η ανθρώπινη κίνηση είναι γνωστό ότι είναι οι πιο σημαντικές πηγές σωματιδίων σε εσωτερικούς χώρους (PM). Μεταξύ όλων αυτών των εσωτερικών δραστηριοτήτων, οι εκπομπές PM από το μαγείρεμα είναι μια από τις μεγαλύτερες γνωστές πηγές που αυξάνει τη συγκέντρωση PM σε εσωτερικούς χώρους. Οι εκπομπές μαγειρέματος συμβάλλουν κυρίως στα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια

(UFP) και στα λεπτά σωματίδια (PM_{2,5}). Η ποσότητα και η χημική σύνθεση των σωματιδιακών εκπομπών κατά το μαγείρεμα εξαρτώνται από τη θερμοκρασία μαγειρέματος, τη μέθοδο, τον τύπο του φαγητού και τον τύπο της εστίας. Η έκθεση στις εκπομπές μαγειρέματος έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του αναπνευστικού συστήματος, στη λειτουργία των πνευμόνων, στην καρδιαγγειακή υγεία, στις δραστηριότητες του ανθρώπινου εγκεφάλου και στη γνωστική απόδοση. Οι εκθέσεις στο μαγείρεμα που περιέχουν πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες σχετίζονται με κίνδυνο καρκίνου. Αυτές οι εκθέσεις μπορεί περαιτέρω να οδηγήσουν σε αυξημένα αναπνευστικά συμπτώματα, μειωμένη πνευμονική λειτουργία, επιδεινωμένο άσθμα, ακανόνιστο καρδιακό παλμό, μη θανατηφόρα καρδιακά επεισόδια και/ή πρόωρο θάνατο σε άτομα με καρδιακή ή πνευμονοπάθεια.

Διαφορετικές μέθοδοι μαγειρέματος εκπέμπουν διαφορετικές ποσότητες σωματιδίων. Το τηγάνισμα μπορεί να παράγει μέγιστα επίπεδα σωματιδίων 745 μg/m³, αυτό είναι 90 φορές υψηλότερο σε σύγκριση με τα επίπεδα που συναντώνται σε σπίτια με φυσικό αερισμό. Το τηγάνισμα κινέζικων τροφίμων μπορεί να αυξήσει τα PM_{2,5} σε 312,4 μg/m³ [18]. Το deep frying εκπέμπει τα περισσότερα σωματίδια και χημικά συστατικά σε σύγκριση με το βράσιμο, το τηγάνισμα στον ατμό και το τηγάνισμα γενικά. Οι Sharma και Balasubramanian [19] έδειξαν ότι το τηγάνισμα αύξησε τα επίπεδα σωματιδίων κατά 170 φορές, που ήταν τα υψηλότερα αιωρούμενα σωματίδια που απελευθερώθηκαν σε σύγκριση με άλλες μεθόδους μαγειρέματος όπως ο ατμός, το βράσιμο, το τηγάνισμα με ανακάτεμα και το τηγάνισμα.

Οι στρατηγικές για τον μετριασμό των εκπομπών σωματιδίων στο μαγείρεμα ήταν το θέμα πολλών μελετών [20], [21], [22]]. Οι κουκούλες σόμπας είναι μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες και μελετημένες μεθόδους για τη μείωση των εκπομπών σωματιδίων του μαγειρέματος [23,24]. Μια μελέτη κατοικιών με και χωρίς κουκούλες σόμπας έδειξε ότι τα σπίτια με κουκούλες σόμπας είχαν χαμηλότερα επίπεδα PM_{2,5} από τα σπίτια χωρίς αυτά. Επίσης τα φορητά Τα φορητά καθαριστικά αέρα σε οικιακές εφαρμογές μπορούν να μειώσουν τη συγκέντρωση των σωματιδίων εσωτερικού χώρου, συμπεριλαμβανομένων αυτών που εκπέμπονται κατά το μαγείρεμα και την ποσότητα των τοξικών στοιχείων που συνδέονται με PM.



Σχήμα 4.32 Σωματίδια PM0.3 ,PM0.5 πριν το μαγείρεμα

Όπως και πριν έτσι και εδώ, βλέπουμε κανονικές τιμές στα σωματίδια που βρίσκονται στην κουζίνα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος για την υγεία μας.



Σχήμα 4.33 Σωματίδια PM0.3 ,PM0.5 κατά την διάρκεια μαγειρέματος

Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα και Προτάσεις Βελτίωσης

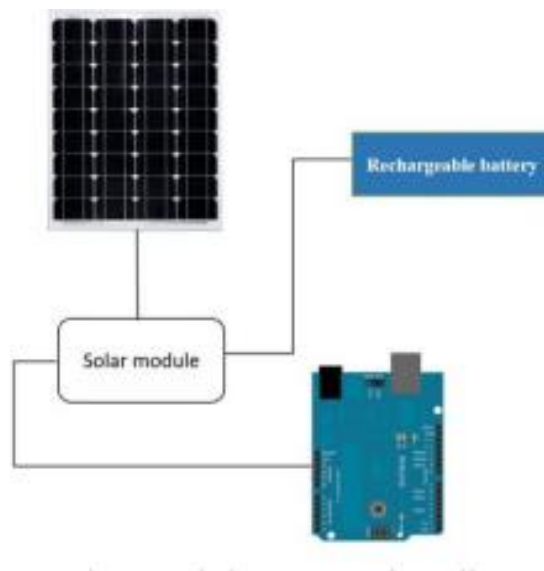
Αυτή η εργασία ήταν μια πολύτιμη εμπειρία για εμένα μιας και μπήκα πιο βαθιά στο κομμάτι σχεδίασης, κώδικα αλλά και υλοποίησης μιας πλακέτας και ταυτόχρονα βοήθησα στο να ευαισθητοποιήσω τον κόσμο σχετικά με την ποιότητα του αέρα που αναπνέει καθημερινά.

Γενικότερα η εργασία αυτή εκπληρώνει τον επιδιωκόμενο στόχο του, δηλαδή η συσκευή να είναι εύκολη η χρήση για το χρήστη, φθηνή στην κατασκευή της, φορητή και πολύ-λειτουργική. Αυτό το φορητό σύστημα μπορεί να δώσει σε πραγματικό χρόνο μετρήσεις 5 παραμέτρων του αέρα και να καταγράφει τα αποτελέσματα στην οθόνη για περισσότερη ανάλυση. Επιπλέον, τα εξαρτήματα χαμηλής κατανάλωσης το καθιστούν πιο προσιτό για οικιακούς χρήστες.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων ήταν ικανοποιητικά από ορισμένες απόψεις: PM2.5,PM10,PM1, μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας αντικατοπτρίζουν μια σχετικά ακριβή τιμή.

Ένας τρόπος για να βελτιώσουμε την κατασκευή μας θα ήταν να εκμεταλλευτούμε κι άλλο το ESP32 διότι υποστηρίζει WiFi και bluetooth επικοινωνία και αυτό μας επιτρέπει να στέλνουμε τις μετρήσεις μας σε άλλες φορητές κατασκευές ή ακόμα και στον σταθερό υπολογιστή μας για περισσότερη ανάλυση. Επίσης θα ήταν μια καλή ιδέα να μπει ένα πολύ μικρό ηχείο για να κάνει ήχο όταν φτάσει σε επικίνδυνα στάδια ο PMS ως ένδειξη ότι ο αέρας που εισπνέουμε είναι ευλαβής για την υγεία μας σαν alarm.

Επίσης το μέγεθος της συσκευής μπορεί να μειωθεί βελτιστοποιώντας τη διάταξη της PCB πλακέτας. Το σύστημα μπορεί να τροποποιηθεί με την κατασκευή μιας ηλιακής μονάδας για να επιτύχει περισσότερα επίπεδα ενεργειακής απόδοσης και έτσι να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας σε μεγάλο βαθμό. Η ηλιακή ενέργεια είναι η δωρεάν πηγή για την επαναφόρτιση μιας μπαταρίας. Όπως φαίνεται στο σχήμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα ηλιακό πάνελ για να τροφοδοτήσει την πλακέτα και να φορτίσει μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία.



Σχήμα 5.34 Solar module connection diagram

Τέλος, η συσκευή είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να έχει εκτεταμένες χρήσεις στο μέλλον, προσθέτοντας επιπλέον αισθητήρες, όπως αισθητήρες για τη μέτρηση της παραμέτρου SO₂ ή παραμέτρου CO ή CO₂, αισθητήρα βροχής, αισθητήρα οξυγόνου. Η ανθρωπότητα χρόνια τώρα κάνει σοβαρή βλάβη στην Γη και στην ατμόσφαιρα της.

Κεφάλαιο 6ο: Επίλογος

Η ατμόσφαιρα είναι ουσιαστικά ένα χαοτικό σύστημα που προϋπήρχε και επηρέασε στον υπέρτατο βαθμό την εμφάνιση και εξέλιξη των έμβιων όντων και φυσικά του ανθρώπινου είδους. Είναι η βασική προϋπόθεση της συνέχισης της ζωής, η οποία όμως για αιώνες αγνοούνταν. Χρειάστηκαν πολλά χρόνια έρευνας και μελέτης για να κατανοηθεί ο ζωοδότης ρόλος της στην ανθρώπινη ανάπτυξη. Ωστόσο τον τελευταίο αιώνα, διάφορα φυσικά φαινόμενα αλλά κυρίως οι άναρχοι και βίαιοι παρέμβαση των ανθρώπων στη φύση, η υπερεκμετάλλευση του πλανήτη, η χωρίς συνείδηση και υπευθυνότητα κατασπατάλησης των γήινων πόρων, η έλλειψη οικολογικής παιδείας και κουλτούρας, έφεραν σαν αποτέλεσμα την ρύπανση του πλανήτη και του αέρα.

Βρισκόμαστε μπροστά στην μεγαλύτερη πρόκληση της ανθρωπότητας, την διάσωση του πλανήτη στον οποίο ζούμε. Της δικής μας διάσωσης στην ουσία. Με την επιστήμη και την τεχνολογία στα υψηλότερα επίπεδα γνώσης σήμερα, η περιβαλλοντική περίθαλψη ανίχνευση μέσω αισθητήρων, ανοίγει νέες δυνατότητες για την δημιουργία ευφυέστερων συσκευών που βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής μας και αυξάνουν την ενεργειακή απόδοση χωρίς να προκαλούν επιπλέον ζημιά στο ατμοσφαιρικό στερέωμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

- [1] T. H. R. I. H. M. A. Ashish M. Husain, "Air Quality Monitoring: The Use of Arduino and Android," Journal of Modern Science and Technology, vol. Vol 4, pp. Page 86-96, Sep.2016.
- [5] A. P. J. C. P. & I. B. A. Asmi, "A Study of Indoor Air Quality of Public Toilet in University's Building," Humanities, Science and Engineering(CHUSER), pp. 403-408, Dec 2012.
- [6] S. Taranovich, "Let's clear the air: analog and power management of environmental sensor networks," EDN Network, 2016.
- [8] A. S. Berger, Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools and Techniques, CMP Books, 2001.
- [10] S. S. B. B. B. Shrichippa, "Smart Home Monitoring System using ECSN," International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, vol. 4, no. 6, 66 pp. 10904-10909, 2016.
- [12] K. V. Koziy, "WIRELESS HEALTH MONITOR DESIGN," ProQuest LLC, Fargo, 2012
- [14] A. Liberti, "Modern methods for air pollution monitoring," Pure and Applied Chemistry, vol. 44, no. No. 3, pp. 631-642, 1970.
- [16] X. Li, "Miniaturized particulate matter sensor for portable air quality monitoring devices," in Proc. IEEE SENSORS, Valencia,, 2014.

Internet Site

- [1] <https://scied.ucar.edu/learning-zone/atmosphere/what-is-atmosphere>
- [2] What does PM1 mean? <https://indianexpress.com/article/explained/what-does-pm-1-mean/>
- [3] "Air quality guide for particle pollution," U.S. EPA, 26 January 2016. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>
- [4] "Mission China website," U.S. Department of State, [Online]. Available: <http://www.stateair.net/web/post/1/1.html>.
- [7] "Arduino Introduction website," Arduino, <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>.
- [9] M Rouse, "TechTarget website" <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/embedded-system>
- [11] https://www.researchgate.net/publication/3090944_Sensor_Technology_Advances_and_Future_Trends
- [13] *Beta Attenuation Monitoring* https://en.wikipedia.org/wiki/Beta_attenuation_monitoring
- [15] Air quality sensors :

https://www.twobtech.com/daq-sensors.html?gclid=Cj0KCQjwjIKYBhC6ARIsAGEds-K6MtL9RY9mj2bYsKm08qYbXcDZ0cycgv3sDXRS-rtykvLerOQHDFYaAkxREALw_wcB

[17] https://www.engineeringtoolbox.com/standard-atmosphere-d_604.html

Journal Articles

[18] S.W. See, R. Balasubramanian “Risk assessment of exposure to indoor aerosols associated with Chinese cooking” *Environ. Res.*, 102 (2006), pp. 197-204,

[19] R. Sharma, R. Balasubramanian ”Evaluation of the effectiveness of a portable air cleaner in mitigating indoor human exposure to cooking-derived airborne particles” *Environ. Res.*, 183 (2020), Article 109192 *Environ. Res.*, 102 (2006), pp. 197-204

[20] C. O’leary, Y. Kluzenaar, P. Jacobs, W. Borsboom, I. Hall, B. Jones “Investigating measurements of fine particle (PM_{2.5}) emissions from the cooking of meals and mitigating exposure using a cooker hood” *Indoor Air*, 29 (2019), pp. 423-438

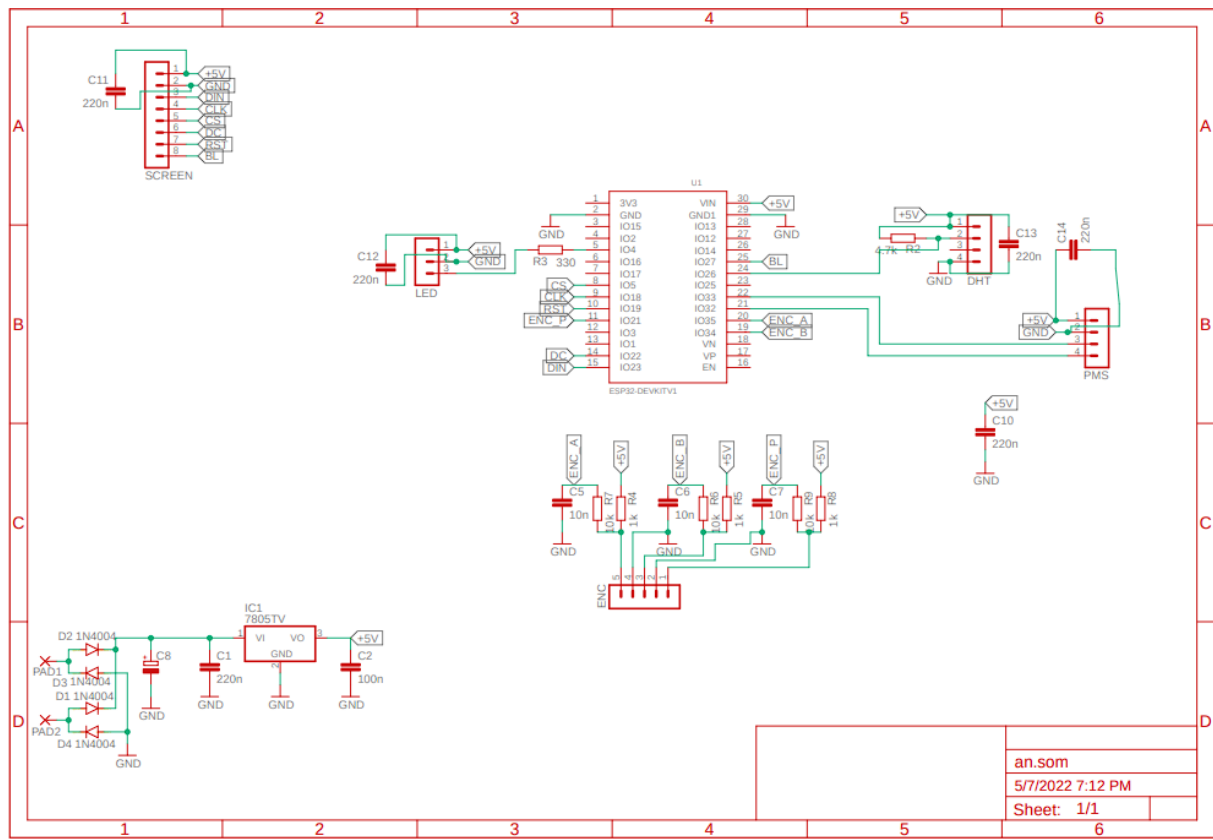
[21] R. Sharma, R. Balasubramanian “Evaluation of the effectiveness of a portable air cleaner in mitigating indoor human exposure to cooking-derived airborne particles” *Environ. Res.*, 183 (2020)

[22] J. Xiang, J. Hao, E. Austin, J. Shirai, E. Seto “Characterization of cooking-related ultrafine particles in a US residence and impacts of various intervention strategies” *Sci. Total Environ.*, 798 (2021), Article 149236

[23] B.C. Singer, R.Z. Pass, W.W. Delp, D.M. Lorenzetti, R.L. Maddalena “Pollutant concentrations and emission rates from natural gas cooking burners without and with range hood exhaust in nine California homes” *Build. Environ.*, 122 (2017), pp. 215-229

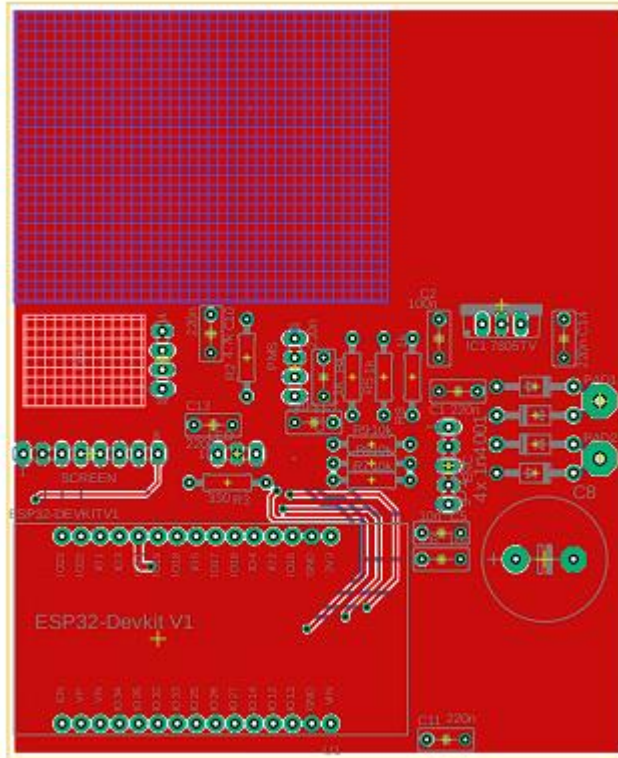
[24] M. Amouei Torkmahalleh, S. Gorjinezhad, H.S. Unluevcek, P.K. Hopke “Review of factors impacting emission/concentration of cooking generated particulate matter” *Sci. Total Environ.*, 586 (2017), pp. 1046-1056,

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Σχηματικό του Ανιχνευτή Σωματιδίων



Σχήμα A.1 Schematic Ανιχνευτή Σωματιδίων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Πλακέτα Ανιχνευτή Σωματιδίων



Σχήμα Β.1 Πλακέτα Ανιχνευτή Σωματιδίων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : Κώδικας

Για την πτυχιακή εργασία προγραμμάτισα μέσω του Arduino τις λειτουργίες του μικροεπεξεργαστή διότι η διαδικασία γίνεται πιο γρήγορα και πιο αποδοτικά. Χρησιμοποίησα διάφορες βιβλιοθήκες τις οποίες θα αναλύσουμε και προγραμμάτισα και άλλες περαιτέρω λειτουργίες που ήθελα η κατασκευή μου να εκτελεί για μια πιο εύκολη χρήση για τον χρήστη.

```

boolean readPMSdata(Stream *s) {
  if (! s->available()) {
    return false;
  }

  // Read a byte at a time until we get to the special '0x42' start-byte
  if (s->peek() != 0x42) {
    s->read();
    return false;
  }

  // Now read all 32 bytes
  if (s->available() < 32) {
    return false;
  }

  uint8_t buffer[32];
  uint16_t sum = 0;
  s->readBytes(buffer, 32);

  // get checksum ready
  for (uint8_t i=0; i<30; i++) {
    sum += buffer[i];
  }

  /* debugging
  for (uint8_t i=2; i<32; i++) {
    Serial.print("0x"); Serial.print(buffer[i], HEX); Serial.print(", ");
  }
  Serial.println();
  */

  // The data comes in endian'd, this solves it so it works on all platforms
  uint16_t buffer_ul6[15];
  for (uint8_t i=0; i<15; i++) {
    buffer_ul6[i] = buffer[2 + i*2 + 1];
    buffer_ul6[i] += (buffer[2 + i*2] << 8);
  }

  // put it into a nice struct :)
  memcpy((void *)&pmsData, (void *)buffer_ul6, 30);

  if (sum != pmsData.checksum) {
    Serial.println("Checksum failure");
    return false;
  }
}

```

Για τους αισθητήρες :

```

void readSensors () {
  DHT_TEMP=dht.readTemperature();
  DHT_HUMIDITY=dht.readHumidity();
  Test_HUMIDITY=analogRead(25);

  if (readPMSdata(spmsSerial)) {
    PMS_PM_STD_10 =pmsData.pm10_standard;
    PMS_PM_STD_25 =pmsData.pm25_standard;
    PMS_PM_STD_100 =pmsData.pm100_standard;

    PMS_PM_ENV_10 =pmsData.pm10_env;
    PMS_PM_ENV_25 =pmsData.pm25_env;
    PMS_PM_ENV_100 =pmsData.pm100_env;

    PMS_PART_PARTICLES_03um =pmsData.particles_03um;
    PMS_PART_PARTICLES_05um =pmsData.particles_05um;
    PMS_PART_PARTICLES_10um =pmsData.particles_10um;
    PMS_PART_PARTICLES_25um =pmsData.particles_25um;
    PMS_PART_PARTICLES_50um =pmsData.particles_50um;
    PMS_PART_PARTICLES_100um =pmsData.particles_100um;
  }
}

```

Με λίγα λόγια εδώ καταχωρίζουμε την υγρασία και την θερμοκρασία του αισθητήρα DHT
Και έπειτα μετατρέπονται οι μετρήσεις του αισθητήρα σε string values που μπορούν να εμφανιστούν στην οθόνη LCD.

Στην συνέχεια έχουμε τον κώδικα για το Neo Pixel strip, εδώ απλά έδωσα για κάθε κατάσταση του PMS, δηλαδή αν έχουμε πολλά ή λίγα μικροσώματα το ανάλογο χρώμα όπως πράσινο, κίτρινο και κόκκινο .

```
void updateNeoPixel (int val) {  
  
    if (( val<=8) and (val>=1)){  
        pixels.fill(pixels.Color(0, 250, 0) , 0, val);  
  
    }  
  
    else if ((val<=16) and (val>=8)) {  
        pixels.fill(pixels.Color(0, 250, 0) , 0, 8);  
        pixels.fill(pixels.Color(250, 250, 0) , 8, ((val)-8));  
  
    }  
  
    else if (val>16) {  
  
        pixels.fill(pixels.Color(0, 250, 0) , 0, 8);  
        pixels.fill(pixels.Color(255, 250, 0) , 8, 8);  
        pixels.fill(pixels.Color( 250,0, 0) , 16, ((val)-16));  
    }  
    else if (val<=1) {  
        pixels.fill(pixels.Color(0, 250, 0) , 0, 1);  
    }  
    pixels.fill(pixels.Color(0, 0, 0) , val, 24);  
    pixels.show(); // Send the updated pixel colors to the hardware.  
  
}
```

Μία από τις πιο σημαντικές λειτουργίες που έβαλα ήταν να βάλω το knob διότι δίνει πολλά προνόμια στον χρήστη αλλά βοηθάει και στο μάτι αφού πλέον δεν χρειάζεται να βλέπεις στην οθόνη τα πάντα στρωμαγωμένα. Οπότε όταν γυρνάω το κουμπί προς τα δεξιά έχω πρόσβαση στις άλλες οθόνες. Έτσι λοιπόν έβαλα 5 interfaces που σε κάθε ένα δείχνει διαφορετικά πράγματα όπως πχ. Στην πρώτη οθόνη δείχνει όλες τις τιμές μαζί μαζεμένες αλλά χωρίς τις κυματομορφές τους. Στην 2η δείχνει την θερμοκρασία και την υγρασία του αισθητήρα DHT και ταυτόχρονα την κυματομορφή τους στον ίδιο χρόνο. Στην 3η και 4η έχουμε τις τιμές για PM1,PM2.5 και PM10 και στην 5η έχουμε για τις τιμές PM0.3um , PM0.5um και PM1um.

Όταν πατήσουμε προς τα μέσα το κουμπί, μας πάει στο settings menu όπου εκεί μπορούμε να αλλάξουμε διάφορες ρυθμίσεις όπως το screen brightness, το font, το GUI refresh interval και το Graph sample interval. Και για να βγούμε από το settings menu απλά πατάμε παρατεταμένα το κουμπί προς τα μέσα για 2 δευτερόλεπτα και είμαστε πάλι πίσω στην αρχική μας οθόνη.

```

#include "Main.h"
#include "Gui.h"
#include "Enc.h"
unsigned long serialLastRefresh = 0;
unsigned long timeNow = 0;

EncoderButton Knob (PIN_ENC_A, PIN_ENC_B, PIN_ENC_C); // Setting up my encoder knob uses
DHT dht(PIN_DHT, DHTTYPE); //pin for DHT
TFT_eSPI tft = TFT_eSPI();
TFT_eSprite spr = TFT_eSprite(&tft);
SoftwareSerial pmsSerial(PIN_PMS_RX, PIN_PMS_TX); //Pin for Pms RX and TX
Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS, PIN_NEO, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
PMS pms(pmsSerial);

#include "PMS5003.h"
#include "NeoPixel.h"
#include "Grphcs.h"
#include "Sensors.h"

void onHold(EncoderButtons eb) { // When we are holding down the encoder button it takes us back to the menu
  guiLastRefresh = 0;

  if (GUI_IsInMenu) {
    GUI_IsInMenu = false;
  }
}

void onClick(EncoderButtons eb) { // The onClick feature basically helps us select items from the page we are on
  guiLastRefresh = 0;

  if (GUI_IsInMenu) {
    if (GUI_MenuItems[GUI_Selected_Item + (GUI_Selected_Page * GUI_MaxN_MenuItemsPerPage)].Selected) {
      GUI_MenuItems[GUI_Selected_Item + (GUI_Selected_Page * GUI_MaxN_MenuItemsPerPage)].Selected = false;
      GUI_IsInSelection = false;
    }
    else {
      GUI_MenuItems[GUI_Selected_Item + (GUI_Selected_Page * GUI_MaxN_MenuItemsPerPage)].Selected = true;
      GUI_IsInSelection = true;
    }
  }
  GUI_IsInMenu = true;
}

```

```

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(SERIAL_BaudRate);

  Knob.setEncoderHandler(onKnob);
  Knob.setClickHandler(onClick);
  Knob.setLongPressHandler(onHold);
  if (DEBUG_MODE) {
    Serial.println("Serial Initialized!");
  }

  if (DEBUG_MODE) {
    Serial.println("GFX library Initializing...");
    Serial.println(" -PIN_TFT_CS  " + String(PIN_TFT_CS));
    Serial.println(" -PIN_TFT_DC  " + String(PIN_TFT_DC));
    Serial.println(" -PIN_TFT_RST  " + String(PIN_TFT_RST));
    Serial.println(" -PIN_TFT_CLK 13");
    Serial.println(" -PIN_TFT_MOSI 11");
  }

  graphicsInit();
  guiInit();

  if (DEBUG_MODE) {
    Serial.println("GFX library Initialized!");
    tft.println("GFX library Initialized!");
    Serial.println("PMS Soft. Serial Initializing...");
    tft.println("PMS Soft. Serial Initializing...");

    Serial.println(" -PIN_PMS_RX  " + String(PIN_PMS_RX));
    tft.println(" -PIN_PMS_RX  " + String(PIN_PMS_RX));
    Serial.println(" -PIN_PMS_TX  " + String(PIN_PMS_TX));
    tft.println(" -PIN_PMS_TX  " + String(PIN_PMS_TX));
    Serial.println(" -PMS_BAUD  " + String(PMS_BAUD));
    tft.println(" -PMS_BAUD  " + String(PMS_BAUD));
  }

  pmsSerial.begin(9600);

  if (DEBUG_MODE) {
    Serial.println("GFX library Initialized!");
    tft.println("GFX library Initialized!");
    Serial.println("PMS Soft. Serial Initializing...");
    tft.println("PMS Soft. Serial Initializing...");

    Serial.println(" -PIN_PMS_RX  " + String(PIN_PMS_RX));
    tft.println(" -PIN_PMS_RX  " + String(PIN_PMS_RX));
    Serial.println(" -PIN_PMS_TX  " + String(PIN_PMS_TX));
    tft.println(" -PIN_PMS_TX  " + String(PIN_PMS_TX));
    Serial.println(" -PMS_BAUD  " + String(PMS_BAUD));
    tft.println(" -PMS_BAUD  " + String(PMS_BAUD));
  }

  pmsSerial.begin(9600);

  if (DEBUG_MODE) {
    Serial.println("PMS Soft. Serial Initialized!");
    tft.println("PMS Soft. Serial Initialized!");
    Serial.println("DHT Initializing...");
    tft.println("DHT Initializing...");
    Serial.println(" -PIN_DHT  " + String(PIN_DHT));
    tft.println(" -PIN_DHT  " + String(PIN_DHT));
    Serial.println(" -DHTTYPE  " + String(DHTTYPE));
    tft.println(" -DHTTYPE  " + String(DHTTYPE));
  }
  dht.begin();
}

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ : Κόστος Υλικών

Hardware	Κόστος
Κουτί	€ 3.60
ESP32 Development Board -Devkit V1	€9.90
PMS5003 sensor	€29.90
DHT11 sensor	€1.90
OLED Display	€12.90
LED Strip	€5.90
Τροφοδοτικό	€12
Αντιστάσεις ,πυκνωτές κλπ..	€4
Συνολικά:	€80.1