



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη συσκευής ανίχνευσης αερίων με χρήση Arduino



ΕΚΠΟΝΗΤΗΣ:

ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΜ: MEC19094

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΣΑΓΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Αναπληρωτής Καθηγητής)

ΣΕΡΡΕΣ

ΜΑΙΟΣ 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ...

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτό της χρήσης του Arduino. Τη προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που ήθελε να τελειώσω τις σπουδές μου το συντομότερο δυνατόν.

Σέρρες, Μάιος 2024

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών:

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι φοιτητές, έχοντας επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από βιβλία, άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο επακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι φοιτητές: (Ονοματεπώνυμο - Υπογραφή)

Βουδούρης Κωνσταντίνος

English Summary (Αγγλική Περίληψη)

Thesis Title: Gas detector development using an Arduino controller

Abstract

This thesis deals with the design and construction of a gas detection device. The detection gas detection is a critical aspect in various fields, from industrial safety to environmental monitoring. This thesis delves into the development of a gas detection device using Arduino technology, while aims to elucidate the design and implementation of an integrated gas detection system. In addition, it includes an in-depth investigation properties of gases, chemical compositions and the inherent hazards that associated with the various gases. This includes an extensive discussion on sensor selection, focusing on particularly on gas sensors, such as the MQ series, and their integration with Arduino microcontrollers. The architecture and complexities of the coding complexities of the control system, providing detailed insight into the construction and functionality of the device.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή	5
2.	Ιστορική αναδρομή	6
3.	Στάθμη γνώσεων	8
	3.1 Αέρια και χημική σύσταση	8
	3.2 Κίνδυνοι των αερίων	13
	3.3. Αισθητήρες ανίχνευσης λειτουργίας - Αρχή	21
	3.4 Arduino και αισθητήρες	33
4.	Σκοπός της εργασίας	37
5.	Σχεδιασμός συστήματος ελέγχου	39
	5.1 Μέρη συστήματος ελέγχου	39
	5.2 Αισθητήρες αερίων στο Arduino	42
	5.2.1 Αισθητήρας MQ-3	42
	5.2.2 Αισθητήρας MQ-4	43
	5.2.3 Αισθητήρας MQ-7	44
	5.2.4 Αισθητήρας MQ-8	44
	5.2.5 Αισθητήρας MQ-9	45
	5.2.6 Αισθητήρας MQ-135	45
	5.3 Σχεδίαση αρχιτεκτονικής της διάταξης.	46
	5.4 Ανάπτυξη κώδικα	48
6.	Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή	56
	6.1 Σχεδίαση μερών	56
	6.2 Σχεδίαση συναρμολογημένης διάταξης.....	63
7.	Κατασκευή	67
	7.1 Εμπορικά μέρη	67
	7.2 Συναρμολόγησημερών.....	68
	7.3 Δοκιμές λειτουργίας	73
8.	Συμπεράσματα και Βελτιώσεις	76
9.	Βιβλιογραφία	79
10.	Παράρτημα.....	81
	I. Κατασκευαστικά σχέδια εξαρτημάτων	81
	II. Κώδικαςελέγχου.....	82

1. Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή ασχολείται με την μελέτη και την κατασκευή μια συσκευής ανίχνευσης αερίων. Η ανίχνευση αερίων αποτελεί κρίσιμη πτυχή σε διάφορους τομείς, από τη βιομηχανική ασφάλεια έως την περιβαλλοντική παρακολούθηση. Η παρούσα εργασία εμβαθύνει στην ανάπτυξη μιας συσκευής ανίχνευσης αερίου που χρησιμοποιεί την τεχνολογία Arduino, ενώ αποσκοπεί στη διαλεύκανση του σχεδιασμού και της υλοποίησης ενός ολοκληρωμένου συστήματος ανίχνευσης αερίων. Επιπλέον, περιλαμβάνει μια σε βάθος διερεύνηση των ιδιοτήτων των αερίων, των χημικών συνθέσεων και των εγγενών κινδύνων που συνδέονται με τα διάφορα αέρια. Αυτό περιλαμβάνει μια εκτενή συζήτηση σχετικά με την επιλογή αισθητήρων, εστιάζοντας ιδιαίτερα σε αισθητήρες αερίων, όπως η σειρά MQ, και την ενσωμάτωσή τους με μικροελεγκτές Arduino. Εξετάζονται επίσης η αρχιτεκτονική και οι περιπλοκές κωδικοποίησης του συστήματος ελέγχου, παρέχοντας λεπτομερή εικόνα της κατασκευής και της λειτουργικότητας της συσκευής.

2. Ιστορική αναδρομή

Οι μέθοδοι ανίχνευσης διαρροών αερίου άρχισαν να απασχολούν μετά την ανακάλυψη των επιπτώσεων των επιβλαβών αερίων στην ανθρώπινη υγεία. Πριν από τους σύγχρονους ηλεκτρονικούς αισθητήρες, οι πρώτες μέθοδοι ανίχνευσης βασίζονταν σε λιγότερο ακριβείς ανιχνευτές. Κατά τη διάρκεια του 19ου και στις αρχές του 20ού αιώνα, οι ανθρακωρύχοι έπαιρναν μαζί τους καναρίνια στις σήραγγες ως σύστημα έγκαιρης ανίχνευσης απειλητικών για τη ζωή αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο. Το καναρίνι, που συνήθως είναι ένα πολύ κελαηδιστό πουλί, σταματούσε να κελαηδά και τελικά πέθαινε αν δεν απομακρυνόταν από αυτά τα αέρια, σηματοδοτώντας στους ανθρακωρύχους να εγκαταλείψουν γρήγορα το ορυχείο.

Ο πρώτος ανιχνευτής αερίων στη βιομηχανική εποχή ήταν ο λαμπτήρας ασφαλείας φλόγας (ή λαμπτήρας Davy) εφευρέθηκε από τον Sir Humphry Davy (από την Αγγλία) το 1815 για να ανιχνεύσει την παρουσία μεθανίου (πυρακτωμένο αέριο) σε υπόγεια ανθρακωρυχεία. Η λάμπα ασφαλείας φλόγας αποτελούνταν από μια φλόγα πετρελαίου που ρυθμιζόταν σε συγκεκριμένο ύψος σε καθαρό αέρα. Για να αποφευχθεί η ανάφλεξη με αυτές τις λάμπες, η φλόγα περιείχε ένα γυάλινο χιτώνιο με πλέγμα φλογοπαγίδας. Το ύψος της φλόγας μεταβαλλόταν ανάλογα με την παρουσία μεθανίου (υψηλότερο) ή την έλλειψη οξυγόνου (χαμηλότερο). Μέχρι σήμερα, σε ορισμένα μέρη του κόσμου οι λαμπτήρες ασφαλείας φλόγας εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται.

Η σύγχρονη εποχή της ανίχνευσης αερίων ξεκίνησε το 1926-1927 με την ανάπτυξη του αισθητήρα καταλυτικής καύσης (LEL) από τον Dr. Oliver Johnson. Ο Δρ Τζόνσον ήταν υπάλληλος της Standard Oil Company στην Καλιφόρνια (σήμερα Chevron), ξεκίνησε την έρευνα και την ανάπτυξη μιας μεθόδου για την ανίχνευση εύφλεκτων μειγμάτων στον αέρα, ώστε να βοηθήσει στην πρόληψη εκρήξεων σε δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμων. Ένα μοντέλο επίδειξης αναπτύχθηκε το 1926 και ονομάστηκε Μοντέλο Α. Ο πρώτος πρακτικός μετρητής "ηλεκτρικού δείκτη ατμών" άρχισε να παράγεται το 1927 με την κυκλοφορία του Μοντέλου Β.

Η πρώτη εταιρεία ανίχνευσης αερίων στον κόσμο, η Johnson-Williams Instruments (ή J-W Instruments) ιδρύθηκε το 1928 στο Palo Alto της Καλιφόρνιας από τον Dr Oliver Johnson και τον Phil Williams. Η J-W Instruments αναγνωρίζεται ως η πρώτη εταιρεία ηλεκτρονικών ειδών στη Silicon Valley. Κατά τα επόμενα 40 χρόνια η J-W Instruments πρωτοστάτησε σε πολλές "πρωτιές" στη σύγχρονη εποχή της ανίχνευσης αερίων, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής μικρότερων και πιο φορητών οργάνων, της

2. Ιστορική αναδρομή

ανάπτυξης ενός φορητού ανιχνευτή οξυγόνου, καθώς και του πρώτου συνδυασμένου οργάνου που μπορούσε να ανιχνεύσει τόσο καύσιμα αέρια/ατμούς όσο και οξυγόνο.

Πριν από την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών οικιακών ανιχνευτών μονοξειδίου του άνθρακα στις δεκαετίες του 1980 και του 1990, η παρουσία μονοξειδίου του άνθρακα ανιχνευόταν με ένα χημικά εμποτισμένο χαρτί που γινόταν καφέ όταν εκτίθετο στο αέριο. Έκτοτε, έχουν αναπτυχθεί πολλές ηλεκτρονικές τεχνολογίες και συσκευές για την ανίχνευση, την παρακολούθηση και την ειδοποίηση για τη διαρροή ενός ευρέος φάσματος αερίων.

Καθώς το κόστος και οι επιδόσεις των ηλεκτρονικών αισθητήρων αερίων βελτιώθηκαν, ενσωματώθηκαν σε ένα ευρύτερο φάσμα συστημάτων. Η χρήση τους στα αυτοκίνητα ήταν αρχικά για τον έλεγχο των εκπομπών του κινητήρα, αλλά τώρα οι αισθητήρες αερίων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να εξασφαλίσουν την άνεση και την ασφάλεια των επιβατών. Οι αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα εγκαθίστανται σε κτίρια ως μέρος συστημάτων εξαερισμού ελεγχόμενης ζήτησης. Εξελιγμένα συστήματα αισθητήρων αερίων ερευνώνται για χρήση σε ιατρικά συστήματα διάγνωσης, παρακολούθησης και θεραπείας, πολύ πέρα από την αρχική τους χρήση σε χειρουργικές αίθουσες. Οι μετρητές αερίων και οι συναγερμοί για μονοξείδιο του άνθρακα και άλλα επιβλαβή αέρια είναι όλο και περισσότερο διαθέσιμοι για χρήση σε γραφεία και οικίες, ενώ σε ορισμένες δικαιοδοσίες καθίστανται νομικά υποχρεωτικοί.

Αρχικά, οι ανιχνευτές κατασκευάζονταν για την ανίχνευση ενός μόνο αερίου. Οι σύγχρονες μονάδες μπορεί να ανιχνεύουν διάφορα τοξικά ή εύφλεκτα αέρια ή ακόμη και συνδυασμό. Οι νεότεροι αναλυτές αερίων μπορούν να διασπάσουν τα συστατικά σήματα από ένα σύνθετο άρωμα για να προσδιορίσουν ταυτόχρονα πολλά αέρια.

Τη δεκαετία του 1990 εισήχθησαν αισθητήρες μεταλλικού οξειδίου-ημιαγωγού (MOS). Ο πρώτος γνωστός αισθητήρας αερίου MOS παρουσιάστηκε από τους G. Sberveglieri, G. Faglia, S. Groppelli, P. Nelli και A. Camanzi το 1990. Έκτοτε οι αισθητήρες MOS έχουν γίνει σημαντικοί περιβαλλοντικοί ανιχνευτές αερίων.

3. Στάθμη γνώσεων

3.1 Αέρια και χημική σύσταση

Μονοξειδίο του άνθρακα

Το μονοξειδίο του άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα συνδεδεμένο με ένα άτομο οξυγόνου, με χημικό τύπο CO. Παράγεται από την ατελή καύση καυσίμων που περιέχουν άνθρακα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε οχήματα, συσκευές αερίου και βιομηχανικές διεργασίες. Το μονοξειδίο του άνθρακα είναι ιδιαίτερα τοξικό, επειδή μπορεί να συνδεθεί με την αιμοσφαιρίνη στην κυκλοφορία του αίματος, μειώνοντας την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο. Η παρατεταμένη έκθεση ή οι υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα μπορεί να οδηγήσουν σε δηλητηρίαση από μονοξειδίο του άνθρακα, η οποία μπορεί να αποβεί μοιραία. Οι προφυλάξεις ασφαλείας, όπως ο κατάλληλος αερισμός και η χρήση ανιχνευτών μονοξειδίου του άνθρακα, είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή τυχαίας έκθεσης. Συνήθεις πηγές μονοξειδίου του άνθρακα είναι οι εξατμίσεις αυτοκινήτων, τα συστήματα θέρμανσης που δεν λειτουργούν σωστά και ορισμένες βιομηχανικές διεργασίες. Παρά την τοξικότητά του, το μονοξειδίο του άνθρακα χρησιμοποιείται επίσης σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές, όπως η παραγωγή ορισμένων χημικών ουσιών. Η κατανόηση και η διαχείριση των κινδύνων που συνδέονται με το μονοξειδίο του άνθρακα είναι ουσιαστικής σημασίας για τη δημόσια υγεία και ασφάλεια.

Διοξειδίο του άνθρακα

Το διοξειδίο του άνθρακα, με χημικό τύπο (CO₂), είναι ένα άχρωμο, άοσμο αέριο που αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα συνδεδεμένο με δύο άτομα οξυγόνου. Αποτελεί βασικό συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, αποτελώντας συνήθως περίπου το 0,04% (400 μέρη ανά εκατομμύριο) του αέρα. Το διοξειδίο του άνθρακα παράγεται μέσω διαφόρων φυσικών διεργασιών, όπως η αναπνοή των ζώων και των φυτών, η ηφαιστειακή δραστηριότητα και η αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδίως η καύση ορυκτών καυσίμων, έχουν αυξήσει σημαντικά τα επίπεδα του ατμοσφαιρικού CO₂, συμβάλλοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην κλιματική αλλαγή. Εκτός από το ρόλο του στην ατμόσφαιρα, το διοξειδίο του άνθρακα διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στη φωτοσύνθεση, όπου τα φυτά μετατρέπουν το CO₂ και το ηλιακό φως σε γλυκόζη και οξυγόνο. Ωστόσο, η αύξηση των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ έχει οδηγήσει σε περιβαλλοντικές ανησυχίες λόγω των

επιπτώσεων του στις παγκόσμιες θερμοκρασίες και τα κλιματικά πρότυπα. Η κατανόηση και η παρακολούθηση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών για τη μείωση των εκπομπών.

Ιόν Αμμωνίου

Το ιόν αμμωνίου (NH_4), αν και αόρατο στον αέρα, παίζει εκπληκτικό ρόλο στο περιβάλλον μας. Βρίσκεται φυσικά στην αποσυντιθέμενη ύλη και στις ηφαιστειακές εκπομπές, αποτελεί επίσης τη ραχοκοκαλιά κρίσιμων λιπασμάτων και βιομηχανικών χημικών ουσιών. Ενώ το ίδιο το NH_4^+ δεν επιπλέει, σχηματίζεται εύκολα στο νερό και μετατρέπεται σε αέριο αμμωνία (NH_3) σε όξινα περιβάλλοντα. Αυτή η χαμαιλεοντική συμπεριφορά της επιτρέπει να αποτελεί βασικό θρεπτικό συστατικό των φυτών, βασικό συστατικό των προϊόντων καθαρισμού και ακόμη και δυνητική περιβαλλοντική ανησυχία σε περίπτωση υπερβολικής ποσότητας. Να θυμάστε, ενώ οι συμπυκνωμένες ενώσεις αμμωνίου και το αέριο αμμωνία μπορεί να ερεθίσουν, η άμεση έκθεση σε NH_4^+ δεν αποτελεί σημαντική ανησυχία. Έτσι, την επόμενη φορά που θα δείτε ένα καταπράσινο χωράφι ή θα θαυμάσετε ένα ανθεκτικό πλαστικό παιχνίδι, θυμηθείτε το κρυφό χέρι του ιόντος αμμωνίου, που διαμορφώνει σιωπηλά τον κόσμο μας από το έδαφος.

Μεθάνιο

Το μεθάνιο (CH_4) είναι ένα άχρωμο, άοσμο και εξαιρετικά εύφλεκτο αέριο που αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα συνδεδεμένο με τέσσερα άτομα υδρογόνου, με χημικό τύπο CH_4 . Είναι το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου και αποτελεί σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου. Το μεθάνιο παράγεται φυσικά μέσω διαφόρων βιολογικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της αποσύνθεσης οργανικής ύλης σε αναερόβια (χαμηλής περιεκτικότητας σε οξυγόνο) περιβάλλοντα, όπως οι υγρότοποι, οι χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και τα πεπτικά συστήματα ορισμένων ζώων. Ως ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου, το μεθάνιο συμβάλλει στην παγίδευση της θερμότητας στη γήινη ατμόσφαιρα, επηρεάζοντας την κλιματική αλλαγή. Ενώ έχει μικρότερη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο έχει υψηλότερο δυναμικό θέρμανσης ανά μόριο. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της εξόρυξης και χρήσης ορυκτών καυσίμων, της χώνευσης των ζώων και ορισμένων βιομηχανικών διεργασιών, συμβάλλουν στην αύξηση των επιπέδων μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Το μεθάνιο έχει διάφορες πρακτικές εφαρμογές, όπως η χρήση του ως καύσιμο για θέρμανση, μαγείρεμα και παραγωγή ηλεκτρικής

ενέργειας. Διερευνάται επίσης ως πιθανή πηγή ενέργειας στο πλαίσιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών ουσιών. Η αποτελεσματική και βιώσιμη διαχείριση των εκπομπών μεθανίου είναι απαραίτητη για τον μετριασμό των επιπτώσεων του τόσο στην κλιματική αλλαγή όσο και στην ποιότητα του αέρα.

Υδρογόνο

Το υδρογόνο (H_2) είναι ένα διατομικό μόριο που αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου. Είναι άχρωμο, άοσμο και εξαιρετικά εύφλεκτο αέριο. Ως το ελαφρύτερο και πιο άφθονο στοιχείο στο σύμπαν, το υδρογόνο παίζει σημαντικό ρόλο σε διάφορες φυσικές και βιομηχανικές διεργασίες. Ο χημικός τύπος του υδρογόνου είναι H_2 , υποδηλώνοντας δύο άτομα υδρογόνου συνδεδεμένα μεταξύ τους. Στις φυσικές διεργασίες, το υδρογόνο παράγεται με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής σύντηξης στα αστέρια και της ηλεκτρόλυσης του νερού. Στη Γη, το υδρογόνο βρίσκεται σε ενώσεις όπως το νερό (H_2O) και οι υδρογονάνθρακες. Το υδρογόνο έχει ποικίλες εφαρμογές. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε κυψέλες καυσίμου, όπου συνδυάζεται με οξυγόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με μοναδικό παραπροϊόν τους υδρατμούς. Αυτό καθιστά το υδρογόνο έναν πολλά υποσχόμενο και καθαρό φορέα ενέργειας. Στη βιομηχανία, το υδρογόνο χρησιμοποιείται στην παραγωγή αμμωνίας για λιπάσματα, στη διύλιση πετρελαίου για την απομάκρυνση των προσμίξεων θείου και στη σύνθεση διαφόρων χημικών ουσιών. Ενώ το υδρογόνο έχει μεγάλες δυνατότητες ως καθαρή πηγή ενέργειας, οι προφυλάξεις ασφαλείας είναι ζωτικής σημασίας λόγω της ευφλεκτότητάς του. Επιπλέον, το υδρογόνο διερευνάται ως καύσιμο για τις μεταφορές, με τα οχήματα με κυψέλες καυσίμου υδρογόνου να εμφανίζονται ως καθαρή εναλλακτική λύση σε ορισμένες εφαρμογές. Η κατανόηση των ιδιοτήτων και των εφαρμογών του υδρογόνου είναι απαραίτητη για την προώθηση βιώσιμων ενεργειακών λύσεων.

Βενζόλιο

Το βενζόλιο είναι ένας αρωματικός υδρογονάνθρακας με μοριακό τύπο (C_6H_6). Είναι ένα άχρωμο υγρό με χαρακτηριστική γλυκιά οσμή. Η χημική σύνθεση του βενζολίου αποτελείται από έξι άτομα άνθρακα τοποθετημένα σε εξαγωνικό δακτύλιο, καθένα από τα οποία συνδέεται με ένα άτομο υδρογόνου. Η μοριακή δομή του βενζολίου αναπαρίσταται συχνά με ένα εξάγωνο με έναν κύκλο στο εσωτερικό του για να υποδηλωθεί ότι κάθε δεσμός άνθρακα-άνθρακα είναι ισοδύναμος και παρουσιάζει

συντονισμό. Το υβριδικό μοντέλο συντονισμού αντικατοπτρίζει την αποκέντρωση των ηλεκτρονίων στους δεσμούς π σε ολόκληρο τον δακτύλιο. Το βενζόλιο αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο στη σύνθεση διαφόρων χημικών ουσιών και χρησιμοποιείται ευρέως στην παραγωγή πλαστικών, συνθετικών ινών, καουτσούκ, χρωστικών, απορρυπαντικών και φαρμακευτικών προϊόντων. Παρά τη σημασία του στη βιομηχανία, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το βενζόλιο είναι γνωστό καρκινογόνο και η παρατεταμένη έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα υγείας. Τα μέτρα ασφαλείας είναι ζωτικής σημασίας κατά το χειρισμό του βενζολίου και καταβάλλονται προσπάθειες για την ελαχιστοποίηση της χρήσης του και την ανάπτυξη ασφαλέστερων εναλλακτικών λύσεων σε ορισμένες εφαρμογές.

Εξάνιο

Το εξάνιο είναι ένας αλειφατικός υδρογονάνθρακας με χημικό τύπο (C_6H_{14}). Αποτελείται από έξι άτομα άνθρακα και 14 άτομα υδρογόνου, διατεταγμένα σε δομή ευθείας αλυσίδας. Τα δύο κύρια ισομερή του εξανίου είναι το ν-εξάνιο, που έχει κανονική δομή ευθείας αλυσίδας, και το ισοεξάνιο, που έχει διακλαδισμένη δομή λόγω της παρουσίας μιας μεθυλικής ομάδας. Το εξάνιο είναι ένα άχρωμο υγρό με σχετικά χαμηλό σημείο βρασμού, γεγονός που το καθιστά εξαιρετικά εύφλεκτο. Χρησιμοποιείται ευρέως ως μη πολικός διαλύτης σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές, ιδίως στην εκχύλιση ελαίων από σπόρους και λαχανικά, όπως η σόγια. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το ν-εξάνιο, ειδικότερα, συνδέεται με κινδύνους για την υγεία και θα πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις για την ελαχιστοποίηση της έκθεσης σε επαγγελματικά περιβάλλοντα για την πρόληψη νευρολογικών βλαβών.

Τολουόλιο

Το τολουόλιο, επίσης γνωστό ως μεθυλοβενζόλιο, είναι ένα άχρωμο υγρό με χημικό τύπο (C_7H_8). Αποτελείται από ένα δακτύλιο βενζολίου (αρωματικός δακτύλιος έξι ατόμων άνθρακα) με συνδεδεμένη μια μεθυλική ομάδα ($-CH_3$). Το τολουόλιο είναι ένας κοινός διαλύτης με γλυκό, πικάντικο άρωμα και χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής χρωμάτων, επιχρισμάτων, συγκολλητικών και συνθετικών αρωμάτων. Αποτελεί επίσης πρόδρομη ουσία στη σύνθεση χημικών ουσιών όπως το βενζόλιο, το ξυλόλιο και το τρινιτροτολουόλιο (TNT). Το τολουόλιο είναι εξαιρετικά εύφλεκτο και εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων στο κεντρικό νευρικό σύστημα, εάν εισπνευστεί ή απορροφηθεί μέσω του δέρματος. Ο επαρκής εξαερισμός

και οι προφυλάξεις ασφαλείας είναι απαραίτητες κατά την εργασία με τολουόλιο για την ελαχιστοποίηση της έκθεσης και των πιθανών κινδύνων για την υγεία.

Ακετόνη

Η ακετόνη, με χημικό τύπο (C_3H_6O), είναι ένα άχρωμο, πτητικό υγρό που ανήκει στην ομάδα των κετονών. Αποτελείται από τρία άτομα άνθρακα, έξι άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Η ακετόνη είναι η απλούστερη και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη κετόνη, γνωστή για τη χαρακτηριστική γλυκιά οσμή της και την ικανότητά της να διαλύει πολλές ουσίες, καθιστώντας την έναν ευέλικτο διαλύτη. Είναι αναμίξιμη με το νερό και χρησιμοποιείται συνήθως σε αφαίρεσης βερνικιών νυχιών, διαλυτικά χρωμάτων και σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές, όπως επιστρώσεις, κόλλες και παραγωγή πλαστικών. Η ακετόνη παίζει επίσης ρόλο σε ορισμένες βιοχημικές διεργασίες στο ανθρώπινο σώμα. Αν και γενικά θεωρείται ασφαλής για χρήση, είναι εύφλεκτη και πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις για να διασφαλίζεται ο κατάλληλος εξαερισμός και η ασφάλεια κατά το χειρισμό της ακετόνης.

Προπάνιο

Το προπάνιο (C_3H_8) είναι ένα ευέλικτο υδροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG) που χρησιμοποιείται ευρέως ως καύσιμο για θέρμανση, μαγείρεμα και διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. Αποτελούμενο από τρία άτομα άνθρακα και οκτώ άτομα υδρογόνου, το προπάνιο είναι άχρωμο και άοσμο αέριο, αλλά για λόγους ασφαλείας προστίθεται ένα οσμογόνο, που επιτρέπει την ανίχνευση διαρροών. Προερχόμενο από την επεξεργασία φυσικού αερίου και τη διύλιση αργού πετρελαίου, το προπάνιο είναι γνωστό για την ευκολία υδροποίησής του υπό μέτρια πίεση, επιτρέποντας την άνετη αποθήκευση και μεταφορά. Χρησιμοποιείται συνήθως στη θέρμανση και το μαγείρεμα κατοικιών, καθώς και σε βιομηχανικές διεργασίες. Το προπάνιο θεωρείται καύσιμο καθαρής καύσης, εκπέμποντας λιγότερους ρύπους από ορισμένες εναλλακτικές λύσεις. Τα μέτρα ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένου του κατάλληλου εξαερισμού και της ανίχνευσης διαρροών, είναι ζωτικής σημασίας λόγω της εύφλεκτης φύσης του. Αποθηκευμένο σε φορητά δοχεία, το προπάνιο είναι μια πρακτική και ευρέως προσβάσιμη πηγή ενέργειας.

Βουτάνιο

Το βουτάνιο (C_4H_{10}) είναι ένα αέριο υδρογονανθράκων γνωστό για τη χρήση του ως υγραέριο και βρίσκεται συνήθως σε φορητές φιάλες. Αποτελούμενο από τέσσερα άτομα

άνθρακα και δέκα άτομα υδρογόνου, το βουτάνιο είναι άχρωμο και εξαιρετικά εύφλεκτο. Στη φυσική του κατάσταση, είναι άοσμο, αλλά για λόγους ασφαλείας, συνήθως προστίθεται ένα οσμογόνο που βοηθά στην ανίχνευση διαρροών. Προερχόμενο από την επεξεργασία φυσικού αερίου και τη διύλιση αργού πετρελαίου, το βουτάνιο αποθηκεύεται υπό πίεση ως υγρό και εξατμίζεται σε αέριο κατά την απελευθέρωσή του. Χρησιμεύει ως βολική πηγή καυσίμου για φορητές σόμπες, αναπτήρες και εξοπλισμό κατασκήνωσης λόγω της ευκολίας αποθήκευσης και μεταφοράς του. Ωστόσο, πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις, δεδομένης της εύφλεκτης φύσης του. Η κατανόηση των οδηγιών ασφαλείας είναι απαραίτητη κατά το χειρισμό του βουτανίου για την πρόληψη ατυχημάτων και τη διασφάλιση ελεγχόμενης χρήσης.

Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα ευέλικτο ορυκτό καύσιμο που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄) με ίχνη άλλων υδρογονανθράκων, διοξειδίου του άνθρακα, άζωτο και υδρόθειο. Ως άχρωμο και άοσμο αέριο, συνήθως προστίθεται οσμή για λόγους ασφαλείας. Το φυσικό αέριο εξάγεται από υπόγειους ταμιευτήρες και αποτελεί ζωτική πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για θέρμανση, μαγείρεμα, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ως καύσιμο για οχήματα. Η χημική του σύνθεση περιλαμβάνει το μεθάνιο ως κυρίαρχο συστατικό, με ένα άτομο άνθρακα συνδεδεμένο με τέσσερα άτομα υδρογόνου. Το φυσικό αέριο θεωρείται καύσιμο καθαρότερης καύσης σε σύγκριση με άλλα ορυκτά καύσιμα, εκπέμποντας λιγότερους ρύπους. Τα μέτρα ασφαλείας, όπως τα συστήματα ανίχνευσης διαρροών και ο κατάλληλος εξαερισμός, είναι ζωτικής σημασίας όταν πρόκειται για φυσικό αέριο λόγω της εύφλεκτης φύσης του. Η κατανόηση της χημικής σύνθεσης και των ιδιοτήτων του είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική και ασφαλή χρήση του σε διάφορες εφαρμογές.

3.2 Κίνδυνοι των αερίων

Μονοξείδιο του άνθρακα

Η παρατεταμένη έκθεση σε αυξημένα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα υγείας και σε ακραίες περιπτώσεις, μπορεί να αποβεί μοιραία. Για παράδειγμα, οι εκπομπές CO από ένα τυπικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας μπορεί να κυμαίνονται από περίπου 50 έως 200 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Παρακάτω αναφέρονται κάποιες κατηγορίες συγκέντρωσης του αερίου:

Ασφαλή επίπεδα: Ο Οργανισμός Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (OSHA) στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει ορίσει ως επιτρεπόμενο όριο έκθεσης (PEL) για το μονοξείδιο του άνθρακα τα 50 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) για ένα 8ωρο εργασίας.

Υψηλά επίπεδα: Συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα άνω των 100 ppm θεωρούνται υψηλές και μπορεί να είναι επικίνδυνες, ιδίως σε κλειστούς ή ανεπαρκώς αεριζόμενους χώρους.

Επικίνδυνα επίπεδα: Επίπεδα άνω των 200 ppm μπορεί να είναι επικίνδυνα και μπορεί να οδηγήσουν σε συμπτώματα όπως πονοκέφαλοι, ζάλη και ναυτία.

Θανατηφόρα επίπεδα: Σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα 800 ppm, η έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να είναι απειλητική για τη ζωή και απαιτείται άμεση δράση.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ακόμη και χαμηλά επίπεδα έκθεσης σε μονοξείδιο του άνθρακα για παρατεταμένο χρονικό διάστημα μπορεί να έχουν σωρευτικές επιπτώσεις στην υγεία. Ο στόχος είναι να διατηρούνται τα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα όσο το δυνατόν πιο κοντά στο μηδέν.

Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι ένα φυσικό συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας και συνήθως υπάρχει σε συγκεντρώσεις περίπου 400 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) ή 0,04%. Σε αυτό το επίπεδο υποβάθρου, το διοξείδιο του άνθρακα δεν θεωρείται επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία. Στην πραγματικότητα, είναι απαραίτητο για τη ζωή των φυτών και διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στον κύκλο του άνθρακα στη Γη. Ωστόσο, τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να προκαλέσουν ανησυχία σε ορισμένα περιβάλλοντα, ιδίως σε κλειστούς ή ανεπαρκώς αεριζόμενους χώρους. Η Υπηρεσία Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (OSHA) στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει θεσπίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης (PEL) για το διοξείδιο του άνθρακα στο χώρο εργασίας. Το PEL του OSHA για ένα 8ωρο εργασίας είναι 5.000 ppm (0,5%) και το όριο βραχυπρόθεσμης έκθεσης (STEL) για ένα 15λεπτο είναι 30.000 ppm (3%). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πρωταρχική ανησυχία με τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα σχετίζεται με τη δυνατότητά του να εκτοπίσει το οξυγόνο σε κλειστούς χώρους. Ενώ το ίδιο το CO₂ δεν είναι τοξικό σε τυπικές συγκεντρώσεις, τα υψηλά επίπεδα μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου, γεγονός που μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο σε κλειστούς χώρους. Η παρακολούθηση και ο έλεγχος της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων, ιδίως σε χώρους όπου οι άνθρωποι

περνούν μεγάλα χρονικά διαστήματα, είναι ουσιαστικής σημασίας για τη διασφάλιση ενός ασφαλούς και υγιούς περιβάλλοντος.

Ιόν Αμμωνίου

Το ιόν αμμωνίου (NH_4^+), είναι ζωτικής σημασίας για τη ζωή των φυτών και χρησιμοποιείται στα λιπάσματα, έχει μια προσωπικότητα Τζέκιλ και Χάιντ. Υπό όξινες συνθήκες, μετατρέπεται σε αέριο αμμωνία, η οποία μπορεί να ερεθίσει το δέρμα, τα μάτια και τους πνεύμονες. Η εισπνοή υψηλών επιπέδων (πάνω από 50 ppm) οδηγεί σε βήχα, συριγμό, ακόμη και σε βλάβη των πνευμόνων. Ακόμη και χαμηλότερη, χρόνια έκθεση (περίπου 25 ppm) μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα σε ευαίσθητα άτομα. Ευτυχώς, ο καθαρός αέρας περιέχει ελάχιστη αμμωνία, συνήθως κάτω από 0,1 ppm. Αλλά η προσοχή είναι το κλειδί: τα επαγγελματικά όρια βρίσκονται στα 25 ppm, ενώ η μακροπρόθεσμη δημόσια υγεία συνιστά να μένετε κάτω από τα 0,5 ppm. Έτσι, αν χειρίζεστε ενώσεις αμμωνίου ή ζείτε κοντά σε πιθανές πηγές, να θυμάστε: σεβαστείτε τη δύναμή της, ακολουθήστε τα μέτρα ασφαλείας και αναπνεύστε εύκολα.

Μεθάνιο

Το μεθάνιο (CH_4) δεν θεωρείται τοξικό και γενικά δεν είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία σε τυπικές ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις. Το επίπεδο υποβάθρου του μεθανίου στην ατμόσφαιρα της Γης είναι περίπου 1,8 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm), το οποίο ισοδυναμεί με 0,00018% κατ' όγκο. Το μεθάνιο καθίσταται ανησυχητικό σε συγκεκριμένες καταστάσεις που σχετίζονται με την ευφλεκτότητά του και τη δυνατότητα εκτόπισης του οξυγόνου σε περιορισμένους χώρους. Ακολουθούν ορισμένες εκτιμήσεις: Αναφλεξιμότητά: Το μεθάνιο είναι εξαιρετικά εύφλεκτο και μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά μείγματα με τον αέρα υπό τις κατάλληλες συνθήκες. Σε κλειστούς χώρους, εάν οι συγκεντρώσεις μεθανίου φτάσουν σε επίπεδα μεταξύ 5% και 15% στον αέρα, ενέχει κίνδυνο έκρηξης παρουσία πηγής ανάφλεξης.

Εκτόπιση οξυγόνου: Ενώ το ίδιο το μεθάνιο δεν είναι τοξικό, σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να εκτοπίσει το οξυγόνο στον αέρα. Εάν το μεθάνιο απελευθερωθεί σε περιορισμένο χώρο, μπορεί να μειώσει τα επίπεδα οξυγόνου, οδηγώντας σε κίνδυνο ασφυξίας.

LPG

Το υγραέριο (LPG) είναι ένα μείγμα προπανίου και βουτανίου και τα ζητήματα ασφαλείας του περιστρέφονται κυρίως γύρω από την αναφλεξιμότητά του. Το υγραέριο

είναι βαρύτερο από τον αέρα και, όταν απελευθερώνεται, τείνει να βυθίζεται και να συσσωρεύεται σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης παρουσία πηγής ανάφλεξης. Τα εύφλεκτα όρια του υγραερίου στον αέρα θεωρούνται γενικά ότι κυμαίνονται μεταξύ περίπου 2% με 10% κατ' όγκο. Αυτό σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις κάτω του 2% είναι πολύ φτωχές για να αναφλεγούν, οι συγκεντρώσεις άνω του 10% είναι πολύ πλούσιες για να αναφλεγούν και οι συγκεντρώσεις εντός αυτού του εύρους ενέχουν κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης εάν υπάρχει πηγή ανάφλεξης. Όσον αφορά τα μέρη ανά εκατομμύριο (ppm), οι ειδικές συγκεντρώσεις για το υγραέριο μπορεί να μην εκφράζονται τόσο συχνά σε ppm λόγω της φύσης του ως μίγματος αερίων. Αντ' αυτού, το ποσοστό κατ' όγκο είναι ένα πιο σχετικό μέτρο. Όσον αφορά τις κανονικές ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις, το υγραέριο δεν υπάρχει συνήθως στον αέρα του περιβάλλοντος σε μετρήσιμες ποσότητες υπό κανονικές συνθήκες. Είναι ένα καύσιμο που χρησιμοποιείται συνήθως σε διάφορες βιομηχανίες, στη θέρμανση κατοικιών και ως καύσιμο οχημάτων, αλλά η παρουσία του στην ατμόσφαιρα είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένων δραστηριοτήτων όπου χρησιμοποιείται ή απελευθερώνεται. Για να διασφαλιστεί η ασφάλεια κατά την ενασχόληση με το υγραέριο, είναι σημαντικό να ακολουθούνται οι κατάλληλες διαδικασίες αποθήκευσης, χειρισμού και χρήσης, όπως περιγράφονται στους κανονισμούς και τις οδηγίες ασφαλείας. Η διαρροή υγραερίου σε κλειστούς ή ανεπαρκώς αεριζόμενους χώρους μπορεί να δημιουργήσει σοβαρούς κινδύνους για την ασφάλεια και θα πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις για την πρόληψη και την άμεση αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων.

Αλκοόλη

Η ατμοσφαιρική αλκοόλη, και συγκεκριμένα οι ατμοί αιθανόλης, μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την υγεία του ανθρώπου, όταν υπάρχει σε υψηλές συγκεντρώσεις. Η αιθανόλη είναι ο τύπος αλκοόλης που συνήθως βρίσκεται στα αλκοολούχα ποτά και μπορεί επίσης να υπάρχει σε μορφή ατμού. Όσον αφορά την τοξικότητα, οι επιπτώσεις των ατμών αιθανόλης στον άνθρωπο μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με παράγοντες όπως η διάρκεια έκθεσης, η ατομική ευαισθησία και η γενική υγεία. Ωστόσο, σε γενικές γραμμές, η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις ατμών αιθανόλης μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα όπως ερεθισμό των ματιών, της μύτης, του λαιμού, πονοκεφάλους, ζάλη, ναυτία και, σε ακραίες περιπτώσεις, κατάπωση του κεντρικού νευρικού συστήματος, ακόμη και θάνατο. Ο Οργανισμός Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (OSHA) στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει καθορίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης (PEL) για τους ατμούς

αιθανόλης στο χώρο εργασίας. Το επιτρεπόμενο όριο έκθεσης για τους ατμούς αιθανόλης είναι 1000 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) ως μέσος σταθμισμένος χρόνος έκθεσης (TWA) 8 ωρών. Στον καθαρό εξωτερικό αέρα, η συγκέντρωση των ατμών αιθανόλης είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη και είναι συνήθως αμελητέα για τις ανησυχίες της ανθρώπινης υγείας. Η συγκέντρωση των ατμών αιθανόλης στον εξωτερικό αέρα μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως η εγγύτητα σε πηγές εκπομπών αιθανόλης (π. χ. βιομηχανικές διεργασίες, εκπομπές οχημάτων, διεργασίες ζύμωσης), αλλά είναι γενικά πολύ χαμηλή και δεν θεωρείται επιβλαβής για τον άνθρωπο. Σε εσωτερικούς χώρους όπου καταναλώνονται αλκοολούχα ποτά, τα επίπεδα ατμών αιθανόλης μπορεί να είναι υψηλότερα, ιδίως σε χώρους με κακό εξαερισμό. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις εξακολουθούν να είναι συνήθως πολύ χαμηλότερες από τα επίπεδα που θεωρούνται οξεία τοξικά. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, ενώ οι ατμοί αιθανόλης μπορούν να προκαλέσουν κινδύνους για την υγεία σε υψηλές συγκεντρώσεις, τα επίπεδα που συναντώνται συνήθως σε καθημερινά περιβάλλοντα δεν αποτελούν συνήθως λόγο ανησυχίας για οξεία τοξικότητα. Ωστόσο, τα άτομα με προϋπάρχουσες συνθήκες υγείας ή ευαίσθητες μπορεί να είναι πιο ευαίσθητα στις επιδράσεις των ατμών αιθανόλης ακόμη και σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Όπως συμβαίνει με κάθε δυνητικά επικίνδυνη ουσία, θα πρέπει να τηρούνται τα κατάλληλα μέτρα εξαερισμού και ασφάλειας για την ελαχιστοποίηση της έκθεσης.

Βενζόλιο

Το βενζόλιο είναι ένας γνωστός περιβαλλοντικός ρύπος και καρκινογόνος παράγοντας. Η έκθεση στο βενζόλιο μπορεί να συμβεί μέσω της εισπνοής, της κατάποσης ή της απορρόφησης μέσω του δέρματος. Το βενζόλιο βρίσκεται συνήθως σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, στη βενζίνη, στον καπνό του τσιγάρου και σε άλλα προϊόντα καύσης. Η τοξικότητα του βενζολίου για τον άνθρωπο εξαρτάται από τη διάρκεια και το επίπεδο έκθεσης. Η μακροχρόνια έκθεση στο βενζόλιο μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένης της βλάβης του μυελού των οστών, της αναιμίας, της λευχαιμίας και άλλων διαταραχών του αίματος. Ακόμα και η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε υψηλά επίπεδα βενζολίου μπορεί να προκαλέσει ζάλη, υπνηλία, πονοκεφάλους και σε σοβαρές περιπτώσεις απώλεια των αισθήσεων και θάνατο. Ο Οργανισμός Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (OSHA) και άλλοι ρυθμιστικοί οργανισμοί έχουν θεσπίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης (PEL) για το βενζόλιο στο χώρο εργασίας για την προστασία των εργαζομένων από δυσμενείς επιπτώσεις

στην υγεία. Το επιτρεπόμενο όριο έκθεσης του OSHA για το βενζόλιο είναι 1 μέρος ανά εκατομμύριο (ppm) ως μέσος σταθμισμένος χρόνος έκθεσης (TWA) 8 ωρών. Στον καθαρό εξωτερικό αέρα, η συγκέντρωση του βενζολίου είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη από τα επίπεδα που απαντώνται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις ή σε περιοχές με μεγάλη κυκλοφορία. Ωστόσο, το βενζόλιο μπορεί να εξακολουθεί να υπάρχει σε αστικά περιβάλλοντα λόγω εκπομπών από καυσαέρια οχημάτων, βιομηχανικές διεργασίες και άλλες πηγές. Η συγκέντρωση του βενζολίου στον εξωτερικό αέρα μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθεσία, η εγγύτητα σε πηγές εκπομπών, οι καιρικές συνθήκες και η ώρα της ημέρας. Στον παρθένο, αμόλυντο αέρα, η συγκέντρωση του βενζολίου είναι εξαιρετικά χαμηλή, συχνά μετριέται σε μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) και όχι σε ppm. Ωστόσο, σε αστικές περιοχές και σε περιοχές με υψηλά επίπεδα βιομηχανικής δραστηριότητας, οι συγκεντρώσεις βενζολίου στον εξωτερικό αέρα μπορεί να είναι υψηλότερες. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, παρόλο που οι συγκεντρώσεις βενζολίου στον καθαρό αέρα είναι συνήθως χαμηλές, η χρόνια έκθεση ακόμη και σε μικρές ποσότητες βενζολίου με την πάροδο του χρόνου μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία. Ως εκ τούτου, οι προσπάθειες για τη μείωση των εκπομπών βενζολίου και την ελαχιστοποίηση της έκθεσης στο βενζόλιο είναι σημαντικές για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Εξάνιο

Το εξάνιο είναι μια χημική ένωση που χρησιμοποιείται συνήθως ως διαλύτης σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της εκχύλισης φυτικών ελαίων, ως καθαριστικό μέσο και στην παρασκευή κόλλας, συγκολλητικών και επιχρισμάτων. Το εξάνιο υπάρχει σε διάφορες ισομερείς μορφές, με το ν-εξάνιο να είναι η πιο κοινή. Η έκθεση σε ατμούς εξανίου μπορεί να συμβεί μέσω εισπνοής, κατάποσης ή επαφής με το δέρμα. Το εξάνιο είναι γνωστό ότι είναι νευροτοξικό, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο νευρικό σύστημα. Ο πρωταρχικός στόχος της τοξικότητας του εξανίου είναι το περιφερικό νευρικό σύστημα, ιδίως οι νευρικές απολήξεις. Η χρόνια έκθεση σε ατμούς εξανίου μπορεί να οδηγήσει σε περιφερική νευροπάθεια, η οποία χαρακτηρίζεται από συμπτώματα όπως μούδιασμα, μυρμηγκιασμα, αδυναμία και μυϊκή ατροφία στα άκρα. Ο Οργανισμός Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (OSHA) και άλλοι ρυθμιστικοί οργανισμοί έχουν θεσπίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης (PEL) για το εξάνιο στο χώρο εργασίας για την προστασία των εργαζομένων από δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Το επιτρεπόμενο όριο έκθεσης του OSHA για το εξάνιο είναι 500 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) ως μέσος σταθμισμένος

χρόνος έκθεσης (TWA) 8 ωρών. Στον καθαρό εξωτερικό αέρα, η συγκέντρωση του εξανίου είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη από τα επίπεδα που απαντώνται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιείται εξάνιο. Ωστόσο, το εξάνιο μπορεί να εξακολουθεί να υπάρχει σε αστικά περιβάλλοντα λόγω εκπομπών από βιομηχανικές δραστηριότητες, καυσαέρια αυτοκινήτων και άλλες πηγές. Η συγκέντρωση του εξανίου στον υπαίθριο αέρα μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθεσία, η εγγύτητα σε πηγές εκπομπών, οι καιρικές συνθήκες και η ώρα της ημέρας. Στον παρθένο, αμόλυντο αέρα, η συγκέντρωση του εξανίου είναι εξαιρετικά χαμηλή, συχνά μετριέται σε μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) και όχι σε ppm. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, παρόλο που οι συγκεντρώσεις εξανίου στον καθαρό αέρα είναι συνήθως χαμηλές, η χρόνια έκθεση ακόμη και σε μικρές ποσότητες εξανίου με την πάροδο του χρόνου μπορεί να εξακολουθεί να εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία, ιδίως για τους εργαζόμενους σε βιομηχανίες όπου χρησιμοποιείται εξάνιο. Ως εκ τούτου, οι προσπάθειες για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών εξανίου και τη μείωση της έκθεσης στο εξάνιο είναι σημαντικές για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Τολουόλιο

Το τολουόλιο είναι ένας κοινός διαλύτης που βρίσκεται σε διάφορα προϊόντα, όπως χρώματα, διαλυτικά χρωμάτων, κόλλες και βενζίνη. Η έκθεση σε ατμούς τολουολίου μπορεί να συμβεί μέσω εισπνοής, κατάποσης ή επαφής με το δέρμα. Το τολουόλιο είναι γνωστό ότι έχει νευροτοξικές επιδράσεις και μπορεί επίσης να επηρεάσει το αναπνευστικό σύστημα, το ήπαρ και τα νεφρά. Η τοξικότητα του τολουολίου εξαρτάται από τη διάρκεια και το επίπεδο έκθεσης. Η οξεία έκθεση σε υψηλά επίπεδα ατμών τολουολίου μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα όπως πονοκεφάλους, ζάλη, ναυτία, σύγχυση και, σε σοβαρές περιπτώσεις, αναπνευστική καταστολή, ακόμη και θάνατο. Η χρόνια έκθεση σε τολουόλιο έχει συσχετιστεί με νευρολογικές και γνωστικές βλάβες, καθώς και με αναπαραγωγικές και αναπτυξιακές επιπτώσεις. Ο Οργανισμός Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (OSHA) και άλλοι ρυθμιστικοί φορείς έχουν θεσπίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης (PEL) για το τολουόλιο στο χώρο εργασίας για την προστασία των εργαζομένων από δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Το επιτρεπόμενο όριο έκθεσης του OSHA για το τολουόλιο είναι 200 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) ως μέσος σταθμισμένος χρόνος έκθεσης (TWA) 8 ωρών. Στον καθαρό εξωτερικό αέρα, η συγκέντρωση του τολουολίου είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη από τα επίπεδα που απαντώνται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιείται το τολουόλιο. Ωστόσο, το τολουόλιο μπορεί να εξακολουθεί να υπάρχει σε αστικά περιβάλλοντα λόγω

εκπομπών από βιομηχανικές δραστηριότητες, καυσαέρια αυτοκινήτων και άλλες πηγές. Η συγκέντρωση του τολουολίου στον εξωτερικό αέρα μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθεσία, η εγγύτητα σε πηγές εκπομπών, οι καιρικές συνθήκες και η ώρα της ημέρας. Στον παρθένο, αμόλυντο αέρα, η συγκέντρωση του τολουολίου είναι συνήθως πολύ χαμηλή, συχνά μετριέται σε μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) και όχι σε ppm. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, παρόλο που οι συγκεντρώσεις τολουολίου στον καθαρό αέρα είναι συνήθως χαμηλές, η χρόνια έκθεση ακόμη και σε μικρές ποσότητες τολουολίου με την πάροδο του χρόνου μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία, ιδίως για τους εργαζόμενους σε βιομηχανίες όπου χρησιμοποιείται τολουόλιο, καθώς και για τα άτομα που ζουν σε περιοχές με υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ως εκ τούτου, οι προσπάθειες για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών τολουολίου και τη μείωση της έκθεσης στο τολουόλιο είναι σημαντικές για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Ακετόνη

Η ακετόνη είναι ένας κοινός διαλύτης που βρίσκεται σε πολλά οικιακά και βιομηχανικά προϊόντα, όπως το ασετόν για το βερνίκι νυχιών, το διαλυτικό χρωμάτων και τα συγκολλητικά. Η έκθεση σε ατμούς ακετόνης μπορεί να συμβεί μέσω εισπνοής, κατάποσης ή επαφής με το δέρμα. Η ακετόνη θεωρείται γενικά ότι έχει χαμηλή οξεία τοξικότητα, αλλά μπορεί ακόμη να προκαλέσει επιπτώσεις στην υγεία ανάλογα με το επίπεδο και τη διάρκεια της έκθεσης. Ο Οργανισμός Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (OSHA) και άλλοι ρυθμιστικοί οργανισμοί έχουν θεσπίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης (PEL) για την ακετόνη στο χώρο εργασίας για την προστασία των εργαζομένων από δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Το επιτρεπόμενο όριο έκθεσης του OSHA για την ακετόνη είναι 1000 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) ως μέσος σταθμισμένος χρόνος έκθεσης (TWA) 8 ωρών. Στον καθαρό εξωτερικό αέρα, η συγκέντρωση της ακετόνης είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη από τα επίπεδα που απαντώνται σε εσωτερικούς χώρους ή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιούνται προϊόντα που περιέχουν ακετόνη. Ωστόσο, η ακετόνη μπορεί να εξακολουθεί να υπάρχει στον εξωτερικό αέρα λόγω εκπομπών από βιομηχανικές διεργασίες, καυσαέρια οχημάτων και άλλες πηγές. Η συγκέντρωση της ακετόνης στον εξωτερικό αέρα μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθεσία, η εγγύτητα σε πηγές εκπομπών, οι καιρικές συνθήκες και η ώρα της ημέρας. Στον παρθένο, αμόλυντο αέρα, η συγκέντρωση της ακετόνης είναι συνήθως πολύ χαμηλή, συχνά μετριέται σε μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) και όχι σε ppm. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, παρόλο που οι συγκεντρώσεις

ακετόνης στον καθαρό αέρα είναι συνήθως χαμηλές, η χρόνια έκθεση ακόμη και σε μικρές ποσότητες ακετόνης με την πάροδο του χρόνου μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία, ιδίως για τους εργαζόμενους σε βιομηχανίες όπου χρησιμοποιείται ακετόνη και για άτομα με προϋπάρχουσες αναπνευστικές παθήσεις ή ευαισθησίες. Ως εκ τούτου, οι προσπάθειες για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών ακετόνης και τη μείωση της έκθεσης στην ακετόνη είναι σημαντικές για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Υδρογόνο

Το υδρογόνο (H₂) είναι ένα άχρωμο, άοσμο και εξαιρετικά εύφλεκτο αέριο. Αν και το υδρογόνο δεν είναι εγγενώς τοξικό, μπορεί να εκτοπίσει το οξυγόνο σε κλειστούς χώρους, οδηγώντας σε αυξημένο κίνδυνο ασφυξίας. Όσον αφορά την άμεση τοξικότητα, το ίδιο το αέριο υδρογόνο δεν αποτελεί σημαντική απειλή για την ανθρώπινη υγεία σε τυπικές συγκεντρώσεις που απαντώνται στο περιβάλλον. Στον καθαρό εξωτερικό αέρα, οι συγκεντρώσεις υδρογόνου είναι συνήθως πολύ χαμηλές, συχνά μετρούμενες σε μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) και όχι σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Το αέριο υδρογόνο απαντάται φυσικά σε ίχνη στην ατμόσφαιρα, αλλά δεν θεωρείται σημαντικό συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα. Σε επαγγελματικές συνθήκες όπου χρησιμοποιείται ή παράγεται υδρογόνο, η συγκέντρωση υδρογόνου μπορεί να είναι υψηλότερη, ιδίως σε κλειστούς ή ανεπαρκώς αεριζόμενους χώρους. Ωστόσο, η πρωταρχική ανησυχία σε τέτοια περιβάλλοντα είναι η αναφλεξιμότητα και οι πιθανοί κίνδυνοι ασφυξίας που συνδέονται με τις υψηλές συγκεντρώσεις αερίου υδρογόνου και όχι η άμεση τοξικότητά του. Η Υπηρεσία Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (OSHA) στις Ηνωμένες Πολιτείες δεν έχει θεσπίσει συγκεκριμένο επιτρεπτό όριο έκθεσης (PEL) για το αέριο υδρογόνο, αλλά οι κανονισμοί σχετικά με τα εύφλεκτα αέρια και τους κλειστούς χώρους ισχύουν για τους χώρους εργασίας όπου υπάρχει υδρογόνο. Ενώ το ίδιο το αέριο υδρογόνο δεν θεωρείται τοξικό σε τυπικές περιβαλλοντικές συγκεντρώσεις, θα πρέπει πάντα να τηρούνται τα κατάλληλα μέτρα χειρισμού, αποθήκευσης και εξαερισμού για τον μετριασμό των πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με την ευφλεκτότητά του και την εκτόπιση του οξυγόνου σε κλειστούς χώρους.

3.3. Αισθητήρες ανίχνευσης λειτουργίας - Αρχή

Οι αισθητήρες ανίχνευσης λειτουργούν με βάση διάφορες αρχές για την ανίχνευση και τη μέτρηση φυσικών φαινομένων στο περιβάλλον. Έχουν σχεδιαστεί για να ανιχνεύουν

αλλαγές, παρουσία ή μεταβολές σε παραμέτρους όπως το φως, ο ήχος, η θερμοκρασία, η πίεση, η κίνηση και άλλα. Η θεμελιώδης αρχή λειτουργίας εξαρτάται από τον συγκεκριμένο τύπο αισθητήρα, ενώ κάθε τύπος αισθητήρα έχει έναν μοναδικό τρόπο να μετατρέπει τις φυσικές αλλαγές σε ηλεκτρικά σήματα ή άλλες μετρήσιμες εξόδους. Αυτοί οι αισθητήρες βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε τομείς όπως ο βιομηχανικός αυτοματισμός, η περιβαλλοντική παρακολούθηση, η υγειονομική περίθαλψη και τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης, διαδραματίζοντας καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της ασφάλειας, της αποδοτικότητας και της λειτουργικότητας σε διάφορα τεχνολογικά συστήματα. Παρακάτω αναλύονται οι κατηγορίες των αισθητήρων:

Οπτικοί αισθητήρες:

1. Φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες: Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν ακτίνες φωτός για να ανιχνεύσουν την παρουσία ή την απουσία ενός αντικειμένου. Λειτουργούν διακόπτοντας ή ανακλώντας μια δέσμη φωτός, προκαλώντας αλλαγή στο ανιχνευόμενο φως.
2. Αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας: Οι αισθητήρες υπέρυθρων ανιχνεύουν υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από αντικείμενα. Λειτουργούν με βάση την αρχή ότι όλα τα αντικείμενα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία.
3. Αισθητήρες λέιζερ: Οι αισθητήρες λέιζερ χρησιμοποιούν εστιασμένες ακτίνες λέιζερ για τη μέτρηση της απόστασης, της θέσης ή την ανίχνευση αντικειμένων. Υπολογίζουν το χρόνο που χρειάζεται η δέσμη λέιζερ για να ανακλαστεί πίσω.
4. Αισθητήρες εικόνας: Οι αισθητήρες εικόνας μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρονικά σήματα, σχηματίζοντας εικόνες. Οι αισθητήρες CCD και CMOS είναι κοινί τύποι που χρησιμοποιούνται σε φωτογραφικές μηχανές και άλλες συσκευές απεικόνισης.



Σχήμα 1: Αισθητήρας Laser [25]

Ακουστικοί αισθητήρες:

1. Αισθητήρες υπερήχων: Οι αισθητήρες υπερήχων εκπέμπουν υπερηχητικά κύματα και μετρούν το χρόνο που χρειάζονται τα κύματα για να αναπηδήσουν μετά την πρόσκρουση σε ένα αντικείμενο. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της απόστασης και την ανίχνευση αντικειμένων.
2. Αισθητήρες ήχου: Οι ηχητικοί αισθητήρες, ή μικρόφωνα, ανιχνεύουν μεταβολές στην πίεση του αέρα που προκαλούνται από ηχητικά κύματα. Χρησιμοποιούνται στην ηχογράφηση, την παρακολούθηση θορύβου και την αναγνώριση φωνής.



Σχήμα 2: Αισθητήρας ήχου [25]

Μαγνητικοί αισθητήρες:

1. Αισθητήρες επίδρασης Hall: Οι αισθητήρες φαινομένου Hall παράγουν τάση όταν εκτίθενται σε μαγνητικό πεδίο κάθετο στη ροή ρεύματος. Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση θέσης, τη μέτρηση ταχύτητας και την ανίχνευση μαγνητικών πεδίων.

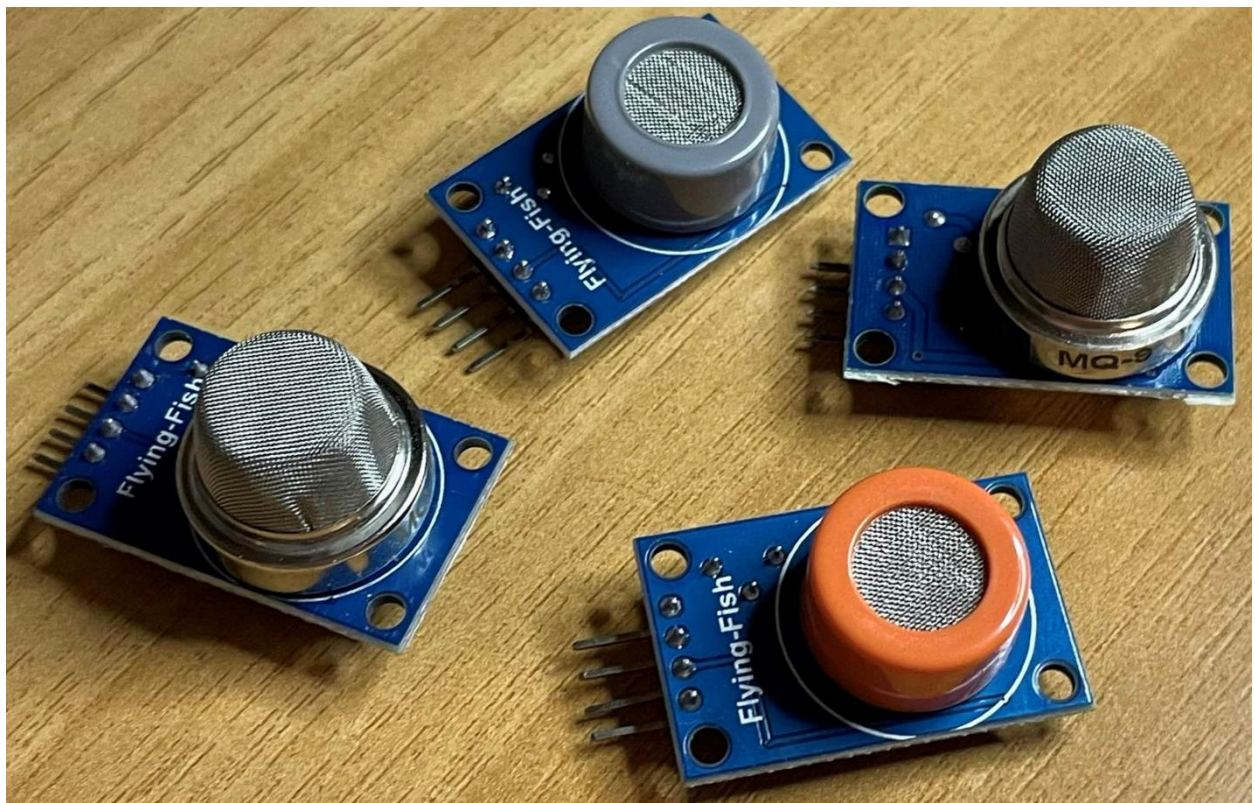
2. Μαγνητοαντιστατικοί αισθητήρες: Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν αλλαγές στην ηλεκτρική αντίσταση σε απόκριση σε μαγνητικά πεδία. Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση μαγνητικών πεδίων σε διάφορες εφαρμογές.



Σχήμα 3: Αισθητήρας μαγνητικού πεδίου [25]

Χημικοί αισθητήρες:

1. Αισθητήρες αερίων: Αισθητήρες αερίων ανιχνεύουν συγκεκριμένα αέρια μετρώντας αλλαγές στην ηλεκτρική αγωγιμότητα, την αντίσταση ή άλλες ιδιότητες όταν εκτίθενται στο αέριο-στόχο.
2. Αισθητήρες pH: Οι αισθητήρες pH μετρούν την οξύτητα ή την αλκαλικότητα ενός διαλύματος ανιχνεύοντας τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου.
3. Βιοαισθητήρες: Οι βιοαισθητήρες ενσωματώνουν βιολογικά στοιχεία με έναν μετατροπέα για την ανίχνευση συγκεκριμένων βιολογικών μορίων.



Σχήμα 4: Αισθητήρες αερίων MQ

Μηχανικοί αισθητήρες:

1. Αισθητήρες πίεσης: Οι αισθητήρες πίεσης μετρούν τη δύναμη που ασκείται σε μια επιφάνεια ανά μονάδα επιφάνειας.
2. Αισθητήρες δύναμης: Αισθητήρες δύναμης ανιχνεύουν και μετρούν τη δύναμη που ασκείται σε ένα αντικείμενο.
3. Επιταχυνσιόμετρα: Τα επιταχυνσιόμετρα μετρούν την επιτάχυνση και ανιχνεύουν μεταβολές στην ταχύτητα.
4. Γυροσκόπια: Τα γυροσκόπια μετρούν ή διατηρούν τον προσανατολισμό χρησιμοποιώντας την αρχή της στροφορμής.



Σχήμα 5: Αισθητήρας ήχου [32]

Αισθητήρες θερμοκρασίας:

1. Θερμοζεύγη: Τα θερμοστοιχεία παράγουν τάση σε απόκριση στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο μεταλλικών συνδέσεων.
2. Θερμίστορ: Τα θερμίστορ είναι συσκευές αντίστασης των οποίων η αντίσταση μεταβάλλεται σημαντικά με τη θερμοκρασία.
3. Αισθητήρες θερμοκρασίας υπερέυθρων: Οι αισθητήρες θερμοκρασίας υπερέυθρων μετρούν την υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας του.



Σχήμα 6: Αισθητήρας θερμοκρασίας LM35

Αισθητήρες προσέγγισης:

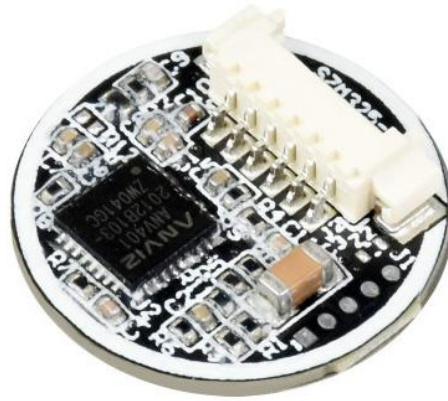
1. Επαγωγικοί αισθητήρες: Οι επαγωγικοί αισθητήρες ανιχνεύουν την παρουσία μεταλλικών αντικειμένων προκαλώντας δινορρεύματα.
2. Χωρητικοί αισθητήρες: Οι χωρητικοί αισθητήρες μετρούν τις μεταβολές της χωρητικότητας για να ανιχνεύσουν την παρουσία ή την απουσία ενός αντικειμένου.



Σχήμα 7: Επαγωγικός αισθητήρας NAMURNF505A [30]

Βιομετρικοί αισθητήρες:

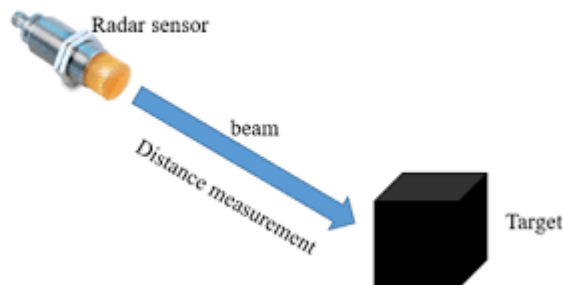
1. Αισθητήρες δακτυλικών αποτυπωμάτων: Αισθητήρες δακτυλικών αποτυπωμάτων συλλαμβάνουν και αναλύουν μοναδικά μοτίβα στις κορυφογραμμές και τις κοιλάδες ενός δακτυλικού αποτυπώματος.
2. Σαρωτές ίριδας: Οι σαρωτές ίριδας χρησιμοποιούν μοτίβα στην ίριδα του ματιού για την ταυτοποίηση.
3. Αισθητήρες αναγνώρισης προσώπου: Οι αισθητήρες αναγνώρισης προσώπου αναλύουν τα χαρακτηριστικά του προσώπου για την ταυτοποίηση.



Σχήμα 8: Αισθητήρας δακτυλικών αποτυπωμάτων [25]

Αισθητήρες ραντάρ:

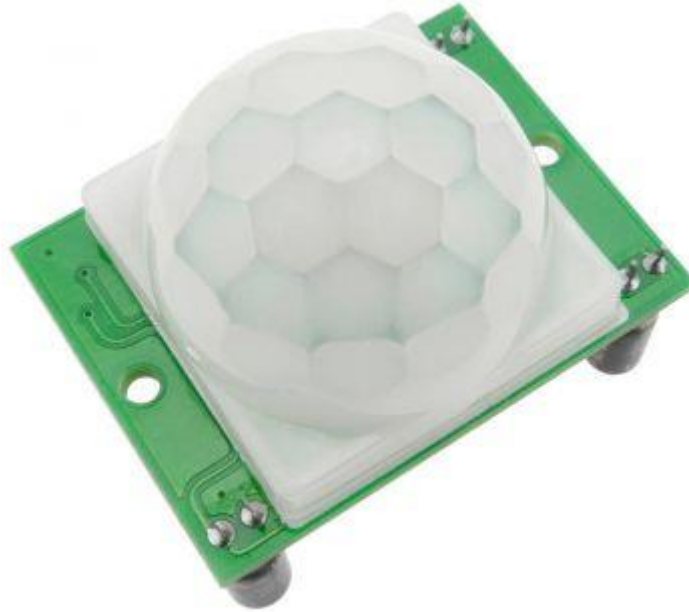
1. Ραντάρ συνεχούς κύματος: Ραντάρ συνεχούς κύματος εκπέμπει συνεχές σήμα και ανιχνεύει τις αλλαγές στη συχνότητα που προκαλούνται από κινούμενα αντικείμενα.
2. Ραντάρ παλμών: Το παλμικό ραντάρ εκπέμπει σύντομους παλμούς ραδιοκυμάτων και μετρά τη χρονική καθυστέρηση των ανακλώμενων σημάτων για τον προσδιορισμό της απόστασης.



Σχήμα 9: Αισθητήρας Radar [31]

Αισθητήρες κίνησης:

1. Αισθητήρες παθητικής υπέρυθρης ακτινοβολίας (PIR): Οι αισθητήρες PIR ανιχνεύουν αλλαγές στην υπέρυθρη ακτινοβολία για τον εντοπισμό της κίνησης.
2. Αισθητήρες κίνησης μικροκυμάτων: Οι αισθητήρες κίνησης μικροκυμάτων εκπέμπουν μικροκύματα και ανιχνεύουν αλλαγές στο ανακλώμενο σήμα που προκαλούνται από κινούμενα αντικείμενα.
3. Επιταχυνσιόμετρα: Τα επιταχυνσιόμετρα μετρούν την επιτάχυνση και χρησιμοποιούνται συχνά για την ανίχνευση αλλαγών στον προσανατολισμό της συσκευής.



Σχήμα 10: Αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης υπέρυθρης ακτινοβολίας(PIR)HC-SR501 [32]

Αισθητήρες ροής υγρών:

1. Αισθητήρες ροής στροβίλου: Αισθητήρες ροής στροβίλου: Αισθητήρες ροής στροβίλου μετρούν τη ροή του ρευστού μετρώντας τις στροφές ενός στροβίλου στο ρεύμα του ρευστού.
2. Αισθητήρες ροής υπερήχων: Οι αισθητήρες ροής υπερήχων χρησιμοποιούν υπερηχητικά κύματα για τη μέτρηση της ταχύτητας ροής του ρευστού.



Σχήμα 11: Ροόμετρο στροβίλου [33]

Αισθητήρες εικόνας:

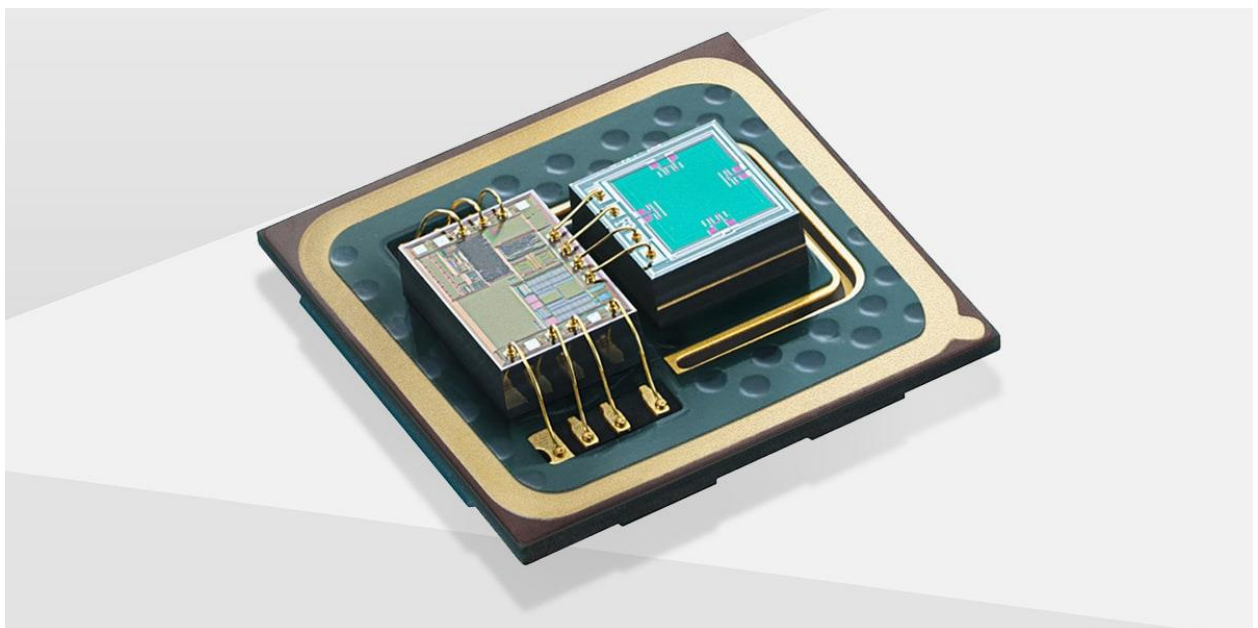
1. Αισθητήρες CCD (Charge-Coupled Device): Οι αισθητήρες CCD μετατρέπουν τα φωτόνια σε ηλεκτρικό φορτίο, το οποίο στη συνέχεια διαβάζεται και επεξεργάζεται για να σχηματίσει εικόνες.
2. Αισθητήρες CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor): Οι αισθητήρες CMOS μετατρέπουν τα φωτόνια σε ηλεκτρική τάση και χρησιμοποιούνται ευρέως σε φωτογραφικές μηχανές και συσκευές απεικόνισης.



Σχήμα 12: Αισθητήρας CCD [34]

Αισθητήρες δόνησης:

1. Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες: Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες παράγουν ηλεκτρικό φορτίο σε απόκριση σε μηχανική καταπόνηση, που χρησιμοποιείται συνήθως για την ανίχνευση δονήσεων.
2. Αισθητήρες MEMS (Μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα): Οι αισθητήρες MEMS χρησιμοποιούν μικροσκοπικές μηχανικές δομές για τη μέτρηση διαφόρων φυσικών μεγεθών, συμπεριλαμβανομένων των δονήσεων.



Σχήμα 13: Αισθητήρας MEMS [33]

Αισθητήρες φορτίου:

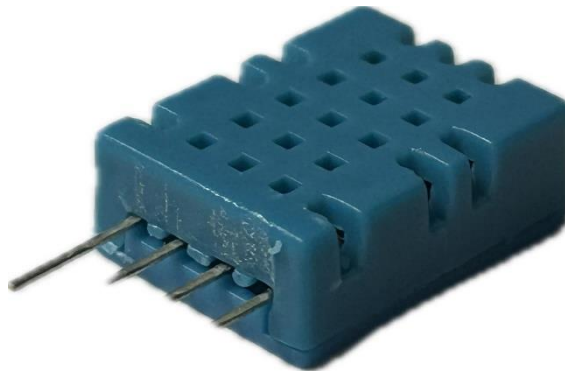
1. Στρεπτόμετρα: Οι μετρητές τάσης μετρούν την παραμόρφωση ενός αντικειμένου υπό πίεση και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα.
2. Κυψέλες φορτίου: Οι κυψέλες φορτίου μετρούν τη δύναμη ή το φορτίο και το μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο χρησιμοποιείται συχνά σε εφαρμογές ζύγισης.



Σχήμα 14: Κυψέλη φορτίου [34]

Αισθητήρες υγρασίας:

1. Χωρητικοί αισθητήρες υγρασίας: Οι χωρητικοί αισθητήρες υγρασίας μετρούν τις μεταβολές της χωρητικότητας με βάση το επίπεδο υγρασίας.
2. Αισθητήρες υγρασίας αντίστασης: Οι αισθητήρες υγρασίας αντίστασης μεταβάλλουν την αντίσταση σε απόκριση στις μεταβολές της υγρασίας.

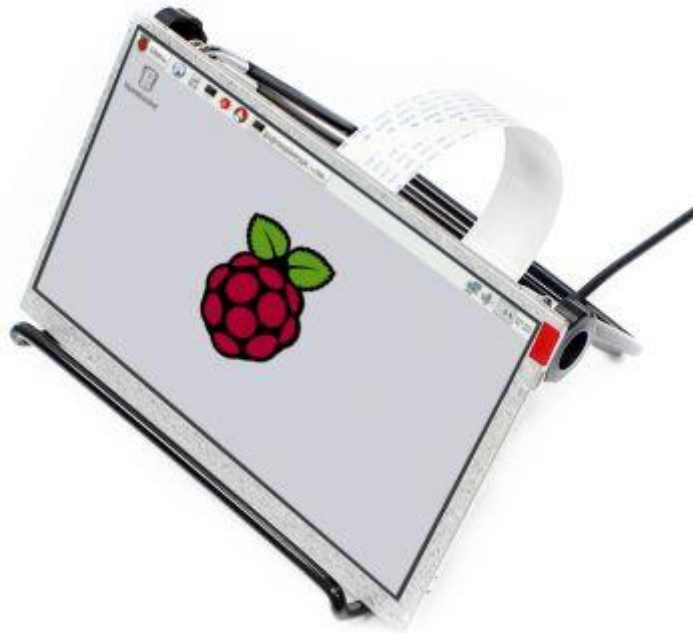


Σχήμα 15: Αισθητήρας Υγρασίας DHT11

Αισθητήρες αφής:

1. Οθόνες αφής αντίστασης: Οι οθόνες αφής αντίστασης ανιχνεύουν την αφή μετρώντας τις αλλαγές στην αντίσταση όταν ασκείται πίεση.

2. Χωρητικές οθόνες αφής: Οι χωρητικές οθόνες αφής ανιχνεύουν την αφή με βάση τις αλλαγές στη χωρητικότητα όταν ένα αγώγιμο αντικείμενο, όπως ένα δάχτυλο, έρχεται σε επαφή.



Σχήμα 16: οθόνη αφής [25]

Αισθητήρες θέσης:

1. Ποτενσιόμετρα: Τα ποτενσιόμετρα μετρούν τη θέση ή τη γωνιακή μετατόπιση ενός πόμολου ή μοχλού μεταβάλλοντας την αντίσταση κατά μήκος ενός αντιστατικού στοιχείου.
2. Κωδικοποιητές: Οι κωδικοποιητές μετατρέπουν τη μηχανική κίνηση σε ηλεκτρικά σήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά για τη μέτρηση της θέσης ή της περιστροφής.



Σχήμα 17: Ποτενσιόμετρο

Αισθητήρες χρώματος:

1. Αισθητήρες χρώματος RGB: Αισθητήρες χρώματος RGB ανιχνεύουν και αναλύουν τα συστατικά του κόκκινου, πράσινου και μπλε φωτός για να προσδιορίσουν το χρώμα ενός αντικειμένου.
2. Φασματοφωτόμετρα: Τα φασματοφωτόμετρα μετρούν την ένταση του φωτός σε διαφορετικά μήκη κύματος, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με το χρωματικό φάσμα.



Σχήμα 18: Αισθητήρας χρώματος [34]

Αισθητήρες τάσης:

1. Μετατροπείς τάσης: Οι μετατροπείς τάσης μετατρέπουν μια τάση εισόδου σε αναλογικό σήμα εξόδου, το οποίο χρησιμοποιείται συχνά για σκοπούς παρακολούθησης και ελέγχου.



Σχήμα 19: Μετατροπέας τάσης [32]

3.4 Arduino και αισθητήρες

Arduino

Το Arduino ξεκίνησε το 2003 από έναν φοιτητή ως ένα εργαλείο για τους φοιτητές με σκοπό τη δημιουργία διαδραστικών έργων χωρίς βαθύ υπόβαθρο στα ηλεκτρονικά ή τον προγραμματισμό. Η πρώτη πλακέτα ήταν το «[ATmega128microcontroller](#)».

Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα λογισμικού ανοικτού κώδικα, που έχει κατασκευασθεί για την κατασκευή πρωτότυπων ηλεκτρονικών συστημάτων. Είναι βασισμένη σε ένα ευέλικτο και εύκολο στη χρήση hardware και software που προορίζεται για οποιονδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Οι πλακέτες Arduino είναι σε θέση να διαβάζουν εισόδους, φως σε έναν αισθητήρα, ένα δάχτυλο σε ένα κουμπί ή ένα μήνυμα και να μετατρέπουν την πληροφορία αυτή σε έξοδο ενεργοποιώντας ένα μοτέρ, ανάβοντας ένα LED, δημοσιεύοντας κάτι στο διαδίκτυο. Μπορείτε να πείτε στην πλακέτα σας τι να κάνει στέλνοντας ένα σύνολο εντολών στον μικροελεγκτή της πλακέτας. Για να το κάνετε αυτό, χρησιμοποιείτε τη γλώσσα προγραμματισμού Arduino (βασισμένη στο Wiring) και το λογισμικό Arduino (IDE), βασισμένο στο Processing.

Τροφοδοσία

Η τροφοδοσία του Arduino μπορεί να γίνει με μπαταρία των 9-12VDC ή με τροφοδοτικό που θα λαμβάνει 220VAC και θα τα αποδίδει σε 9VDC, ακόμα και με το καλώδιο μεταφοράς του προγράμματος μας από τον υπολογιστή μέσω κάποιας θύρας USB στον μικροελεγκτή. Στον ArduinoUNO, επίσης, υπάρχουν ακίδα (Pin) με ονομασία «5V» στις οποίες εφαρμόζοντας αντίστοιχη τάση και χρησιμοποιώντας και μια από τις γειώσεις του Board έχουμε την δυνατότητα να τροφοδοτήσουμε το Board μας και από εκεί. Από τα ίδια Pin «5V» μπορούμε επίσης να τροφοδοτήσουμε τα εξαρτήματα μας που χρειάζονται ανάλογη τάση, δηλαδή έχουμε την δυνατότητα να ρυθμίσουμε εμείς μέσα από το πρόγραμμα μας αν αυτά τα Pin θα λειτουργούν σαν εισόδοι τροφοδοσίας του Arduino ή σαν έξοδοι που θα τροφοδοτούν αισθητήρια και modules.

ArduinoMega 2560 R3

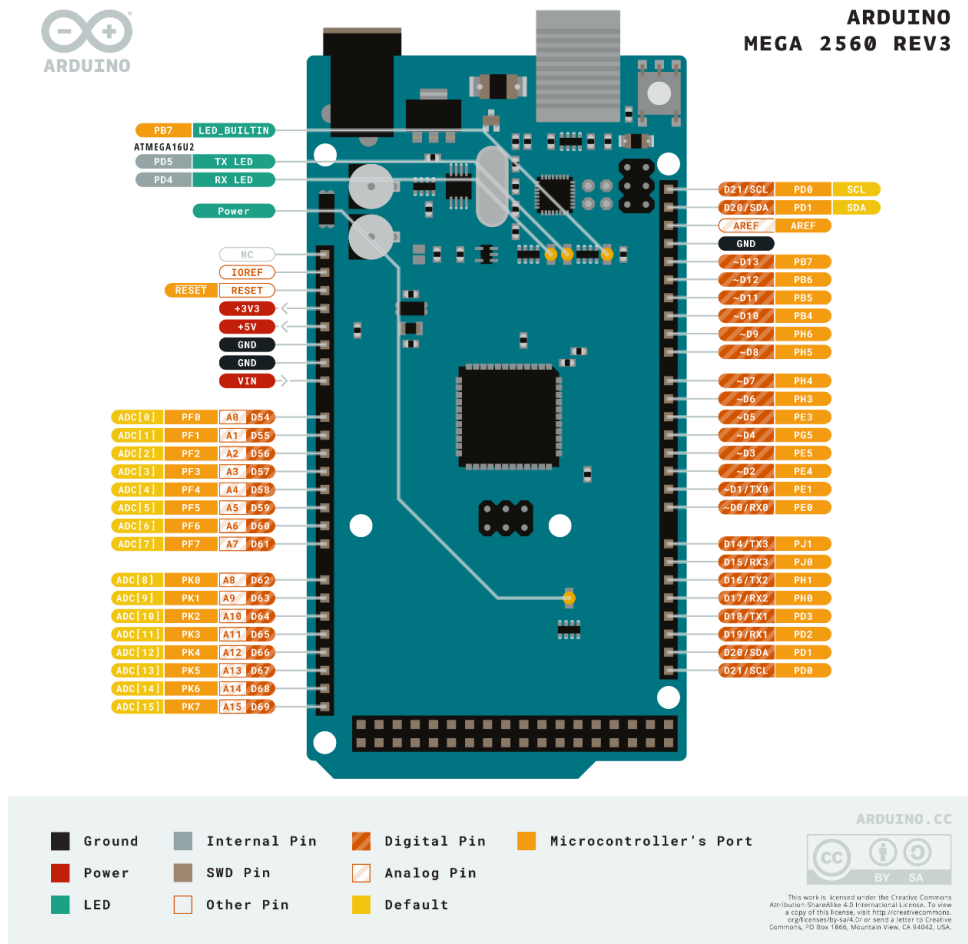
Το ArduinoMegaR3 είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή ιδανική για φιλόδοξα έργα ηλεκτρονικής που απαιτούν περισσότερη δύναμη από το αντίστοιχο Uno. Διαθέτοντας ένα ισχυρό τσιπ ATmega2560, διαθέτει 54 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (15 με PWM), 16 αναλογικές εισόδους και άφθονη μνήμη για περίπλοκο προγραμματισμό.

Αυτή η ευελιξία το καθιστά κατάλληλο για έργα όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, η ρομποτική CNC, πολύπλοκα συστήματα συλλογής δεδομένων, ακόμα και ρυθμίσεις οικιακού αυτοματισμού.

Σε σύγκριση με το Uno, η δύναμη του MegaR3 έγκειται στον απόλυτο αριθμό των ακίδων του, επιτρέποντάς σας να ελέγχετε ταυτόχρονα μια σειρά από αισθητήρες, ενεργοποιητές και οθόνες. Επιπλέον, η μεγάλη χωρητικότητα μνήμης του φιλοξενεί προηγμένα προγράμματα με μεγαλύτερη πολυπλοκότητα κώδικα. Με το φιλικό προς το χρήστη ArduinoIDE και την τεράστια υποστήριξη της διαδικτυακής κοινότητας, το MegaR3 δίνει τη δυνατότητα τόσο σε αρχάριους όσο και σε έμπειρους κατασκευαστές να υλοποιήσουν τις καινοτόμες ιδέες τους.



Σχήμα 20: Arduino mega 2560R3



Σχήμα 21: Περιγραφή θυρών επικοινωνίας arduinomega 2560 [24]

Αισθητήρες στο arduino

Η μέτρηση των φυσικών μεγεθών είναι ένας από τους σπουδαιότερους τομείς στην επιστήμη. Στην σημερινή εποχή όπου επικρατούν οι αυτοματισμοί και οι υπολογιστές οι μετρήσεις των διαφόρων φυσικών μεγεθών έχουν αναχθεί σε μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών και μετατροπή αυτών σε ψηφιακά σήματα για είσοδο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το Arduino μπορεί να συνδεθεί με μια μεγάλη ποικιλία αισθητήρων, επιτρέποντας στους χρήστες να ενσωματώσουν δεδομένα από τον φυσικό κόσμο στα ηλεκτρονικά τους έργα. Οι αισθητήρες μπορούν να μετρήσουν διάφορα φυσικά μεγέθη, όπως θερμοκρασία, φως, κίνηση, ήχο και πολλά άλλα. Αυτοί οι αισθητήρες είναι απαραίτητοι για τη δημιουργία διαδραστικών και ευέλικτων συστημάτων. Οι αισθητήρες συνήθως εξάγουν ένα αναλογικό ή ψηφιακό σήμα που αντιστοιχεί στο φυσικό μέγεθος που μετρούν. Οι αισθητήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- Παθητικοί αισθητήρες (Passive Sensors): Οι οποίοι μετατρέπουν ένα ελάχιστο ποσό ενέργειας σε παρατηρήσιμη μορφή. Π. χ. Το Θερμοζεύγος μετατρέπει τη

θερμοκρασία σε σήμα τάσης. Διαδικτυακή παρακολούθηση μετρήσεων με χρήση Arduino

- Ενεργοποιητές (Active Sensors): Οι οποίοι παρέχουν ενέργεια στο περιβάλλον σαν μέρος της διαδικασίας μέτρησης. Π. χ. Ένα σύστημα ραντάρ ή σόναρ στο οποίο η απόσταση κάποιου αντικειμένου μετράται με αποστολή ηλεκτρομαγνητικού ή ακουστικού κύματος με στόχο την ανάκλαση πάνω στο αντικείμενο και μέτρηση της απόστασης από τον αισθητήρα

Κατηγορίες αισθητήρων Arduino

1. Οι αναλογικοί αισθητήρες παρέχουν ένα συνεχές εύρος τιμών και το Arduino διαβάζει αυτές τις τιμές μέσω των αναλογικών ακροδεκτών του, χρησιμοποιώντας μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (ADC).
2. Οι ψηφιακοί αισθητήρες παρέχουν συνήθως ένα υψηλό ή χαμηλό σήμα και το Arduino διαβάζει αυτές τις δυαδικές πληροφορίες μέσω των ψηφιακών ακροδεκτών του.
3. Οι I2C αισθητήρες (Inter-Integrated Circuit), συνήθως διαθέτουν κοινό δίαυλο (γραμμές SDA και SCL) και συνδέονται με τις αντίστοιχες ακίδες του Arduino (π. χ. γυροσκόπια).
4. Οι σειριακοί αισθητήρες επικοινωνούν χρησιμοποιώντας σειριακή επικοινωνία (UART). Συνδέονται στις σειριακές ακίδες του Arduino (π. χ. μονάδες GPS).
5. Οι Αισθητήρες PWM δέχονται σήματα PWM (διαμόρφωση εύρους παλμών). Συνδέονται στις ακίδες του Arduino που μπορούν να χρησιμοποιήσουν PWM (π. χ. ορισμένοι ελεγκτές κινητήρων).
6. Οι αισθητήρες SPI επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο SPI (Serial Peripheral Interface). Συνδέονται στις ακίδες SPI του Arduino (π. χ. ορισμένοι τύποι οθονών και μονάδων μνήμης).
7. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο One-Wire επικοινωνούν μέσω μιας μόνο γραμμής δεδομένων. Συνδέονται σε ένα ψηφιακό ακροδέκτη εισόδου/εξόδου στο Arduino (π. χ. , αισθητήρες θερμοκρασίας DS18B20).
8. Οι ασύρματοι αισθητήρες επικοινωνούν ασύρματα χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όπως Bluetooth ή RF. Συνδέονται στην κατάλληλη μονάδα επικοινωνίας που είναι συνδεδεμένη στο Arduino (π. χ. μονάδες Bluetooth, πομποδέκτες RF).
9. Οι αισθητήρες αναλογικής εξόδου τάσης παρέχουν μια αναλογική τάση ως έξοδο και συνδέονται σε έναν ακροδέκτη αναλογικής εισόδου στο Arduino (π. χ. αισθητήρες αερίου).
10. Οι αισθητήρες Ethernet/Wi-Fi με δυνατότητες δικτύωσης συνδέονται με το Arduino μέσω ασπίδων/μονάδων Ethernet ή Wi-Fi. Επιτρέπουν την επικοινωνία μέσω δικτύου (π. χ. περιβαλλοντικοί αισθητήρες με δυνατότητες IoT).
11. Οι αισθητήρες διαύλου CAN χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο δικτύου περιοχής ελεγκτή (CAN) συνδέονται στο Arduino μέσω μιας μονάδας πομποδέκτη CAN.

4. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η σχεδίαση, η ανάπτυξη και η κατασκευή διάταξης ανίχνευσης αερίων με χρήση ελεγκτή Arduino και κατάλληλων αισθητήρων επί αυτού. Στο πλαίσιο της εργασίας θα πραγματοποιηθεί τρισδιάστατη σχεδίαση της διάταξης του ανιχνευτή αερίων και των εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν, με χρήση κατάλληλου λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης (3D-CAD). Θα πραγματοποιηθεί η κατασκευή της διάταξης και ο έλεγχος λειτουργικότητας σε πραγματικό περιβάλλον, για την αξιολόγηση του αποτελέσματος και τον προσδιορισμό της ευαισθησίας του.

5. Σχεδιασμός συστήματος ελέγχου

5.1 Μέρη συστήματος ελέγχου

LEDS

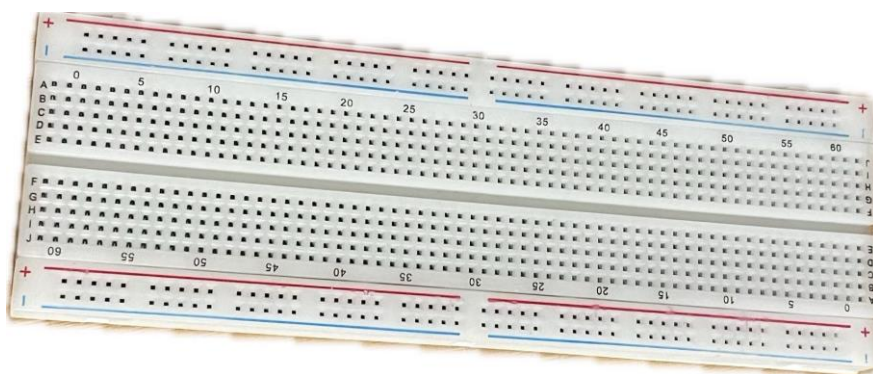
Τα LED είναι συσκευές ημιαγωγών που εκπέμπουν φως όταν τα διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα. Κυκλοφορούν σε διάφορα χρώματα, συμπεριλαμβανομένων του κόκκινου, του πράσινου, του μπλε, του κίτρινου και του λευκού. Έχουν δύο σκέλη ή ακίδες: το μακρύτερο είναι το θετικό (άνοδος) και το κοντύτερο είναι το αρνητικό (κάθοδος).



Σχήμα 22:Arduinoled

Breadboard

Η πλακέτα Arduinobreadboard είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την κατασκευή πρωτοτύπων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων χωρίς την ανάγκη συγκόλλησης. Σας επιτρέπει να συνδέετε γρήγορα και εύκολα διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα και να δοκιμάζετε τα σχέδια των κυκλωμάτων σας.



Σχήμα 23:ArduinoBreadboard

JumperWires

Τα καλώδια βραχυκυκλωμάτων Arduino είναι απαραίτητα εργαλεία για τους λάτρεις της ηλεκτρονικής και τους επαγγελματίες που ασχολούνται με την κατασκευή πρωτοτύπων κυκλωμάτων σε breadboards. Διαθέσιμα σε διάφορους τύπους, συμπεριλαμβανομένων

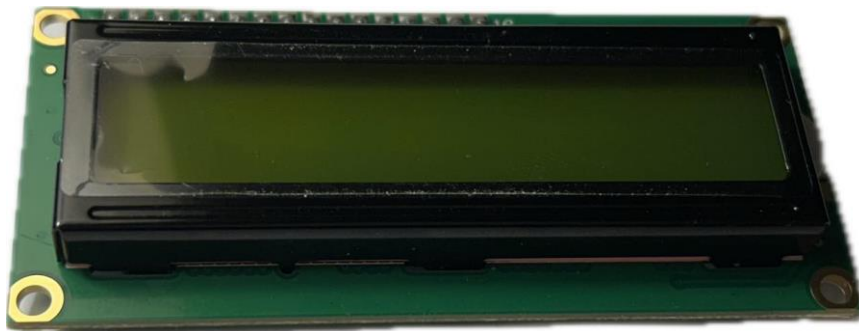
των αρσενικών προς αρσενικά, αρσενικών προς θηλυκά και θηλυκών προς θηλυκά, αυτά τα εύκαμπτα καλώδια διαθέτουν συνδετήρες σε κάθε άκρο για εύκολη εισαγωγή σε οπές breadboard ή σύνδεση με ακίδες Arduino και άλλες ηλεκτρονικές μονάδες. Με διαφορετικά μήκη και χρώματα, προσφέρουν ευελιξία και οργάνωση στις διατάξεις κυκλωμάτων, διευκολύνοντας τον εντοπισμό και τη διαχείριση των συνδέσεων.



Σχήμα 24:Arduinowire

LCD Οθόνη

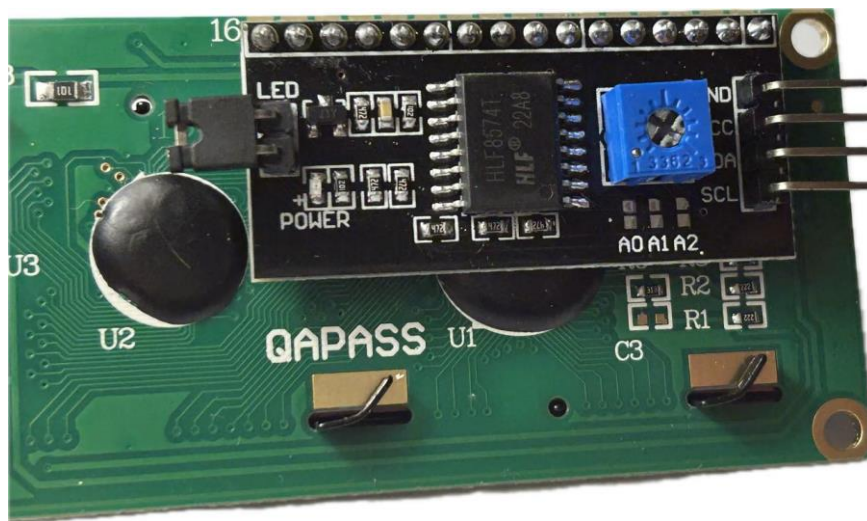
Η οθόνη LCD 16x2 του Arduino είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη και ευέλικτη μονάδα οθόνης που παρέχει μια συμπαγή αλλά αποτελεσματική λύση για την προβολή κειμένου σε έργα Arduino. Διαθέτοντας πλάτος 16 χαρακτήρων και διαμόρφωση 2 σειρών, η οθόνη χρησιμοποιεί τον ελεγκτή HD44780 ή συμβατούς αντίστοιχους. Η παράλληλη διασύνδεσή της απαιτεί τη σύνδεση πολλαπλών ακροδεκτών δεδομένων και ελέγχου στην πλακέτα Arduino. Συνήθως εξοπλισμένη με οπίσθιο φωτισμό, η οθόνη ενισχύει την ορατότητα σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Οι βιβλιοθήκες Arduino, όπως η LiquidCrystal, απλοποιούν τη διαδικασία ενσωμάτωσης, προσφέροντας βολικές λειτουργίες για την αρχικοποίηση της οθόνης, την τοποθέτηση του δρομέα και τον έλεγχο του οπίσθιου φωτισμού.



Σχήμα 25:LCDοθόνη με αναλογία διαστάσεων 16/2.

I2C

Το I2C είναι ένα πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας που αναπτύχθηκε από την Philips Semiconductor (τώρα NXP Semiconductors). Χρησιμοποιεί δύο καλώδια για την επικοινωνία: SDA (σειριακά δεδομένα) και SCL (σειριακό ρολόι). Το SDA είναι αμφίδρομο και χρησιμοποιείται για την αποστολή και τη λήψη δεδομένων. Το SCL είναι ένα σήμα ρολογιού που συγχρονίζει τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των συσκευών. Κάθε συσκευή I2C έχει μια μοναδική διεύθυνση 7-bit ή 10-bit. Η διεύθυνση 7-bit είναι πιο κοινή και επιτρέπει έως και 128 μοναδικές διευθύνσεις. Η επικοινωνία στο δίαυλο I2C αρχίζει με μια συνθήκη εκκίνησης και τελειώνει με μια συνθήκη διακοπής. Η συνθήκη έναρξης είναι μια μετάβαση από υψηλό σε χαμηλό στη γραμμή SDA ενώ η SCL είναι υψηλή. Μια συνθήκη διακοπής είναι μια μετάβαση από χαμηλά σε υψηλά στη γραμμή SDA ενώ η SCL είναι υψηλή. Το Arduino παρέχει μια βιβλιοθήκη Wire που απλοποιεί τη χρήση της επικοινωνίας I2C. Η βιβλιοθήκη Wire υποστηρίζει τόσο λειτουργίες master όσο και slavemode. Πολλοί αισθητήρες, οθόνες και άλλες περιφερειακές συσκευές χρησιμοποιούν το I2C για επικοινωνία με μικροελεγκτές, συμπεριλαμβανομένων των πλακετών Arduino.

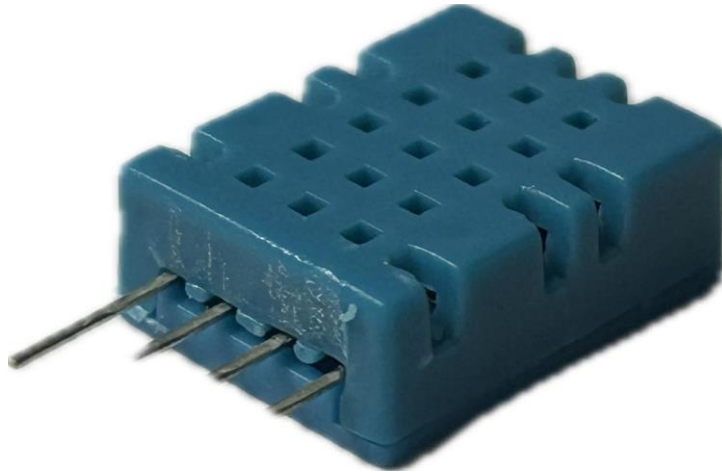


Σχήμα 26: i2c πρωτόκολλο επικοινωνίας LCD οθόνης με arduino

DHT (Temperature and humidity sensor)

Ο DHT11 είναι ένας αισθητήρας χαμηλού κόστους ικανός να μετράει τη θερμοκρασία και την υγρασία. Παρέχει ψηφιακή έξοδο, καθιστώντας εύκολη τη διασύνδεσή του με μικροελεγκτές όπως το Arduino. Ο αισθητήρας διαθέτει συνήθως τρεις ακίδες: VCC (τροφοδοσία), GND (γείωση) και έναν ακροδέκτη δεδομένων. Επικοινωνεί μέσω διεπαφής ενός καλωδίου. Η ακρίβεια θερμοκρασίας είναι $\pm 2^{\circ}\text{C}$ και η ακρίβεια υγρασίας είναι $\pm 5\%$. Το εύρος θερμοκρασίας είναι από 0°C έως 50°C , ενώ το εύρος της υγρασίας είναι 20% έως 80%. Το DHT11 είναι γνωστό για τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας,

καθιστώντας το κατάλληλο για έργα που λειτουργούν με μπαταρία. Υπάρχουν διαθέσιμες βιβλιοθήκες Arduino για το DHT11 που απλοποιούν τη διαδικασία ανάγνωσης δεδομένων από τον αισθητήρα.



Σχήμα 27: Αισθητήρας θερμοκρασίας-υγρασίας DHT11

5.2 Αισθητήρες αερίων στο Arduino

Η σειρά αισθητήρων αερίων MQ αποτελείται από 13 αισθητήρες ανίχνευσης. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιούνται 6 από αυτούς, για την ανίχνευση 12 αερίων. Αυτοί οι αισθητήρες λειτουργούν με βάση την αρχή της μεταβολής της αντίστασης ενός ημιαγωγού οξειδίου μετάλλου (MOS) όταν έρχεται σε επαφή με το αέριο-στόχο, παρέχοντας ένα ανάλογο σήμα με τη συγκέντρωση του αερίου. Οι συνθήκες για βέλτιστη απόδοση μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των αισθητήρων, ενώ η θερμοκρασία και η υγρασία είναι παράγοντες που συμβάλλουν σημαντικά στην λειτουργία τους. Η βαθμονόμηση είναι συχνά απαραίτητη για ακριβείς μετρήσεις και θα πρέπει να δίνεται προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία που μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση του αισθητήρα. Οι αισθητήρες MQ βρίσκουν εφαρμογές στην ανίχνευση διαρροών αερίου, στην παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, στα συστήματα αλκοτέστ και στη βιομηχανική ασφάλεια.

5.2.1 Αισθητήρας MQ-3

Ο MQ-3 είναι ένας αισθητήρας που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση παρουσίας ατμών αλκοόλης στον αέρα. Χρησιμοποιείται συνήθως σε εφαρμογές όπου είναι απαραίτητη η ανίχνευση αλκοόλ, όπως σε συστήματα αλκοτέστ. Η απόκριση του

αισθητήρα δίνεται σε όρους συγκέντρωσης σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Όπως και οι άλλοι αισθητήρες της σειράς MQ, ο αισθητήρας MQ-3 απαιτεί χρόνο προθέρμανσης προτού μπορέσει να παρέχει ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 28: Αισθητήρας αερίων MQ-3

5.2.2 Αισθητήρας MQ-4

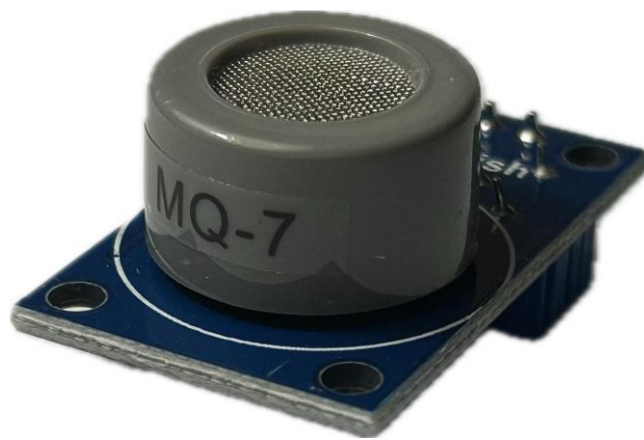
MQ-4 είναι ένας αισθητήρας αερίου, που έχει σχεδιαστεί για την ανίχνευση μεθανίου (CH₄), φυσικού αερίου και άλλων εύφλεκτων αερίων. Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται συνήθως σε συστήματα ανίχνευσης διαρροών αερίου για σπίτια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις και συσκευές που λειτουργούν με αέριο. Η απόκριση του αισθητήρα δίνεται συνήθως σε όρους συγκέντρωσης, συχνά σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Όπως και οι άλλοι αισθητήρες της σειράς MQ, ο αισθητήρας MQ-4 απαιτεί χρόνο προθέρμανσης προτού μπορέσει να παρέχει ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 29: Αισθητήρας αερίων MQ-4

5.2.3 Αισθητήρας MQ-7

Ο MQ-7 είναι μια μονάδα αισθητήρα αερίου ειδικά σχεδιασμένη για την ανίχνευση μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στον αέρα. Η απόκριση του αισθητήρα δίνεται σε όρους συγκέντρωσης σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Χρησιμοποιείται συνήθως σε συστήματα ανίχνευσης CO για περιοχές όπου μπορεί να συμβεί καύση, όπως συσκευές που καίνε αέριο, συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς και βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου η ανίχνευση CO είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια. Όπως και οι άλλοι αισθητήρες της σειράς MQ, ο αισθητήρας MQ-7 απαιτεί χρόνο προθέρμανσης προτού μπορέσει να παρέχει ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 30: Αισθητήρας αερίων MQ-7

5.2.4 Αισθητήρας MQ-8

Ο MQ-8 είναι ένας αισθητήρας αερίου, ο οποίος χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει αέριο υδρογόνο (H₂) στον αέρα. Ο αισθητήρας αυτός συνήθως για τον εντοπισμό διαρροής των συγκεκριμένων αερίων. Η απόκριση του αισθητήρα δίνεται σε όρους συγκέντρωσης σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Όπως και οι άλλοι αισθητήρες της σειράς MQ, ο αισθητήρας MQ-8 απαιτεί χρόνο προθέρμανσης προτού μπορέσει να παρέχει ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 31: Αισθητήρας αερίων MQ-8

5.2.5 Αισθητήρας MQ-9

Ο MQ-9 είναι ένας αισθητήρας που συνήθως χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αερίων όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), μεθάνιο (CH₄) και προπάνιο (C₃H₈) στον αέρα. Ο αισθητήρας αυτός συνήθως χρησιμοποιείται για την μέτρηση των παραπάνω αερίων με σκοπό την ασφάλεια ενός χώρου. Η απόκριση του αισθητήρα δίνεται σε όρους συγκέντρωσης σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Όπως και οι άλλοι αισθητήρες της σειράς MQ, ο αισθητήρας MQ-9 απαιτεί χρόνο προθέρμανσης προτού μπορέσει να παρέχει ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 32: Αισθητήρας αερίων MQ-9

5.2.6 Αισθητήρας MQ-135

Ο MQ-135 είναι ένας αισθητήρας αερίων που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αμμωνίας (NH₃), μεθανίου (CH₄), διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) στον αέρα. Ο αισθητήρας

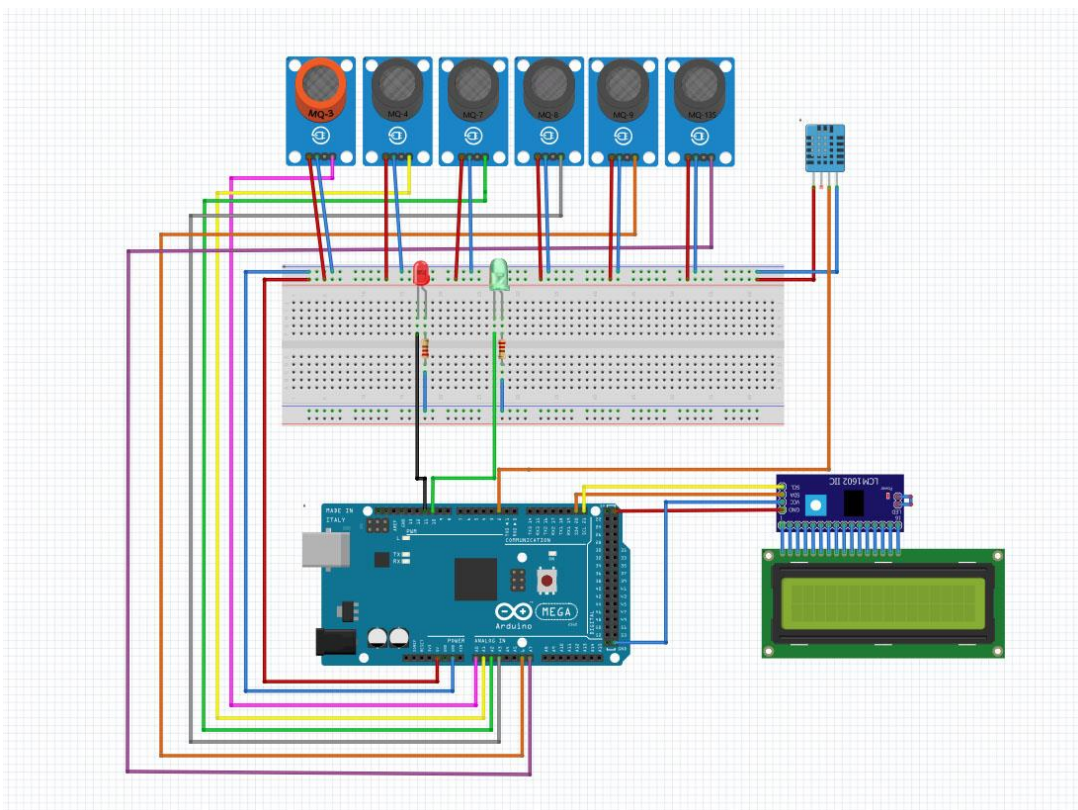
6. Σχεδίαση 3Δ διάταξης ανιχνευτή

αυτός σχετίζεται με τη ποιότητα του αέρα σε ένα συγκεκριμένο χώρο. Συνήθως, η απόκριση του αισθητήρα δίνεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Όπως και οι άλλοι αισθητήρες της σειράς MQ, ο αισθητήρας MQ-135 απαιτεί χρόνο προθέρμανσης προτού μπορέσει να παρέχει ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 33: Αισθητήρας αερίων MQ-135

5.3 Σχεδίαση αρχιτεκτονικής της διάταξης.



Σχήμα 34: Σχεδιάγραμμα συνδεσμολογίας κατασκευής

Αναλογικές θύρες

A0 -> Αισθητήρας αερίου MQ-3

A1 -> Αισθητήρας αερίου MQ-4

A2 -> Αισθητήρας αερίου MQ-7

A3 -> Αισθητήρας αερίου MQ-8

A4 -> Επικοινωνία με την LCD οθόνη (SCL)

A5 -> Επικοινωνία με την LCD οθόνη (SDA)

A6 -> Αισθητήρας αερίου MQ-9

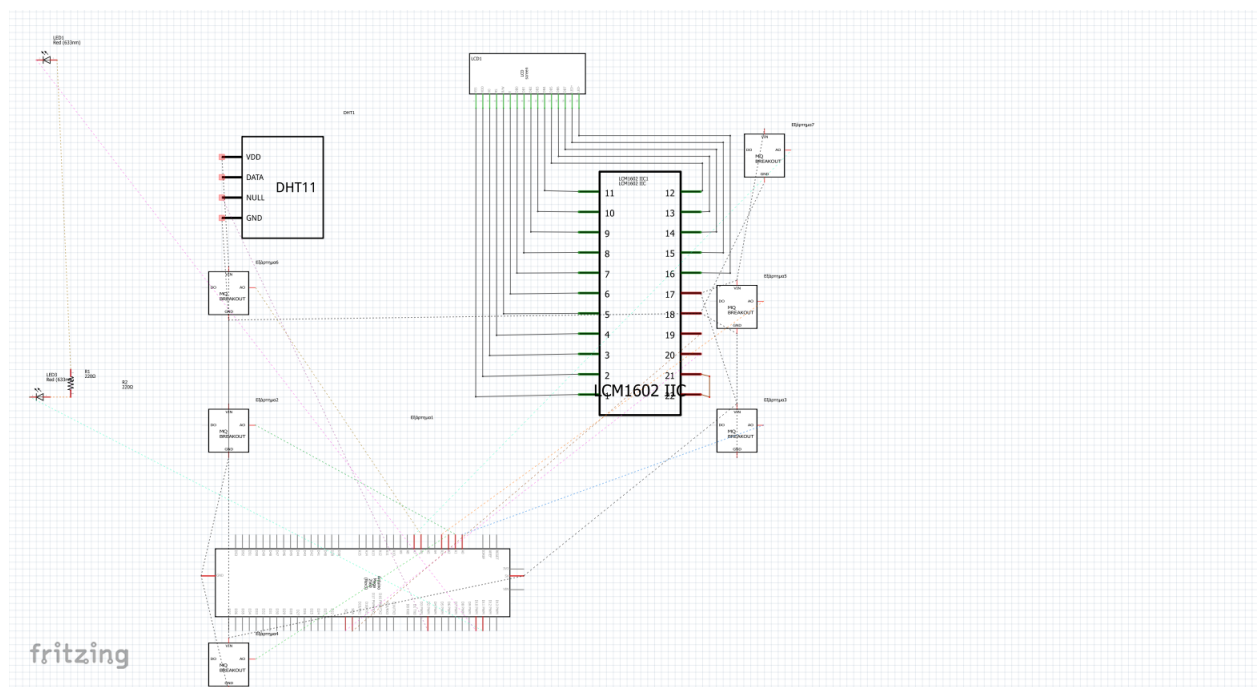
A7 -> Αισθητήρας αερίου MQ-135

Ψηφιακές θύρες

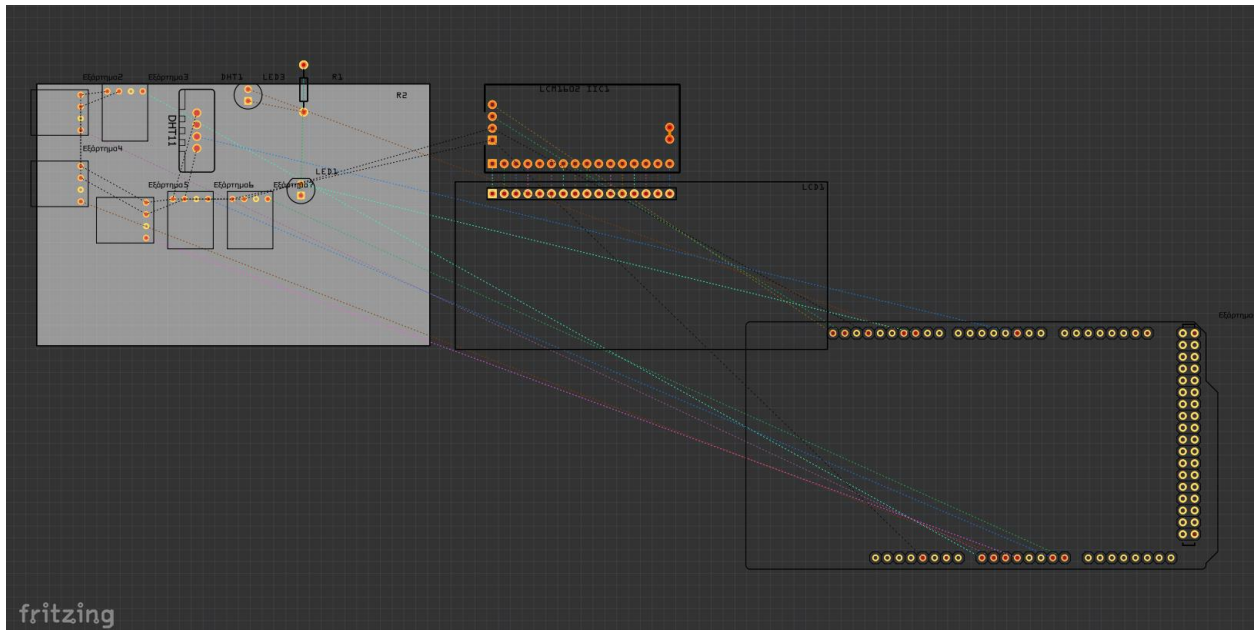
D2 -> Επικοινωνία με τον αισθητήρα DHT11

Τροφοδοσία και γείωση

Η πλακέτα Arduino συνδέεται με breadboard, τροφοδοτώντας το με 5V και γείωση από την αντίστοιχη θύρα. Στη συνέχεια, οι αισθητήρες αερίων, η οθόνη LCD και ο αισθητήρας DHT11 συνδέονται στην πλακέτα.



Σχήμα 35: Ηλεκτρολογικό σχέδιο διάταξης



Σχήμα 36:(PCB) διάγραμμα

5.4 Ανάπτυξη κώδικα

Περιβάλλον ανάπτυξης του κώδικα

Το ArduinoIDE είναι ένα ευέλικτο και ανοιχτού κώδικα περιβάλλον ανάπτυξης σχεδιασμένο για τον προγραμματισμό μικροελεγκτών Arduino. Συμβατό με διάφορα λειτουργικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των Windows, macOS και Linux, το IDE απλοποιεί τον προγραμματισμό C++ για πλακέτες Arduino. Υποστηρίζοντας ένα ευρύ φάσμα πλακετών, τόσο επίσημων όσο και τρίτων κατασκευαστών, οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν προγράμματα, γνωστά ως "σκίτσα". Το IDE περιλαμβάνει τυποποιημένες βιβλιοθήκες και επιτρέπει στους χρήστες να εγκαταστήσουν πρόσθετες, διευκολύνοντας την αλληλεπίδραση με αισθητήρες και μονάδες. Χαρακτηριστικά όπως το SerialMonitor βοηθούν στην αποσφαλμάτωση και την επικοινωνία. Το Arduino διαθέτει μια ακμάζουσα κοινότητα που παρέχει εκτεταμένη υποστήριξη μέσω φόρουμ και σεμιναρίων. Με συμβατότητα πολλαπλών πλατφορμών, μια απλή διαδικασία εγκατάστασης και τη δυνατότητα διαχείρισης διαφορετικών προφίλ πλακετών μέσω του BoardManager, το ArduinoIDE είναι ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον τόσο για αρχάριους όσο και για έμπειρους προγραμματιστές. Οι συνεχείς ενημερώσεις του, τα παραδείγματα σκίτσων και η επεκτασιμότητά του συμβάλλουν στην ευρεία δημοτικότητα του στην κοινότητα των κατασκευαστών και των ηλεκτρονικών.

Σύντομη περιγραφή κώδικα:

Ο κώδικας ξεκινάει με την εισαγωγή των απαραίτητων βιβλιοθηκών για την λειτουργία του. Έπειτα, γίνεται εισαγωγή κάποιων μεταβλητών για τα επιμέρους στοιχεία και ξεκινάει η διαδικασία βαθμονόμησης των αισθητήρων αερίων. Ακόμη ορίζονται τα όρια τα οποία δεν πρέπει να ξεπερνάνε τα αέρια κατά τη λειτουργία της συσκευής. Συνεχίζοντας, μπαίνει στη διαδικασία του «setup» όπου καλεί τους αισθητήρες και την οθόνη, ορίζει ποια μέθοδο θα ακολουθήσουν οι αισθητήρες αερίων και τους καλυμπράρει. Επόμενο βήμα είναι το «loop» του κώδικα το οποίο ξεκινάει με την ενημέρωση των τιμών κάθε αισθητήρα και αμέσως μετά των καθορισμό της κάθε μεταβλητής (κάθε αερίου) με τη καινούργια τιμή. Στη συνέχεια ο κώδικας «σπάει» σε δύο κομμάτια τα οποία στην πρώτη περίπτωση υπάρχει υπέρβαση των ορίων ενός ή πολλών αερίων. Τότε εμφανίζεται στην οθόνη το μήνυμα «alert» στην πρώτη γραμμή της οθόνης και το αέριο στην δεύτερη, ενώ θα ανάψει η κόκκινη λυχνία σε αυτό ή αυτά που υπερβαίνουν το όριο. Στην άλλη περίπτωση που δεν υπερβαίνει το όριο εμφανίζονται στην οθόνη και στις δυο γραμμές τα αέρια, δείχνοντας τις τιμές του καθενός.

Επεξήγηση σε κομμάτια του κώδικα:

Βιβλιοθήκες

- «MQUnifiedsensor. h»: Βιβλιοθήκη για τους αισθητήρες αερίου της σειράς MQ.
- «LiquidCrystal_I2C. h»: Βιβλιοθήκη για I2C LCD.
- «DHT. h: DHT»: Βιβλιοθήκη για τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11.
- «Wire. h»: Βιβλιοθήκη για την επικοινωνία I2C.

```
#include <DHT.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <MQUnifiedsensor.h>
```

Αισθητήρας Υγρασίας

DHTdht(2, DHT11); Η εντολή αυτή καλείται για την αρχικοποίηση του αισθητήρα DHT11 στον ακροδέκτη 2.

«inttemp;καιinhumidity;»: Μεταβλητές για την αποθήκευση των ενδείξεων θερμοκρασίας και υγρασίας, με σκοπό την απεικόνιση τους στην LCD οθόνη.

```
DHT dht(2, DHT11);
int temp;
int humidity;
int dt = 2000;
```

LCD οθόνη

Ορίζει σταθερές για τη διεύθυνση, τις στήλες και τις γραμμές της LCD και αρχικοποιεί την οθόνη LCD με τις καθορισμένες παραμέτρους.

```
#define LCD_I2C_ADDRESS 0x27
#define LCD_DISP_COLS 16
#define LCD_DISP_ROWS 2

LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_I2C_ADDRESS, LCD_DISP_COLS, LCD_DISP_ROWS);
```

LED

Ορίζει τις θύρες επικοινωνίας με των led με την πλακέτα arduino.

```
#define RED 11 //Κόκκινο Led
#define GREEN 10 //Πράσινο Led
```

Αισθητήρες αερίων MQ

Χαρτογράφηση αναλογικών ακροδεκτών για τους αισθητήρες MQ:

```
#define Board ("Arduino Mega 2560 R3")
#define Pin3 (A0) //Analog input 0 of arduino
#define Pin4 (A1) //Analog input 1 of arduino
#define Pin7 (A2) //Analog input 2 of arduino
#define Pin8 (A3) //Analog input 3 of arduino
#define Pin9 (A6) //Analog input 6 of arduino
#define Pin135 (A7) //Analog input 7 of arduino
```

Καθορισμός ορίων για το κάθε αέριο.

```
#define Alcohol_Limit //ppm that can't exceed
#define Benzene_Limit 1 //ppm that can't exceed
#define Hexane_Limit 500 //ppm that can't exceed
#define CH4_Limit 5000 //ppm that can't exceed
#define smoke_Limit 20000 //ppm that can't exceed
#define CO2_Limit 5000 //ppm that can't exceed
#define Toluene_Limit 200 //ppm that can't exceed
#define NH4_Limit //ppm that can't exceed
#define Acetone_Limit 1000 //ppm that can't exceed
#define CO_Limit 9 //ppm that can't exceed
#define H2_Limit 5000 //ppm that can't exceed
#define FG_Limit 5000 //ppm that can't exceed
```

Ορίζονται μεταβλητές για κάθε αισθητήρα και αντιστοιχίζονται τις αναλογικές ακίδες για καλύτερη αναγνωσιμότητα.

```
#define RatioMQ3CleanAir (60) //RS / R0 = 60 ppm
#define RatioMQ4CleanAir (4.4) //RS / R0 = 4.4 ppm
#define RatioMQ135CleanAir (3.6) //RS / R0 = 10 ppm
#define RatioMQ7CleanAir (27.5) //RS / R0 = 27.5 ppm
#define RatioMQ8CleanAir (70) //RS / R0 = 70 ppm
#define RatioMQ9CleanAir (9.6) //RS / R0 = 9.6 ppm
#define ADC_Bit_Resolution (10) // 10 bit ADC
#define Voltage_Resolution (5) // Volt resolution to calc the voltage
#define Type ("Arduino Mega 2560 R3") //Board used
```

Αρχικοποιεί περιπτώσεις του MQUnifiedsensor για κάθε αισθητήρα αερίου. Οι παράμετροι περιλαμβάνουν τον τύπο της πλακέτας, την ανάλυση τάσης, την ανάλυση bitADC, τον αναλογικό ακροδέκτη και τον τύπο.

```
//Declare Sensor
MQUnifiedsensor MQ3(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin3, Type);
MQUnifiedsensor MQ4(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin4, Type);
MQUnifiedsensor MQ135(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin135, Type);
MQUnifiedsensor MQ7(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin7, Type);
MQUnifiedsensor MQ8(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin8, Type);
MQUnifiedsensor MQ9(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin9, Type);
```

Αρχικοποίηση παρελκόμενων εξαρτημάτων

```
dht.begin() ;  
  
lcd.begin(16,2);  
  
lcd.backlight();
```

dht. begin();: Αυτή η γραμμή αρχικοποιεί τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT που είναι συνδεδεμένος στην πλακέτα Arduino. Προετοιμάζει τον αισθητήρα για την απόκτηση δεδομένων και την επικοινωνία με τον μικροελεγκτή.

lcd. begin(16,2);: Αυτή η γραμμή αρχικοποιεί την οθόνη LCD με 16 στήλες και 2 γραμμές. Ρυθμίζει το μέγεθος της οθόνης ώστε να ταιριάζει με τις φυσικές διαστάσεις της μονάδας LCD που είναι συνδεδεμένη στο Arduino.

lcd. backlight();: Αυτή η γραμμή ενεργοποιεί τον οπίσθιο φωτισμό της οθόνης LCD, εξασφαλίζοντας ότι οι χαρακτήρες που εμφανίζονται στην οθόνη LCD είναι ορατοί υπό κατάλληλες συνθήκες φωτισμού. Η ενεργοποίηση του οπίσθιου φωτισμού είναι ζωτικής σημασίας για την αναγνωσιμότητα, ειδικά σε περιβάλλοντα με χαμηλό φωτισμό.

Αισθητήρας DHT11

Ορίζει μεταβλητές για την θερμοκρασία και την υγρασία. Επιπλέον, αντιστοιχεί της τιμές ανάγνωσης του αισθητήρα με τις μεταβλητές.

```
int temp = dht.readTemperature(); //Δήλωση 'temp' για την θερμοκρασία μέσω αισθητήρα DHT11  
int humidity = dht.readHumidity(); //Δήλωση 'humidity' για την υγρασία μέσω αισθητήρα DHT11
```

Λειτουργία μεταβλητής PPM = $a \cdot \text{ratio}^b$

Η εξίσωση $PPM = a \cdot \text{ratio}^b$ περιλαμβάνει τη θεμελιώδη αρχή πίσω από τη βαθμονόμηση αισθητήρων αερίου και την ερμηνεία των δεδομένων. Σημαίνει τη συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου αερίου στον αέρα (μετρούμενη σε PartsPerMillion) ως συνάρτηση του λόγου αντίστασης του αισθητήρα ($RS/R0$), όπου 'a' και 'b' είναι συντελεστές που καθορίζονται διαφορετικά για κάθε αέριο. Επιπλέον γίνεται, αντιποίηση των αισθητήρων με τα αέρια που μετρούν.

```
MQ3.setA(0.3934); MQ3.setB(-1.504); //Alcohol
float Alcohol = MQ3.readSensor();

MQ3.setA(4.8387); MQ3.setB(-2.68); //Benzene
float Benzene = MQ3.readSensor();

MQ3.setA(7585.3); MQ3.setB(-2.849); //Hexane
float Hexane = MQ3.readSensor();

MQ4.setA(1012.7); MQ4.setB(-2.786); //CH4
float CH4 = MQ4.readSensor();

MQ4.setA(3000000); MQ4.setB(-8.308); //smoke
float smoke = MQ4.readSensor();

MQ135.setA(115300.47); MQ135.setB(-2.862); //CO2
float CO2 = MQ135.readSensor();

MQ135.setA(44.947); MQ135.setB(-3.445); // Toluene
float Toluene = MQ135.readSensor();

MQ135.setA(102.2 ); MQ135.setB(-2.473); //NH4
float NH4 = MQ135.readSensor();

MQ135.setA(34.668); MQ135.setB(-3.369); //Acetone
float Acetone = MQ135.readSensor();

MQ7.setA(99.042); MQ7.setB(-1.518); //CO
float CO = MQ7.readSensor();

MQ8.setA(976.97); MQ8.setB(-0.688); // H2
float H2 = MQ8.readSensor();

MQ9.setA(1000.5); MQ9.setB(-2.186); //flamable gas
float FG = MQ9.readSensor();
```

Επεξήγηση κώδικα καλυμπραρίσματος

Ο συγκεκριμένος κώδικας είναι μια ρουτίνα βαθμονόμησης για ένα σύνολο αισθητήρων αερίου MQ (MQ3, MQ4, MQ135, MQ7, MQ8 και MQ9), ώστε να τεθούν οι κατάλληλες συνθήκες μέτρησης της διάταξης του ανιχνευτή (βλέπε όλο των κώδικα στο παράρτημα II).

```
float MQ3calcR0 = 0,
      MQ4calcR0 = 0,
      MQ135calcR0 = 0,
      MQ7calcR0 = 0,
      MQ8calcR0 = 0,
      MQ9calcR0 = 0;
```

Γίνεται Αρχικοποίηση των έξι μεταβλητές κινητής υποδιαστολής (MQ3calcR0, MQ4calcR0, MQ135calcR0, MQ7calcR0, MQ8calcR0, MQ9calcR0) σε 0. Αυτές οι μεταβλητές θα αποθηκεύουν τις συσσωρευμένες τιμές βαθμονόμησης για κάθε αισθητήρα.

```
for (int i = 1; i <= 10; i ++)
```

Στη συνέχεια ξεκινά ένας βρόχος«for» που θα εκτελεστεί 10 φορές την διαδικασία, με δείκτη i.

```
//Update the voltage lectures  
MQ3.update();  
MQ4.update();  
MQ135.update();  
MQ7.update();  
MQ8.update();  
MQ9.update();
```

Εντός του βρόχου, καλεί τη μέθοδο ενημέρωσης για κάθε αντικείμενο αισθητήρα (MQ3, MQ4, MQ135, MQ7, MQ8, MQ9) για να ενημερώσει τις ενδείξεις τάσης τους.

```
MQ3calcR0 += MQ3.calibrate(RatioMQ3CleanAir);  
MQ4calcR0 += MQ4.calibrate(RatioMQ4CleanAir);  
MQ135calcR0 += MQ135.calibrate(RatioMQ135CleanAir);  
MQ7calcR0 += MQ7.calibrate(RatioMQ7CleanAir);  
MQ8calcR0 += MQ8.calibrate(RatioMQ8CleanAir);  
MQ9calcR0 += MQ9.calibrate(RatioMQ9CleanAir);
```

Καλεί τη μέθοδο βαθμονόμησης για κάθε αισθητήρα, περνώντας την αντίστοιχη σταθερά αναλογίας καθαρού αέρα (π.χ. RatioMQ3CleanAir). Η μέθοδος calibrate επιστρέφει μια τιμή βαθμονόμησης, η οποία στη συνέχεια προστίθεται στην αντίστοιχη συσσωρευμένη μεταβλητή βαθμονόμησης.

```
MQ3.setR0(MQ3calcR0 / 10);  
MQ4.setR0(MQ4calcR0 / 10);  
MQ135.setR0(MQ135calcR0 / 10);  
MQ7.setR0(MQ7calcR0 / 10);  
MQ8.setR0(MQ8calcR0 / 10);  
MQ9.setR0(MQ9calcR0 / 10);  
Serial.println(" done!");
```

Μετά την ολοκλήρωση του βρόχου, καλείται η μέθοδος setR0 κάθε αισθητήρα με τη μέση τιμή βαθμονόμησης (η συνολική συσσωρευμένη τιμή διαιρείται δια 10) για να οριστεί η βαθμονομημένη αντίσταση (R0) για κάθε αισθητήρα.

LCD Οθόνη: Ενδείξεις των αερίων στην οθόνη



Σχήμα 37: Εισαγωγή



Σχήμα 38: Ένδειξη καπνού και διοξειδίου του άνθρακα



Σχήμα 39: Ένδειξη εξανίου και μεθανίου



Σχήμα 40: Ένδειξη τονουόλης και ιόν αμμωνίας



Σχήμα 41: Ένδειξη υδρογόνου και λοιπών αερίων



Σχήμα 42: Ένδειξη αλκοόλης και βενζολίου



Σχήμα 43: Ένδειξη ακετόνης και μονοξειδίου του άνθρακα



Σχήμα 44: Ένδειξη υγρασίας και θερμοκρασίας



Σχήμα 45: Ένδειξη alert στον καπνό



Σχήμα 46: Ένδειξη alert στο μεθάνιο

6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή

Περιβάλλον σχεδίασης

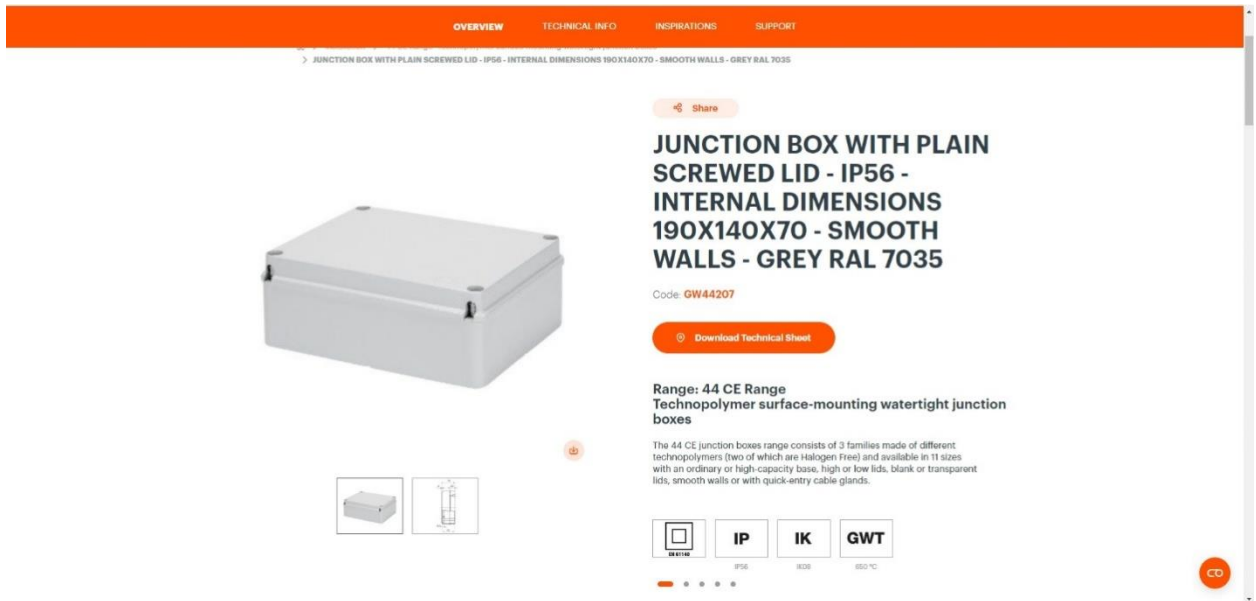
Το Fusion 360 είναι μια εφαρμογή λογισμικού 3D σχεδιασμού που βασίζεται στο cloud και αναπτύχθηκε από την Autodesk. Συνδυάζει τις δυνατότητες διαφόρων τύπων λογισμικού σε μια ενιαία πλατφόρμα, επιτρέποντας στους χρήστες να σχεδιάζουν και να δημιουργούν ένα προϊόν από την αρχή έως το τέλος μέσα σε ένα ενιαίο περιβάλλον. Αυτή η ενοποίηση βελτιώνει τις ροές εργασίας και προωθεί τη συνεργασία, καθιστώντας το ιδανικό για μεμονωμένους κατασκευαστές ή επαγγελματικές ομάδες σχεδιασμού. Το Fusion 360 προσφέρει μια φιλική προς το χρήστη επαφή κατάλληλη για αρχάριους, ενώ παράλληλα διαθέτει ισχυρά χαρακτηριστικά για έμπειρους χρήστες. Υπερέχει στη δημιουργία λεπτομερών τρισδιάστατων μοντέλων με εργαλεία για το σκίτσο, την εξώθηση, τη γλυπτική και τη συναρμολόγηση εξαρτημάτων. Το λογισμικό διαθέτει επίσης ισχυρές λειτουργίες σχεδίασης με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) για τη δημιουργία σχεδίων 2D έτοιμων για παραγωγή. Δεν μπορείτε μόνο να σχεδιάζετε, αλλά το Fusion 360 επιτρέπει την προσομοίωση της φυσικής του πραγματικού κόσμου, όπως η καταπόνηση και η κίνηση, βοηθώντας στη βελτιστοποίηση των σχεδίων πριν από την κατασκευή. Ενσωματώνεται ακόμη και με εργαλεία Computer-Aided Manufacturing (CAM) για τη δημιουργία διαδρομών εργαλείων για την κατασκευή σε μηχανές CNC. Ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό είναι η σύνδεσή του με την αποθήκευση στο cloud, επιτρέποντας την απρόσκοπτη συνεργασία και την απομακρυσμένη πρόσβαση σε έργα για τις ομάδες σχεδιασμού. Συνολικά, το Fusion 360 είναι μια ισχυρή και ευέλικτη σουίτα λογισμικού που απευθύνεται σε ένα ευρύ φάσμα χρηστών. Ο βασισμένος στο cloud χαρακτήρας του, τα ολοκληρωμένα εργαλεία σχεδιασμού και κατασκευής και τα χαρακτηριστικά συνεργασίας το καθιστούν πολύτιμο πλεονέκτημα για οποιονδήποτε εμπλέκεται στη διαδικασία δημιουργίας προϊόντων. Το πρόγραμμα διατίθεται δωρεάν προς χρήση για φοιτητές και εκπαιδευτικούς, κατευνάζοντας το από την ιστοσελίδα της Autodesk με την επίδειξη των απαραίτητων στοιχείων.

6.1 Σχεδίαση μερών

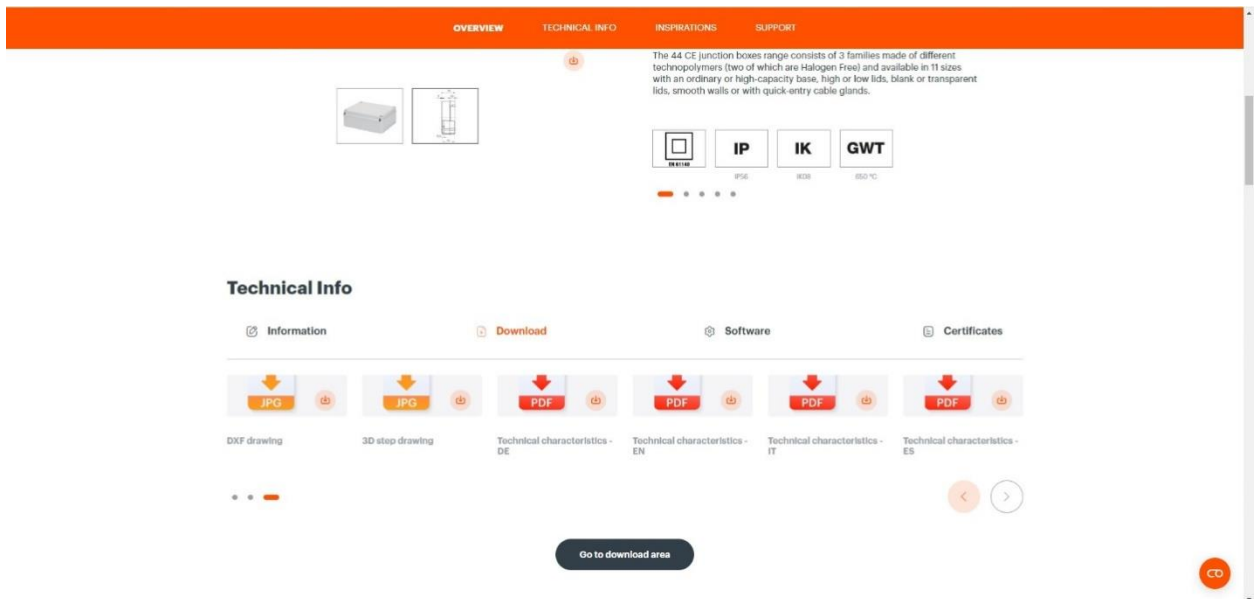
Στην παρούσα πτυχιακή κατασκευάσθηκαν ως τρισδιάστατα σχέδια, ο ένας αισθητήρας αερίου και χρησιμοποιήθηκε το ίδιο σχέδιο και για τους υπόλοιπους 5. Τα υπόλοιπα σχέδια έγιναν λήψη από άλλες ιστοσελίδες στο διαδίκτυο. Στη συνέχεια θα γίνει παρουσίαση του κάθε σχεδίου ξεχωριστά μέσα από το περιβάλλον σχεδίασης “Fusion 360”.

1. Κουτί διάταξης

Λήψη αρχείων για το κουτί της διάταξης από την επίσημη ιστοσελίδα του κατασκευαστή.

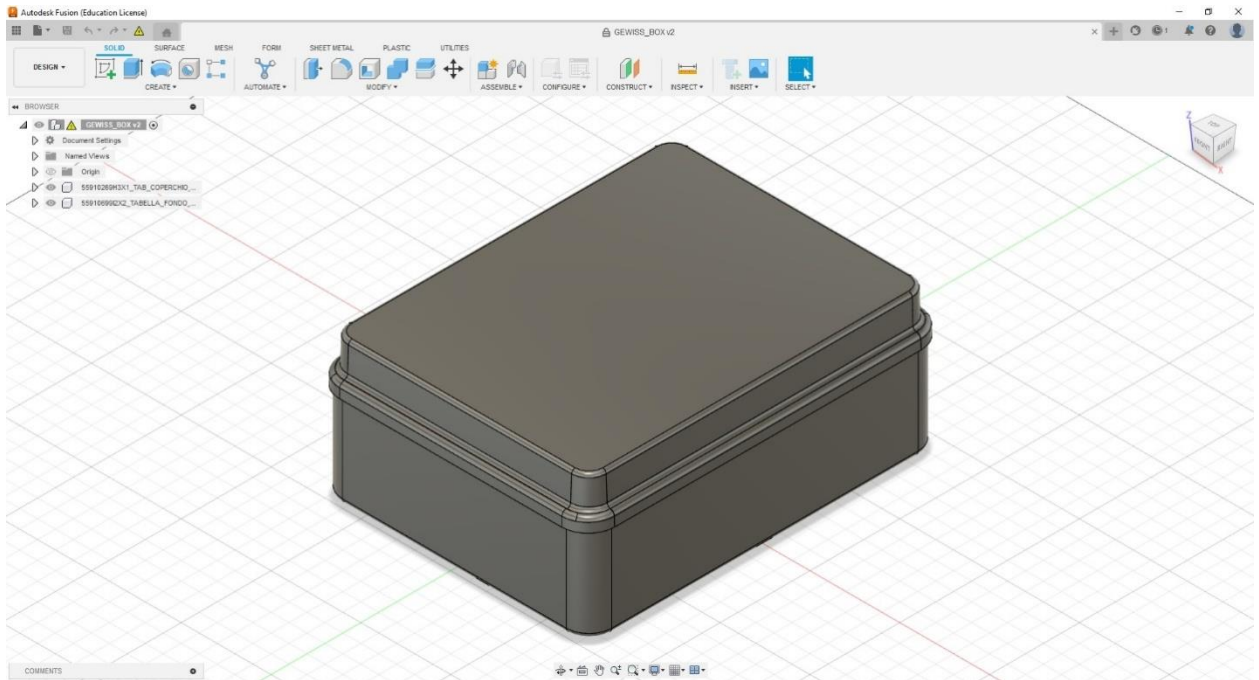


Σχήμα 47: Εύρεση αρχείων



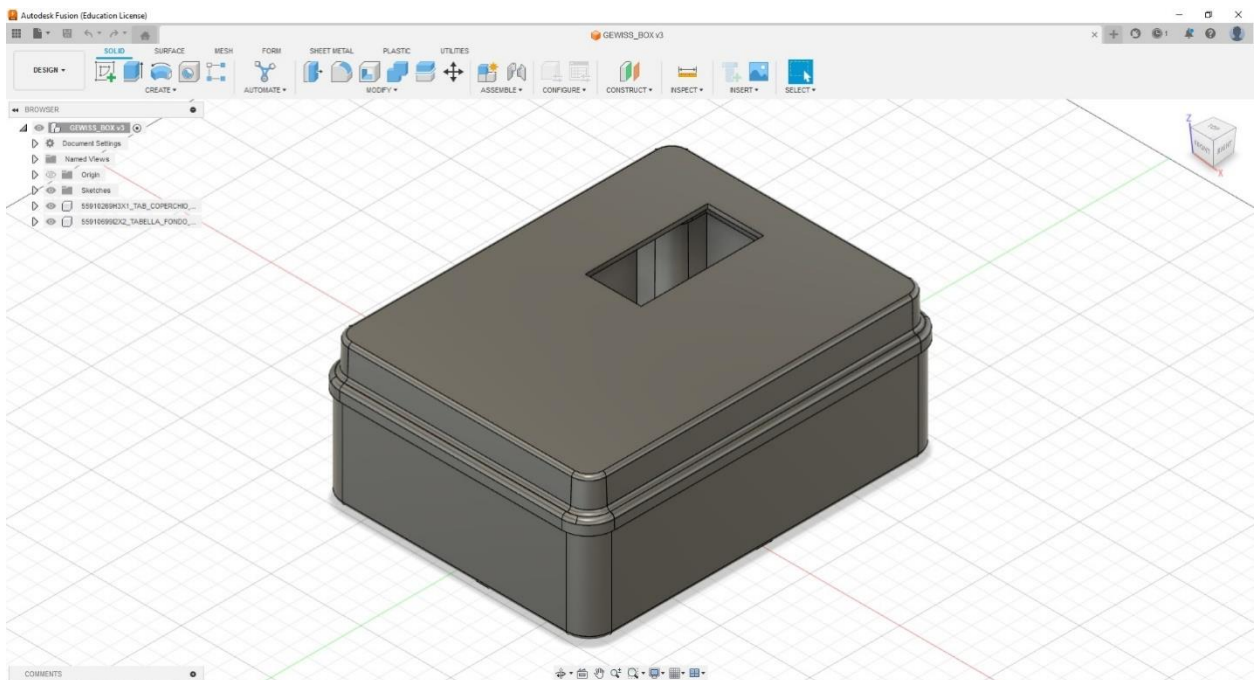
Σχήμα 48: Λήψη αρχείων

6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή



Σχήμα 49: Άνοιγμα στο πρόγραμμα σχεδίασης

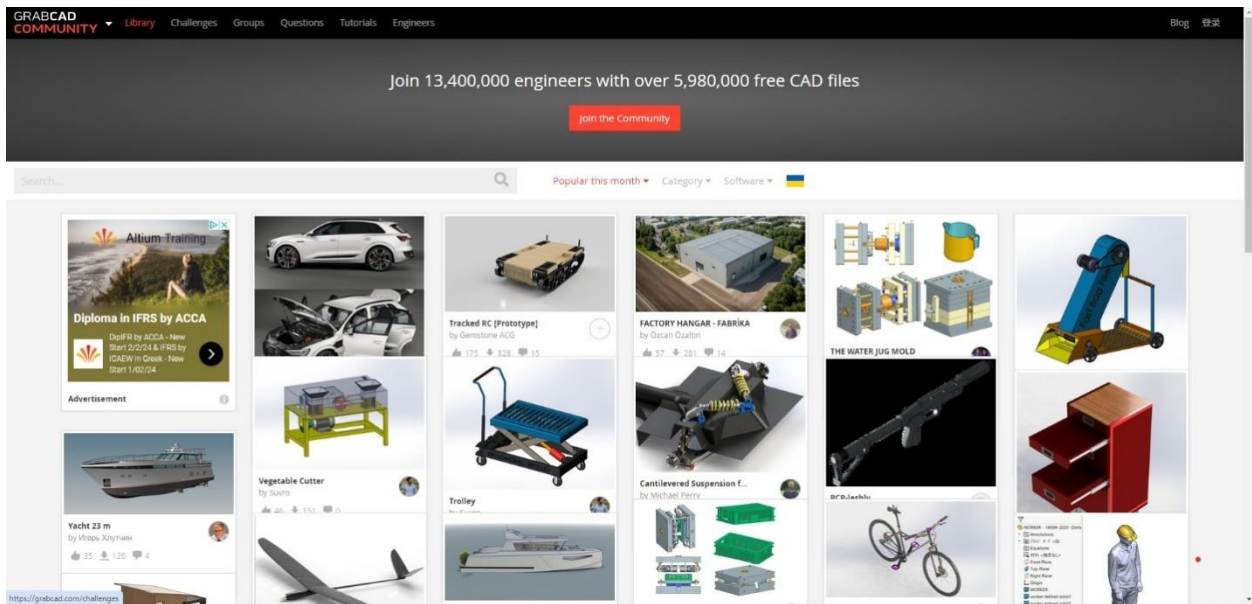
Στη συνέχεια, έγινε τροποποίηση του σχεδίου καθώς χρειάζεται να γίνει η απαραίτητη τομή στο καπάκι του κουτιού, ώστε να εμφανίζεται η LCDοθόνη.



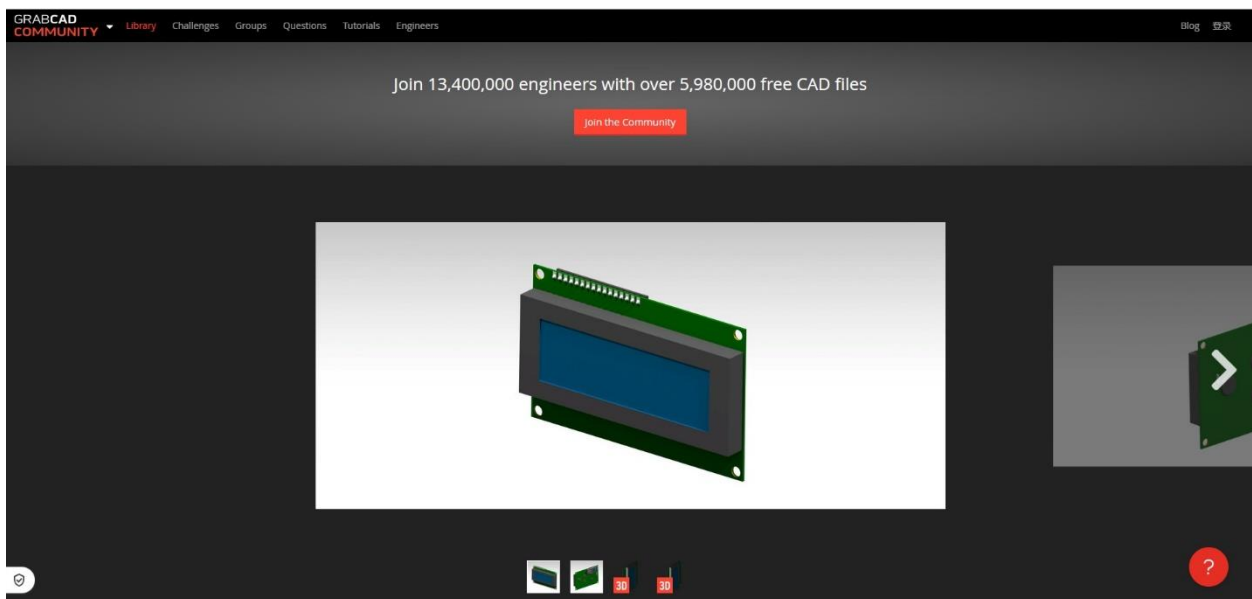
Σχήμα 50: Τροποποίηση στο καπάκι

2. LCD οθόνη, Breadboard, Arduino mega, DHT11 Sensor

Λήψη αρχείων για τα υπόλοιπα εξαρτήματα από την ιστοσελίδα grabcad.

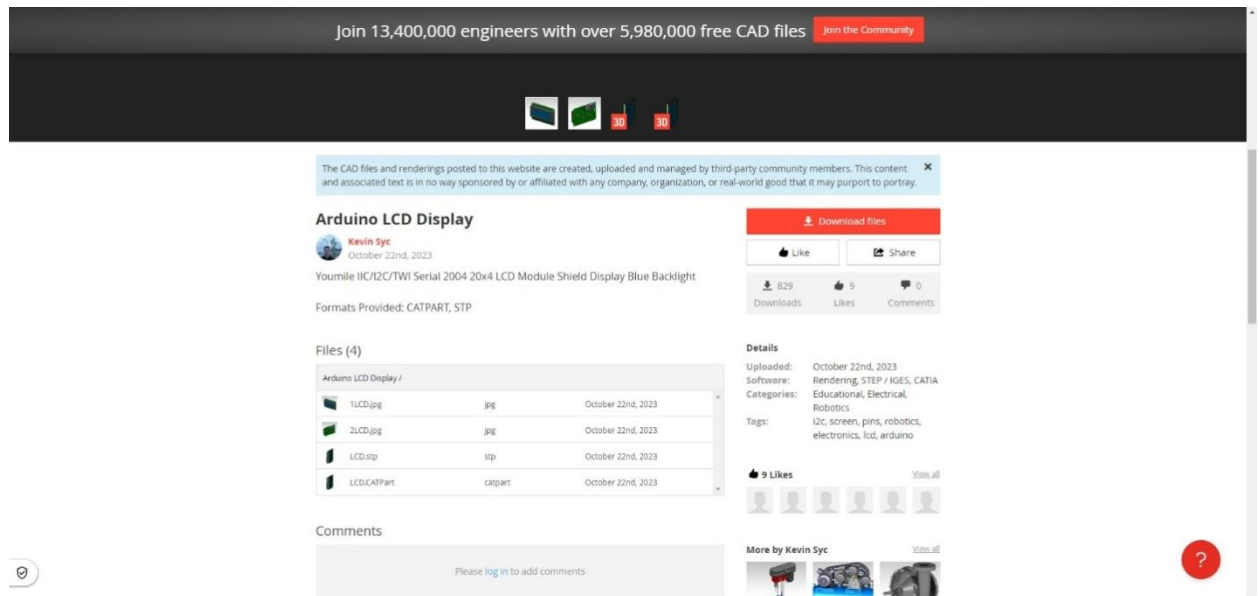


Σχήμα 51: Αναζήτηση ιστοσελίδας

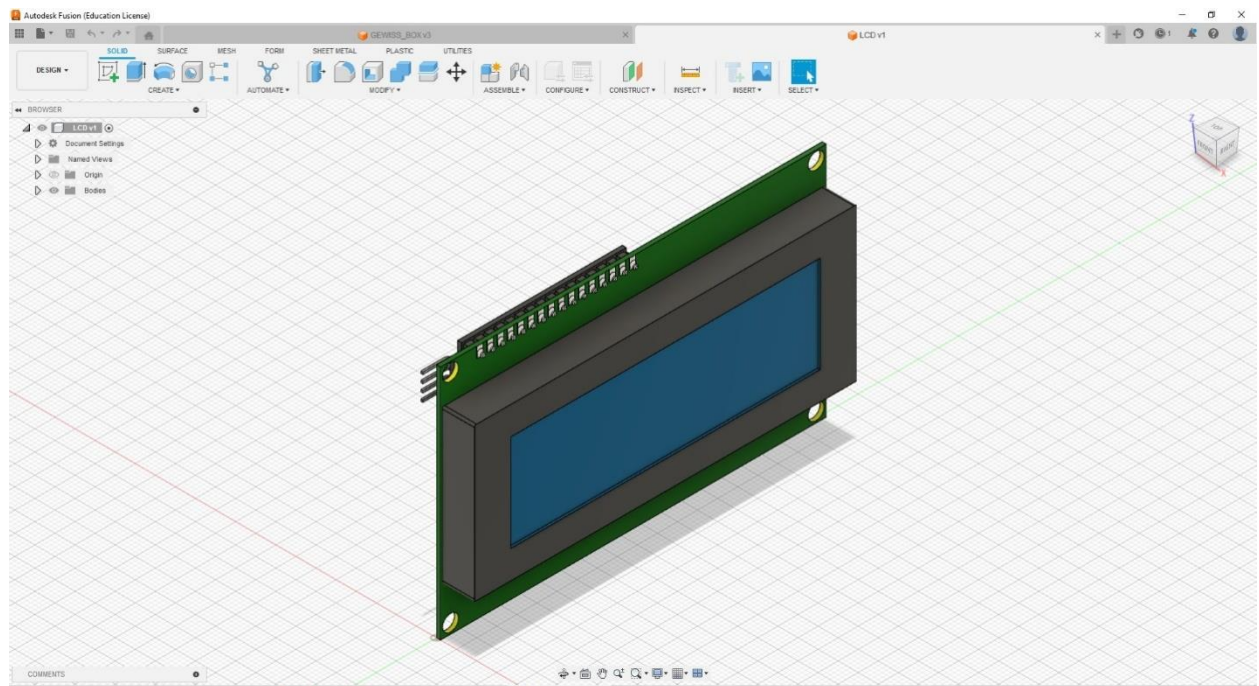


Σχήμα 52: Εύρεση αρχείων

6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή



Σχήμα 53: Λήψη αρχείων

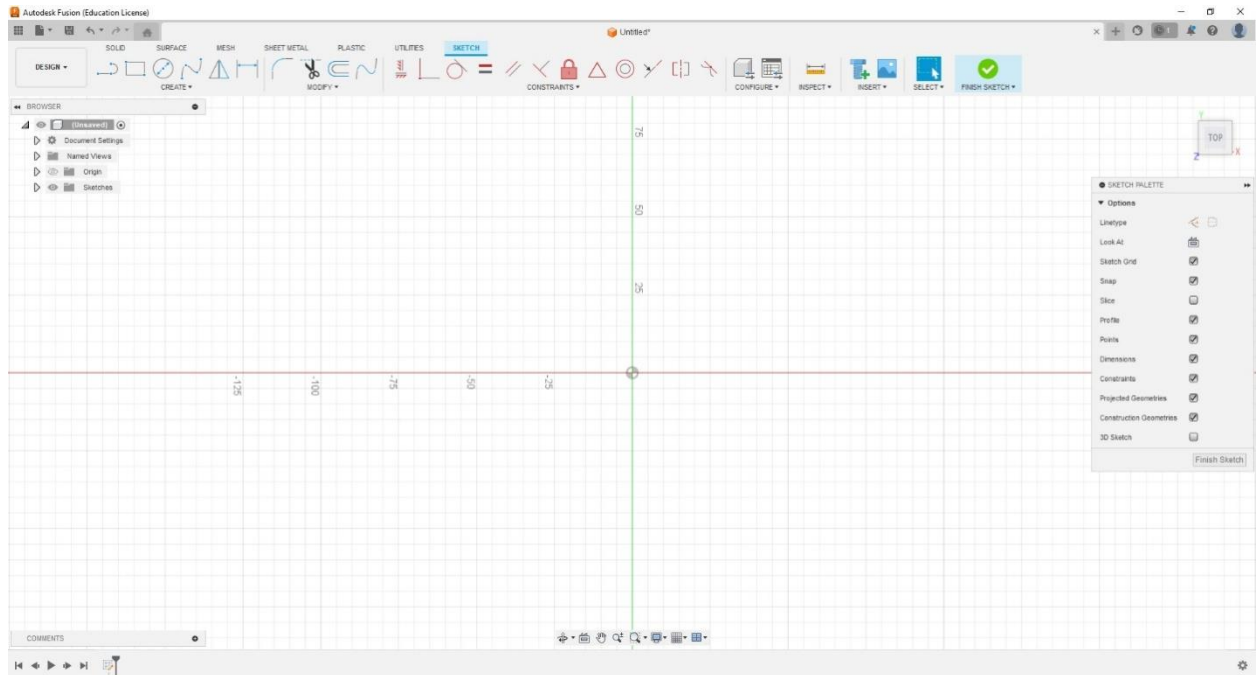


Σχήμα 54: Άνοιγμα στο πρόγραμμα σχεδίασης

3. Σχεδίαση MQ αισθητήρα

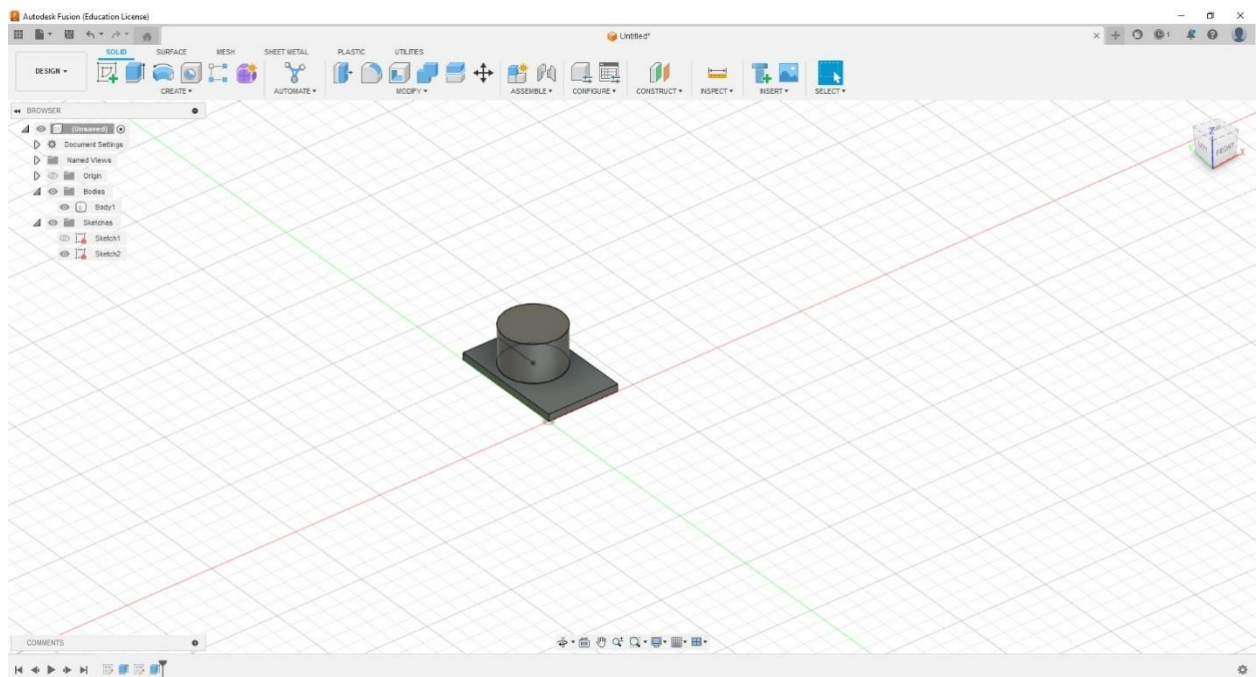
Στη συνέχεια θα γίνει βήμα βήμα παρουσίαση της τρισδιάστατης κατασκευής του αισθητήρα. Αρχικά ξεκίνησα με το άνοιγμα του προγράμματος και ξεκίνησα ένα καινούργιο sketch.

6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή



Σχήμα 55: Άνοιγμα προγράμματος

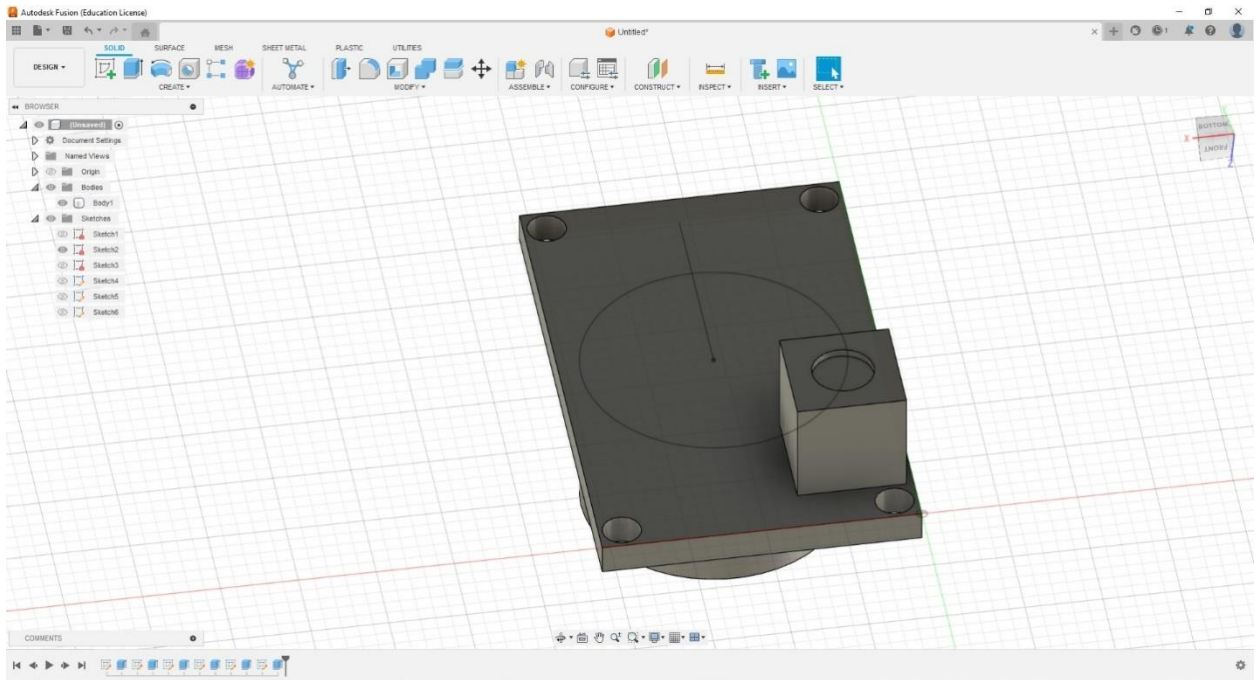
Έπειτα, αφού έγινε η απαραίτητη διαστασιολόγηση του αισθητήρα άρχισε η σχεδίαση να του ξεκινώντας από τη βάση του.



Σχήμα 56: Σχεδίαση βάσης

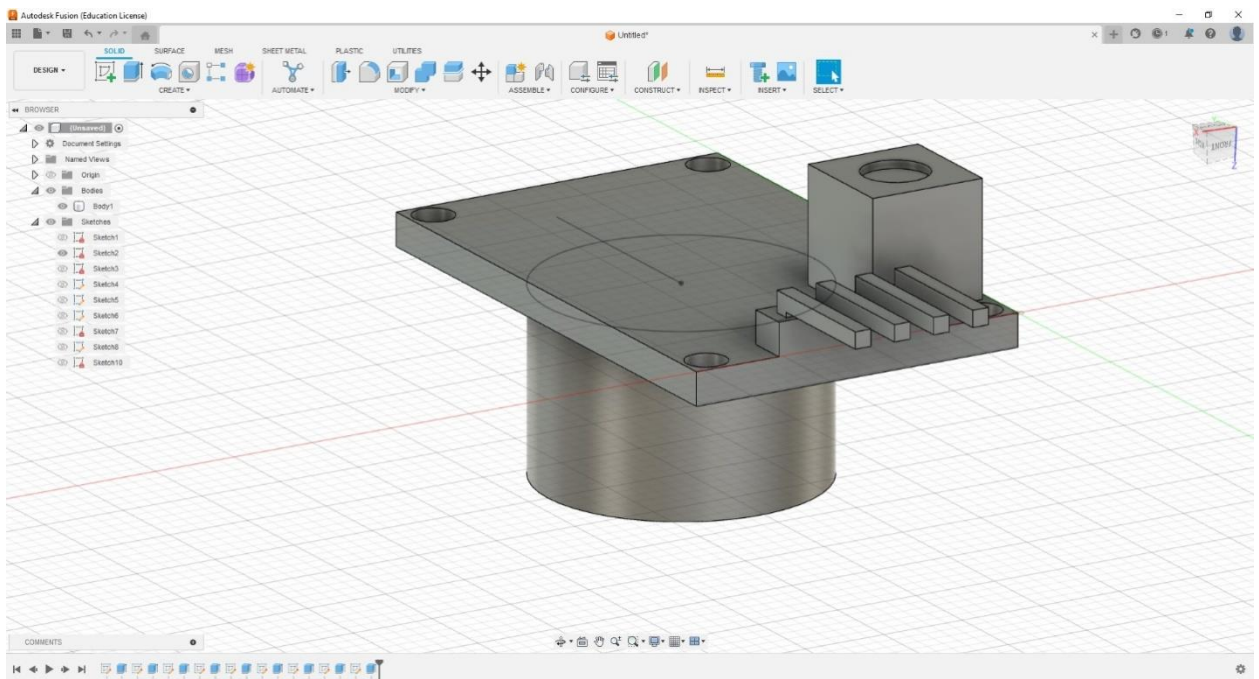
Συνεχίζοντας, προστέθηκαν κάποιες λεπτομέρειες πάνω στη βάση.

6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή



Σχήμα 57: Σχεδίαση πίσω όψης

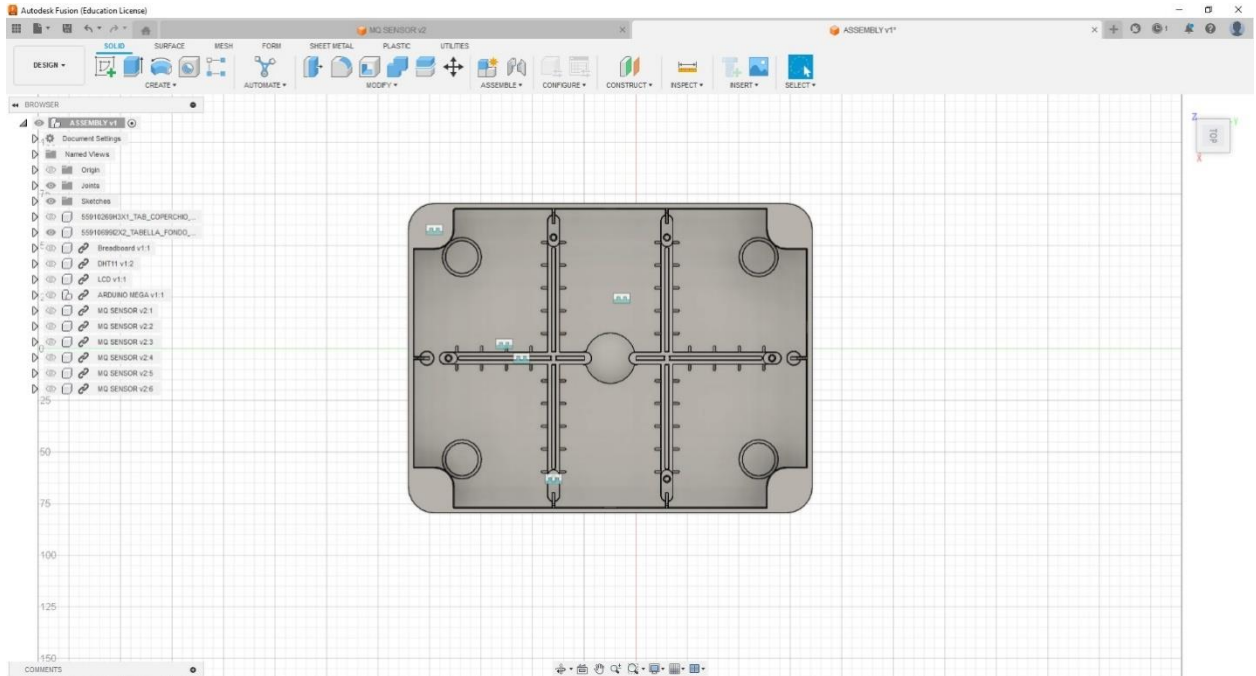
Τέλος, έγινε η σχεδίαση των τα pins.



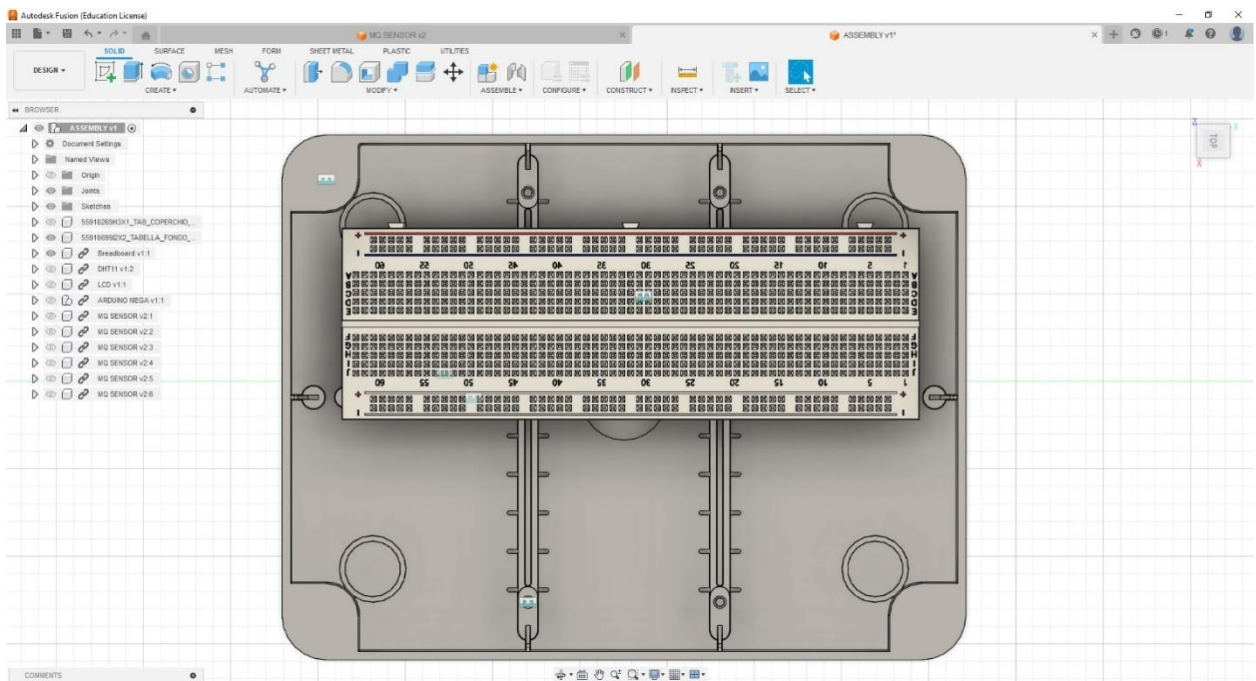
Σχήμα 58: Σχεδίαση των pins

6.2 Σχεδίαση συναρμολογημένης διάταξης

Ολοκληρώνοντας την ενότητα αυτή θα γίνει βηματικά η παρουσίαση της συναρμολόγησης της κατασκευής.

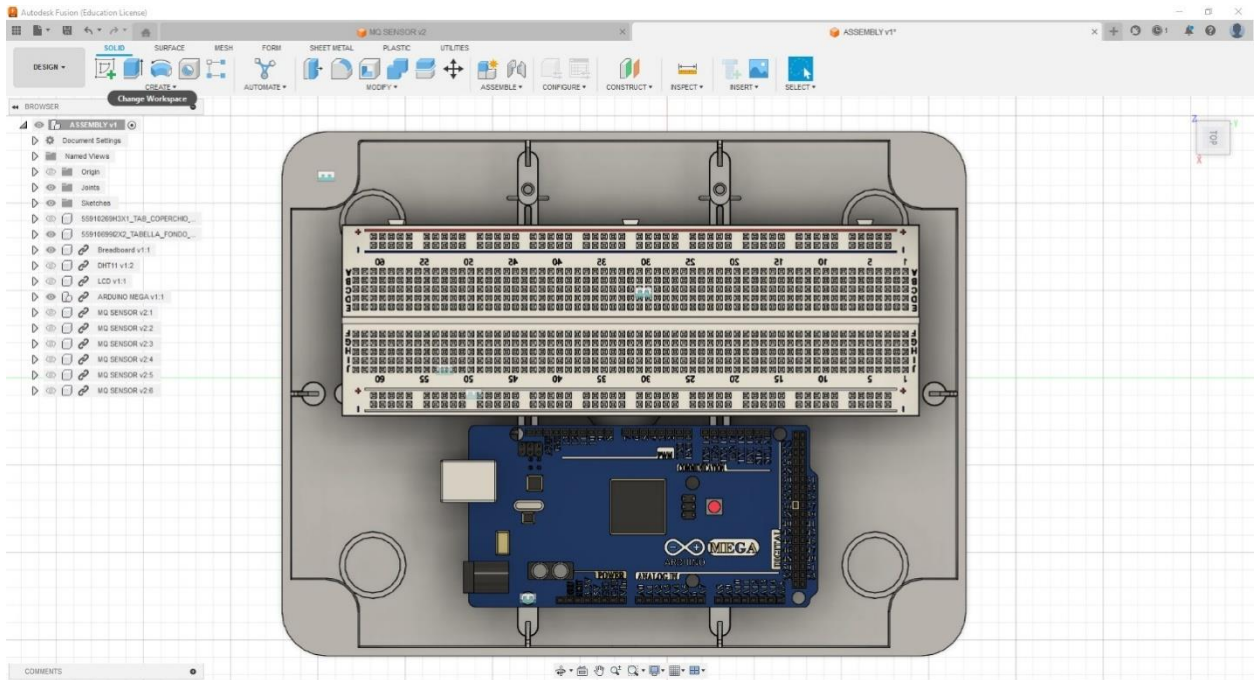


Σχήμα 59:Εισαγωγή κουτιού

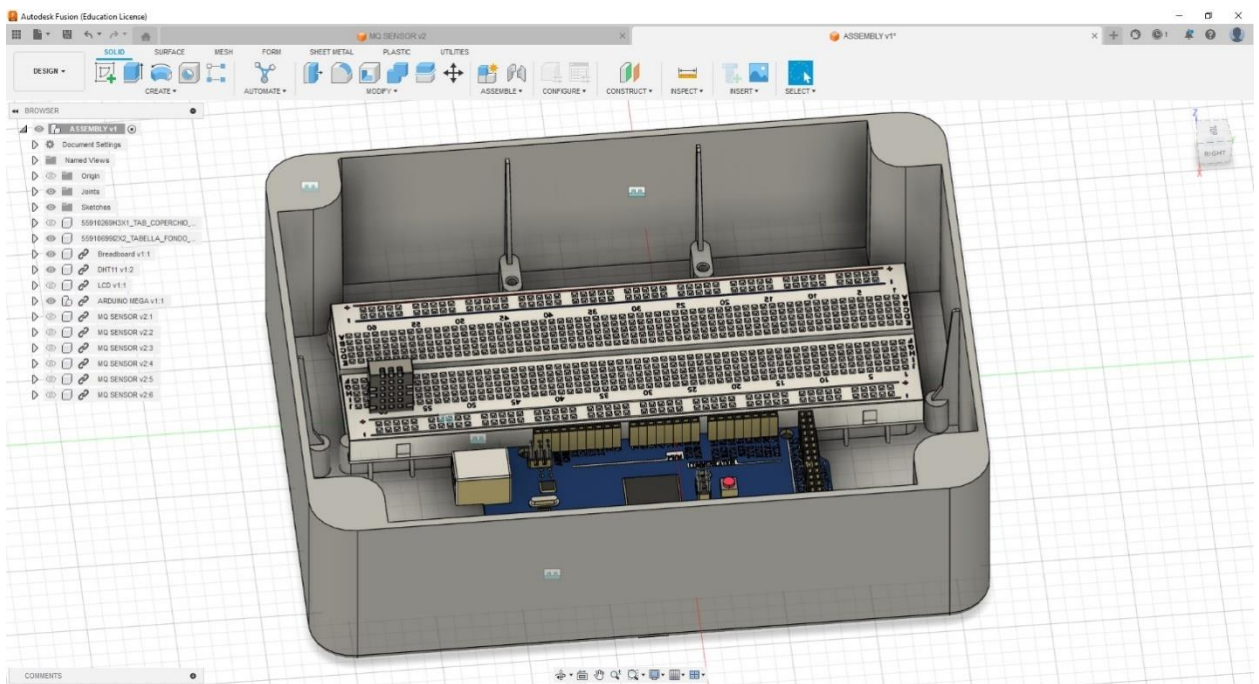


Σχήμα 60:Εισαγωγή breadboard

6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή

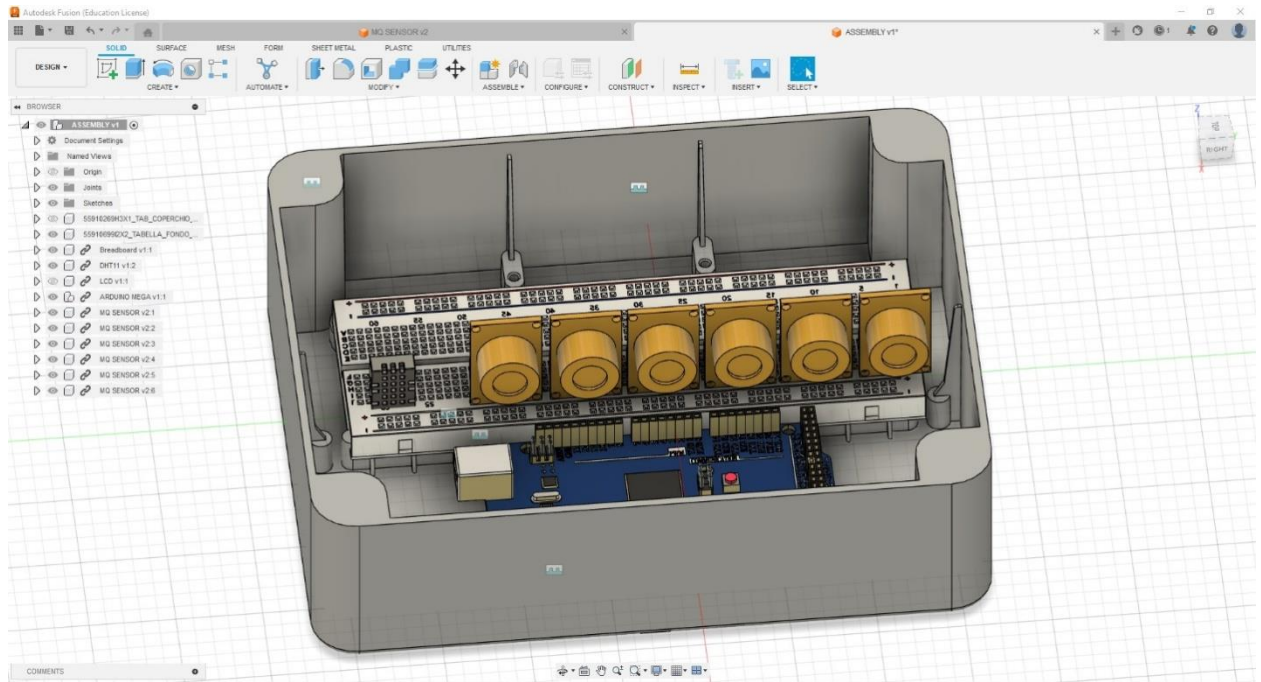


Σχήμα 61:Εισαγωγή arduino mega

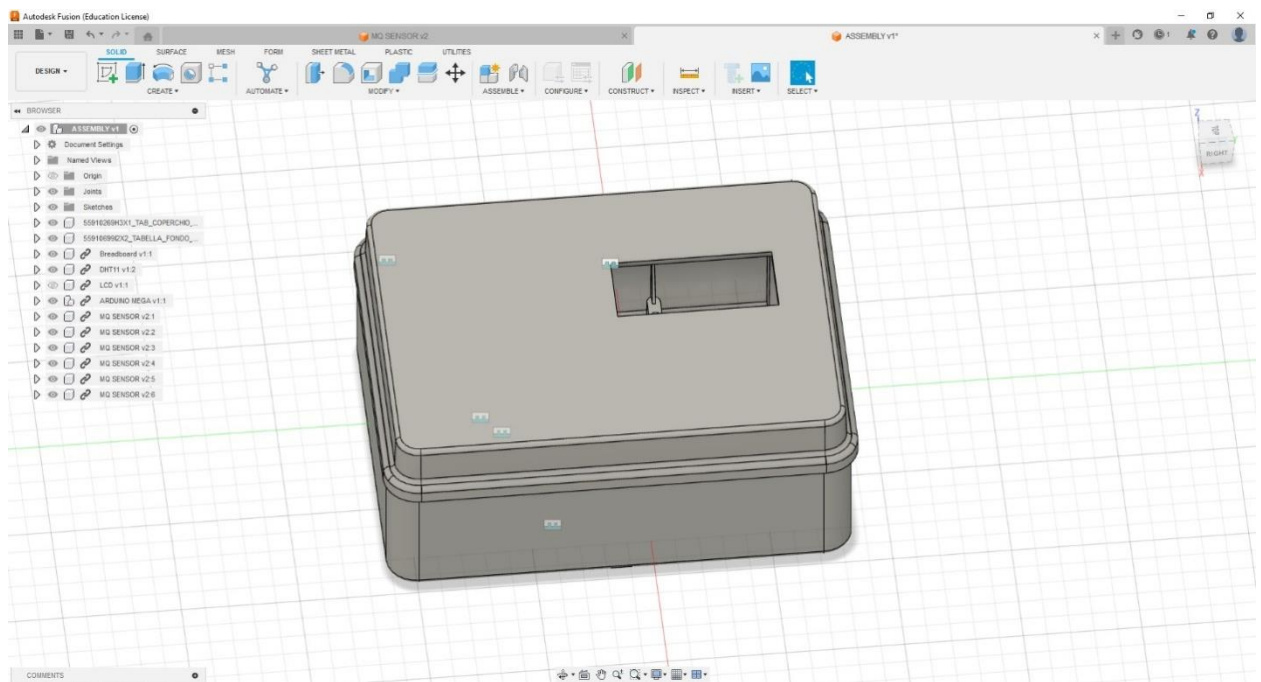


Σχήμα 62:Εισαγωγή DHT11

6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή

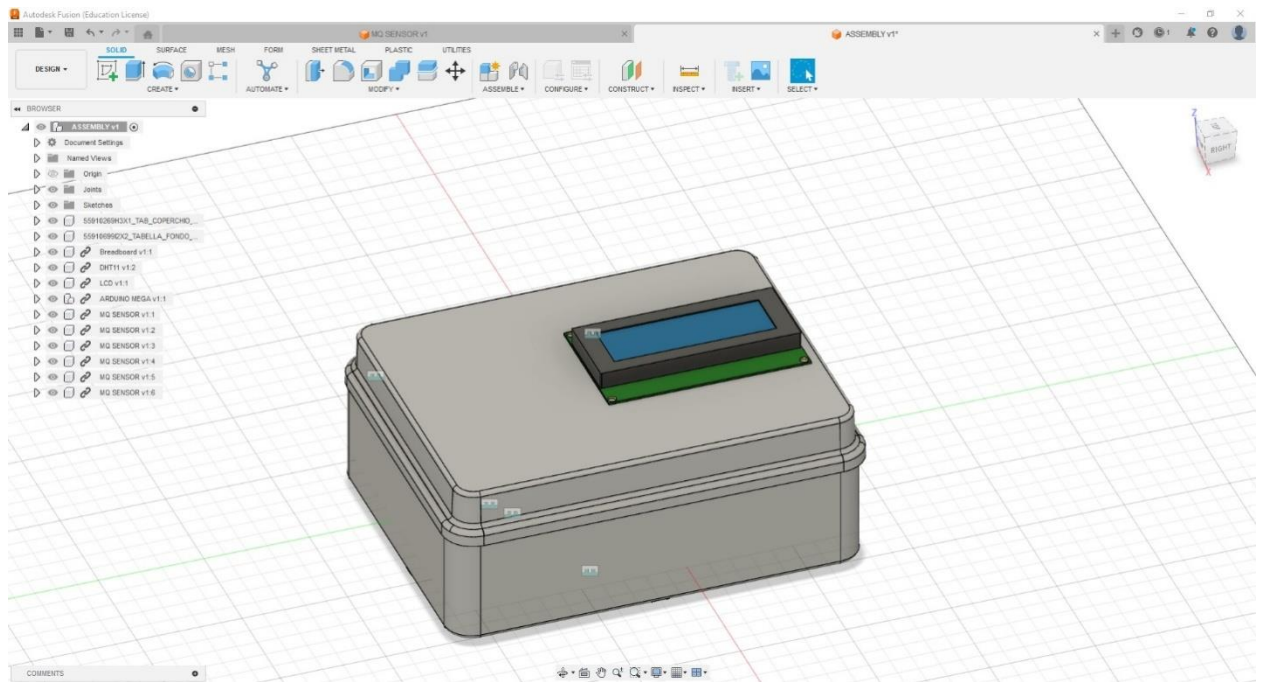


Σχήμα 63:Εισαγωγή MQ αισθητήρων



Σχήμα 64:Εισαγωγή κατακτιού

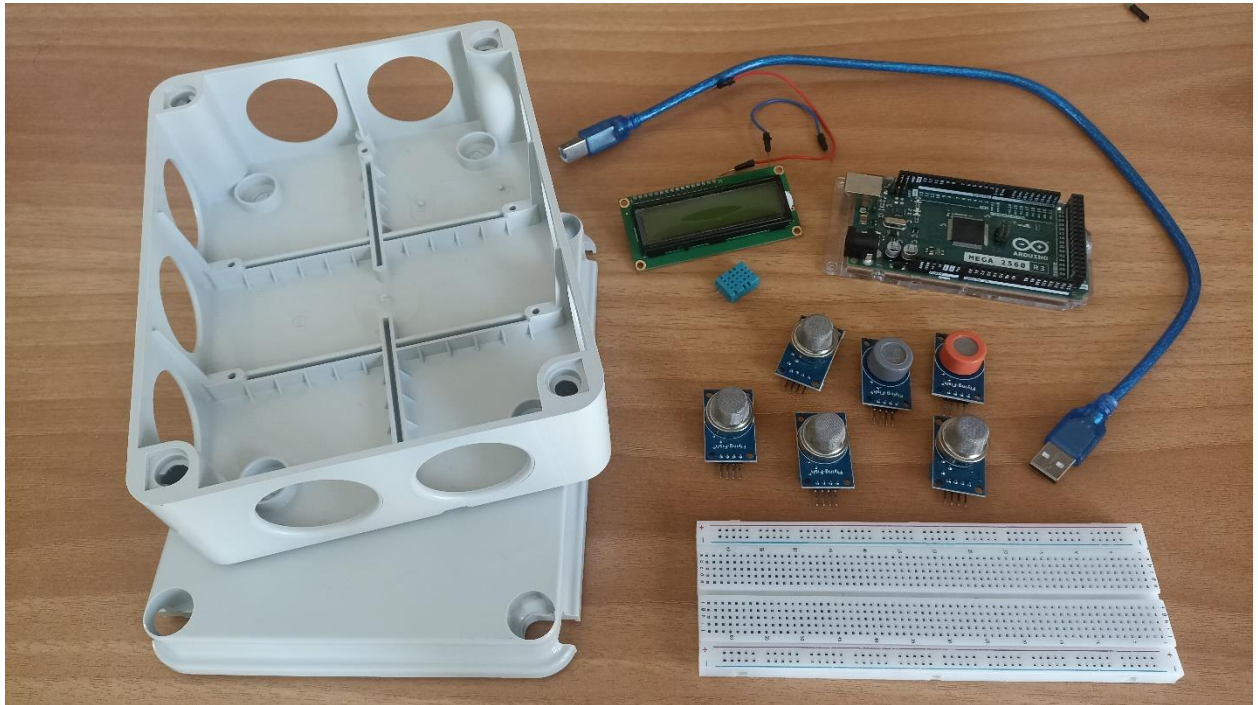
6. Σχεδίαση 3D διάταξης ανιχνευτή



Σχήμα 65:Εισαγωγή LCD οθόνης

7. Κατασκευή

7.1 Εμπορικά μέρη



Σχήμα 66: Εμπορικά μέρη

Στη παραπάνω φωτογραφία, παρουσιάζονται όλα τα εμπορικά μέρη που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του αισθητήρα αερίων. Πιο αναλυτικά χρησιμοποιήθηκαν:

1x JUNCTION BOX WITH PLAIN SCREWED LID

1x Arduino Mega 2560 R3

1x Breadboard

1x MQ-3 Sensor

1x MQ-4 Sensor

1x MQ-7 Sensor

1x MQ-8 Sensor

1x MQ-9 Sensor

1x MQ-135 Sensor

1x DHT11 Sensor

1x LCD screen 16x2

1x I2C LCD Display

1x Arduino power cable

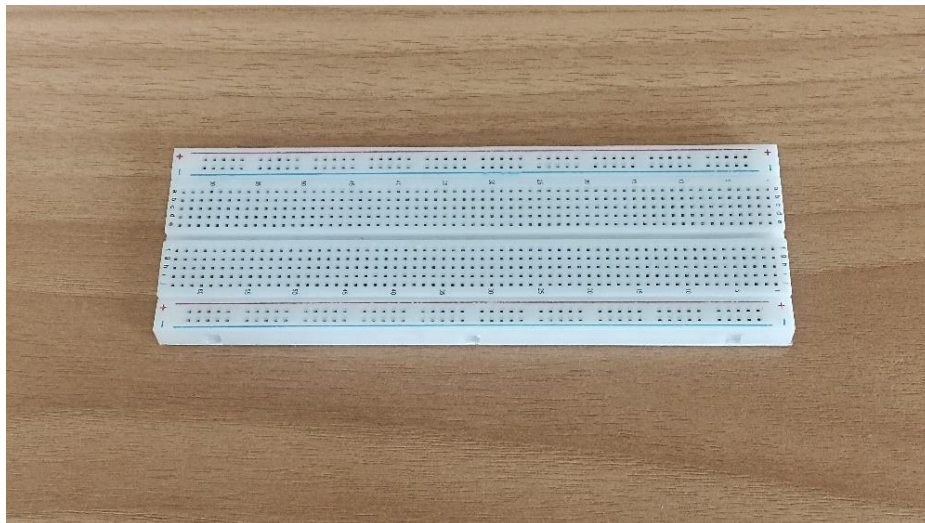
2x LEDS (GREEN-RED)

27x Jumper wires male-male

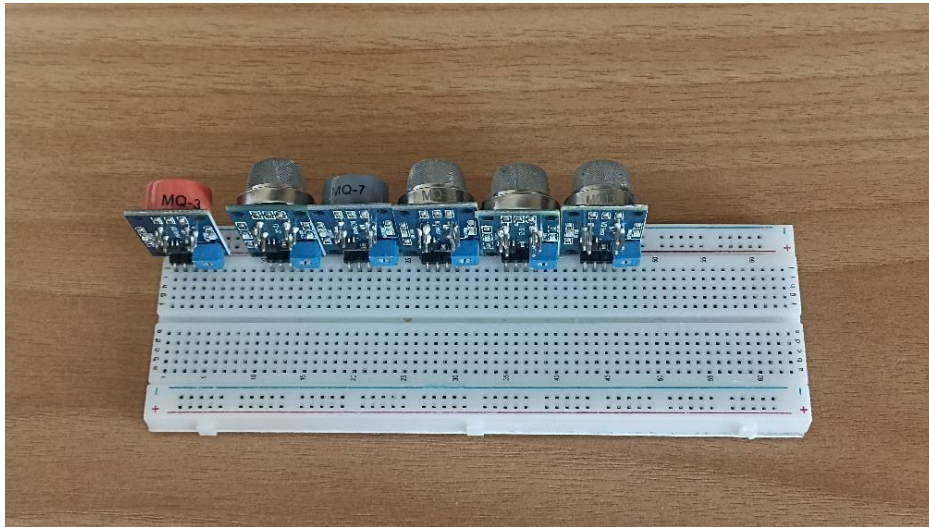
4x Jumper wires female-female

7.2 Συναρμολόγησημερών

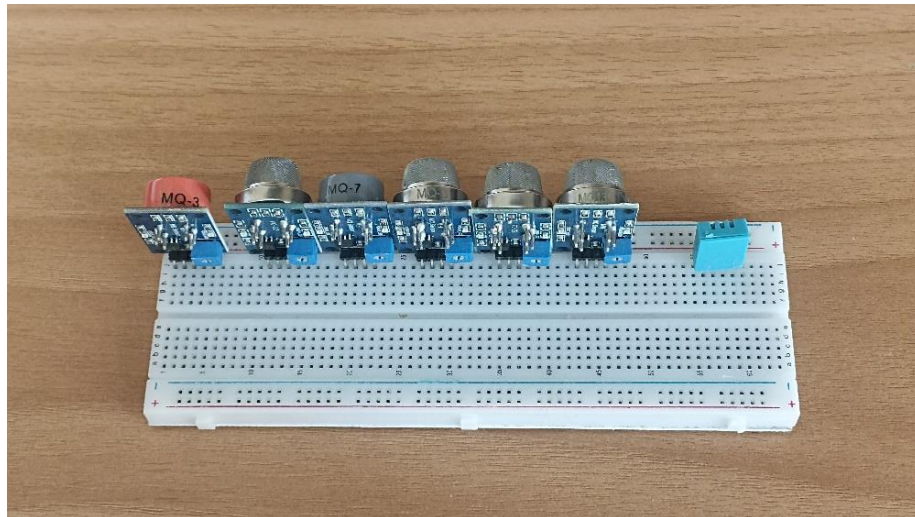
Αρχικά, τοποθέτησα το breadboard και μετέβηκα στη διαδικασία συναρμολόγησης των αισθητήρων αερίων, καθώς και του αισθητήρα θερμοκρασίας-υγρασίας DHT11. Στη συνέχεια, προχώρησα στη σύνδεσή τους με το breadboard, ενσωματώνοντας κάθε pin των αισθητήρων στις αντίστοιχες γραμμές τάσης 5V και γείωσης. Έπειτα, προχώρησα στη σύνδεσή τους με τις αντίστοιχες θύρες του Arduino Mega, όπως λεπτομερώς περιγράφεται στην ενότητα 5. 3 του παρόντος έργου. Τέλος, προέβηκα στη σύνδεση καλωδίων στην LCD οθόνη και την προσέδεσα στην αντίστοιχη θύρα επικοινωνίας της πλακέτας του Arduino. Οι προαναφερθείσες ενέργειες διενεργήθηκαν με προσοχή και σύμφωνα με τις αναγκαίες προδιαγραφές, με στόχο την ορθή λειτουργία του συστήματος.



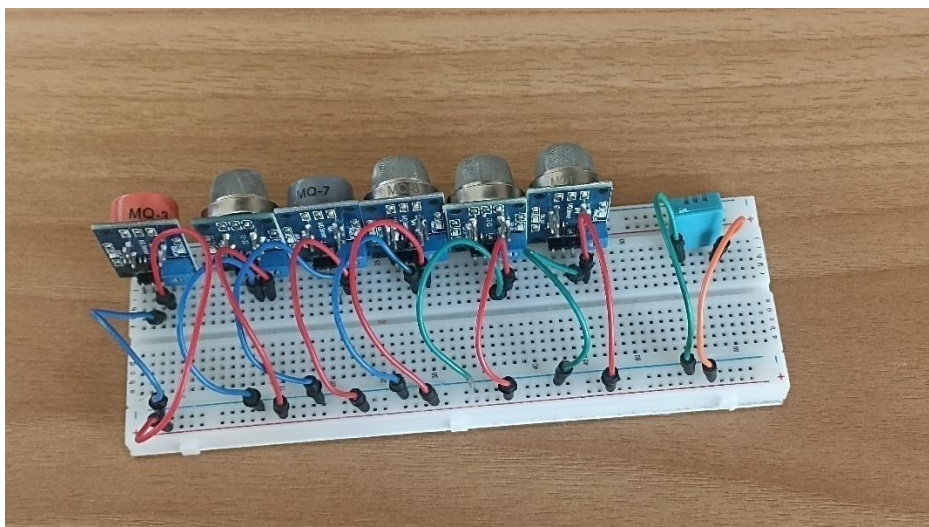
Σχήμα 67: Breadboard



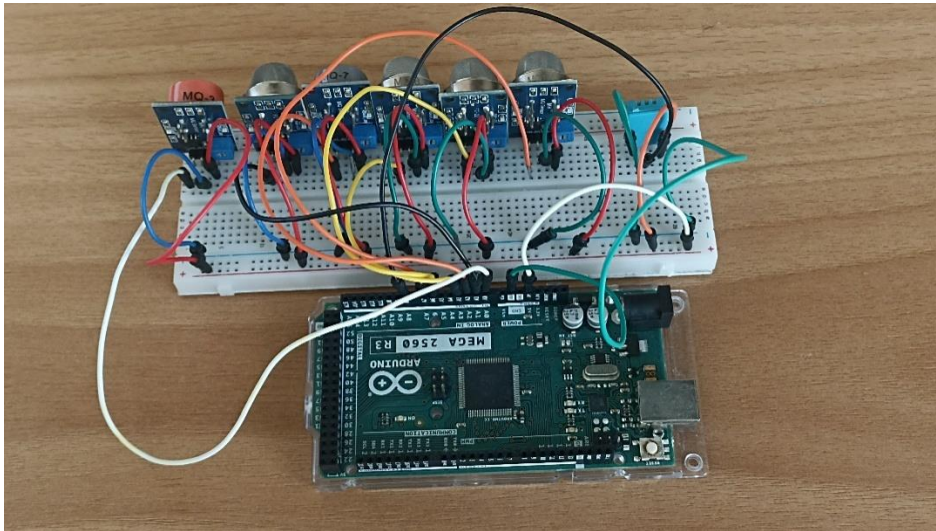
Σχήμα 68: Εισαγωγή αισθητήρων αερίων



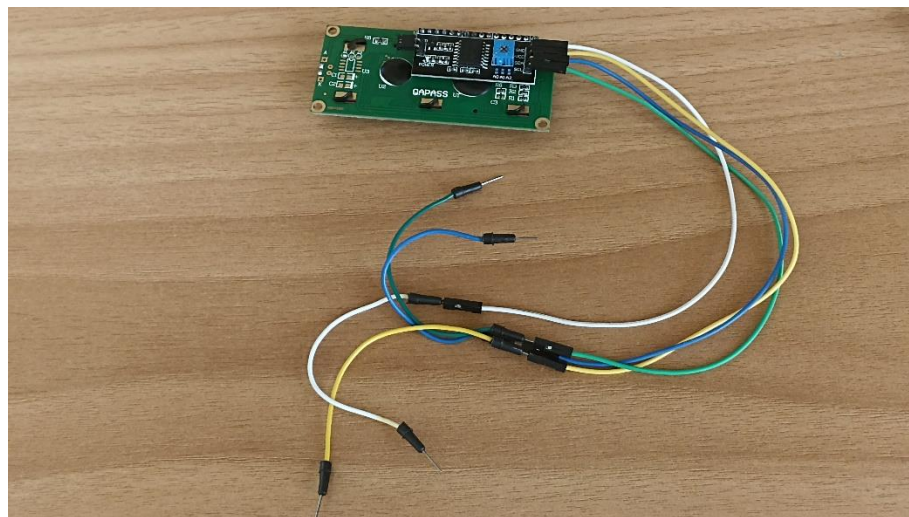
Σχήμα 69: Εισαγωγή αισθητήρα DHT11



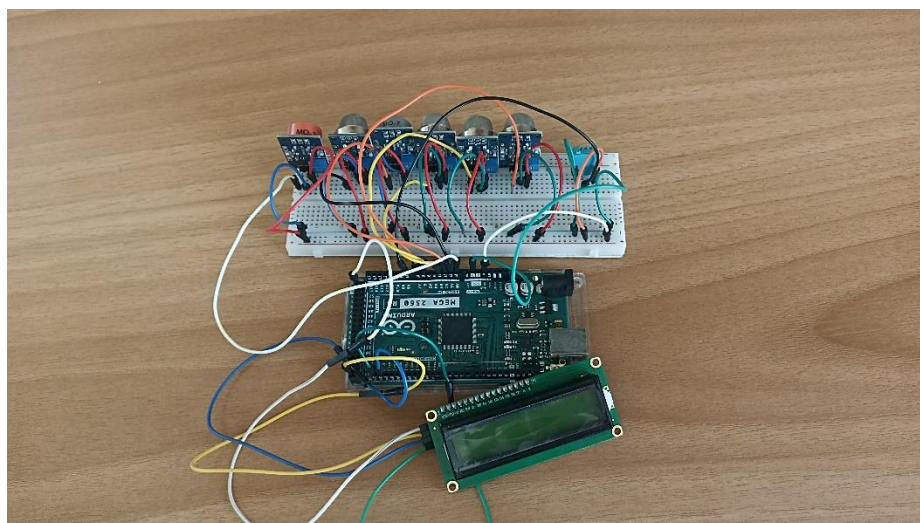
Σχήμα 70: Εισαγωγή καλωδίων



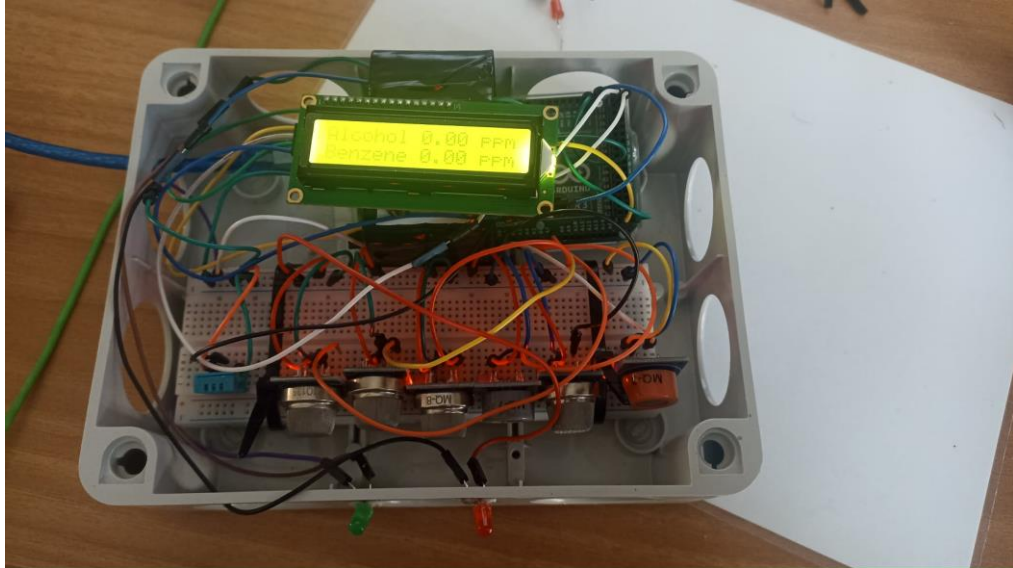
Σχήμα 71: Σύνδεση με arduino mega



Σχήμα 72: Σύνδεση i2c και lcd οθόνης

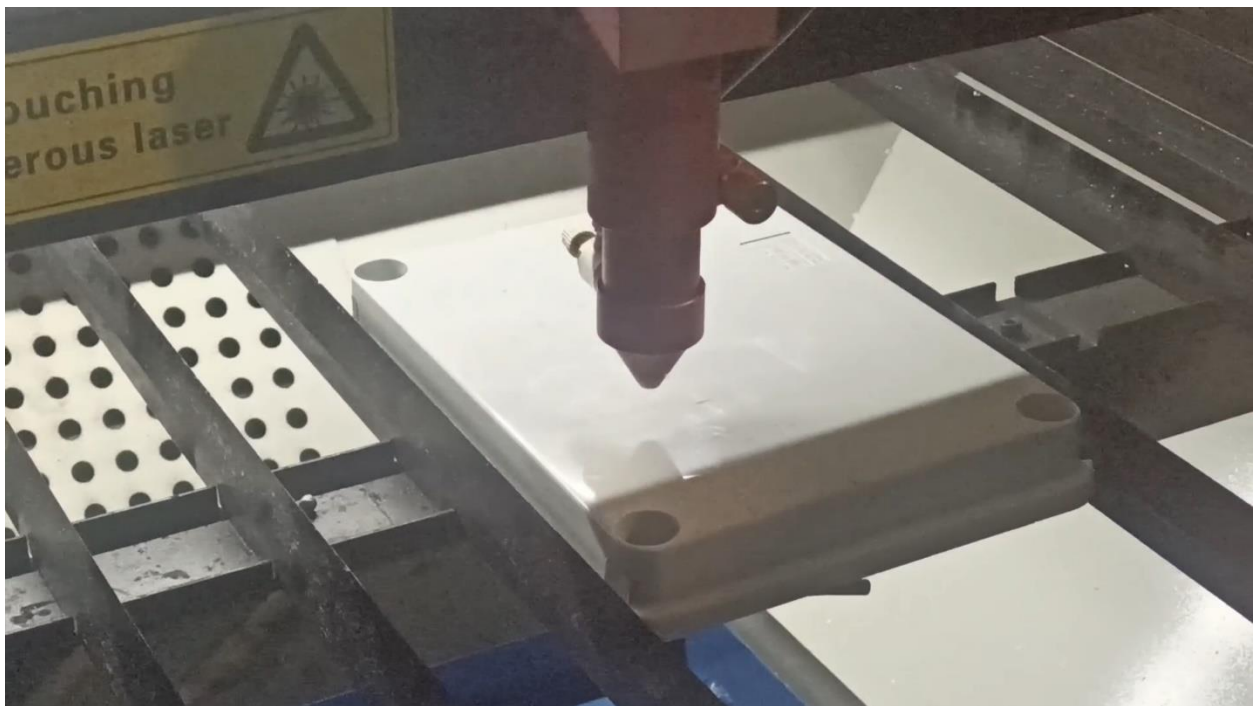


Σχήμα 73: Σύνθεση όλων των στοιχείων για την ολοκλήρωση της διάταξης

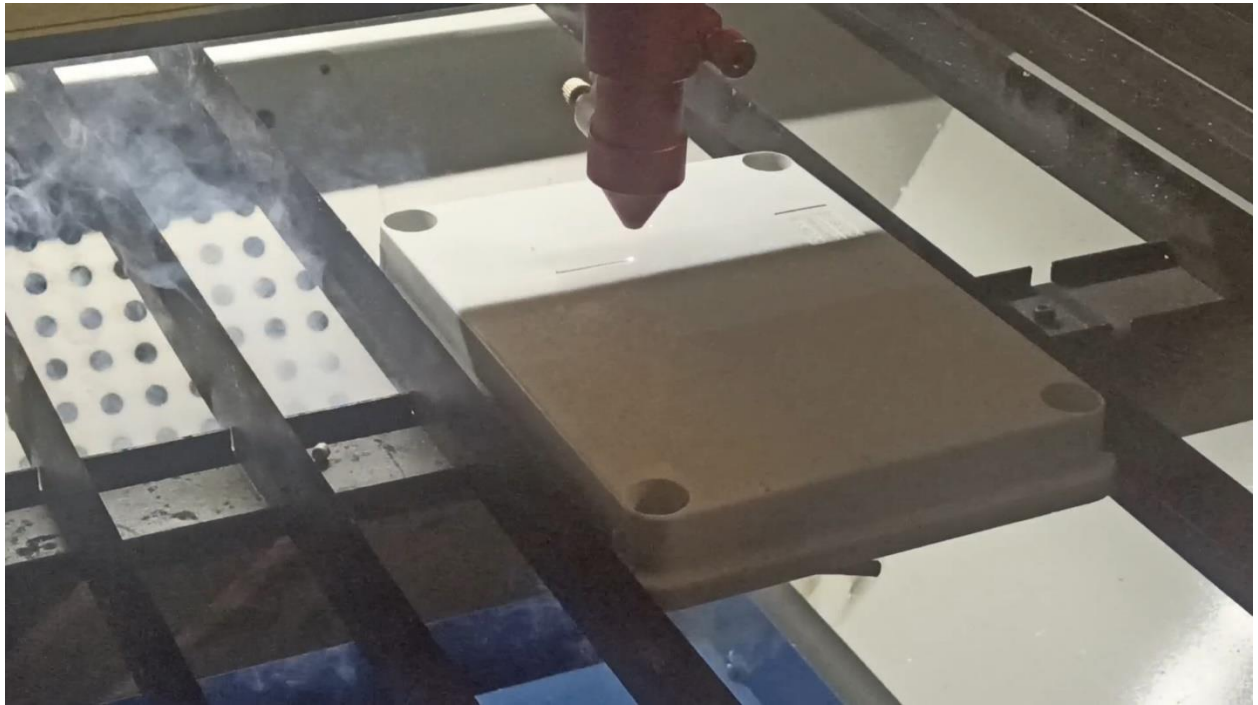


Σχήμα 74: Εισαγωγή της διάταξης στο κουτί

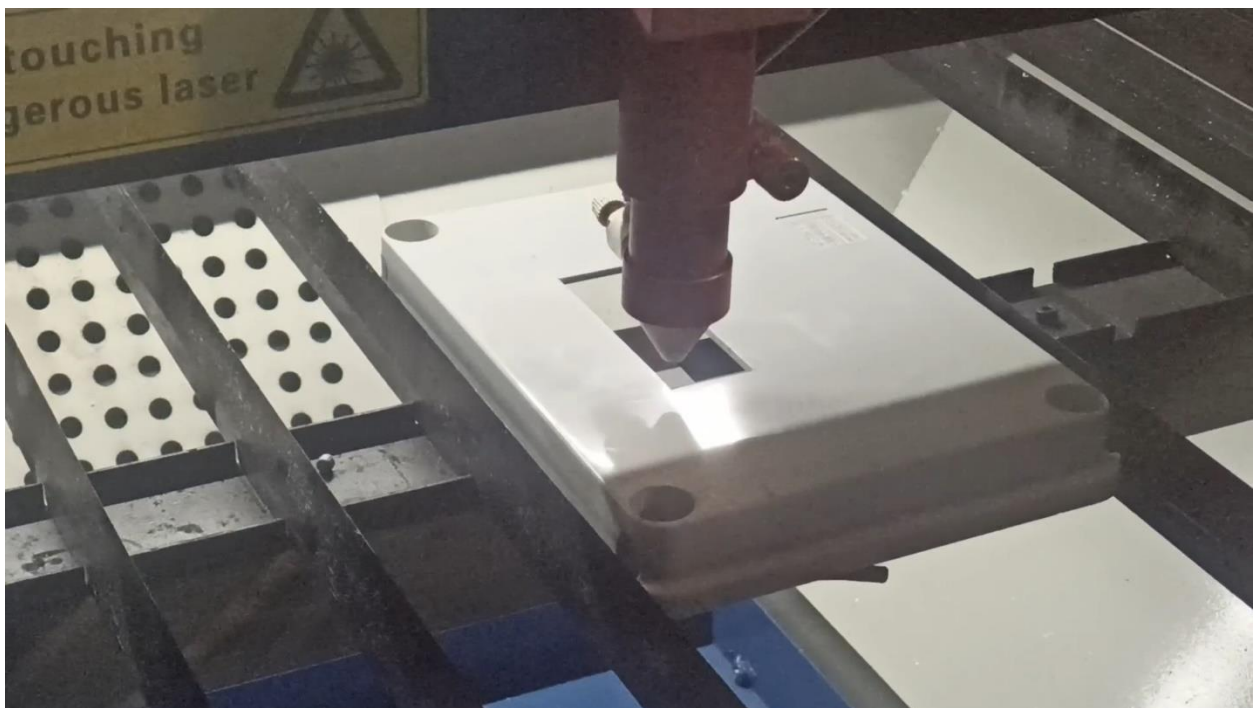
Στην συνέχεια, έγινε τροποποίηση στο καπάκι του κουτιού που θα υποδεχθεί την συναρμολογούμενη διάταξη. Η κατεργασία έγινε με τη χρήση laser, στο εργαστήριο του ΔΙ. ΠΑ. Ε Σερρών. Ακολουθεί σχετικό υλικό από την κατεργασία:



Σχήμα 75: Πρώτη φάση της κατεργασίας



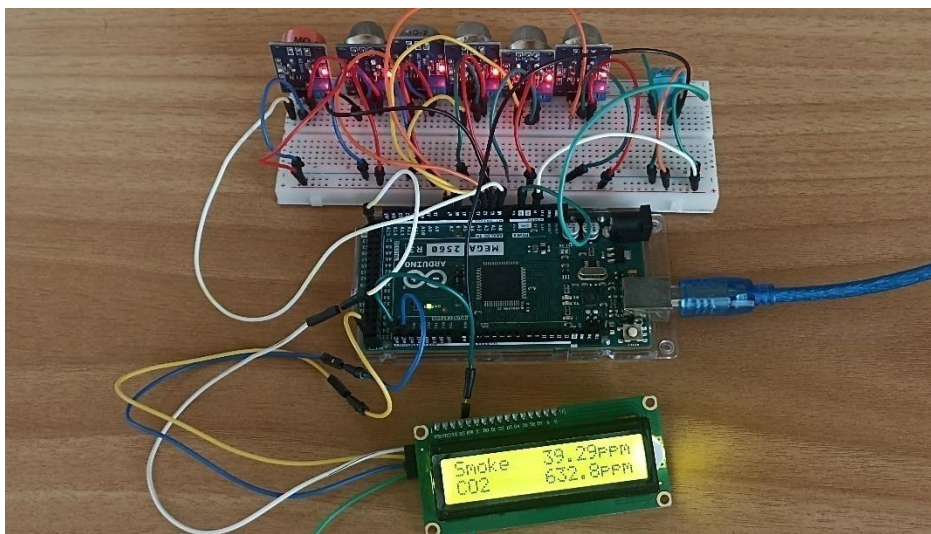
Σχήμα 76: Δεύτερη φάση της κατεργασίας



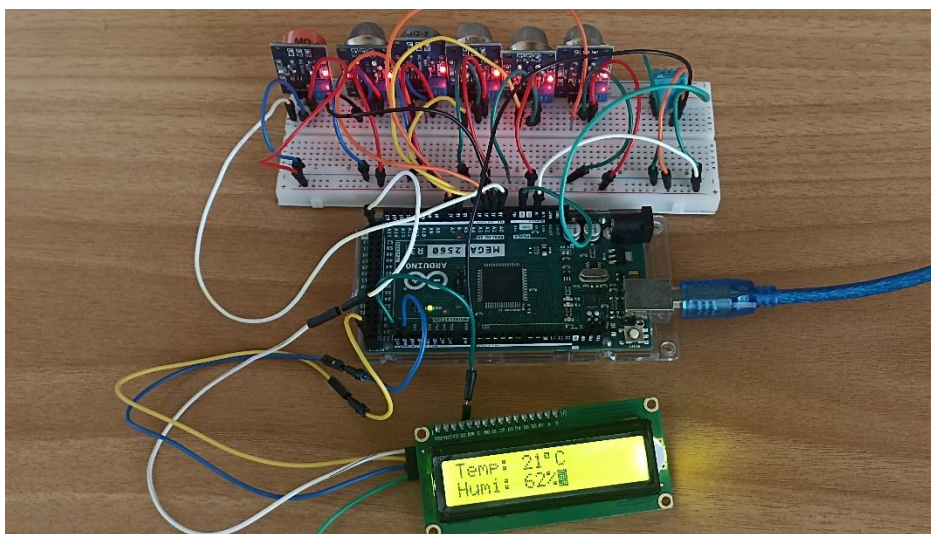
Σχήμα 77: Τρίτη φάση της κατεργασίας

7.3 Δοκιμές λειτουργίας

Μετά τη συναρμολόγηση όλων των εξαρτημάτων, προχώρησα στο στάδιο των δοκιμών των αισθητήρων, εκτέλεσης του κώδικα και αξιολόγησης της κατασκευής προκειμένου να διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία του συστήματος σύμφωνα με τις προδιαγραφές που είχαν καθορισθεί εκ των προτέρων. Αυτή η φάση αποτελεί κρίσιμο στάδιο επιβεβαίωσης της συμβατότητας και της ακρίβειας του συστήματος πριν την τελική εφαρμογή του σε πραγματικές συνθήκες. Το προαναφερθέν διασφαλίζει τη σωστή λειτουργία του συστήματος και την αποφυγή πιθανών αστοχιών ή προβλημάτων κατά την εφαρμογή του σε πραγματικό περιβάλλον.



Σχήμα 78: Δοκιμές λειτουργίας σε δωμάτιο



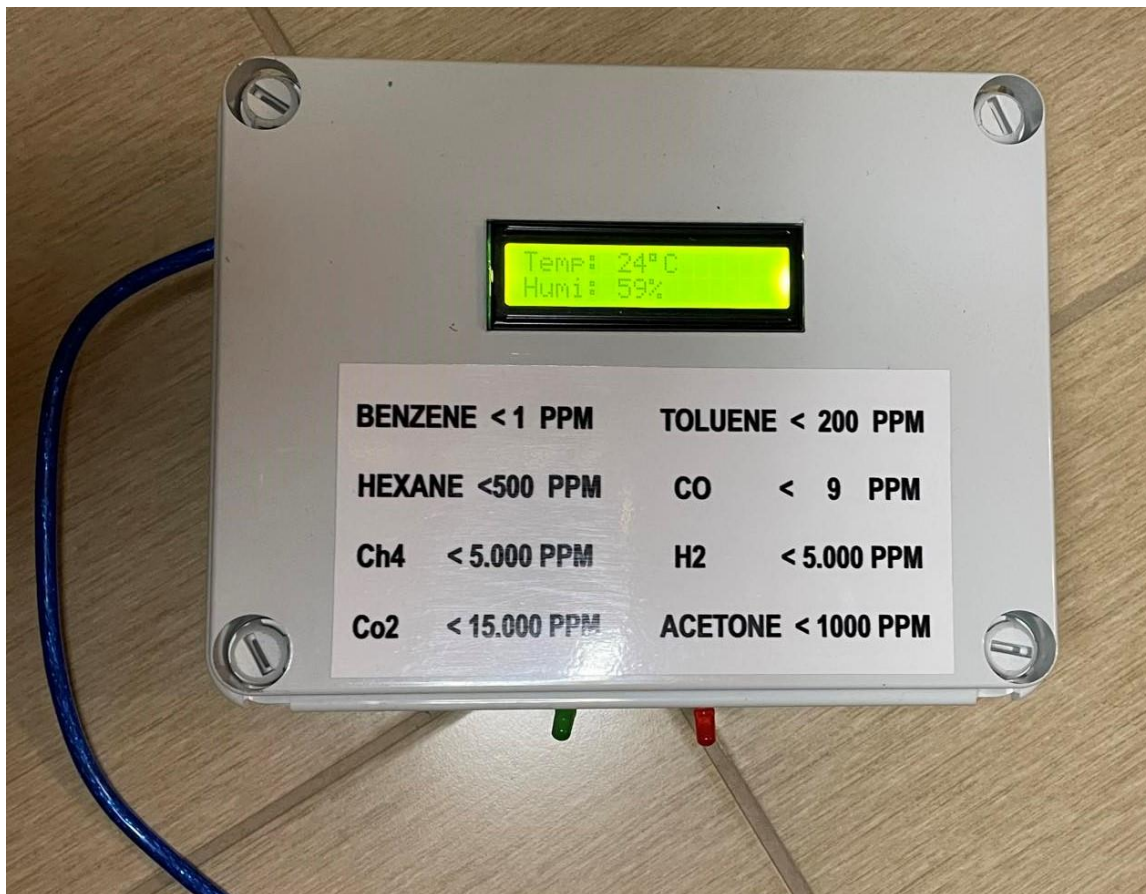
Σχήμα 79: Δοκιμές λειτουργίας σε δωμάτιο



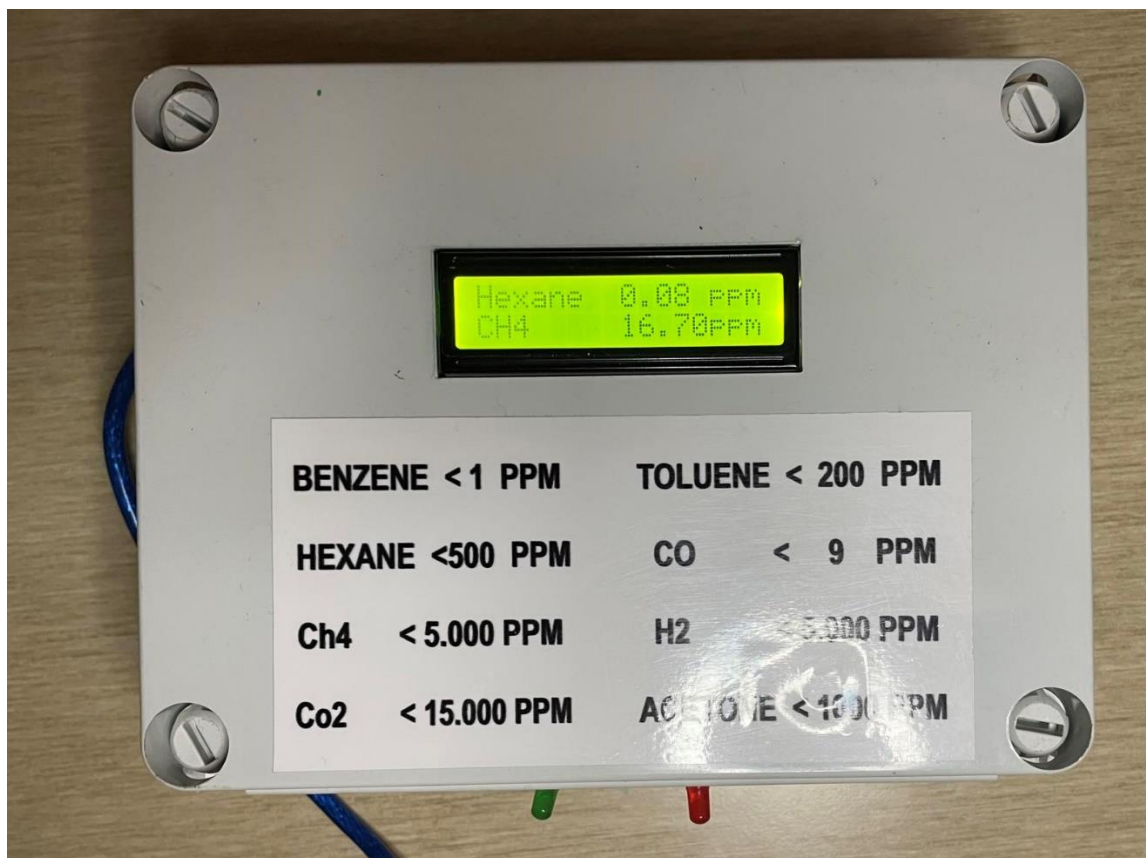
Σχήμα 80: Δοκιμές λειτουργίας μέσα στο κουτί



Σχήμα 81: Δοκιμές λειτουργίας μέσα στο κουτί



Σχήμα 82: Δοκιμές λειτουργία τελικής κατασκευής



Σχήμα 83: Δοκιμές λειτουργία τελικής κατασκευής

8. Συμπεράσματα και Βελτιώσεις

Συμπεράσματα

Η συσκευή ανίχνευσης αερίων αναπτύχθηκε για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας με στόχο την κατανόηση των συστημάτων ανίχνευσης αερίων και την εξοικείωση με το περιβάλλον Arduino. Η κύρια λειτουργία της συσκευής ήταν η παρακολούθηση των αερίων στο εργαστήριο. Αρχικά, διεξήχθη μελέτη για τους κατάλληλους αισθητήρες και τις μεθόδους που θα χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή δεδομένων. Έπειτα, αναπτύχθηκε ο κώδικας με τις κατάλληλες παραμέτρους για τη σωστή λειτουργία της συσκευής.

Η κατασκευή κατάφερε να επιτύχει τις επιθυμητές μετρήσεις των αερίων καθώς και της θερμοκρασίας και της υγρασίας, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα είτε με άλλους εμπορικούς αισθητήρες είτε με αναφορές σε μελέτες για τη σύσταση των αερίων στον καθαρό αέρα. Πιστεύω πως με το πέρας της εργασίας η κατασκευή ανταποκρίνεται πλήρως στις απαιτήσεις που θα χρησιμοποιηθεί.

Βελτιώσεις

Η εφαρμογή μπορεί να αναβαθμιστεί προσθέτοντας συστήματα επικοινωνίας είτε αντικαθιστώντας κάποια ήδη υπάρχοντα με καλύτερα.

1. Βελτίωση πλακέτας

Η αντικατάσταση του breadboard με raster ή PCB είναι μια καλή βελτίωση. Το raster (perfboard) επιτρέπει πιο μόνιμες συνδέσεις σε σχέση με το breadboard, καθώς τα εξαρτήματα μπορούν να κολληθούν πάνω στο raster για να εξασφαλιστούν σταθερότερες συνδέσεις. Το PCB (Printed Circuit Board) προσφέρει υψηλότερη αξιοπιστία και καλύτερη οργάνωση των κυκλωμάτων. Υπάρχουν πολλά εργαλεία, όπως το Eagle ή το KiCad, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό του PCB, καθιστώντας τη διαδικασία σχεδιασμού πιο αποδοτική και επαγγελματική.

2. Πραγματικός χρόνος

Με τη χρήση ενός RTC module (π.χ., DS3231) μπορεί να εξασφαλίσει ακριβή καταγραφή του χρόνου στα δεδομένα, επιτρέποντας την ακριβή χρονική σήμανση κάθε μέτρησης.

3. Αποθήκευση δεδομένων

Η προσθήκη μιας κάρτας SD επιτρέπει την καταγραφή των δεδομένων των αισθητήρων, διευκολύνοντας την ανάλυσή τους αργότερα ή τη χρήση τους για στατιστική ανάλυση. Η βιβλιοθήκη SD της Arduino είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για αυτή την εργασία.

4. Απομακρυσμένη παρακολούθηση

Για απομακρυσμένη παρακολούθηση των δεδομένων των αισθητήρων, μπορεί να προστεθεί ένα module Wi-Fi (όπως το ESP8266) ή Bluetooth, το οποίο θα επιτρέπει τη μετάδοση των δεδομένων σε μια εφαρμογή ή έναν server.

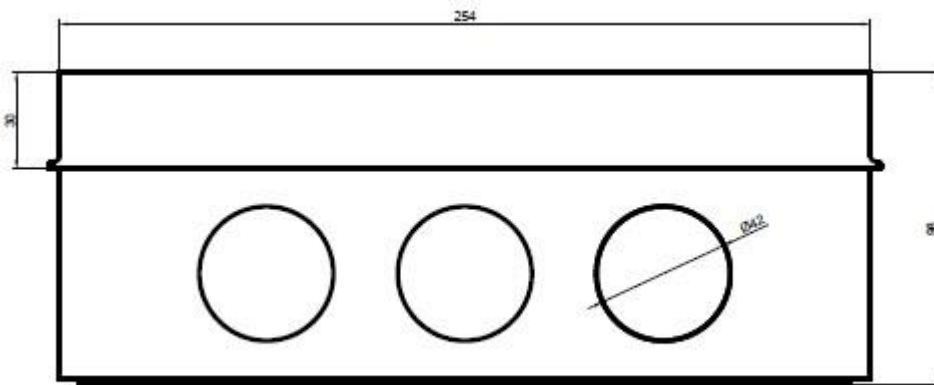
9. Βιβλιογραφία

1. Παναγιώτης Παπάζογλου, Σπύρος-Πολυχρόνης Λιωνής, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕ ΤΟ ARDUINO 3^η έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2021
2. John Vetelino, Aravind Reghu, Introduction to sensors, CRC Press, 2011
3. Charles Nehme, Arduino Sensors, Amazon Digital Services LLC - Kdp, 2023
4. James A. Raub a, Monique Mathieu-Nolf b , Neil B. Hampson c , Stephen R. Thom d, Carbon monoxide poisoning — a public health perspective, toxicology, 145, 1999
5. Alisher Shakirovich Ismailov, Zafar Botirovich Jo'rayev, Study of arduino microcontroller board, "Science and Education" Scientific Journal, March 2022
6. Xiao Liu, Sitian Cheng, Hong Liu, Sha Hu, Daqiang Zhang, Huansheng Ning, A Survey on Gas Sensing Technology, 2012
7. Kingbright, Datasheet, T-1 3/4 (5mm) FULL COLOR LED LAMP, 10/2010
8. Arduino, Datasheet, Arduino® UNO R3, 10/2023
9. Product Data Sheet GW44277
10. BPS, Large BreadBoards, Datasheet, 2014
11. Henan Hanwei Electronics Co. , Ltd, MQ-3 Semiconductor Sensor for Alcohol, Datasheet
12. Henan Hanwei Electronics Co. , Ltd, MQ-4 Semiconductor Sensor for Natural Gas, Datasheet
13. HANWEI ELECTRONICS CO . , LTD, MQ-7 GAS SENSOR, Datasheet
14. HANWEI ELETRONICS CO. ,LTD, MQ-8 GAS SENSOR, Datasheet
15. Henan Hanwei Electronics Co. , Ltd, MQ-9 Semiconductor Sensor for CO/Combustible Gas, Datasheet
16. HANWEI ELETRONICS CO. ,LTD, MQ-135 GAS SENSOR, Datasheet
17. Obaid Faroon, D. V. M. , Ph. D. , Mike Fay, Ph. D, Toxicological profile of acetone, U. S. Department of Health and Human Service, June 2022
18. Airgas Liquide Company, Carbon dioxide, Safety datasheet, 4/2017
19. ATSDR, PUBLIC HEALTH STATEMENT Benzene, August 2007

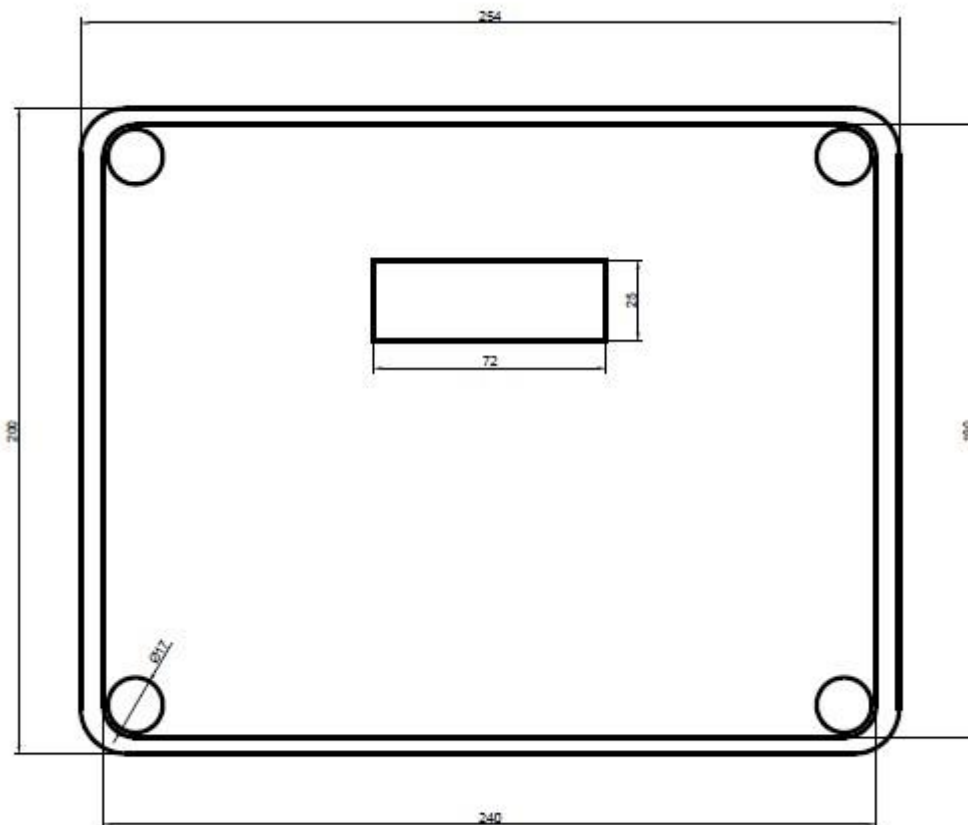
20. Matheson, methane safety datasheet, 3/2012
21. Ken O'Connor, Chapter 6 – Hydrogen, NASA Glenn Research Center Glenn Safety Manual, 3/2006
22. Matheson, <0,1% each Methane, ethane, propane, butane Pentane, hexane, Datsheet, 2004
23. Matheson, N-Butane, datasheet, 5/200
24. <https://www.arduino.cc>
25. <https://www.waveshare.com>
26. https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_detector
27. <https://www.autodesk.com/>
28. <https://www.gewiss.com/ww/en/products/product.1000002.1000088.GW44207>
29. <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>
30. <https://www.imf-electronics.com/>
31. <https://www.baumer.com/int/en>
32. <https://www.fruugo.gr/>
33. <https://www.bosch-sensortec.com/>
34. <https://grobotronics.com/oem.html>
35. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor>
36. <https://grabcad.com/dashboard>

10. Παράρτημα

I. Κατασκευαστικά σχέδια εξαρτημάτων



Σχήμα 84: Πρόοψη κατασκευής



Σχήμα 85: Κάτοψη κατασκευής

II. Κώδικαςελέγχου

```

//Βιβλιοθήκες
#include<DHT.h>
#include<Wire.h>
#include<MQUnifiedsensor.h>
#include<LCD-I2C.h>

DHT dht(2, DHT11); //Δήλωση θύρας 2 για τον αισθητήρα DHT11
int temp; //Μεταβλητή για θερμοκρασία
int humidity; //Μεταβλητή για υγρασία

LCD_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Διεύθυνση επικοινωνίας με LCD οθόνη με χρήση i2c

#define Board ("Arduino Mega 2560 R3")
#define Pin3 (A0) //Analog input 0 of arduino
#define Pin4 (A1) //Analog input 1 of arduino
#define Pin7 (A2) //Analog input 2 of arduino
#define Pin8 (A3) //Analog input 3 of arduino
#define Pin9 (A6) //Analog input 6 of arduino
#define Pin135 (A7) //Analog input 7 of arduino

#define RatioMQ3CleanAir (60) //RS / R0 = 60 ppm
#define RatioMQ4CleanAir (4.4) //RS / R0 = 4.4 ppm
#define RatioMQ135CleanAir (3.6) //RS / R0 = 10 ppm
#define RatioMQ7CleanAir (27.5) //RS / R0 = 27.5 ppm
#define RatioMQ8CleanAir (70) //RS / R0 = 70 ppm
#define RatioMQ9CleanAir (9.6) //RS / R0 = 9.6 ppm
#define ADC_Bit_Resolution (10) // 10 bit ADC
#define Voltage_Resolution (5) // Volt resolution to calc the voltage
#define Type ("Arduino Mega 2560 R3") //Board used

#define Alcohol_Limit //ppm that can't exceed
#define Benzene_Limit 1 //ppm that can't exceed
#define Hexane_Limit 500 //ppm that can't exceed
#define CH4_Limit 5000 //ppm that can't exceed
#define smoke_Limit 20000 //ppm that can't exceed
#define CO2_Limit 12000 //ppm that can't exceed
#define Toluene_Limit 200 //ppm that can't exceed
#define NH4_Limit 50 //ppm that can't exceed
#define Acetone_Limit 1000 //ppm that can't exceed
#define CO_Limit 9 //ppm that can't exceed
#define H2_Limit 5000 //ppm that can't exceed
#define FG_Limit 5000 //ppm that can't exceed

#define RED 11 //Κόκκινο Led
#define GREEN 10 //Πράσινο Led

//Declare Sensor
MQUnifiedsensor MQ3(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin3, Type);
MQUnifiedsensor MQ4(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin4, Type);
MQUnifiedsensor MQ7(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin7, Type);
MQUnifiedsensor MQ8(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin8, Type);
MQUnifiedsensor MQ9(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin9, Type);
MQUnifiedsensor MQ135(Board, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, Pin135, Type);

void setup(){
Serial.begin(9600); //Ενεργοποίηση σειριακής επικοινωνίας

dht.begin(); //Ενεργοποίηση αισθητήρα DHT11

```

```

lcd.begin(); //Ενεργοποίηση LCD οθόνης
lcd.backlight(); //Ενεργοποίηση φωτισμού LCD οθόνης
lcd.display(); //Ενεργοποίηση εμφάνισης δεδομένων

MQ3.init();
MQ3.setRegressionMethod(1); //_PPM = a*ratio^b
MQ3.setR0(0.45);
MQ4.init();
MQ4.setRegressionMethod(1); //_PPM = a*ratio^b
MQ4.setR0(14.23);
MQ135.init();
MQ135.setRegressionMethod(1); //_PPM = a*ratio^b
MQ135.setR0(9.03);
MQ7.init();
MQ7.setRegressionMethod(1); //_PPM = a*ratio^b
MQ7.setR0(5.90);
MQ8.init();
MQ8.setRegressionMethod(1); //_PPM = a*ratio^b
MQ8.setR0(0.91);
MQ9.init();
MQ9.setRegressionMethod(1); //_PPM = a*ratio^b
MQ9.setR0(13.93);

voidloop(){
//Ενημέρωση τιμών τάσεων
MQ3.update(); //ενημέρωση αισθητήρα MQ-3
MQ4.update(); //ενημέρωση αισθητήρα MQ-4
MQ7.update(); //ενημέρωση αισθητήρα MQ-7
MQ8.update(); //ενημέρωση αισθητήρα MQ-8
MQ9.update(); //ενημέρωση αισθητήρα MQ-9
MQ135.update(); //ενημέρωση αισθητήρα MQ-135

delay(1000); //καθυστέρηση 1 δευτερολέπτου

int temp = dht.readTemperature(); //Δήλωση 'temp' για την θερμοκρασία μέσω αισθητήρα
DHT11
int humidity = dht.readHumidity(); //Δήλωση 'humidity' για την υγρασία μέσω αισθητήρα
DHT11

    MQ3.setA(0.3934); MQ3.setB(-1.504); //Δήλωση σταθερών α και β για Alcohol
float Alcohol = MQ3.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-3

    MQ3.setA(4.8387); MQ3.setB(-2.68); //Δήλωση σταθερών α και β για Benzene
float Benzene = MQ3.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-3

    MQ3.setA(7585.3); MQ3.setB(-2.849); //Δήλωση σταθερών α και β για Hexane
float Hexane = MQ3.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-3

    MQ4.setA(1012.7); MQ4.setB(-2.786); //Δήλωση σταθερών α και β για CH4
float CH4 = MQ4.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-4

    MQ4.setA(30000000); MQ4.setB(-8.308); //Δήλωση σταθερών α και β για Smoke
float smoke = MQ4.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-4

    MQ135.setA(115300.47); MQ135.setB(-2.862); //Δήλωση σταθερών α και β για CO2
float CO2 = MQ135.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-135

    MQ135.setA(44.947); MQ135.setB(-3.445); //Δήλωση σταθερών α και β για Toluene
float Toluene = MQ135.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-135

    MQ135.setA(102.2); MQ135.setB(-2.473); //Δήλωση σταθερών α και β για NH4
float NH4 = MQ135.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-135

```

```

MQ135.setA(34.668); MQ135.setB(-3.369); //Δήλωση σταθερών α και β για Acetone
float Acetone = MQ135.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-135

MQ7.setA(99.042); MQ7.setB(-1.518); //Δήλωση σταθερών α και β για CO
float CO = MQ7.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-7

MQ8.setA(976.97); MQ8.setB(-0.688); //Δήλωση σταθερών α και β για H2
float H2 = MQ8.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-8

MQ9.setA(1000.5); MQ9.setB(-2.186); //Δήλωση σταθερών α και β για flamable gas
float FG = MQ9.readSensor(); //Ανάγνωση αισθητήρα MQ-9

Serial.print("Alcohol: "); Serial.println(Alcohol); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("Benzene: "); Serial.println(Benzene); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("Hexane: "); Serial.println(Hexane); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("Methane: "); Serial.println(CH4); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("Smoke: "); Serial.println(smoke); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("CO2: "); Serial.println(CO2); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("Toluene: "); Serial.println(Toluene); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("NH4: "); Serial.println(NH4); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("Acetone: "); Serial.println(Acetone); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("CO: "); Serial.println(CO); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("H2: "); Serial.println(H2); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.print("FG: "); Serial.println(FG); //Εμφάνιση τιμών σειριακά
Serial.println("-----");

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (2,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("GAS DETECTOR"); //Εμφάνιση μηνύματος
lcd.setCursor (2,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("DIPAE SERRES"); //Εμφάνιση μηνύματος
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

if( Hexane>Hexane_Limit ||CH4>CH4_Limit ||smoke>smoke_Limit ||CO2>CO2_Limit
||Toluene>Toluene_Limit ||Acetone>Acetone_Limit ||CO>CO_Limit ||H2>H2_Limit
||FG>FG_Limit){
lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (5,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ALERT!"); //Εμφάνιση μηνύματος

lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("CH4 "); //Εμφάνιση μηνύματος
lcd.print(CH4); //αποτύπωση ένδειξης για CH4
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνύματος

if(CH4> CH4_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινο αναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινο σβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινο αναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινο σβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Hexane "); //Εμφάνιση μηνύματος

```

```
lcd.print(Hexane); //αποτύπωση ένδειξης για Hexane
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημυνηματος

if(Hexane> Hexane_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Smoke "); //Εμφάνιση μυνηματος
lcd.print(smoke); //αποτύπωση ένδειξης για Smoke
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημυνηματος

if(smoke> smoke_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("CO2 "); //Εμφάνιση μυνηματος
lcd.print(CO2); //αποτύπωση ένδειξης για CO2
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημυνηματος

if(CO2> CO2_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Toluene "); //Εμφάνιση μυνηματος
lcd.print(Toluene); //αποτύπωση ένδειξης για Toluene
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημυνηματος

if(Toluene> Toluene_Limit ){

digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
```

```
digitalWrite(LED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("NH4 "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(NH4); //αποτύπωση ένδειξης για NH4
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Acetone "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(Acetone); //αποτύπωση ένδειξης για Acetone
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημηνήματος

if(Acetone> Acetone_Limit){
digitalWrite(LED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(LED, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(LED, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(LED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("CO "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(CO); //αποτύπωση ένδειξης για CO
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημηνήματος

if(CO> CO_Limit){
digitalWrite(LED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(LED, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(LED, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(LED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("H2 "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(H2); //αποτύπωση ένδειξης για H2
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος

if(H2> H2_Limit){
digitalWrite(LED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(LED, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(LED, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(LED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων
```

```

lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("FG "); //Εμφάνιση μυνήματος
lcd.print(FG); //αποτύπωση ένδειξης για FG
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μυνήματος

if(FG> FG_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Alcohol "); //Εμφάνιση μυνήματος
lcd.print(Alcohol); //αποτύπωση ένδειξης για Alcohol
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημυνήματος

if( Benzene> Benzene_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Benzene "); //Εμφάνιση μυνήματος
lcd.print(Benzene); //αποτύπωση ένδειξης για Benzene
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μυνήματος
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Temp: "); //Εμφάνιση μυνήματος
lcd.print(temp); //αποτύπωση ένδειξης θερμοκρασίας
lcd.write(223); //Ειδικός χαρακτήρας για τον συμβολισμό της θερμοκρασίας
lcd.print("C"); //Εμφάνιση συμβόλου θερμοκρασίας
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Humi: "); //Εμφάνιση μυνήματος
lcd.print(humidity); //αποτύπωση ένδειξης υγρασίας
lcd.setCursor(8,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("%"); //Εμφάνιση συμβόλου υγρασίας
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων
}

//Δεύτερη παράμετρος
else{
lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Hexane "); //Εμφάνιση μυνήματος
lcd.print(Hexane); //αποτύπωση ένδειξης για Hexane

```

```

lcd.setCursor(13,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("CH4 "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(CH4); //αποτύπωση ένδειξης για CH4
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημηνήματος

if(Hexane> Hexane_Limit || CH4> CH4_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Smoke "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(smoke); //αποτύπωση ένδειξης για Smoke
lcd.setCursor(13,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("CO2 "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(CO2); //αποτύπωση ένδειξης για CO2
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημηνήματος

if(smoke> smoke_Limit || CO2> CO2_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Toluene "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(Toluene); //αποτύπωση ένδειξης για Toluene
lcd.setCursor(13,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("NH4 "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(NH4); //αποτύπωση ένδειξης για NH4
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημηνήματος

if(Toluene> Toluene_Limit ){

digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}

```



```

}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Acetone "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(Acetone); //αποτύπωση ένδειξης για Acetone
lcd.setCursor(13,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("CO "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(CO); //αποτύπωση ένδειξης για CO
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημηνήματος

if(Acetone> Acetone_Limit || CO> CO_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("H2 "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(H2); //αποτύπωση ένδειξης για H2
lcd.setCursor(13,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("FG "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(FG); //αποτύπωση ένδειξης για FG
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος

if(H2> H2_Limit || FG> FG_Limit){
digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Alcohol "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(Alcohol); //αποτύπωση ένδειξης για Alcohol
lcd.setCursor(13,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Benzene "); //Εμφάνιση μηνήματος
lcd.print(Benzene); //αποτύπωση ένδειξης για Benzene
lcd.setCursor(13,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("ppm"); //Εμφάνισημηνήματος

```

```
if( Benzene> Benzene_Limit){

digitalWrite(RED, HIGH); // Κόκκινοαναμμένο
digitalWrite(GREEN, LOW); // Πράσινοσβηστό
}
else{
digitalWrite(GREEN, HIGH); // Πράσινοαναμμένο
digitalWrite(RED, LOW); // Κόκκινοσβηστό
}
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων

lcd.clear(); //Καθαρισμός οθόνης
delay(70); //καθυστέρηση
lcd.setCursor (0,0); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Temp: "); //Εμφάνιση μηνύματος
lcd.print(temp); //αποτύπωση ένδειξης θερμοκρασίας
lcd.write(223); //Ειδικός χαρακτήρας για τον συμβολισμό της θερμοκρασίας
lcd.print("C"); //Εμφάνιση συμβόλου θερμοκρασίας
lcd.setCursor (0,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("Humi: "); //Εμφάνιση μηνύματος
lcd.print(humidity); //αποτύπωση ένδειξης υγρασίας
lcd.setCursor(8,1); //Ρύθμιση κέρσορα στην οθόνη
lcd.print("%"); //Εμφάνιση συμβόλου υγρασίας
delay(3000); //καθυστέρηση 3 δευτερολέπτων
}
}
```

Κώδικας καλυμπραρίσματος των αισθητήρων αερίων:

```
Serial. print("Calibratingplease wait. ");
floatMQ3calcR0 = 0,
MQ4calcR0 = 0,
MQ135calcR0= 0,
MQ7calcR0 = 0,
MQ8calcR0 = 0,
MQ9calcR0= 0;
for(int i = 1; i <= 10; i ++)
{
//Update the voltage lectures
MQ3. update();
MQ4. update();
MQ135. update();
MQ7. update();
MQ8. update();
MQ9. update();

MQ3calcR0 += MQ3. calibrate(RatioMQ3CleanAir);
MQ4calcR0 += MQ4. calibrate(RatioMQ4CleanAir);
MQ135calcR0 += MQ135. calibrate(RatioMQ135CleanAir);
MQ7calcR0 += MQ7. calibrate(RatioMQ7CleanAir);
MQ8calcR0 += MQ8. calibrate(RatioMQ8CleanAir);
MQ9calcR0 += MQ9. calibrate(RatioMQ9CleanAir);

Serial. print(". ");
}
MQ3. setR0(MQ3calcR0 / 10);
MQ4. setR0(MQ4calcR0 / 10);
MQ135. setR0(MQ135calcR0/ 10);
MQ7. setR0(MQ7calcR0 / 10);
MQ8. setR0(MQ8calcR0 / 10);
MQ9. setR0(MQ9calcR0/ 10);
Serial. println("done!. ");

Serial. print("(MQ3 - MQ9):");
Serial. print(MQ3calcR0 / 10); Serial. print(" | ");
Serial. print(MQ4calcR0/ 10); Serial. print(" | ");
Serial. print(MQ135calcR0 / 10); Serial. print("| ");
Serial. print(MQ7calcR0 / 10); Serial. print(" | ");
Serial. print(MQ8calcR0/ 10); Serial. print(" | ");
Serial. print(MQ9calcR0 / 10); Serial. println("|");

/***** MQ Calibration *****/
```

Σύντομο Βιογραφικό Σημείωμα

Προσωπικά στοιχεία: Βουδούρης Κωνσταντίνος

Βασική εκπαίδευση: Γενικό Λύκειο

Σπουδές: Μηχανολόγος Μηχανικός, ΔΙ. ΠΑ. Ε. ΣΕΡΡΕΣ

Επαγγελματική δραστηριότητα: Φοιτητής



ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
(MT-Lab)**

**Διευθυντής: Καθηγητής Dr. -Ing. Κ. Δαυίδ
ΤΕΡΜΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ, 62124, ΣΕΡΡΕΣ
Τηλ. +30 23210 49157**