



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΣΚΑΦΟΣ ΜΕ ARDUINO

Βελώκας Νικόλαος

Επιβλέπων: Γλαβάς Ευριπίδης

ΔΕΠ Καθηγητής

Άρτα, Σεπτέμβριος, 2023

SENSOR SYSTEM ON A BOAT WITH ARDUINO

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Γλαβάς Ευριπίδης

2. Μέλος επιτροπής

Τζάλλας Αλέξανδρος

3. Μέλος επιτροπής

Γιαννακέας Νικόλαος

© Βελώκας Νικόλαος, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Βελώκας Νικόλαος

Υπογραφή

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή παρουσιάζει την υλοποίηση ενός συστήματος αισθητήρων σε ένα σκάφος με τη χρήση του Arduino, με στόχο την ενίσχυση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας στη θαλάσσια ναυσιπλοΐα. Οι πρωταρχικοί στόχοι της μελέτης επικεντρώθηκαν στην αξιοποίηση του Arduino και της τεχνολογίας αισθητήρων για να καταστεί δυνατή η απόκτηση, επεξεργασία και επικοινωνία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Το σύστημα αισθητήρων ενσωμάτωσε το Funduino Mega 2560, έναν μικροελεγκτή βασισμένο στο Arduino, γνωστό για τις εκτεταμένες δυνατότητες εισόδου/εξόδου και την επεξεργαστική του ισχύ. Ποικίλοι αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων αερίου, αισθητήρων απόστασης υπερήχων και περιβαλλοντικών αισθητήρων, διευκόλυναν την ακριβή πλοήγηση, την περιβαλλοντική επίγνωση και τη βελτιστοποίηση των επιδόσεων του σκάφους.

Η αποτελεσματικότητα στην ενίσχυση της ασφάλειας αποδείχθηκε μέσω της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο των επιπέδων αερίου, της ανίχνευσης κίνησης, του βάθους νερού και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Η αποδοτικότητα βελτιστοποιήθηκε μέσω των πολύτιμων πληροφοριών του συστήματος για την πλοήγηση, τον προγραμματισμό διαδρομής και την αποφυγή εμποδίων, συμβάλλοντας σε ομαλότερα ταξίδια.

Η απομακρυσμένη συνδεσιμότητα μέσω της επικοινωνίας μέσω κινητών δικτύων παρείχε συνεχή πρόσβαση σε ζωτικής σημασίας δεδομένα, επιτρέποντας τη λήψη αποφάσεων από απομακρυσμένες τοποθεσίες. Τα ευρήματα της μελέτης αναδεικνύουν τις δυνατότητες του Arduino και της τεχνολογίας αισθητήρων για την επανάσταση στις πρακτικές της θαλάσσιας ναυσιπλοΐας και την προώθηση βιώσιμων θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

Το σύστημα αισθητήρων σε ένα σκάφος με Arduino αναδεικνύεται ως μια έξυπνη και επικεντρωμένη στα δεδομένα λύση για την ενίσχυση της ασφάλειας, της αποτελεσματικότητας και της περιβαλλοντικής συνείδησης στη θαλάσσια ναυσιπλοΐα. Οι πολύτιμες γνώσεις ενθαρρύνουν την περαιτέρω πρόοδο των πρακτικών έξυπνης ναυσιπλοΐας για την προστασία των σκαφών, των επιβατών και του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Λέξεις-κλειδιά: σύστημα αισθητήρων, σκάφος, Arduino, ασφάλεια, απόκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο

Abstract

This thesis presents the implementation of a sensor system on a vessel using Arduino, aiming to enhance safety and efficiency in maritime navigation. The primary objectives of the study focused on the utilization of Arduino and sensor technology to enable real-time data acquisition, processing and communication.

The sensor system incorporated the Funduino Mega 2560, an Arduino-based microcontroller known for its extensive I/O capabilities and processing power. A variety of sensors, including gas sensors, ultrasonic distance sensors and environmental sensors, facilitated accurate navigation, environmental awareness and optimization of the vessel's performance.

The effectiveness in enhancing safety was demonstrated through real-time monitoring of gas levels, motion detection, water depth and environmental conditions. Efficiency was optimized through the system's valuable information for navigation, route planning and obstacle avoidance, contributing to smoother voyages.

Remote connectivity through mobile network communication provided continuous access to vital data, allowing decision-making from remote locations. The findings of the study highlight the potential of Arduino and sensor technology to revolutionize marine navigation practices and promote sustainable marine ecosystems.

The Arduino-based on-board sensor system emerges as a smart and data-centric solution to enhance safety, efficiency and environmental awareness in marine navigation. The valuable insights encourage further advances in smart navigation practices to protect vessels, passengers and the marine environment.

Keywords: sensor system, vessel, Arduino, security, real-time data acquisition

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	6
Abstract.....	8
Πίνακας Περιεχομένων	9
Κατάλογος Εικόνων	11
Εισαγωγή	13
1 Arduino.....	15
1.1 Χαρακτηριστικά.....	15
1.2 Γλώσσα προγραμματισμού Arduino (C/C++) και IDE (Integrated Development Environment)	17
1.3 Πλακέτες Arduino και προδιαγραφές.....	20
1.4 Ανάγκη ύπαρξης και χρήσης Arduino	23
2 Τεχνολογία Αισθητήρων	24
2.1 Ταξινόμηση αισθητήρων	25
2.2 Αισθητήρες και ο ρόλος τους στα συστήματα σκαφών.....	26
2.3 Κριτήρια επιλογής αισθητήρων για ένα σύστημα σκάφους	28
2.4 Διασύνδεση αισθητήρων και Arduino - Σχετικές μελέτες.....	29
3 Μελέτη περίπτωσης: Σχεδιασμός συστήματος αισθητήρων σε σκάφος με Arduino	32
3.1 Περιγραφή και σχεδιασμός του συστήματος.....	32
3.2 Υλικό και αισθητήρες	33
3.2.1 Funduino Mega 2560.....	33
3.2.2 SIM900 Module.....	35
3.2.3 Flying-Fish MH MQ4 Gas Sensor	36
3.2.4 Flying-Fish MH MQ9 Carbon Monoxide Gas Sensor	37
3.2.5 HW 416-B PIR Sensor	38
3.2.6 HY-SRF05 Ultrasonic Distance Sensor	39

3.2.7	DHT11 Humidity and Temperature Sensor	40
3.2.8	KS0048 Water Sensor	41
3.2.9	SD Card Reader for Arduino	43
3.2.10	BreadBoard ZY-203	44
3.2.11	Συνολική λειτουργία.....	45
3.3	Υλοποίηση	47
4	Αποτελέσματα και ανάλυση.....	64
4.1	Καταγραφή δεδομένων αισθητήρων.....	64
4.2	Αξιολόγηση απόδοσης του συστήματος.....	69
5	Προκλήσεις και περιορισμοί	73
5.1	Προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν.....	73
5.2	Ανάλυση περιορισμών του συστήματος.....	74
5.3	Βελτιώσεις και μελλοντική έρευνα.....	75
6	Συμπεράσματα.....	76
	Βιβλιογραφία.....	78

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Πλακέτα Arduino (Badamasi, 2014).....	17
Εικόνα 2: IDE (Badamasi, 2014).....	20
Εικόνα 3: Arduino Uno Rev3 (https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3).....	21
Εικόνα 4: Arduino Mega 2560 Rev3 (https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3).....	22
Εικόνα 5: Arduino Nano (https://store.arduino.cc/products/arduino-nano?queryID=undefined).....	23
Εικόνα 6: Λειτουργία αισθητήρα (Javaid, 2021)	25
Εικόνα 7: Αισθητήρες Arduino (https://robocraze.com/blogs/post/arduino-sensor-types-and-applications)	26
Εικόνα 8: Τύποι αισθητήρων σε σκάφος (https://www.westmarine.com/siren-marine-canvas-snap-cover-sensor-18712422.html).....	28
Εικόνα 9: Funduino Mega 2560	34
Εικόνα 10: SIM900 Module	35
Εικόνα 11: Flying-Fish MH MQ4 Gas Sensor	37
Εικόνα 12: Flying-Fish MH MQ9 Carbon Monoxide Gas Sensor.....	38
Εικόνα 13: HW 416-B PIR Sensor.....	39
Εικόνα 14: HY-SRF05 Ultrasonic Distance Sensor.....	40
Εικόνα 15: DHT11 Humidity and Temperature Sensor.....	41
Εικόνα 16: KS0048 Water Sensor.....	42
Εικόνα 17: SD Card Reader	44
Εικόνα 18: BreadBoard ZY-203.....	45
Εικόνα 19: Υλικό.....	46
Εικόνα 20: Συνολική συνδεσιμότητα	47
Εικόνα 21: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα κίνησης	65
Εικόνα 22: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα θερμοκρασίας	66
Εικόνα 23: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα υγρασίας	66
Εικόνα 24: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα νερού.....	67
Εικόνα 25: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα..	68
Εικόνα 26: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα απόστασης	68
Εικόνα 27: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων.....	69

Εικόνα 28: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων θερμοκρασίας, μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα	71
Εικόνα 29: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων υγρασίας και νερού	72
Εικόνα 30: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων κίνησης και απόστασης.....	73

Εισαγωγή

Η θαλάσσια ναυσιπλοΐα απαιτεί απόλυτη ακρίβεια, παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και σχολαστική λήψη αποφάσεων για την εξασφάλιση ασφαλών ταξιδιών και την προστασία των πλοίων και των επιβατών από πιθανούς κινδύνους. Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία αισθητήρων και στις πλατφόρμες μικροελεγκτών έχουν αποκαλύψει νέες δυνατότητες για τη δημιουργία έξυπνων και καθοδηγούμενων από δεδομένα λύσεων στον τομέα της ναυτιλίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και υλοποίηση ενός εξελιγμένου συστήματος αισθητήρων σε ένα σκάφος, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Arduino, μιας ευέλικτης και ευρέως αποδεκτής πλατφόρμας μικροελεγκτών. Αυτό το σύστημα αισθητήρων ενσωματώνει μια σειρά προηγμένων αισθητήρων, επιτρέποντας την απρόσκοπτη απόκτηση, επεξεργασία και επικοινωνία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας στο πλήρωμα του σκάφους κρίσιμες πληροφορίες για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σε κάθε ταξίδι.

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της μελέτης είναι η ενίσχυση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας στη θαλάσσια ναυσιπλοΐα μέσω της απρόσκοπτης συγχώνευσης του Arduino και της τεχνολογίας αισθητήρων. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Arduino και την ευελιξία των διαφόρων αισθητήρων, το σύστημα προσφέρει ακριβή πλοήγηση, περιβαλλοντική επίγνωση και βελτιωμένη βελτιστοποίηση των επιδόσεων του σκάφους.

Στον πυρήνα του συστήματος αισθητήρων βρίσκεται ο Funduino Mega 2560, ένας μικροελεγκτής βασισμένος στο Arduino, γνωστός για τις εκτεταμένες δυνατότητες εισόδου/εξόδου και την επεξεργαστική του ισχύ. Αυτός ο μικροελεγκτής λειτουργεί ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας, διευκολύνοντας την απρόσκοπτη ενσωμάτωση με ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων, όπως αισθητήρες αερίου, αισθητήρες κίνησης, αισθητήρες υπερήχων απόστασης και περιβαλλοντικούς αισθητήρες.

Η αρχιτεκτονική του συστήματος αισθητήρων διευκολύνει την παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο, όπως τα επίπεδα αερίου, η ανίχνευση κίνησης, το βάθος νερού και οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, ο έξυπνος σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει την απρόσκοπτη απομακρυσμένη συνδεσιμότητα μέσω της επικοινωνίας μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας, εξασφαλίζοντας την

απρόσκοπτη πρόσβαση σε ζωτικά δεδομένα και διευκολύνοντας την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων, ακόμη και από απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας διπλωματικής, καταβάλλεται συντονισμένη προσπάθεια να συμβάλει στην ανάπτυξη ευφών και επικεντρωμένων στα δεδομένα λύσεων για την ασφάλεια και την πλοήγηση σκαφών. Τα ευρήματα της έρευνας και η υλοποίηση του συστήματος αισθητήρων θα ρίξουν φως στις τεράστιες δυνατότητες του Arduino και της τεχνολογίας αισθητήρων για τον μετασχηματισμό των πρακτικών ναυσιπλοΐας, την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και τη διασφάλιση της ευημερίας των σκαφών και των επιβατών τους.

Καθώς η μελέτη εισέρχεται στις φάσεις λεπτομερούς σχεδιασμού, ανάπτυξης και αυστηρών δοκιμών, το προβλεπόμενο αποτέλεσμα είναι η υλοποίηση ενός συστήματος αισθητήρων σε σκάφος με Arduino που ανοίγει το δρόμο για ασφαλέστερες, πιο αποτελεσματικές και περιβαλλοντικά συνειδητές πρακτικές στη ναυσιπλοΐα. Αξιοποιώντας τη δύναμη της τεχνολογίας, το εγχείρημα αυτό ξεκινά ένα ταξίδι προς ένα ασφαλέστερο και βιώσιμο θαλάσσιο οικοσύστημα.

1 Arduino

Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοικτού κώδικα που έχει αποκτήσει σημαντική δημοτικότητα μεταξύ ερασιτεχνών, φοιτητών και επαγγελματιών. Το Arduino αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 2000 και παρέχει ένα φιλικό προς το χρήστη και ευέλικτο περιβάλλον υλικού και λογισμικού για τη δημιουργία διαδραστικών έργων και πρωτοτύπων. Η ευκολία χρήσης του, η προσιτή τιμή του και η εκτεταμένη υποστήριξη της κοινότητας, έχουν καταστήσει την πλατφόρμα αυτή ιδανική για άτομα που ενδιαφέρονται για τα ηλεκτρονικά, τον προγραμματισμό και τα projects DIY (do-it-yourself).

1.1 Χαρακτηριστικά

Στον πυρήνα του, το Arduino αποτελείται από μια πλακέτα μικροελεγκτή και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE - Integrated Development Environment) που επιτρέπει τον προγραμματισμό και την επικοινωνία με την πλακέτα. Ο μικροελεγκτής είναι ο εγκέφαλος του συστήματος Arduino, υπεύθυνος για την εκτέλεση εντολών και την αλληλεπίδραση με εξωτερικά εξαρτήματα όπως αισθητήρες, ενεργοποιητές και οθόνες.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino είναι η απλότητά του. Ακόμη και για αρχάριους με περιορισμένη εμπειρία στα ηλεκτρονικά ή στον προγραμματισμό, το Arduino προσφέρει μια ήπια καμπύλη εκμάθησης. Το IDE του παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για τη συγγραφή και τη μεταφόρτωση κώδικα στον μικροελεγκτή, απομακρύνοντας τις πολυπλοκότητες του προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου.

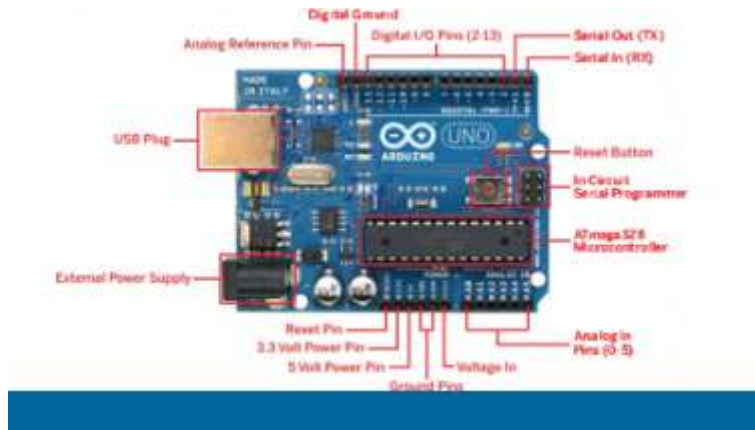
Οι πλακέτες Arduino διατίθενται σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, καλύπτοντας διαφορετικές απαιτήσεις έργων. Η πιο συνηθισμένη πλακέτα Arduino είναι η Arduino Uno, η οποία διαθέτει μικροελεγκτή Atmel, ψηφιακές και αναλογικές ακίδες εισόδου/εξόδου, υποδοχές τροφοδοσίας και διεπαφές επικοινωνίας όπως USB. Άλλες πλακέτες Arduino, όπως οι Arduino Mega και Arduino Nano, προσφέρουν βελτιωμένες δυνατότητες, όπως αυξημένη μνήμη, περισσότερες ακίδες εισόδου/εξόδου ή μικρότερους συντελεστές μορφής.

Η ευελιξία του Arduino εκτείνεται πέρα από το υλικό του. Διαθέτει μια εκτεταμένη βιβλιοθήκη προ-γραμμένου κώδικα, γνωστά ως "sketches", που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα ή να τροποποιηθεί για να ταιριάζει σε συγκεκριμένες ανάγκες του έργου. Αυτά τα sketches απλοποιούν τη διαδικασία ενσωμάτωσης αισθητήρων, ενεργοποιητών και άλλων

εξαρτημάτων σε έργα, επιτρέποντας στους χρήστες να επικεντρωθούν στις μοναδικές λειτουργίες του έργου τους αντί να ξεκινούν από το μηδέν.

Πιο συγκεκριμένα, το υλικό της πλακέτας Arduino αποτελείται από διάφορα εξαρτήματα που συνεργάζονται για να ενεργοποιήσουν τη λειτουργικότητά της. Τα βασικά αυτά εξαρτήματα είναι:

- **Βύσμα USB:** Το βύσμα USB χρησιμοποιείται για τη μεταφόρτωση προγραμμάτων στον μικροελεγκτή και παρέχει μια ρυθμιζόμενη τροφοδοσία 5 βολτ στην πλακέτα Arduino.
- **Εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος:** Αυτή η προαιρετική πηγή τροφοδοσίας, με ρυθμιζόμενη τάση 9 έως 12 βολτ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εάν το βύσμα USB δεν παρέχει επαρκή ισχύ για το προβλεπόμενο πρόγραμμα.
- **Κουμπί επαναφοράς:** Το κουμπί επαναφοράς επιτρέπει την επαναφορά του Arduino, πράγμα χρήσιμο για την εκτέλεση μιας νέας εντολής μετά τη μεταφόρτωση ενός διαφορετικού προγράμματος.
- **Μικροελεγκτής:** Ο μικροελεγκτής είναι υπεύθυνος για τη λήψη και την αποστολή πληροφοριών ή εντολών στα συνδεδεμένα κυκλώματα.
- **Αναλογικές καρφίτσες (A0-A5):** Πρόκειται για ακροδέκτες αναλογικής εισόδου, με ετικέτες από A0 έως A5.
- **Ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (2-13):** Αυτές οι ακίδες μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισοδοί ή έξοδοι.
- **Προγραμματιστής εντός κυκλώματος:** Μια εναλλακτική μέθοδος για τη φόρτωση ή τον προγραμματισμό του κώδικα στην πλακέτα Arduino.
- **Ψηφιακές και αναλογικές ακίδες γείωσης:** Αυτοί οι ακροδέκτες παρέχουν την απαραίτητη αναφορά γείωσης τόσο για τα ψηφιακά όσο και για τα αναλογικά εξαρτήματα.
- **Ακροδέκτες τροφοδοσίας:** Η πλακέτα διαθέτει, μεταξύ άλλων, ακροδέκτες τροφοδοσίας 3,3 βολτ και 5 βολτ.



Εικόνα 1. Πλακέτα Arduino (Badamasi, 2014)

Επιπλέον, το Arduino υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων, ενεργοποιητών και μονάδων επικοινωνίας, καθιστώντας το συμβατό με πολυάριθμα εξαρτήματα υλικού που διατίθενται στην αγορά. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει στους χρήστες να συνδέονται και να διασυνδέονται εύκολα με διάφορους αισθητήρες και ενεργοποιητές, διευκολύνοντας την ανάπτυξη εξελιγμένων έργων που περιλαμβάνουν αλληλεπιδράσεις με τον πραγματικό κόσμο.

Μια άλλη αξιοσημείωτη πτυχή του Arduino είναι η ενεργή και υποστηρικτική κοινότητά του. Οι λάτρεις του Arduino σε όλο τον κόσμο συνεισφέρουν τακτικά σε φόρουμ, διαδικτυακά σεμινάρια και έργα ανοικτού κώδικα, ανταλλάσσοντας γνώσεις, αντιμετωπίζοντας προβλήματα και συνεργαζόμενοι σε καινοτόμα έργα. Αυτή η ακμάζουσα κοινότητα διασφαλίζει ότι οι χρήστες μπορούν πάντα να βρίσκουν καθοδήγηση, έμπνευση και λύσεις στις προκλήσεις που σχετίζονται με το Arduino.

Το Arduino είναι μια ισχυρή πλατφόρμα που συνδυάζει φιλικό προς το χρήστη υλικό, ένα διαισθητικό περιβάλλον προγραμματισμού, εκτεταμένη συμβατότητα εξαρτημάτων και μια υποστηρικτική κοινότητα. Η ευκολία χρήσης, η προστιθέτιμη και η ευελιξία του το καθιστούν ιδανική επιλογή για την υλοποίηση συστημάτων αισθητήρων σε σκάφη, όπου η αξιόπιστη απόκτηση, επεξεργασία και έλεγχος δεδομένων είναι απαραίτητες.

1.2 Γλώσσα προγραμματισμού Arduino (C/C++) και IDE (Integrated Development Environment)

Το Arduino χρησιμοποιεί μια απλοποιημένη παραλλαγή της γλώσσας προγραμματισμού C/C++, καθιστώντας το προσιτό τόσο σε αρχάριους όσο και σε

έμπειρους προγραμματιστές. Κάποιες βασικές πτυχές της γλώσσας προγραμματισμού του Arduino είναι:

- **Σύνταξη και δομή:** Ο κώδικας του Arduino έχει βασικό συντακτικό και δομή.
- **Μεταβλητές και τύποι δεδομένων:** Στον προγραμματισμό Arduino χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι μεταβλητών, όπως ακέραιοι αριθμοί, κινητές μονάδες, booleans και συμβολοσειρές.
- **Δομές ελέγχου:** Βρόχοι (for, while) και δηλώσεις υπό όρους (if, else).
- **Συναρτήσεις:** Χρήση συναρτήσεων για την οργάνωση του κώδικα και την αρθρωτή οργάνωση των εργασιών.
- **Βιβλιοθήκες:** Χρήση βιβλιοθηκών για την απλοποίηση πολύπλοκων εργασιών με τη χρήση προ-γραμμένου κώδικα.
- **Αλληλεπίδραση με το υλικό:** Αλληλεπίδραση με τις ψηφιακές και αναλογικές ακίδες εισόδου/εξόδου του Arduino για την ανάγνωση δεδομένων αισθητήρων και τον έλεγχο ενεργοποιητών.

Για να γράψουν και να μεταφορτώσουν κώδικα σε πλακέτες Arduino, οι προγραμματιστές χρησιμοποιούν το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino (IDE). Το Arduino IDE είναι ένα φιλικό προς το χρήστη εργαλείο λογισμικού που παρέχει έναν επεξεργαστή για τη συγγραφή κώδικα, έναν μεταγλωττιστή για τη μετατροπή του κώδικα σε μορφή που μπορεί να κατανοήσει η πλακέτα και έναν μεταφορτωτή για τη μεταφορά του μεταγλωττισμένου κώδικα στην πλακέτα Arduino.

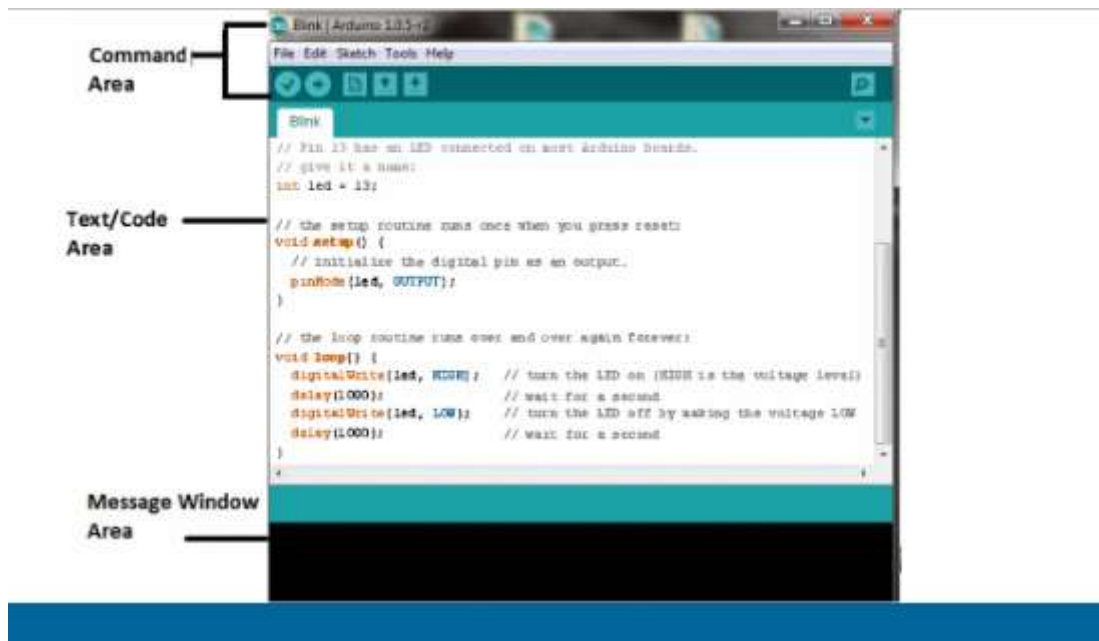
Τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino IDE περιλαμβάνουν:

- **Επεξεργαστής:** Το IDE προσφέρει έναν επεξεργαστή κειμένου με υπογράμμιση συντακτικού, αυτόματη υπογράμμιση και συμπλήρωση κώδικα, ο οποίος βοηθάει στη συγγραφή και την επεξεργασία των sketches (προγραμμάτων) Arduino.
- **Μεταγλώττιση:** Το IDE περιλαμβάνει έναν μεταγλωττιστή που μεταφράζει τον κώδικα του Arduino σε εντολές αναγνώσιμες από τη μηχανή, γνωστές ως γλώσσα μηχανής ή δυαδικός κώδικας.
- **Ανέβασμα:** Το IDE διευκολύνει τη μεταφορά του μεταγλωττισμένου κώδικα στην πλακέτα Arduino μέσω σύνδεσης USB. Επικοινωνεί με τον bootloader της πλακέτας, ένα μικρό πρόγραμμα που βρίσκεται στον μικροελεγκτή, το οποίο χειρίζεται τη διαδικασία μεταφόρτωσης του κώδικα.

- **Σειριακή παρακολούθηση:** Το IDE διαθέτει ένα Serial Monitor, το οποίο επιτρέπει στους προγραμματιστές να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα μεταξύ της πλακέτας Arduino και του υπολογιστή τους μέσω της σειριακής διεπαφής επικοινωνίας.

Επιπλέον, το Arduino IDE χωρίζεται σε τρία κύρια μέρη:

- **Περιοχή εντολών:** Αυτό το τμήμα περιέχει στοιχεία μενού όπως File (Αρχείο), Edit (Επεξεργασία), Sketch (Σκίτσο), Tools (Εργαλεία) και Help (Βοήθεια), μαζί με εικονίδια όπως Verify (για επαλήθευση κώδικα), Upload (για τη φόρτωση του προγράμματος) και επιλογές για New (Νέο), Open (Άνοιγμα), Save (Αποθήκευση) και Serial Monitor (χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ του Arduino και του IDE).
- **Περιοχή κειμένου:** Εδώ γίνεται η εγγραφή του κώδικα χρησιμοποιώντας μια απλοποιημένη έκδοση της γλώσσας προγραμματισμού C++, που αναφέρεται ως "σκίτσο" (sketch). Ο κώδικας θα πρέπει να περιλαμβάνει δύο βασικά μέρη:
 - Τη συνάρτηση setup(): Εδώ αρχικοποιούνται οι μεταβλητές και ορίζονται οι αρχικές συνθήκες του προγράμματος.
 - Η συνάρτηση loop(): Αυτή η συνάρτηση είναι ο κύριος κώδικας που εκτελείται επανειλημμένα σε έναν βρόχο.
 - Περιοχή παραθύρου μηνυμάτων: Αυτή η περιοχή εμφανίζει μηνύματα από το IDE, παρέχοντας συχνά ανατροφοδότηση σχετικά με την επαλήθευση του κώδικα.



Εικόνα 2: IDE (Badamasi, 2014)

Το Arduino IDE βελτιώνει τη διαδικασία ανάπτυξης, επιτρέποντας στους χρήστες να γράφουν, να μεταγλωττίζουν και να μεταφορτώνουν κώδικα απρόσκοπτα. Προσφέρει, επίσης, διάφορα εργαλεία αποσφαλμάτωσης και αντιμετώπισης προβλημάτων, διευκολύνοντας τον εντοπισμό και τη διόρθωση σφαλμάτων στον κώδικα (Badamasi, 2014), (Galadima, 2014).

1.3 Πλακέτες Arduino και προδιαγραφές

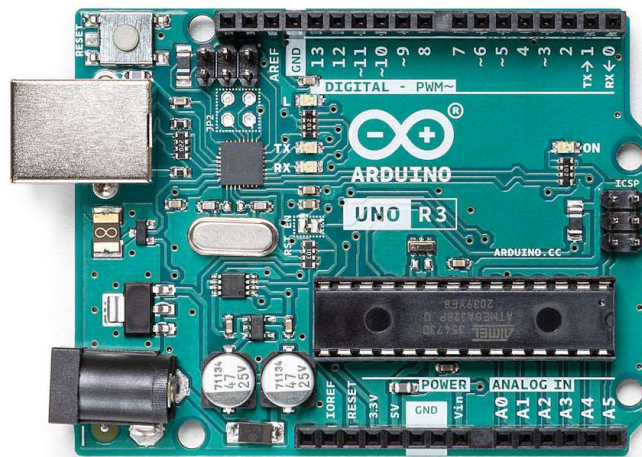
Το Arduino προσφέρει μια ποικίλη γκάμα πλακετών, η καθεμία με τις δικές της μοναδικές προδιαγραφές και δυνατότητες. Η κατανόηση των διαφορετικών πλακετών Arduino είναι απαραίτητη για την επιλογή της καταλληλότερης. Παρακάτω παρουσιάζεται μια επισκόπηση των πλακετών Arduino που χρησιμοποιούνται συνήθως, καθώς και των προδιαγραφών τους.

Arduino Uno

Η πλακέτα Arduino Uno είναι μία από τις πιο δημοφιλείς πλακέτες Arduino, γνωστή για την ευελιξία και την ευκολία χρήσης της. Διαθέτει έναν μικροελεγκτή της Atmel και προσφέρει ένα ισχυρό σύνολο χαρακτηριστικών, όπως:

- **Ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (I/O):** Το Arduino Uno διαθέτει συνολικά 14 ψηφιακές ακίδες I/O, εκ των οποίων οι 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έξοδο διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM).

- **Ακίδες αναλογικής εισόδου:** Παρέχει 6 ακίδες αναλογικής εισόδου, επιτρέποντας τη μέτρηση συνεχών σημάτων, όπως οι εξόδοι αισθητήρων.
- **Ταχύτητα ρολογιού:** Το Arduino Uno λειτουργεί με ταχύτητα ρολογιού 16 MHz, παρέχοντας επαρκή επεξεργαστική ισχύ για πολλές εφαρμογές.
- **Μνήμη flash:** Διαθέτει 32KB μνήμης flash για την αποθήκευση του κώδικα προγράμματος.
- **Διεπαφές επικοινωνίας:** Η πλακέτα περιλαμβάνει διεπαφή USB για προγραμματισμό και σειριακή επικοινωνία, καθώς και UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) για πρόσθετες επιλογές επικοινωνίας (Galadima, 2014).



Εικόνα 3: Arduino Uno Rev3 (<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>)

Arduino Mega

Το Arduino Mega έχει σχεδιαστεί για έργα που απαιτούν πιο εκτεταμένες δυνατότητες εισόδου/εξόδου και μεγαλύτερη μνήμη. Οι βασικές προδιαγραφές του Arduino Mega περιλαμβάνουν:

- **Ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου:** Το Arduino Mega παρέχει 54 ψηφιακές ακίδες I/O, με τις 14 από αυτές να υποστηρίζουν PWM.
- **Ακίδες αναλογικής εισόδου:** Προσφέρει 16 ακίδες αναλογικής εισόδου, επεκτείνοντας το εύρος συνδεσιμότητας αισθητήρων.
- **Ταχύτητα ρολογιού:** Το Arduino Mega λειτουργεί στα 16 MHz, παρόμοια με το Arduino Uno.

- **Μνήμη flash:** Η πλακέτα διαθέτει 256KB μνήμης flash, παρέχοντας άφθονο χώρο για μεγαλύτερα προγράμματα.
- **Διεπαφές επικοινωνίας:** Περιλαμβάνει USB, UART και άλλες διεπαφές για ευέλικτες επιλογές επικοινωνίας (Elprocus, n.d.).

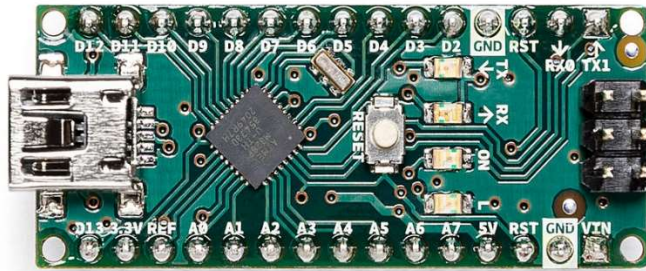


Εικόνα 4: Arduino Mega 2560 Rev3 (<https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>)

Arduino Nano

Το Arduino Nano είναι μια συμπαγής πλακέτα που προσφέρει παρόμοιες λειτουργίες με το Arduino Uno, αλλά με μικρότερο συντελεστή μορφής. Οι βασικές προδιαγραφές του Arduino Nano περιλαμβάνουν:

- **Ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου:** Το Arduino Nano παρέχει 14 ψηφιακές ακίδες I/O, συμπεριλαμβανομένων 6 ακίδων με δυνατότητα PWM.
- **Ακίδες αναλογικής εισόδου:** Προσφέρει 8 ακίδες αναλογικής εισόδου για την ενσωμάτωση αισθητήρων.
- **Ταχύτητα ρολογιού:** Το Arduino Nano λειτουργεί στα 16 MHz, παρόμοια με άλλες πλακέτες Arduino.
- **Μνήμη Flash:** Η πλακέτα διαθέτει 32KB μνήμης flash, επαρκής για πολλά έργα.
- **Διασυνδέσεις επικοινωνίας:** Η κάρτα διαθέτει ένα πολύ μεγάλο εύρος δυνατοτήτων επικοινωνίας: Περιλαμβάνει διεπαφή USB και UART για τις ανάγκες επικοινωνίας (Elprocus, n.d.).



Εικόνα 5: Arduino Nano (<https://store.arduino.cc/products/arduino-nano?queryID=undefined>)

Επιπλέον, το Arduino προσφέρει διάφορες άλλες πλακέτες, όπως οι σειρές Arduino Leonardo, Arduino Due και Arduino MKR, η καθεμία με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, δυνατότητες και εφαρμογές. Αυτές οι πλακέτες μπορεί να παρέχουν αυξημένη επεξεργαστική ισχύ, πρόσθετες επιλογές επικοινωνίας (π.χ. Ethernet, Wi-Fi), προηγμένη ενσωμάτωση αισθητήρων ή συμβατότητα με συγκεκριμένα έργα ή παράγοντες μορφής.

1.4 Ανάγκη ύπαρξης και χρήσης Arduino

Το Arduino ξεχωρίζει ως μια δημοφιλής επιλογή για πολλούς λάτρεις των ηλεκτρονικών και επαγγελματίες λόγω πολλών επιτακτικών λόγων.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του Arduino είναι η ζωντανή και ενεργή κοινότητα χρηστών του. Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν το Arduino συγκεντρώνονται σε διαδικτυακές κοινότητες για να ανταλλάξουν γνώσεις, να μοιραστούν εμπειρίες και να βοηθήσουν ο ένας τον άλλον στην αντιμετώπιση προβλημάτων. Αυτό το συνεργατικό περιβάλλον προάγει μια ισχυρή αίσθηση υποστήριξης και μάθησης.

Σχετικά με την προσβασιμότητα και ανάπτυξη, το Arduino σχεδιάστηκε αρχικά με στόχο την παροχή μιας προσιτής και φιλικής προς το χρήστη πλατφόρμας για φοιτητές και επαγγελματίες για τη δημιουργία διαδραστικών συσκευών με τη χρήση αισθητήρων και ενεργοποιητών. Η ευκολία χρήσης και η απλότητα του το καθιστούν ένα εξαιρετικό σημείο εκκίνησης για τους νεοεισερχόμενους, επιτρέποντάς τους να βουτήξουν γρήγορα στον κόσμο των ηλεκτρονικών και του προγραμματισμού.

Επιπλέον, όσον αφορά το κόστος, το Arduino ως open-source σημαίνει ότι το λογισμικό που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό του είναι ελεύθερα διαθέσιμο. Η κύρια δαπάνη προέρχεται συνήθως από την αγορά της πλακέτας Arduino ή των εξαρτημάτων της, καθιστώντας το μια οικονομικά αποδοτική επιλογή για έργα

ηλεκτρονικής DIY. Ακόμη, τα σχέδια υλικού είναι ανοιχτά προσβάσιμα στον επίσημο ιστότοπο του Arduino, μειώνοντας περαιτέρω τα έξοδα.

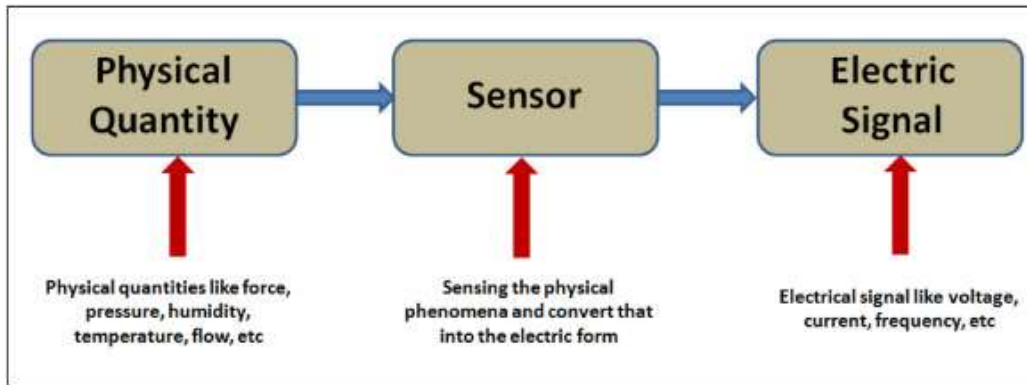
Οι πλακέτες Arduino διαθέτουν ενσωματωμένη θύρα USB, η οποία εξυπηρετεί διπλό σκοπό. Δεν τροφοδοτεί μόνο την πλακέτα αλλά λειτουργεί και ως προγραμματιστής. Αυτό το βολικό χαρακτηριστικό εξαλείφει την ανάγκη για εξωτερικό προγραμματιστή, καθιστώντας απλούστερη την έναρξη των έργων των χρηστών.

Επίσης, το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί απρόσκοπτα σε διάφορα λειτουργικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των Microsoft Windows, Linux και macOS. Αυτή η ευρεία υποστήριξη πλατφορμών επεκτείνει την εμβέλεια του Arduino σε ένα ευρύ φάσμα χρηστών, εξασφαλίζοντας μια ποικιλόμορφη και χωρίς αποκλεισμούς κοινότητα.

Συνολικά, ο συνδυασμός του Arduino με την αφοσιωμένη κοινότητα χρηστών, τη φιλική προς το χρήστη προσέγγιση, την οικονομική αποδοτικότητα, τον ενσωματωμένο προγραμματισμό και την υποστήριξη πολλαπλών πλατφορμών, το καθιστά μια συναρπαστική επιλογή για άτομα που ενδιαφέρονται να εξερευνήσουν τα ηλεκτρονικά και να κατασκευάσουν διαδραστικά έργα (Louis, 2016).

2 Τεχνολογία Αισθητήρων

Οι αισθητήρες είναι αναπόσπαστα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανίες και εφαρμογές για την ανίχνευση και τη μέτρηση φυσικών, χημικών, βιολογικών ή περιβαλλοντικών φαινομένων. Λειτουργούν ως μάτια και αυτιά των συστημάτων, μετατρέποντας δεδομένα του πραγματικού κόσμου σε μετρήσιμα σήματα. Οι αισθητήρες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη συλλογή και παροχή πολύτιμων πληροφοριών για τη λήψη αποφάσεων, την παρακολούθηση και τον έλεγχο. Μας επιτρέπουν να κατανοήσουμε και να αλληλεπιδράσουμε με το περιβάλλον μας, καταγράφοντας βασικές παραμέτρους και μετατρέποντάς τες σε δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Από την παρακολούθηση της θερμοκρασίας και της πίεσης, έως την ανίχνευση της κίνησης και τη λήψη εικόνων, οι αισθητήρες είναι θεμελιώδους σημασίας για την ενεργοποίηση της αυτοματοποίησης, την ενίσχυση της ασφάλειας, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και τη διευκόλυνση της προόδου σε διάφορους τομείς.



Εικόνα 6: Λειτουργία αισθητήρα (Javaid, 2021)

2.1 Ταξινόμηση αισθητήρων

Οι αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν με βάση διάφορες παραμέτρους, με κάθε κατηγορία να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις ανίχνευσης. Η ταξινόμηση των αισθητήρων περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα εξής:

- **Αισθητήρες προσέγγισης:** Οι αισθητήρες εγγύτητας ανιχνεύουν την παρουσία ή την απουσία ενός αντικειμένου εντός μιας ορισμένης εμβέλειας.
- **Αισθητήρες θερμοκρασίας:** Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν τις μεταβολές της θερμοκρασίας στο περιβάλλον ή σε συγκεκριμένα εξαρτήματα.
- **Αισθητήρες πίεσης:** Οι αισθητήρες πίεσης μετρούν τις μεταβολές της πίεσης σε υγρά ή αέρια.
- **Αισθητήρες κίνησης:** Οι αισθητήρες κίνησης ανιχνεύουν κίνηση ή αλλαγές στη θέση. Μπορεί να περιλαμβάνουν επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και κλισιόμετρα.
- **Οπτικοί αισθητήρες:** Οι οπτικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν το φως για τη μέτρηση διαφόρων παραμέτρων. Μπορούν να περιλαμβάνουν φωτοκύτταρα, φωτοδιόδους και φωτοτρανζίστορ, που χρησιμοποιούνται για εργασίες όπως η ανίχνευση της έντασης του φωτός, της παρουσίας ή της εγγύτητας.
- **Περιβαλλοντικοί αισθητήρες:** Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η υγρασία, η ποιότητα του αέρα, η ταχύτητα του ανέμου και η ατμοσφαιρική πίεση. Παρέχουν πολύτιμα δεδομένα για την παρακολούθηση του καιρού, τον έλεγχο του κλίματος και τη συνολική ασφάλεια (Robocraze, 2023), (JavaTpoint, n.d.).



Εικόνα 7: Αισθητήρες Arduino (<https://robocraze.com/blogs/post/arduino-sensor-types-and-applications>)

2.2 Αισθητήρες και ο ρόλος τους στα συστήματα σκαφών

Οι αισθητήρες διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στα συστήματα σκαφών, παρέχοντας βασικές πληροφορίες για την πλοήγηση, την παρακολούθηση και τον έλεγχο. Χρησιμεύουν ως αισθητήρια όργανα ενός σκάφους, επιτρέποντάς του να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του και να ανταποκρίνεται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Παρακάτω παρουσιάζεται η σημασία των αισθητήρων στα συστήματα σκαφών και οι διάφοροι τύποι αισθητήρων που χρησιμοποιούνται συνήθως.

Στο πλαίσιο των συστημάτων σκαφών, οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων και την παροχή δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων, διασφαλίζοντας την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία. Εξυπηρετούν πολλαπλούς σκοπούς, όπως:

- **Πλοήγηση:** Αισθητήρες όπως το GPS (Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης) και πυξίδες επιτρέπουν τον ακριβή εντοπισμό θέσης, τον προσδιορισμό κατεύθυνσης και την παρακολούθηση της πορείας. Αυτοί οι αισθητήρες παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για το σχεδιασμό διαδρομής, την αποφυγή συγκρούσεων και τη διατήρηση της επιθυμητής τροχιάς του σκάφους.
- **Παρακολούθηση περιβάλλοντος:** Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα και γύρω από το σκάφος. Παραδείγματα περιλαμβάνουν αισθητήρες θερμοκρασίας για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, αισθητήρες υγρασίας για τη μέτρηση των επιπέδων υγρασίας και βαρομετρικούς αισθητήρες για την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Αυτά τα περιβαλλοντικά δεδομένα βοηθούν στην

αξιολόγηση των καιρικών συνθηκών, στη βελτιστοποίηση της απόδοσης του σκάφους και στη διασφάλιση της άνεσης του πληρώματος.

- **Ασφάλεια και προστασία:** Οι αισθητήρες είναι αναπόσπαστο στοιχείο για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της προστασίας ενός σκάφους. Οι ανιχνευτές πυρκαγιάς και καπνού, οι αισθητήρες αερίων και οι αισθητήρες στάθμης νερού βοηθούν στον εντοπισμό και τον μετριασμό πιθανών κινδύνων. Οι αισθητήρες κίνησης και οι αισθητήρες προσέγγισης μπορούν να ενεργοποιήσουν συναγερμούς ή να ενεργοποιήσουν μέτρα ασφαλείας σε περίπτωση μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή πιθανών απειλών.
- **Παρακολούθηση επιδόσεων:** Αισθητήρες επιτρέπουν τη μέτρηση και παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων που σχετίζονται με την απόδοση του σκάφους. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες ταχύτητας παρέχουν πληροφορίες ταχύτητας σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας τη βελτιστοποίηση της ταχύτητας και της κατανάλωσης καυσίμου. Οι αισθητήρες βάθους και τα συστήματα σόναρ μετρούν το βάθος του νερού, βοηθώντας στην ασφαλή πλοήγηση και την αποφυγή ρηχών ή βυθισμένων περιοχών.
- **Μηχανική παρακολούθηση:** Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της υγείας και της απόδοσης των μηχανικών εξαρτημάτων ενός σκάφους. Παραδείγματα περιλαμβάνουν αισθητήρες δονήσεων για την ανίχνευση υπερβολικών δονήσεων που μπορεί να υποδεικνύουν βλάβες ή ανισορροπίες, αισθητήρες πίεσης για την παρακολούθηση συστημάτων υγρών και αισθητήρες τάσεων για την αξιολόγηση της δομικής ακεραιότητας.
- **Αισθητήρες περιβάλλοντος:** Οι αισθητήρες μπορούν να αξιολογήσουν παραμέτρους ποιότητας του νερού, όπως τα επίπεδα pH, το διαλυμένο οξυγόνο και η θολότητα. Αυτοί οι αισθητήρες βοηθούν στην περιβαλλοντική παρακολούθηση, ιδίως στη θαλάσσια έρευνα, τις οικολογικές μελέτες και τις προσπάθειες διατήρησης.

Οι συνήθεις τύποι αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σε συστήματα σκαφών περιλαμβάνουν αισθητήρες GPS, πυξίδες, επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια, αισθητήρες βάθους, αισθητήρες θερμοκρασίας, αισθητήρες υγρασίας, αισθητήρες πίεσης, αισθητήρες ροής, αισθητήρες προσέγγισης και πολλά άλλα. Κάθε τύπος αισθητήρα έχει συγκεκριμένη λειτουργικότητα, εύρος μέτρησης και μέθοδο συλλογής δεδομένων.

Η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων για ένα σύστημα σκάφους περιλαμβάνει την εξέταση παραγόντων όπως οι συγκεκριμένες απαιτήσεις εφαρμογής, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η ακρίβεια, η αξιοπιστία, η κατανάλωση ενέργειας και η συμβατότητα με την επιλεγμένη πλακέτα Arduino. Με τη χρήση μιας σειράς αισθητήρων σε συστήματα σκαφών, οι χειριστές μπορούν να λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, να διασφαλίζουν την ασφάλεια, να βελτιστοποιούν την απόδοση και να βελτιώνουν τη συνολική εμπειρία του σκάφους.



Εικόνα 8: Τύποι αισθητήρων σε σκάφος (<https://www.westmarine.com/siren-marine-canvas-snap-cover-sensor-18712422.html>)

2.3 Κριτήρια επιλογής αισθητήρων για ένα σύστημα σκάφους

Η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων για ένα έργο σκάφους προϋποθέτει την προσεκτική εξέταση διαφόρων παραγόντων:

- **Λειτουργικότητα:** Προσδιορισμός των συγκεκριμένων μετρήσεων και των δεδομένων που απαιτούνται για τον επιδιωκόμενο σκοπό του συστήματος του σκάφους, όπως η πλοήγηση, η ασφάλεια, η παρακολούθηση των επιδόσεων ή η ανίχνευση του περιβάλλοντος.
- **Περιβαλλοντικές συνθήκες:** Εξέταση των περιβαλλοντικών παραγόντων στους οποίους θα εκτεθούν οι αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της έκθεσης στο νερό, των δονήσεων και των ηλεκτρομαγνητικών

παρεμβολών. Επιλογή αισθητήρων που είναι κατάλληλοι για το θαλάσσιο περιβάλλον και μπορούν να αντέξουν σε δύσκολες συνθήκες.

- **Ακρίβεια:** Αξιολόγηση του απαιτούμενου επιπέδου ακρίβειας για τις μετρούμενες παραμέτρους. Θα πρέπει οι επιλεγμένοι αισθητήρες να μπορούν να παρέχουν το απαραίτητο επίπεδο ακρίβειας για την επίτευξη των στόχων του έργου.
- **Συμβατότητα:** Εξέταση της συμβατότητας των αισθητήρων με την επιλεγμένη πλακέτα Arduino ή άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Θα πρέπει οι αισθητήρες να μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα και να επικοινωνούν αποτελεσματικά με το σύστημα.
- **Κατανάλωση ενέργειας:** Αξιολόγηση των απαιτήσεων ισχύος των αισθητήρων και των επιπτώσεών τους στο ηλεκτρικό σύστημα του σκάφους. Θα πρέπει να επιλεγθούν αισθητήρες που καταναλώνουν κατάλληλη ποσότητα ισχύος, εξασφαλίζοντας αποτελεσματική λειτουργία χωρίς υπερβολική επιβάρυνση της παροχής ρεύματος του σκάφους.
- **Αξιοπιστία και ανθεκτικότητα:** Επιλογή αισθητήρων που είναι αξιόπιστοι, ανθεκτικοί και έχουν αποδεδειγμένο ιστορικό σε θαλάσσιες εφαρμογές. Θα πρέπει να εξεταστούν παράγοντες όπως η διάρκεια ζωής του αισθητήρα, οι απαιτήσεις βαθμονόμησης και οι ανάγκες συντήρησης.

Αξιολογώντας προσεκτικά αυτά τα κριτήρια επιλογής, οι προγραμματιστές μπορούν να επιλέξουν αισθητήρες που ταιριάζουν καλύτερα στις απαιτήσεις ενός συστήματος σκάφους, εξασφαλίζοντας ακριβή απόκτηση δεδομένων και βέλτιστη απόδοση (Javaid, 2021), (Marine Digital, n.d.).

2.4 Διασύνδεση αισθητήρων και Arduino - Σχετικές μελέτες

Οι πλακέτες Arduino παρέχουν διάφορες διεπαφές για τη σύνδεση και την επικοινωνία με αισθητήρες. Η κατανόηση των διαφορετικών τύπων διεπαφών είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή διασύνδεση αισθητήρων με το Arduino. Με την αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού της τεχνολογίας αισθητήρων, ανοίγεται ένας δρόμος για τη συλλογή δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο και την έναρξη δυναμικών ενεργειών, επιτρέποντας την ανάπτυξη εξελιγμένων συστημάτων ικανών να αντιλαμβάνονται και να ανταποκρίνονται στο περιβάλλον τους. Η συνέργεια μεταξύ του Arduino και των αισθητήρων αποτελεί το κλειδί για καινοτόμες δυνατότητες στον τομέα της ηλεκτρονικής και του αυτοματισμού.

Αρκετές μελέτες έχουν παρουσιάσει την αποτελεσματική χρήση αισθητήρων σε συνδυασμό με την τεχνολογία Arduino για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών στο πλαίσιο σκαφών και ναυτιλιακών εφαρμογών. Οι μελέτες αυτές αναδεικνύουν τις δυνατότητες ενσωμάτωσης αισθητήρων σε συστήματα σκαφών, επιτρέποντας λειτουργίες όπως η παρακολούθηση του περιβάλλοντος, η βοήθεια πλοήγησης και η ενίσχυση της ασφάλειας. Με την αξιοποίηση της δυνατότητας προγραμματισμού του Arduino και των δεδομένων των αισθητήρων, αυτές οι καινοτόμες εφαρμογές ανοίγουν νέες δυνατότητες για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών των σκαφών και τη διασφάλιση μιας ασφαλέστερης και αποτελεσματικότερης θαλάσσιας εμπειρίας.

Μια από αυτές τις μελέτες είναι των Kondaveeti και Pidaparathi (Kondaveeti, Pidaparathi, 2021) στην οποία παρουσιάζεται ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διασφάλισης ασφάλειας για επιβατικά σκάφη με βάση το Arduino, το οποίο στοχεύει στη μείωση των ατυχημάτων με σκάφη, χρησιμοποιώντας αισθητήρες και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Το σύστημα περιλαμβάνει διάφορα χαρακτηριστικά, όπως η αποτελεσματική χρήση των σωσίβιων γιλέκων, αισθητήρες που μετρούν τα άτομα με τον αριθμό των σωσίβιων γιλέκων και αισθητήρες νερού που ανιχνεύουν την παρουσία νερού στο κελάρι του πλοίου. Η εργασία εξετάζει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του υλικού και του σχεδιασμού αλγορίθμου.

Άλλη μια σχετική μελέτη είναι αυτή των Murthy, Satyanarayana και Srinivas (Murthy et al., 2021) η οποία πραγματεύεται ένα σύστημα εντοπισμού θέσης και προειδοποίησης για πλοία που χρησιμοποιεί Arduino, GPS και GSM. Το σύστημα χρησιμοποιεί διάφορους αισθητήρες, όπως αισθητήρα υπερήχων και αισθητήρα υγρασίας νερού, για να παρακολουθεί την κατάσταση του πλοίου και να εντοπίζει συνεχώς τη θέση του. Όταν το πλοίο βρίσκεται σε κίνδυνο ή σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, το σύστημα στέλνει μηνύματα στις αντίστοιχες αρχές και ειδοποιεί την ομάδα διάσωσης. Ο ελεγκτής Arduino είναι η καρδιά του συστήματος, ο οποίος ελέγχει όλη τη διαδικασία. Η οθόνη LCD χρησιμοποιείται για την οπτική έξοδο.

Ακόμη ένα παράδειγμα χρήσης αισθητήρων και Arduino σε σκάφος είναι αυτό των Ihsan, Iham, Candra, Yunan και Hardisal (Ihsan et al., 2020). Η συγκεκριμένη μελέτη προτείνει ένα σύστημα αυτόματης αντλίας νερού για παραδοσιακά σκάφη που μπορεί να ελέγχει τον όγκο του νερού στο σκάφος και να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί αυτόματα τον κινητήρα της αντλίας νερού. Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν αισθητήρα στάθμης

νερού ως συσκευή ανίχνευσης νερού, μια πλακέτα Arduino Uno για την ανάγνωση των δεδομένων του αισθητήρα και τον έλεγχο του κινητήρα της αντλίας νερού και την εφαρμογή Labview ως σύστημα παρακολούθησης. Η εργασία περιγράφει επίσης τη διαδικασία δοκιμής του εργαλείου, η οποία περιλαμβάνει τη δοκιμή του αισθητήρα νερού, της αντλίας και ολόκληρου του εργαλείου.

Ακόμη μια μελέτη που αφορά τον έλεγχο της ποιότητας του νερού χρησιμοποιώντας αισθητήρες σε σκάφος και τεχνολογία Arduino είναι αυτή των Bautista, Cruz, Adams και Giron (Bautista et al., 2022). Το άρθρο εξετάζει τη χρήση των αισθητήρων και του Arduino στο πλαίσιο της αλιείας στις Φιλιππίνες. Ο κλάδος της αλιείας αντιμετωπίζει προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων των θανάτων ψαριών, γεγονός που καθιστά αναγκαία την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού στις λίμνες. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, οι ερευνητές ανέπτυξαν μια αυτόνομη πλατφόρμα πλοήγησης με την ονομασία ROWENA, η οποία υλοποιήθηκε σε μια εμπορικά διαθέσιμη βάρκα. Η πλατφόρμα ενσωματώνει προσιτούς αισθητήρες GPS και πυξίδα, με το Arduino Mega 2560 να χρησιμεύει ως κύριος μικροελεγκτής. Το σκάφος μπορεί να διασχίζει προκαθορισμένα σημεία πορείας, να συλλέγει δεδομένα ποιότητας νερού και να διανέμει τροφή για τα ψάρια.

Μια μελέτη που αφορά συγκεκριμένα αλιευτικά σκάφη είναι αυτή των Subash, Pradeep, Joseph, Jacob και Jayaraj (Subash et al., 2020). Η μελέτη πραγματεύεται την ανάπτυξη ενός συστήματος αποφυγής συγκρούσεων για αλιευτικά σκάφη στη θάλασσα για την αποφυγή συγκρούσεων με εμπορικά πλοία. Η έλλειψη κατάλληλων συστημάτων επικοινωνίας για τα αλιευτικά σκάφη εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους, καθώς τα πλοία, κατά καιρούς, αδυνατούν να εντοπίσουν μικρά αντικείμενα όπως τα αλιευτικά σκάφη. Το προτεινόμενο σύστημα χρησιμοποιεί Arduino Uno, αισθητήρες υπερήχων και δονήσεων, μονάδες GPS και GSM. Ο αισθητήρας υπερήχων ανιχνεύει τα εισερχόμενα πλοία ή αντικείμενα και ειδοποιεί τους επιβάτες του αλιευτικού σκάφους. Σε περίπτωση ατυχήματος, ο αισθητήρας δόνησης ανιχνεύει τη σύγκρουση και η μονάδα GPS παρέχει συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους και μήκους, οι οποίες αποστέλλονται στις ανταποκρίσεις έκτακτης ανάγκης μέσω της μονάδας GSM.

Τέλος, ακόμη μια μελέτη στην οποία χρησιμοποιούνται αισθητήρες και Arduino και αφορά αλιευτικά σκάφη είναι αυτή των Varghese, Sakthivel, Kirthic, Sharan και Pavithra (Varghese et al., 2022). Το συγκεκριμένο άρθρο εξετάζει την ανάπτυξη ενός συστήματος

συναγερμού για τους αλιείς στα θαλάσσια σύνορα, ώστε να αποφεύγονται οι τυχαίες διελεύσεις των συνόρων και να ενισχύεται η ασφάλεια στη θάλασσα. Το σύστημα χρησιμοποιεί αισθητήρες όπως ανιχνευτές υπερήχων και GPS, μαζί με τον μικροελεγκτή Arduino R3 Uno, για να επιτύχει τους στόχους του. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών επιτρέπει στο σύστημα να εντοπίζει τη θέση του σκάφους, να ανιχνεύει πιθανά εμπόδια και να ενεργοποιεί προειδοποιήσεις ή ειδοποιήσεις τόσο στους αλιείς όσο και στις παράκτιες αρχές όταν πλησιάζουν σε απαγορευμένες ζώνες.

3 Μελέτη περίπτωσης: Σχεδιασμός συστήματος αισθητήρων σε σκάφος με Arduino

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζεται μια πρακτική μελέτη περίπτωσης για την υλοποίηση ενός συστήματος αισθητήρων σε ένα σκάφος με τη χρήση του Arduino. Η μελέτη περίπτωσης αναδεικνύει την εφαρμογή της τεχνολογίας αισθητήρων στον θαλάσσιο τομέα, τονίζοντας τη σημασία της λήψης αποφάσεων βάσει δεδομένων για την ασφαλή πλοήγηση, την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και τη βέλτιστη απόδοση του σκάφους. Με τη διερεύνηση του σχεδιασμού και της υλοποίησης αυτού του συστήματος αισθητήρων, στόχος είναι η κατάδειξη των δυνατοτήτων του Arduino στην ενσωμάτωση διαφόρων αισθητήρων και στη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης λύσης για την παρακολούθηση και τον έλεγχο σκαφών.

3.1 Περιγραφή και σχεδιασμός του συστήματος

Το σύστημα αισθητήρων που σχεδιάστηκε για το σκάφος είναι μια εξελιγμένη και ολοκληρωμένη λύση που αξιοποιεί τη δύναμη του Arduino και μια σειρά αισθητήρων για να ενισχύσει την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των λειτουργιών του σκάφους.

Ο πυρήνας του συστήματος είναι ο Funduino Mega 2560, ένας μικροελεγκτής βασισμένος στο Arduino, ο οποίος χρησιμεύει ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας. Για να είναι δυνατή η απομακρυσμένη επικοινωνία και οι δυνατότητες παρακολούθησης, το σύστημα ενσωματώνει τη μονάδα SIM900. Για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και την ασφάλεια, το σύστημα χρησιμοποιεί πολλαπλούς αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένου του αισθητήρα αερίου Flying-Fish MH MQ4 για την ανίχνευση φυσικού αερίου (μεθανίου), του αισθητήρα αερίου Flying-Fish MH MQ9 για την ανίχνευση μονοξειδίου του άνθρακα και άλλων εύφλεκτων αερίων, του αισθητήρα HW

416-B PIR για την ανίχνευση κίνησης, του αισθητήρα υπερήχων HY-SRF05 για την αποφυγή εμποδίων, του αισθητήρα DHT11 για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας της ατμόσφαιρας, του αισθητήρα KS0048 για την ανίχνευση πιθανής εισροής νερού εντός του σκάφους. Αυτοί οι αισθητήρες συνεργάζονται για να παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για άμεση δράση και λήψη αποφάσεων κατά τη διάρκεια των εργασιών του σκάφους.

Ο συνολικός σχεδιασμός του συστήματος έχει σχεδιαστεί προσεκτικά ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη ενσωμάτωση και η βέλτιστη απόδοση. Δίνεται σχολαστική προσοχή στην επιλογή και την τοποθέτηση κάθε αισθητήρα για τη μεγιστοποίηση της ακρίβειας και της αποδοτικότητας των δεδομένων. Η δυνατότητα διασύνδεσης της πλακέτας Arduino με διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένων των αναλογικών, ψηφιακών, σειριακών, I2C και SPI, επιτρέπει την ομαλή αλληλεπίδραση με διαφορετικούς αισθητήρες.

Αξιοποιώντας τη δύναμη του Arduino και την ευελιξία των αισθητήρων του, το σύστημα αισθητήρων του σκάφους προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση για παρακολούθηση, έλεγχο και λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Η ικανότητα του συστήματος να επικοινωνεί με απομακρυσμένες συσκευές και η προσαρμοστικότητά του σε διαφορετικές διαμορφώσεις αισθητήρων το καθιστούν πολύτιμο εργαλείο για την ενίσχυση της ασφάλειας, της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και της συνολικής αποδοτικότητας του σκάφους.

3.2 Υλικό και αισθητήρες

Παρακάτω παρουσιάζονται τα εξαρτήματα υλικού και οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος αισθητήρων στο σκάφος. Το υλικό αποτελεί τη ραχοκοκαλιά του έργου, ενώ οι αισθητήρες παρέχουν κρίσιμα δεδομένα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο. Κάθε εξάρτημα εξυπηρετεί έναν συγκεκριμένο σκοπό, συμβάλλοντας στη συνολική λειτουργικότητα και αποτελεσματικότητα του συστήματος.

3.2.1 Funduino Mega 2560

Ο Funduino Mega 2560 είναι η κύρια πλακέτα μικροελεγκτή που χρησιμοποιείται σε αυτό το έργο. Βασίζεται στο Arduino Mega 2560 και προσφέρει ένα ευρύ φάσμα ακροδεκτών εισόδου/εξόδου, καθιστώντας το ιδανικό για έργα που απαιτούν πολυάριθμες

ενσωματώσεις αισθητήρων. Το Mega 2560 λειτουργεί με ταχύτητα ρολογιού 16 MHz και παρέχει 54 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου, 16 αναλογικές ακίδες εισόδου και πολλαπλές διεπαφές επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένων των UART, SPI και I2C. Η μεγάλη χωρητικότητα μνήμης και οι ισχυρές δυνατότητες επεξεργασίας του επιτρέπουν την αποτελεσματική απόκτηση, επεξεργασία και επικοινωνία δεδομένων με διάφορους αισθητήρες και περιφερειακά (Grobotronics, n.d.).

Το Funduino Mega 2560 χρησιμεύει ως εγκέφαλος του συστήματος αισθητήρων του σκάφους, υπεύθυνος για την απόκτηση, την επεξεργασία και τον έλεγχο των δεδομένων. Διευκολύνει την επικοινωνία με διάφορους αισθητήρες, διαβάζει τα σήματα εξόδου τους και εκτελεί αλγόριθμους ελέγχου με βάση τα δεδομένα των αισθητήρων. Το Mega 2560 χειρίζεται τη μετάδοση δεδομένων σε εξωτερικές συσκευές ή διακομιστές μέσω της μονάδας SIM900, επιτρέποντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο.

Το Funduino Mega 2560 διασυνδέεται με όλους τους αισθητήρες του συστήματος μέσω διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας (αναλογικά, ψηφιακά, σειριακά, I2C ή SPI). Διαβάζει δεδομένα από τους αισθητήρες, επεξεργάζεται τις πληροφορίες και ενεργοποιεί τις κατάλληλες αντιδράσεις με βάση προκαθορισμένους αλγόριθμους. Το Mega 2560 επικοινωνεί με τη μονάδα SIM900 για την αποστολή δεδομένων αισθητήρων και τη λήψη εντολών μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας.



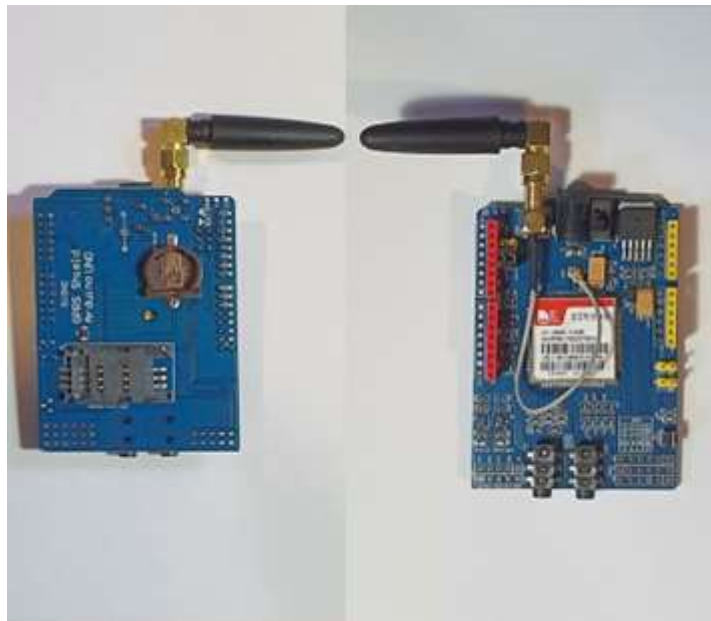
Εικόνα 9: Funduino Mega 2560

3.2.2 SIM900 Module

Η μονάδα SIM900 επιτρέπει τη συνδεσιμότητα δικτύου κινητής τηλεφωνίας για το σύστημα αισθητήρων σκάφους. Παρέχει τη δυνατότητα αποστολής δεδομένων αισθητήρων και ειδοποιήσεων μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας μέσω SMS ή την καθιέρωση συνδέσεων δεδομένων για επικοινωνία μέσω διαδικτύου. Η μονάδα επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση, τον έλεγχο και την επικοινωνία με το σύστημα αισθητήρων του σκάφους από οποιαδήποτε τοποθεσία με κάλυψη δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Κάποιες προδιαγραφές αυτού του εξαρτήματος είναι:

- **Επικοινωνία:** GSM/GPRS (2G)
- **Ζώνες συχνότητας:** MHz.
- **Υποδοχή κάρτας SIM:** SIM (Mini-SIM)
- **Διασύνδεση κεραίας:** SMA
- **Τάση λειτουργίας:** 3,4V έως 4,5V (Elestore, n.d.)

Η μονάδα SIM900 επικοινωνεί με το Funduino Mega 2560 μέσω δύο ψηφιακών ακίδων για την επίτευξη της σειριακής επικοινωνίας. Λαμβάνει δεδομένα αισθητήρων από το Arduino και στέλνει αυτές τις πληροφορίες σε προκαθορισμένους τηλεφωνικούς αριθμούς ή διακομιστές μέσω SMS ή συνδέσεων δεδομένων μέσω διαδικτύου. Η μονάδα μπορεί επίσης να λαμβάνει εντολές ή οδηγίες από απομακρυσμένες συσκευές, επιτρέποντας αμφίδρομη επικοινωνία.



Εικόνα 10: SIM900 Module

3.2.3 Flying-Fish MH MQ4 Gas Sensor

Ο αισθητήρας αερίου Flying-Fish MH MQ4 έχει σχεδιαστεί για την ανίχνευση αερίων, όπως το μεθάνιο και το φυσικό αέριο, στο περιβάλλον του σκάφους. Μπορεί να ειδοποιήσει το πλήρωμα για πιθανές διαρροές αερίου, επιτρέποντάς του να λάβει άμεσα μέτρα ασφαλείας και να αποτρέψει επικίνδυνες καταστάσεις. Κάποιες προδιαγραφές του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι:

- **Αέριο ανίχνευσης:** Μεθάνιο (CH₄), φυσικό αέριο ή άλλα εύφλεκτα αέρια.
- **Εύρος ανίχνευσης:** 300 έως 10.000 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο)
- **Ευαισθησία:** Ποτενσιόμετρο: Ρυθμιζόμενη μέσω ενσωματωμένου ποτενσιόμετρου
- **Χρόνος προθέρμανσης:** < 20 δευτερόλεπτα
- **Τάση λειτουργίας:** 5V DC
- **Διασύνδεση:** Αναλογική (Cableworks, n.d.)

Ο αισθητήρας αερίου MH MQ4 διασυνδέεται με το Funduino Mega 2560 μέσω της αναλογικής εξόδου του. Το Arduino διαβάζει το αναλογικό σήμα από τον αισθητήρα και με βάση τη συγκέντρωση αερίου μπορεί να ενεργοποιήσει συναγερμούς, να ενεργοποιήσει τα συστήματα εξαερισμού ή να στείλει ειδοποιήσεις στο πλήρωμα του σκάφους μέσω της μονάδας SIM900.



Εικόνα 11: Flying-Fish MH MQ4 Gas Sensor

3.2.4 Flying-Fish MH MQ9 Carbon Monoxide Gas Sensor

Ο αισθητήρας αερίου μονοξειδίου του άνθρακα (CO) MQ9 είναι μια δημοφιλής και ευρέως χρησιμοποιούμενη μονάδα αισθητήρα αερίου που έχει σχεδιαστεί για την ανίχνευση της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα. Αποτελεί μέρος της σειράς αισθητήρων αερίων MQ, που παράγονται από διάφορους κατασκευαστές, και μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί σε ηλεκτρονικά έργα που χρησιμοποιούν μικροελεγκτές όπως το Arduino, το Raspberry Pi ή άλλες πλακέτες ανάπτυξης. Ακολουθούν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά και προδιαγραφές του αισθητήρα αερίου μονοξειδίου του άνθρακα MQ9:

- **Αισθητήρας αερίου:** μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- **Εύρος ανίχνευσης:** 10 έως 1000 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο)
- **Τάση λειτουργίας:** Τυπικά 5V DC
- **Τάση θέρμανσης:** 5V (για τη θέρμανση του στοιχείου ανίχνευσης για σταθερές και ακριβείς μετρήσεις)
- **Αναλογική έξοδος:** Ο αισθητήρας παρέχει μια αναλογική έξοδο τάσης που μεταβάλλεται ανάλογα με τη συγκέντρωση του αερίου CO στον αέρα.

- **Χρόνος προθέρμανσης:** Τυπικά 48 ώρες (Ο αισθητήρας απαιτεί χρόνο προθέρμανσης πριν από τη λήψη αξιόπιστων μετρήσεων) (Hellas digital, n.d).

Ο αισθητήρας μονοξειδίου του άνθρακα MQ9 είναι συνδεδεμένος σε ένα ακροδέκτη αναλογικής εισόδου του Funduino Mega 2560. Παρέχει μετρήσεις των επιπέδων μονοξειδίου του άνθρακα, επιτρέποντας στο σύστημα να παρακολουθεί την ποιότητα του αέρα και να ανταποκρίνεται σε πιθανές διαρροές αερίου.



Εικόνα 12: Flying-Fish MH MQ9 Carbon Monoxide Gas Sensor

3.2.5 HW 416-B PIR Sensor

Ο αισθητήρας HW 416-B PIR ανιχνεύει την κίνηση ανθρώπου ή ζώου εντός της περιοχής ανίχνευσής του. Χρησιμοποιείται στο σύστημα σκαφών για λόγους ασφαλείας, ενεργοποιώντας συναγερμούς, φώτα ή άλλα μέτρα ασφαλείας όταν ανιχνεύεται κίνηση σε περιορισμένες περιοχές. Κάποιες προδιαγραφές του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι:

- **Εύρος ανίχνευσης:** Μερικά μέτρα (ρυθμιζόμενο μέσω ποτενσιόμετρων επί του σκάφους)
- **Γωνία ανίχνευσης:** 120 μοίρες
- **Τάση λειτουργίας:** 5V έως 20V DC
- **Διασύνδεση:** Ψηφιακή (HIGH/LOW) (Lady Ada, 2022)

Ο αισθητήρας PIR συνδέεται σε μία από τις ψηφιακές ακίδες εισόδου του Funduino Mega 2560. Το Arduino διαβάζει το ψηφιακό σήμα από τον αισθητήρα και όταν ανιχνεύεται κίνηση, μπορεί να ενεργοποιήσει πρωτόκολλα ασφαλείας ή να ενεργοποιήσει τα φώτα για να ενισχύσει την ασφάλεια και την προστασία στο σκάφος.



Εικόνα 13: HW 416-B PIR Sensor

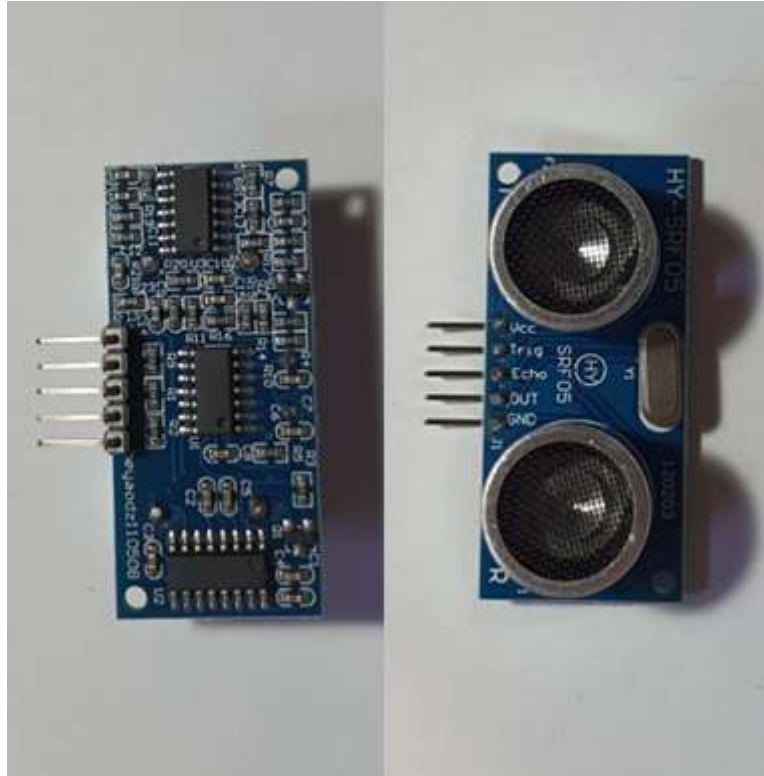
3.2.6 HY-SRF05 Ultrasonic Distance Sensor

Ο αισθητήρας απόστασης υπερήχων HY-SRF05 μετρά τις αποστάσεις μεταξύ του σκάφους και των κοντινών εμποδίων. Εκπέμπει υπερηχητικά κύματα και υπολογίζει την απόσταση με βάση το χρόνο που χρειάζονται τα κύματα για να αναπηδήσουν μετά την πρόσκρουση σε ένα αντικείμενο. Κάποιες προδιαγραφές του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι:

- **Εύρος μέτρησης:** 2 cm έως 450 cm
- **Τάση λειτουργίας:** 5V DC
- **Διασύνδεση:** Ψηφιακή (HIGH/LOW), ακροδέκτες σκανδαλισμού και ηχούς.
- **Γωνία ανίχνευσης:** 30 μοίρες περίπου (Grobotronics, n.d.)

Ο αισθητήρας HY-SRF05 διασυνδέεται με το Funduino Mega 2560 μέσω των ψηφιακών ακροδεκτών Trigger και Echo. Το Arduino ενεργοποιεί τον αισθητήρα, μετρά

το χρόνο επιστροφής του υπερηχητικού κύματος και υπολογίζει την απόσταση. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποφυγή εμποδίων, τη μέτρηση του βάθους του νερού ή τη βοήθεια πρόσδεσης.



Εικόνα 14: HY-SRF05 Ultrasonic Distance Sensor

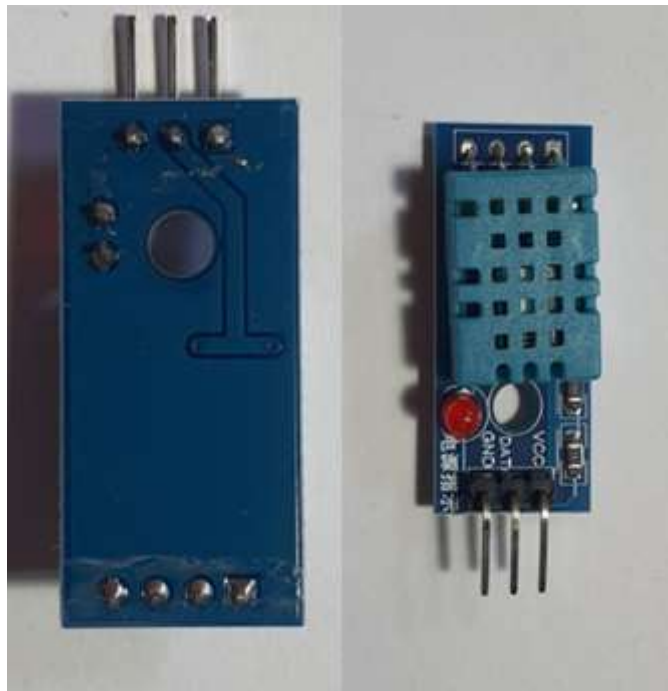
3.2.7 DHT11 Humidity and Temperature Sensor

Ο DHT11 είναι ένας βασικός και προσιτός ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας. Μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίες από 0°C έως 50°C και επίπεδα υγρασίας από 20% έως 90%. Ο αισθητήρας επικοινωνεί μέσω διεπαφής ενός καλωδίου και παρέχει ακριβείς μετρήσεις για απλά έργα και εφαρμογές. Ορισμένες τεχνικές προδιαγραφές του αισθητήρα υγρασίας και θερμοκρασίας DHT11 είναι:

- **Εύρος μέτρησης θερμοκρασίας:** 0°C έως 50°C
- **Εύρος μέτρησης υγρασίας:** 20% έως 90%
- **Ακρίβεια θερμοκρασίας:** $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- **Ακρίβεια υγρασίας:** $\pm 5\%$
- **Τάση λειτουργίας:** 3,3V έως 5,5V
- **Κατανάλωση ρεύματος:** Max 2.5mA (κατά τη διάρκεια της απόκτησης δεδομένων)

- **Διασύνδεση:** Ψηφιακή διεπαφή ενός καλωδίου
- **Χρόνος απόκρισης:** Περίπου 1 δευτερόλεπτο
- **Ρυθμός δειγματοληψίας:** ανά 2 δευτερόλεπτα (ElectronicWings, n.d.)

Ο αισθητήρας DHT11 συνδέεται σε ένα ψηφιακό ακροδέκτη εισόδου/εξόδου του Funduino Mega 2560. Μετρά την υγρασία και τη θερμοκρασία, παρέχοντας πολύτιμα περιβαλλοντικά δεδομένα για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών επί του σκάφους και την προώθηση της άνεσης των επιβατών.



Εικόνα 15: DHT11 Humidity and Temperature Sensor

3.2.8 KS0048 Water Sensor

Ο αισθητήρας νερού KS0048 είναι ένας απλός και συχνά χρησιμοποιούμενος αισθητήρας ανίχνευσης νερού που έχει σχεδιαστεί για το Arduino και άλλα έργα βασισμένα σε μικροελεγκτές. Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της παρουσίας ή της απουσίας νερού σε διάφορες εφαρμογές. Ακολουθούν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά και προδιαγραφές του αισθητήρα νερού Keyestudio KS0048:

- **Τάση λειτουργίας:** DC5V
- **Ρεύμα λειτουργίας:** < 20mA
- **Τύπος αισθητήρα:** Αναλογικός
- **Περιοχή ανίχνευσης:** 40mm x16mm

- **Διαδικασία παραγωγής:** FR4 διπλής πλευράς
- **Θερμοκρασία εργασίας:** 10°C-30°C
- **Υγρασία εργασίας:** 10%-90% χωρίς συμπύκνωση (keyestudio, 2021)

Ο αισθητήρας νερού, λόγω του ότι είναι αναλογικός, είναι εξαιρετικά ευαίσθητος στις παρεμβολές και τις διακυμάνσεις της τάσης. Ως εκ τούτου, δεν έδινε καθόλου αξιόπιστες μετρήσεις συνδεδεμένος πάνω στο breadboard. Ωστόσο, όταν συνδέθηκε απευθείας πάνω στον μικροελεγκτή, λειτούργησε με εξαιρετική ακρίβεια, διακρίνοντας μεταβολές της τάξης χιλιοστόμετρων στη στάθμη του νερού. Κατακόρυφη τοποθέτησή του στο δάπεδο του σκάφους μπορεί να ανιχνεύσει εισροή υδάτων εντός του, αλλά και τη στάθμη αυτών, ταυτοποιώντας τόσο την ύπαρξη εισροής, όσο και το ρυθμό αυτής. Σε αντίθεση με τον αισθητήρα υγρασίας της ατμόσφαιρας, η οποία, φυσικά, θα διατηρείται σε πολύ υψηλά επίπεδα, όσο το σκάφος βρίσκεται σε υδάτινο περιβάλλον, ο αισθητήρας στάθμης νερού ενεργοποιείται μόνο κατά τη βύθισή του (μερική ή ολική) σε νερό. Τυχαιά βύθισή μπορεί να προκύψει από έντονους κυματισμούς που πιθανώς να οδηγήσουν μικρή ποσότητα νερού εντός του σκάφους. Η διατήρηση σταθερής, και εν συνεχεία μειούμενης στάθμης, λόγω εξάτμισης ή/και απορρόφησης, όπως αυτή θα ανιχνευθεί από τον αισθητήρα, αποτρέπει εσφαλμένο συναγερμό περί βύθισης του σκάφους, καθιστώντας το συγκεκριμένο αισθητήρα ζωτικής σημασία για το συγκεκριμένο πρωτότυπο.



Εικόνα 16: KS0048 Water Sensor

3.2.9 SD Card Reader for Arduino

Η μονάδα ανάγνωσης καρτών SD είναι μια εξωτερική συσκευή αποθήκευσης που επιτρέπει στο Arduino να διαβάζει και να γράφει δεδομένα σε μια κάρτα SD. Παρέχει έναν βολικό τρόπο για να προστεθούν δυνατότητες καταγραφής ή αποθήκευσης δεδομένων σε έργα που βασίζονται στο Arduino, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αισθητήρων σε ένα σκάφος. Κάποιες τεχνικές προδιαγραφές είναι:

- **Διασύνδεση επικοινωνίας:** SPI (σειριακή περιφερειακή διεπαφή)
- **Τάση τροφοδοσίας:** 3,3V (οι περισσότερες μονάδες υποστηρίζουν τόσο 3,3V όσο και 5V)
- **Συμβατότητα:** Συμβατό με τις περισσότερες microSD κάρτες (MicroSDHC και MicroSDXC).
- **Χωρητικότητα κάρτας SD:** Υποστηρίζει SD κάρτες χωρητικότητας μέχρι και 32GB (Ορισμένες μονάδες ενδέχεται να υποστηρίζουν μεγαλύτερες χωρητικότητες)
- **Διαμόρφωση ακροδεκτών:** Τυπικά, η μονάδα διαθέτει έξι ακίδες: VCC, GND, MISO, MOSI, SCK και CS (Chip Select) (Last Minute Engineers, n.d.)

Η μονάδα ανάγνωσης καρτών SD συνδέεται με το Funduino Mega 2560 μέσω των ακροδεκτών SPI (Serial Peripheral Interface). Επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή χρησιμοποιώντας ένα σειριακό πρωτόκολλο ανταλλαγής δεδομένων. Με την εγκαθίδρυση αυτής της σύνδεσης, το σύστημα αισθητήρων μπορεί να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά τη μονάδα ανάγνωσης καρτών SD για την αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων από μια κάρτα SD, επιτρέποντας την καταγραφή δεδομένων, τις ρυθμίσεις διαμόρφωσης και άλλες πολύτιμες λειτουργίες για τη βελτίωση των δυνατοτήτων του συστήματος κατά τη θαλάσσια ναυσιπλοΐα.



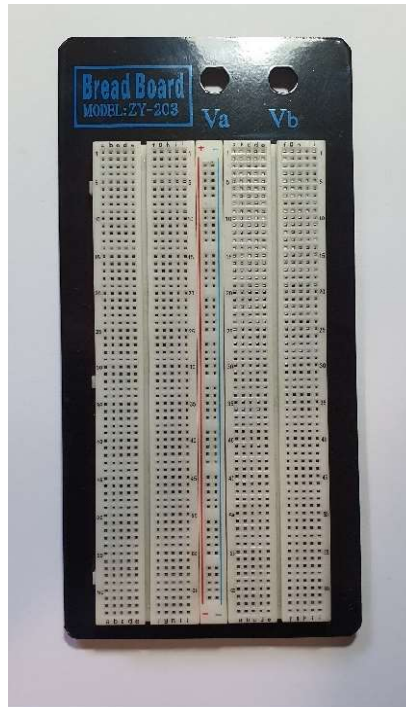
Εικόνα 17: SD Card Reader

3.2.10 BreadBoard ZY-203

Το BreadBoard ZY-203 είναι μια πλατφόρμα πρωτοτυποποίησης που χρησιμοποιείται κατά τη φάση ανάπτυξης του συστήματος αισθητήρων σκάφους. Επιτρέπει την προσωρινή σύνδεση εξαρτημάτων χωρίς συγκόλληση, καθιστώντας εύκολη τη δοκιμή και την επαλήθευση διαφόρων κυκλωμάτων αισθητήρων πριν από την εφαρμογή μιας μόνιμης εγκατάστασης στο σκάφος. Κάποιες προδιαγραφές του συγκεκριμένου εξαρτήματος είναι:

- **Διαστάσεις:** Τυπικό μέγεθος breadboard
- **Σημεία ακροδεκτών:** Πολλαπλές σειρές σημείων ακροδεκτών για τη σύνδεση εξαρτημάτων
- **Διασύνδεση:** Προσωρινές συνδέσεις με καλώδια βραχυκυκλωμάτων (StathisNet, n.d.)

Η πλακέτα BreadBoard ZY-203 δεν αποτελεί μέρος του τελικού συστήματος αισθητήρων σκάφους. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της φάσης σχεδιασμού και ανάπτυξης, επιτρέπει γρήγορες και ευέλικτες συνδέσεις μεταξύ αισθητήρων, Arduino και άλλων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, διευκολύνοντας την ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων και τον πειραματισμό.

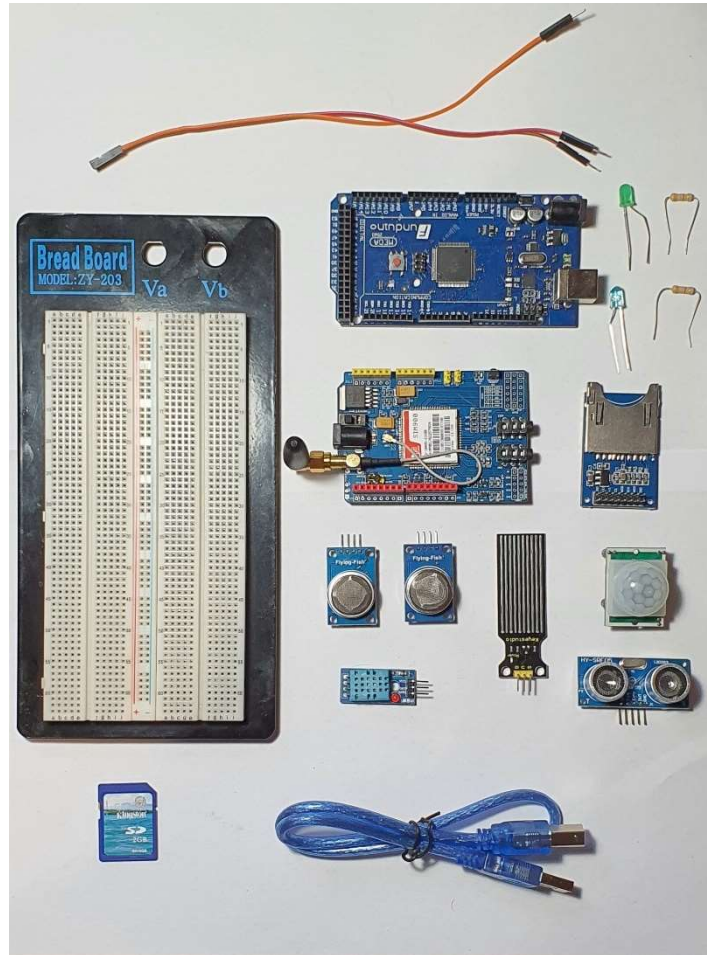


Εικόνα 18: BreadBoard ZY-203

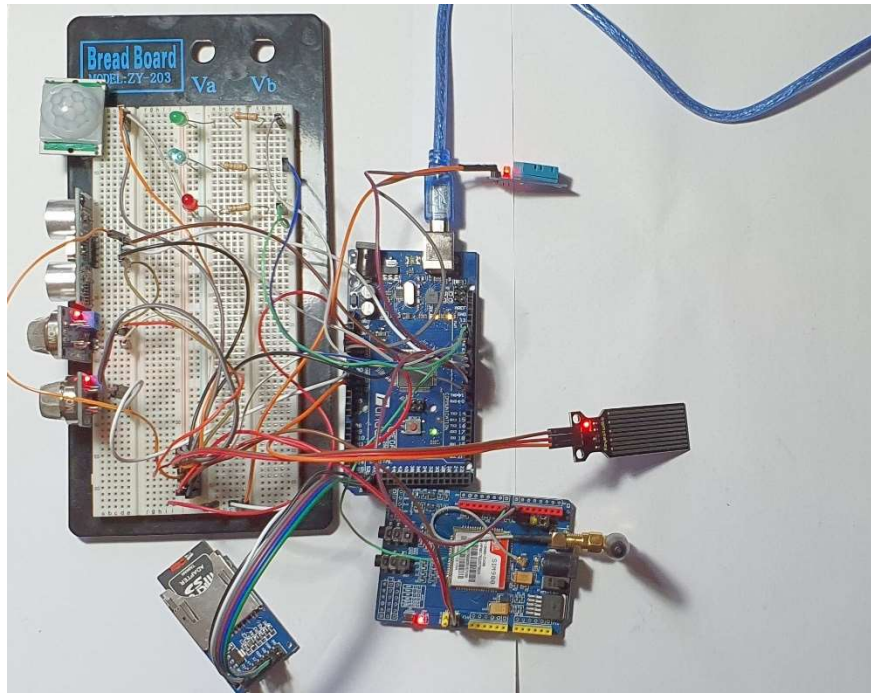
3.2.11 Συνολική λειτουργία

Συνοπτικά, κάθε εξάρτημα υλικού και αισθητήρα παίζει έναν συγκεκριμένο και κρίσιμο ρόλο στο σύστημα αισθητήρων σκάφους. Το Funduino Mega 2560 χρησιμεύει ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας, συντονίζοντας τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αισθητήρων και των άλλων εξαρτημάτων. Η μονάδα SIM900 επιτρέπει τη συνδεσιμότητα μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας, διευκολύνοντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο. Ο αισθητήρας αερίου Flying-Fish MH MQ4 ανιχνεύει αέρια, όπως το μεθάνιο και το φυσικό αέριο, ενισχύοντας την ασφάλεια. Ο αισθητήρας αερίου Flying-Fish MH MQ9 ανιχνεύει το μονοξειδίο του άνθρακα, ενισχύοντας, επίσης, την ασφάλεια. Ο αισθητήρας HW 416-B PIR παρέχει ανίχνευση κίνησης για σκοπούς ασφαλείας. Ο αισθητήρας υπερήχων HY-SRF05 μετρά αποστάσεις για την αποφυγή εμποδίων. Ο αισθητήρας DHT11 μετρά τα επίπεδα υγρασίας και την θερμοκρασία. Ο αισθητήρας KS0048 ανιχνεύει τα επίπεδα νερού. Ο αναγνώστης καρτών SD χρησιμεύει στην καταγραφή των μετρήσεων και την αποθήκευσή τους, χωρίς να απαιτείται συνεχής σύνδεση του Arduino με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τέλος, η πλακέτα BreadBoard ZY-203 βοηθά στη φάση ανάπτυξης και δοκιμής, επιτρέποντας την ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων κυκλωμάτων αισθητήρων.

Μαζί, αυτά τα εξαρτήματα υλικού και οι αισθητήρες αποτελούν ένα ολοκληρωμένο και ικανό σύστημα αισθητήρων σκαφών, συμβάλλοντας στην ασφαλέστερη πλοήγηση, τη βελτιωμένη παρακολούθηση του περιβάλλοντος και την αυξημένη απόδοση των σκαφών.



Εικόνα 19: Υλικό



Εικόνα 20: Συνολική συνδεσιμότητα

3.3 Υλοποίηση

Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας του συστήματος, καθώς και η λειτουργία του. Αρχικά ορίζονται οι απαραίτητες βιβλιοθήκες.

```
#include <SoftwareSerial.h> // For SIM900
#include <DHT.h> // For DHT temperature and humidity sensor
#include <NewPing.h> // For HC-SRF05 Ultrasonic Sensor
#include <SD.h> // For SD card data read/write
#include <SPI.h> // For SD card reader communication
```

- **SoftwareSerial.h:** Αυτή η βιβλιοθήκη επιτρέπει τη δημιουργία μιας σειριακής επικοινωνίας βασισμένης στο λογισμικό σε οποιοδήποτε ψηφιακές ακίδες του Arduino. Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τη μονάδα SIM900.
- **DHT.h:** Αυτή η βιβλιοθήκη χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση με αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας της σειράς DHT. Παρέχει λειτουργίες για την ανάγνωση των τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας από τον αισθητήρα.
- **NewPing.h:** Αυτή η βιβλιοθήκη χρησιμοποιείται για την εργασία με τον αισθητήρα υπερήχων HC-SRF05. Απλοποιεί τη διαδικασία διασύνδεσης με τον αισθητήρα και τη μέτρηση αποστάσεων με τη χρήση υπερηχητικών κυμάτων.

- **SD.h:** Αυτή η βιβλιοθήκη επιτρέπει στο Arduino να διαβάζει και να γράφει δεδομένα σε μια κάρτα SD (Secure Digital). Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ή ανάκτηση δεδομένων σε/από μια κάρτα SD.
- **SPI.h:** Αυτή η βιβλιοθήκη επιτρέπει στο Arduino να επικοινωνεί με συσκευές SPI (Serial Peripheral Interface), όπως συσκευές ανάγνωσης καρτών SD, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επικοινωνίας SPI.

Στη συνέχεια, γίνεται ο ορισμός των ακίδων.

```
// Define pins for each sensor
const int MQ4Pin = A0; // Analog input pin for MQ-4 Gas Sensor
const int MQ9Pin = A1; // Analog input pin for MQ-9 Gas Sensor
const int waterSensorPin = A2; // Analog input pin for KS0048 Water Sensor
const int PIRPin = 2; // Digital input pin for PIR Sensor (HW 416-B)
const int dhtPin = 3; // Digital pin for DHT sensor
const int trigPin = 4; // Ultrasonic sensor trigger pin
const int echoPin = 5; // Ultrasonic sensor echo pin
const int chipSelectPin = 53; // CS pin

// Define pins for LEDs
const int greenLedPin = 9; // Green LED
const int blueLedPin = 10; // Blue LED
const int redLedPin = 11; // Red LED (fire indicator)
```

- **MQ4Pin:** Αυτή η σταθερή αέρα μεταβλητή λαμβάνει την τιμή A0, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη αναλογικής εισόδου που χρησιμοποιείται για την ανάγνωση δεδομένων από τον αισθητήρα αερίου MQ4.
- **MQ9Pin:** Αυτή η σταθερή αέρα μεταβλητή λαμβάνει την τιμή A1, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη αναλογικής εισόδου που χρησιμοποιείται για την ανάγνωση δεδομένων από τον αισθητήρα αερίου MQ9.
- **waterSensorPin:** Αυτή η σταθερή αέρα μεταβλητή λαμβάνει την τιμή A2, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη αναλογικής εισόδου που χρησιμοποιείται για την ανάγνωση δεδομένων από τον αισθητήρα νερού KS0048.
- **PIRPin:** Αυτή η σταθερή αέρα μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 2, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη ψηφιακής εισόδου που χρησιμοποιείται για την ανάγνωση δεδομένων από τον αισθητήρα παθητικής υπέρυθρης ακτινοβολίας (PIR) (HW 416-B).

- **dhtPin:** Αυτή η σταθερή ακέραια μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 3, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη ψηφιακής εισόδου/εξόδου που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση με τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT.
- **trigPin:** Αυτή η σταθερή ακέραια μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 4, η οποία αναφέρεται στον ψηφιακό ακροδέκτη εξόδου που συνδέεται με τον ακροδέκτη ενεργοποίησης του αισθητήρα υπερήχων.
- **echoPin:** Αυτή η σταθερή ακέραια μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 5, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη ψηφιακής εισόδου που συνδέεται με τον ακροδέκτη echo του αισθητήρα υπερήχων. Ο ακροδέκτης echo pin μετρά το χρόνο που απαιτείται για την επιστροφή του παλμού υπερήχων μετά την πρόσκρουση σε ένα αντικείμενο, επιτρέποντας τη μέτρηση της απόστασης.
- **chipSelectPin:** Σε αυτή τη σταθερή ακέραια μεταβλητή αποδίδεται η τιμή 53, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη ψηφιακής εξόδου που χρησιμοποιείται ως ακροδέκτης επιλογής τσιπ (CS) για τον αναγνώστη καρτών SD. Είναι απαραίτητο για την επικοινωνία με την κάρτα SD.
- **greenLedPin:** Αυτή η σταθερά ακέραιη μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 9, η οποία αναφέρεται στον ψηφιακό ακροδέκτη εξόδου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της πράσινης λυχνίας LED.
- **blueLedPin:** Αυτή η σταθερή ακέραια μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 10, η οποία αναφέρεται στον ψηφιακό ακροδέκτη εξόδου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μπλε λυχνίας LED.
- **redLedPin:** Αυτή η σταθερά ακέραιη μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 11, η οποία αναφέρεται στον ακροδέκτη ψηφιακής εξόδου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κόκκινης λυχνίας LED, η οποία χρησιμεύει ως ένδειξη φωτιάς.

Παρακάτω γίνεται η αρχικοποίηση αντικειμένων για ανίχνευση (αισθητήρες) και επικοινωνία (SIM900).

```
// Initialize objects for each sensor (if needed)
SoftwareSerial sim900Serial(6, 7); // RX, TX for SIM900 (using SoftwareSerial)
DHT dht(dhtPin, DHT11); // Initialize DHT sensor (DHT11, DHT22, AM2302, etc.)
NewPing sonar(trigPin, echoPin, 200); // Initialize HC-SRF05 Ultrasonic
Sensor, max distance = 200cm

// Flag to indicate if the PIR sensor is triggered
bool pirTriggered = false;
```

```
// Create a File object to handle the data file
File dataFile;

// Variables to store the last time the data was logged
unsigned long lastDataLogTime = 0;
const unsigned long dataLogInterval = 60000; // Data log int
```

- **SoftwareSerial sim900Serial(6, 7);**: Αυτή η γραμμή δημιουργεί ένα αντικείμενο SoftwareSerial με το όνομα sim900Serial για την επικοινωνία με τη μονάδα SIM900. Η βιβλιοθήκη SoftwareSerial αναφέρθηκε προηγουμένως και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μιας σειριακής επικοινωνίας βασισμένης στο λογισμικό. Ο ακροδέκτης RX συνδέεται στον ψηφιακό ακροδέκτη 6 και ο ακροδέκτης TX συνδέεται στον ψηφιακό ακροδέκτη 7 του Arduino.
- **DHT dht(dhtPin, DHT11);**: Αυτή η γραμμή δημιουργεί ένα αντικείμενο DHT με το όνομα dht για τη διασύνδεση με τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT. Το αντικείμενο αρχικοποιείται με το dhtPin, το οποίο αντιπροσωπεύει τον ψηφιακό ακροδέκτη που είναι συνδεδεμένος με τον αισθητήρα DHT. Η παράμετρος DHT11 καθορίζει το συγκεκριμένο μοντέλο αισθητήρα DHT που χρησιμοποιείται (DHT11, DHT22, AM2302, κ.λπ.).
- **NewPing sonar(trigPin, echoPin, 200);**: Αυτή η γραμμή δημιουργεί ένα αντικείμενο NewPing με όνομα sonar για να συνεργαστεί με τον αισθητήρα υπερήχων HC-SRF05. Το αντικείμενο αρχικοποιείται με τα trigPin και echoPin, τα οποία αντιπροσωπεύουν τις ακίδες σκανδαλισμού και ηχούς αντίστοιχα, συνδεδεμένες με τον αισθητήρα υπερήχων. Η παράμετρος 200 καθορίζει τη μέγιστη απόσταση που μπορεί να μετρήσει ο αισθητήρας (200 cm σε αυτή την περίπτωση).
- **bool pirTriggered = false;**: Αυτή η γραμμή ορίζει μια μεταβλητή boolean με όνομα pirTriggered και την αρχικοποιεί σε false. Αυτή η μεταβλητή χρησιμοποιείται ως σημαία για να υποδεικνύει αν ο αισθητήρας παθητικών υπερέθρων (PIR) έχει ανιχνεύσει κίνηση (ενεργοποιηθεί) ή όχι.
- **File dataFile;**: Αυτή η γραμμή δημιουργεί ένα αντικείμενο File με το όνομα dataFile, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για το χειρισμό του αρχείου δεδομένων στην κάρτα SD. Το αντικείμενο θα χρησιμοποιείται για να διαβάζει από ή να γράφει στο αρχείο δεδομένων όπως απαιτείται.

- **unsigned long lastDataLogTime = 0;** Αυτή η γραμμή ορίζει μια μεταβλητή unsigned long με όνομα lastDataLogTime και την αρχικοποιεί σε 0. Αυτή η μεταβλητή θα αποθηκεύει τη χρονοσφραγίδα της τελευταίας στιγμής που καταγράφηκαν δεδομένα στο αρχείο δεδομένων.
- **const unsigned long dataLogInterval = 60000;** Αυτή η γραμμή ορίζει μια σταθερή μεταβλητή unsigned long με όνομα dataLogInterval και την ορίζει σε 60000 (χιλιοστά του δευτερολέπτου). Αυτή η μεταβλητή αντιπροσωπεύει το διάστημα καταγραφής δεδομένων, υποδεικνύοντας το χρονικό διάστημα μεταξύ διαδοχικών καταγραφών δεδομένων στο αρχείο δεδομένων. Σε αυτή την περίπτωση, ορίζεται σε 60 δευτερόλεπτα (1 λεπτό).

Ακολουθεί η συνάρτηση setup(), η οποία χειρίζεται την αρχικοποίηση των αισθητήρων, των διεπαφών επικοινωνίας και της κάρτας SD. Διασφαλίζει ότι όλα έχουν ρυθμιστεί σωστά πριν προχωρήσουμε στον κύριο βρόχο του προγράμματος Arduino.

```
void setup() {
  // Start Serial communication for debugging
  Serial.begin(9600);

  // Initialize SD card
  if (!SD.begin(chipSelectPin)) {
    Serial.println("SD card initialization failed!");
    while (1); // Halt the program
  }
  Serial.println("SD card initialized.");

  // Initialize SoftwareSerial for communication with SIM900
  sim900Serial.begin(9600);

  // Wait for the SIM900 module to initialize (you can increase the delay if
  // needed)
  delay(2000);

  // Check if the SIM900 module is ready
  if (sendATCommand("AT\r\n", "OK")) {
    Serial.println("SIM900 Module is ready.");
  } else {
    Serial.println("Error: SIM900 Module not responding.");
  }

  // Initialize sensors
  pinMode(PIRPin, INPUT); // PIR Sensor
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Ultrasonic sensor trigger pin as OUTPUT
}
```

```

pinMode(echoPin, INPUT); // Ultrasonic sensor echo pin as INPUT
pinMode(MQ9Pin, INPUT); // MQ-9 Gas Sensor
pinMode(waterSensorPin, INPUT); // KS0048 Water Sensor
dht.begin(); // Start DHT sensor

// Initialize LED pins as OUTPUT
pinMode(greenLedPin, OUTPUT);
pinMode(blueLedPin, OUTPUT);
pinMode(redLedPin, OUTPUT);

// Turn off all LEDs at the beginning
digitalWrite(greenLedPin, LOW);
digitalWrite(blueLedPin, LOW);
digitalWrite(redLedPin, LOW);

// Check if the data file exists
SD.begin(chipSelectPin);
if (SD.exists("sensor.txt")) {
  Serial.println("Data file found.");
} else {
  // If the file doesn't exist, create and initialize it
  dataFile = SD.open("sensor.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.println("Timestamp,Motion,Temperature,Humidity,Water,CH4,CO,Distance");
    dataFile.close();
    Serial.println("Data file created and initialized.");
  } else {
    Serial.println("Error creating data file.");
  }
}
}
}

```

- **Serial.begin(9600);**: Αυτή η γραμμή ξεκινά τη σειριακή επικοινωνία με ρυθμό baud 9600 bps για σκοπούς αποσφαλμάτωσης. Επιτρέπει στο Arduino να στέλνει και να λαμβάνει δεδομένα από/προς τον υπολογιστή μέσω της σειριακής θύρας.
- **if (!SD.begin(chipSelectPin)) {...}**: Αυτό το μπλοκ κώδικα προσπαθεί να αρχικοποιήσει την κάρτα SD χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση SD.begin(). Ελέγχει αν η κάρτα SD είναι παρούσα και αν μπορεί να γίνει πρόσβαση σε αυτήν. Εάν η αρχικοποίηση αποτύχει, εκτυπώνεται ένα μήνυμα σφάλματος και το πρόγραμμα σταματά (βρόχος while με while(1)).

- **sim900Serial.begin(9600);**: Αυτή η γραμμή ξεκινά την επικοινωνία SoftwareSerial με τη μονάδα SIM900 με ρυθμό baud 9600 bps.
- **delay(2000);**: Αυτή η γραμμή εισάγει μια καθυστέρηση 2000 χιλιοστών του δευτερολέπτου (2 δευτερόλεπτα) για να επιτραπεί η αρχικοποίηση της μονάδας SIM900. Η καθυστέρηση είναι απαραίτητη, καθώς ορισμένες μονάδες μπορεί να χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να είναι έτοιμες.
- **if (sendATCommand("AT\r\n", "OK")) {...}**: Αυτό το μπλοκ κώδικα στέλνει μια εντολή "AT" στη μονάδα SIM900 χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση sendATCommand(). Η συνάρτηση στέλνει την εντολή "AT" και περιμένει μια απάντηση που περιέχει "OK". Εάν η μονάδα απαντήσει με "OK", υποδεικνύει ότι η μονάδα είναι έτοιμη και εκτυπώνεται το μήνυμα "SIM900 Module is ready.". Διαφορετικά, εμφανίζεται το μήνυμα σφάλματος "Error: SIM900 Module not responding."
- **Αρχικοποιήσεις αισθητήρων**: Σε αυτό το μέρος, οι διάφορες ακίδες αισθητήρων και οι λυχνίες LED διαμορφώνονται ως είσοδοι ή έξοδοι χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση pinMode(). Ο αισθητήρας DHT αρχικοποιείται χρησιμοποιώντας την dht.begin() και όλες οι λυχνίες LED απενεργοποιούνται θέτοντας τις αντίστοιχες ακίδες τους σε LOW.
- **Έλεγχος κάρτας SD**: Ο κώδικας ελέγχει αν υπάρχει αρχείο δεδομένων με όνομα "sensor.txt" στην κάρτα SD χρησιμοποιώντας την SD.exists(). Εάν το αρχείο υπάρχει, εκτυπώνεται το μήνυμα "Data file found.". Εάν το αρχείο δεν υπάρχει, ο κώδικας δημιουργεί το αρχείο και το αρχικοποιεί με μια γραμμή κεφαλίδας που περιέχει τα ονόματα των μετρήσεων των αισθητήρων.

Παρακάτω παρουσιάζονται βοηθητικές συναρτήσεις που καλούνται στη loop(). Αρχικά, η συνάρτηση getUltrasonicDistance() παρέχει έναν βολικό τρόπο για να λαμβάνεται η μέτρηση της απόστασης από τον αισθητήρα υπερήχων HC-SRF05 σε εκατοστά, διευκολύνοντας τη χρήση των δεδομένων του αισθητήρα στο βρόχο του κύριου προγράμματος ή σε άλλα μέρη του κώδικα.

```
// Function to read distance from Ultrasonic Sensor
int getUltrasonicDistance() {
    unsigned int duration = sonar.ping(); // Send a ping and get the duration

    // Calculate the distance based on the speed of sound (343 m/s) and the time
    taken
```

```

// Distance (cm) = (Time taken for ping to return / 2) * Speed of sound in
air (343 m/s)
int distance = duration * 0.0343 / 2;

return distance;
}

```

- **unsigned int duration = sonar.ping();**: Η συνάρτηση ξεκινά με την κλήση της μεθόδου ping() του αντικειμένου sonar (που δημιουργήθηκε νωρίτερα ως αντικείμενο NewPing). Η μέθοδος ping() στέλνει έναν υπερηχητικό παλμό από τον αισθητήρα και μετρά το χρόνο που χρειάζεται ο παλμός για να ταξιδέψει σε ένα αντικείμενο και να επιστρέψει. Η τιμή επιστροφής της ping() είναι η διάρκεια του ταξιδιού του παλμού σε μικροδευτερόλεπτα, η οποία αποθηκεύεται στη μεταβλητή duration.
- **Υπολογισμός απόστασης**: Στη συνέχεια, η συνάρτηση υπολογίζει την απόσταση με βάση τη διάρκεια του παλμού χρησιμοποιώντας τον τύπο για τον υπολογισμό της απόστασης από το χρόνο που χρειάζεται ο ήχος για να διανύσει μια συγκεκριμένη απόσταση. Ο τύπος έχει ως εξής: Distance (cm) = (Time taken for ping to return / 2) * Speed of sound in air (343 m/s)
- **int duration * 0,0343 / 2**: Η μεταβλητή duration κρατά το χρόνο που χρειάζεται ο ηχητικός παλμός για να κάνει το γύρο του ταξιδιού. Ο πολλαπλασιασμός της με το 0,0343 μετατρέπει τη διάρκεια από μικροδευτερόλεπτα σε εκατοστά. Η μετατροπή αυτή προϋποθέτει ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι περίπου 343 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s). Δεδομένου ότι το ηχητικό κύμα ταξιδεύει προς το αντικείμενο και πίσω, πρέπει να διαιρέσουμε το αποτέλεσμα με το 2 για να λάβουμε την πραγματική απόσταση μιας διαδρομής από τον αισθητήρα προς το αντικείμενο.
- **return distance;**: Τέλος, η συνάρτηση επιστρέφει την υπολογισμένη τιμή της απόστασης, επιτρέποντας τη χρήση της σε άλλο σημείο του προγράμματος.

Άλλη μια βοηθητική συνάρτηση είναι η sendATCommand(), η οποία χρησιμοποιείται για την αποστολή μιας εντολής AT στη μονάδα SIM900 (που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία GSM) και τον έλεγχο εάν η απάντηση από τη μονάδα αντιστοιχεί στην αναμενόμενη απάντηση. Αυτή η συνάρτηση χρησιμοποιείται συνήθως για την αλληλεπίδραση με τη μονάδα SIM900 και την επαλήθευση της επιτυχούς εκτέλεσης των εντολών.

```

// Function to send an AT command and check for a specific response
bool sendATCommand(const char* command, const char* expectedResponse) {
    // Send the command to SIM900
    sim900Serial.print(command);
    delay(100);

    // Read the response from SIM900
    String response = "";
    while (sim900Serial.available()) {
        char c = sim900Serial.read();
        response += c;
    }

    // Check if the expected response is present in the received response
    if (response.indexOf(expectedResponse) != -1) {
        return true;
    }
    return false;
}

```

- **bool sendATCommand(const char* command, const char* expectedResponse)**
 {: Η γραμμή αυτή ορίζει τη συνάρτηση sendATCommand(), η οποία λαμβάνει δύο ορίσματα: command, έναν δείκτη σε έναν πίνακα χαρακτήρων που αντιπροσωπεύει την εντολή AT που πρέπει να σταλεί στη μονάδα SIM900, και expectedResponse, έναν δείκτη σε έναν πίνακα χαρακτήρων που αντιπροσωπεύει την αναμενόμενη απάντηση από τη μονάδα SIM900.
- **sim900Serial.print(command);**: Η συνάρτηση ξεκινά με την αποστολή της εντολής AT στη μονάδα SIM900 χρησιμοποιώντας τη μέθοδο sim900Serial.print(). Η εντολή AT αποστέλλεται συνήθως ως συμβολοσειρά και δίνει εντολή στη μονάδα να εκτελέσει συγκεκριμένες ενέργειες ή να ζητήσει πληροφορίες.
- **delay(100);**: Προστίθεται μια μικρή καθυστέρηση 100 χιλιοστών του δευτερολέπτου για να δοθεί στη μονάδα SIM900 λίγος χρόνος για να επεξεργαστεί την εντολή και να δώσει μια απάντηση.
- **Διάβασμα της απάντησης:** Στη συνέχεια, η συνάρτηση διαβάζει την απάντηση από τη μονάδα SIM900 και την αποθηκεύει σε μια μεταβλητή String με όνομα response. Διαβάζει κάθε χαρακτήρα από το αντικείμενο sim900Serial (SoftwareSerial), ενώ τα δεδομένα είναι διαθέσιμα, και τον επισυνάπτει στη συμβολοσειρά απόκρισης.

- **if (response.indexOf(expectedResponse) != -1) {:** Η συνάρτηση ελέγχει αν η συμβολοσειρά expectedResponse υπάρχει στη ληφθείσα συμβολοσειρά απόκρισης χρησιμοποιώντας τη μέθοδο indexOf() της κλάσης String. Εάν η expectedResponse βρεθεί μέσα στη συμβολοσειρά απόκρισης, η indexOf() επιστρέφει τη θέση (δείκτη) της πρώτης εμφάνισης της υποσυμβολοσειράς. Εάν δεν βρεθεί, η indexOf() επιστρέφει -1.
- **return true;:** Η συνάρτηση επιστρέφει true, υποδεικνύοντας ότι η εντολή ήταν επιτυχής και ότι ελήφθη η αναμενόμενη απάντηση.
- **return false;:** Εάν η expectedResponse δεν βρεθεί στην απόκριση, η συνάρτηση επιστρέφει false, υποδεικνύοντας ότι η εντολή απέτυχε ή ότι δεν ελήφθη η αναμενόμενη απόκριση.

Επόμενη βοηθητική συνάρτηση είναι η sendSensorDataToSIM900() που είναι υπεύθυνη για την αποστολή δεδομένων αισθητήρα στη μονάδα SIM900 με τη χρήση εντολών AT και την αποστολή SMS με τις ενδείξεις του αισθητήρα σε έναν καθορισμένο αριθμό τηλεφώνου παραλήπτη.

```
// Function to send sensor data to SIM900 module
void sendSensorDataToSIM900(int gasValue, int pirValue, int distance, float
temperature, float humidity) {
  // Send sensor data via AT commands
  // Replace SIM_PIN with your SIM card's PIN (if any)
  sim900Serial.println("AT+CPIN=SIM_PIN");
  delay(100);
  sim900Serial.println("AT+CMGF=1"); // Set the SMS mode to text
  delay(100);
  sim900Serial.print("AT+CMGS=\"+1234567890\""); // Replace +1234567890 with
the recipient's phone number
  sim900Serial.write(0x0D); // CR (Carriage Return) character
  delay(100);
  sim900Serial.print("Gas Value: ");
  sim900Serial.println(gasValue);
  sim900Serial.print("PIR Value: ");
  sim900Serial.println(pirValue);
  sim900Serial.print("Ultrasonic Distance (cm): ");
  sim900Serial.println(distance);
  sim900Serial.print("Temperature (C): ");
  sim900Serial.println(temperature);
  sim900Serial.print("Humidity (%): ");
  sim900Serial.println(humidity);
  delay(100);
  sim900Serial.write(0x1A); // CTRL+Z (End of Text) character
```



```
delay(100);  
}
```

- **void sendSensorDataToSIM900(int gasValue, int pirValue, int distance, float temperature, float humidity)** {}: Αυτή η γραμμή ορίζει τη συνάρτηση sendSensorDataToSIM900(), η οποία λαμβάνει πέντε ορίσματα: gasValue, pirValue, απόσταση, θερμοκρασία και υγρασία. Αυτά τα ορίσματα αντιπροσωπεύουν τις ενδείξεις των αισθητήρων που θα αποσταλούν στον παραλήπτη.
- **Αποστολή SMS μέσω εντολών AT:** Η συνάρτηση χρησιμοποιεί εντολές AT για την αποστολή ενός μηνύματος SMS που περιέχει τα δεδομένα του αισθητήρα στον καθορισμένο αριθμό τηλεφώνου του παραλήπτη. Ακολουθεί μια βήμα προς βήμα επεξήγηση των εντολών AT που χρησιμοποιούνται:
 - **sim900Serial.println("AT+CPIN=SIM_PIN");**: Αυτή η γραμμή στέλνει την εντολή για ξεκλείδωμα της κάρτας SIM χρησιμοποιώντας το καθορισμένο PIN (SIM_PIN). Το SIM_PIN θα πρέπει να αντικατασταθεί με το πραγματικό PIN της κάρτας SIM, εάν απαιτείται.
 - **sim900Serial.println("AT+CMGF=1");**: Αυτή η γραμμή θέτει τη λειτουργία SMS σε κείμενο (1), έτσι ώστε τα δεδομένα του αισθητήρα να μπορούν να σταλούν ως απλό κείμενο στο SMS.
 - **sim900Serial.print("AT+CMGS=\"+1234567890\")**: Αυτή η γραμμή καθορίζει τον αριθμό τηλεφώνου του παραλήπτη, ο οποίος πρέπει να αντικατασταθεί με τον πραγματικό αριθμό τηλεφώνου στον οποίο θα σταλεί το SMS. Ο αριθμός πρέπει να είναι σε διεθνή μορφή (π.χ. "+1234567890").
 - **sim900Serial.write(0x0D);**: Αυτό στέλνει έναν χαρακτήρα Carriage Return (CR), ο οποίος απαιτείται πριν από την αποστολή του περιεχομένου του SMS.
- **Αποστολή δεδομένων αισθητήρα:** Η συνάρτηση στέλνει στη συνέχεια τα πραγματικά δεδομένα αισθητήρα ως μέρος του περιεχομένου SMS. Κάθε ένδειξη αισθητήρα εκτυπώνεται στη μονάδα SIM900 με τη χρήση της sim900Serial.println().

- **sim900Serial.write(0x1A);**: Αυτή η γραμμή στέλνει τον χαρακτήρα CTRL+Z (Τέλος κειμένου) για να υποδείξει το τέλος του περιεχομένου του SMS και να ξεκινήσει η αποστολή του SMS.

Τέλος, μια τελευταία βοηθητική συνάρτηση είναι η `logSensorData()`, η οποία επιτρέπει στο Arduino να καταγράφει συνεχώς δεδομένα αισθητήρων στην κάρτα SD σε δομημένη μορφή CSV, καθιστώντας εύκολη την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων αργότερα σε υπολογιστή ή άλλη συσκευή.

```
// Function to log sensor data to SD card in CSV format
void logSensorData(int gasValue, int pirValue, int distance, float
temperature, float humidity, int waterSensorValue) {
  // Open the data file in append mode
  dataFile = SD.open("sensor.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    // Log the data in CSV format
    dataFile.print(millis()); // Timestamp in milliseconds since Arduino
started
    dataFile.print(",");
    dataFile.print(pirValue); // Motion (PIR) sensor value
    dataFile.print(",");
    dataFile.print(temperature); // Temperature value
    dataFile.print(",");
    dataFile.print(humidity); // Humidity value
    dataFile.print(",");
    dataFile.print(waterSensorValue); // Water sensor value
    dataFile.print(",");
    dataFile.print(gasValue); // MQ-4 Gas Sensor value
    dataFile.print(",");
    dataFile.print(analogRead(MQ9Pin)); // MQ-9 Gas Sensor value
    dataFile.print(",");
    dataFile.println(distance); // Ultrasonic Sensor distance value

    dataFile.close(); // Close the file after writing
  } else {
    Serial.println("Error opening data file.");
  }
}
```

- **void logSensorData(int gasValue, int pirValue, int distance, float temperature, float humidity, int waterSensorValue) {**: Αυτή η γραμμή ορίζει τη συνάρτηση `logSensorData()`, η οποία λαμβάνει έξι ορίσματα: `gasValue`, `pirValue`, απόσταση,

θερμοκρασία, υγρασία και waterSensorValue. Αυτά τα ορίσματα αντιπροσωπεύουν τις μετρήσεις αισθητήρων που πρόκειται να καταγραφούν στην κάρτα SD.

- **Άνοιγμα του αρχείου δεδομένων:** Η συνάρτηση ξεκινάει με το άνοιγμα του αρχείου δεδομένων "sensor.txt" σε λειτουργία προσάρτησης χρησιμοποιώντας την SD.open(). Το αρχείο ανοίγει σε λειτουργία προσάρτησης (FILE_WRITE) για να διασφαλιστεί ότι τα νέα δεδομένα αισθητήρα προστίθενται στο τέλος του αρχείου χωρίς να αντικατασταθούν τα υπάρχοντα δεδομένα.
- **Καταγραφή δεδομένων σε μορφή CSV:** Μέσα στη συνθήκη if (if (dataFile) { ... }), η συνάρτηση καταγράφει τα δεδομένα του αισθητήρα σε μορφή CSV. Κάθε ένδειξη αισθητήρα διαχωρίζεται με κόμμα για να δημιουργηθεί μια δομημένη μορφή για τα δεδομένα.
- **Timestamp καταγραφής:** Η συνάρτηση καταγράφει πρώτα τη χρονοσφραγίδα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου από την έναρξη λειτουργίας του Arduino χρησιμοποιώντας την millis(). Η χρονοσφραγίδα υποδεικνύει πότε καταγράφηκαν τα δεδομένα του αισθητήρα, παρέχοντας μια χρονική αναφορά για κάθε σύνολο μετρήσεων.
- **Καταγραφή ενδείξεων αισθητήρων:** Στη συνέχεια, η συνάρτηση καταγράφει τις ενδείξεις των αισθητήρων, όπως pirValue (τιμή αισθητήρα κίνησης), θερμοκρασία, υγρασία, waterSensorValue, gasValue και απόσταση. Κάθε ένδειξη διαχωρίζεται με κόμμα, δημιουργώντας μια εγγραφή CSV.
- **dataFile.close();** Μετά την καταγραφή των δεδομένων του αισθητήρα, το αρχείο δεδομένων κλείνει χρησιμοποιώντας τη μέθοδο close() του αντικειμένου File. Το κλείσιμο του αρχείου διασφαλίζει ότι τα δεδομένα έχουν εγγραφεί στην κάρτα SD και αποφεύγει πιθανή απώλεια δεδομένων.
- **Χειρισμός σφαλμάτων:** Εάν το αρχείο δεδομένων δεν μπορεί να ανοίξει (π.χ. λόγω σφάλματος της κάρτας SD), η συνάρτηση εξάγει ένα μήνυμα σφάλματος στην οθόνη σειριακής παρακολούθησης.

Τέλος, εκτελείται η συνάρτηση loop(). Η συνάρτηση αυτή είναι ο κύριος βρόχος εκτέλεσης του προγράμματος Arduino. Σε αυτή τη συνάρτηση, το σύστημα διαβάζει δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες και εκτελεί διάφορες ενέργειες με βάση τις ενδείξεις των αισθητήρων.

```
void loop() {  
  // Read and print data from each sensor
```

```

int gasValue = analogRead(MQ4Pin); // Read gas value from MQ-4 Gas Sensor
int mq9Value = analogRead(MQ9Pin);
int pirValue = digitalRead(PIRPin); // Read PIR Sensor value (HIGH or LOW)
int distance = getUltrasonicDistance(); // Read distance from Ultrasonic
Sensor
float temperature = dht.readTemperature(); // Read temperature from DHT
sensor
float humidity = dht.readHumidity(); // Read humidity from DHT sensor
int waterSensorValue = analogRead(waterSensorPin);

// Print sensor readings to Serial Monitor
Serial.print("MQ-9 Gas Sensor Value: ");
Serial.println(mq9Value);

Serial.print("Gas Sensor Value: ");
Serial.println(gasValue);

Serial.print("PIR Sensor Value: ");
Serial.println(pirValue);

Serial.print("Ultrasonic Sensor Distance (cm): ");
Serial.println(distance);

Serial.print("Temperature (C): ");
Serial.println(temperature);

Serial.print("Humidity (%): ");
Serial.println(humidity);

Serial.print("Water Sensor Value: ");
Serial.println(waterSensorValue);

// Check if the PIR sensor is triggered (value is 1)
if (pirValue == HIGH) {
    // Set the flag to true if the PIR sensor is triggered
    pirTriggered = true;

    // Turn on the green LED for 3 seconds
    digitalWrite(greenLedPin, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(greenLedPin, LOW);
}

// Send sensor data to SIM900 module (AT commands) only when the PIR sensor
is triggered
if (pirTriggered) {
    // Check if the SIM900 module is ready to send SMS
    if (sendATCommand("AT+CMGS=\"+1234567890\"\\r\\n", ">")) { // Replace
+1234567890 with the recipient's phone number

```

```

        sendSensorDataToSIM900(gasValue, pirValue, distance, temperature,
humidity);
        // Reset the flag after sending the data
        pirTriggered = false;
    } else {
        Serial.println("Error: SIM900 Module not ready to send SMS.");
    }
}

// Check if it's time to log the data
unsigned long currentMillis = millis();
if (currentMillis - lastDataLogTime >= dataLogInterval) {
    lastDataLogTime = currentMillis; // Update the last data log time

    // Log sensor data to SD card
    logSensorData(gasValue, pirValue, distance, temperature, humidity,
waterSensorValue);
    Serial.println("Sensor Data Logged to SD Card");

    // Turn on the blue LED for 2 seconds
    digitalWrite(blueLedPin, HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(blueLedPin, LOW);
}

// Check if MQ-9 and temperature values are above certain thresholds
if (mq9Value > MQ9_THRESHOLD && temperature > TEMPERATURE_THRESHOLD) {
    // Turn on the red LED
    digitalWrite(redLedPin, HIGH);
} else {
    // Turn off the red LED
    digitalWrite(redLedPin, LOW);
}

delay(1000); // Delay between sensor readings (1 second)
}

```

- **Ανάγνωση δεδομένων αισθητήρα:** Η συνάρτηση ξεκινά με την ανάγνωση δεδομένων από διάφορους αισθητήρες:
 - Οι τιμές αερίου διαβάζονται από τον αισθητήρα αερίου MQ4 και τον αισθητήρα αερίου MQ9.
 - Διαβάζεται η τιμή του αισθητήρα PIR (αισθητήρας κίνησης), καθορίζοντας αν ανιχνεύεται κίνηση (HIGH) ή όχι (LOW).
 - Η απόσταση μετράται με τη χρήση του αισθητήρα υπερήχων (HC-SRF05).

- Η θερμοκρασία και η υγρασία διαβάζονται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT.
 - Η τιμή του αισθητήρα νερού διαβάζεται από τον αισθητήρα νερού KS0048.
- **Εκτύπωση των ενδείξεων των αισθητήρων:** Μετά την ανάγνωση των δεδομένων από τους αισθητήρες, η συνάρτηση εκτυπώνει τις ενδείξεις των αισθητήρων στην σειριακή οθόνη. Αυτό επιτρέπει την παρατήρηση των τιμών αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος.
- **Ανίχνευση κίνησης:** Η συνάρτηση ελέγχει εάν ο αισθητήρας PIR έχει ενεργοποιηθεί (ανίχνευση κίνησης). Εάν η τιμή του αισθητήρα PIR είναι HIGH (ανίχνευση κίνησης), θέτει μια σημαία (pirTriggered) σε true και ανάβει την πράσινη λυχνία LED για 3 δευτερόλεπτα για να υποδείξει την ανίχνευση κίνησης. Στη συνέχεια, η πράσινη λυχνία LED σβήνει μετά την καθυστέρηση.
- **Αποστολή SMS με δεδομένα αισθητήρα:** Εάν ο αισθητήρας PIR ενεργοποιηθεί (η σημαία pirTriggered είναι true), η συνάρτηση αποστέλλει δεδομένα αισθητήρα στον αριθμό τηλεφώνου ενός καθορισμένου παραλήπτη μέσω της μονάδας SIM900. Ελέγχει αν η μονάδα SIM900 είναι έτοιμη να στείλει μηνύματα SMS χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση sendATCommand(). Εάν η μονάδα είναι έτοιμη, καλεί τη συνάρτηση sendSensorDataToSIM900() για να στείλει τα δεδομένα αισθητήρα ως SMS. Μετά την αποστολή των δεδομένων, η σημαία pirTriggered μηδενίζεται σε false.
- **Καταγραφή δεδομένων σε κάρτα SD:** Η συνάρτηση ελέγχει αν είναι ώρα να καταγραφούν τα δεδομένα του αισθητήρα στην κάρτα SD. Χρησιμοποιεί ένα χρονικό διάστημα (dataLogInterval) για να καθορίσει πότε θα καταγραφούν τα δεδομένα. Όταν επιτευχθεί το χρονικό διάστημα, καταγράφει τα δεδομένα αισθητήρα, συμπεριλαμβανομένων της χρονοσφραγίδας, της κατάστασης κίνησης, της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της τιμής του αισθητήρα νερού, των τιμών του αισθητήρα αερίου και της απόστασης του αισθητήρα υπερήχων, στην κάρτα SD χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση logSensorData(). Ανάβει επίσης η μπλε λυχνία LED για 2 δευτερόλεπτα για να υποδείξει ότι τα δεδομένα έχουν καταγραφεί.
- **Ένδειξη κρίσιμης κατάστασης:** Η συνάρτηση ελέγχει εάν η τιμή του αισθητήρα αερίου MQ9 είναι πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο (MQ9_THRESHOLD) και εάν η θερμοκρασία είναι πάνω από ένα άλλο όριο (TEMPERATURE_THRESHOLD). Εάν πληρούνται και οι δύο προϋποθέσεις,

ανάβει η κόκκινη λυχνία LED, υποδεικνύοντας μια κρίσιμη κατάσταση. Διαφορετικά, η κόκκινη λυχνία LED σβήνει.

- **Καθυστέρηση μεταξύ των μετρήσεων του αισθητήρα:** Η συνάρτηση περιλαμβάνει μια καθυστέρηση 1000 χιλιοστών του δευτερολέπτου (1 δευτερόλεπτο) μεταξύ των μετρήσεων του αισθητήρα. Αυτή η καθυστέρηση ελέγχει το ρυθμό με τον οποίο συλλέγονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα αισθητήρα.

Η συνάρτηση loop() επαναλαμβάνει συνεχώς αυτά τα βήματα, επιτρέποντας στο σύστημα να διαβάζει δεδομένα αισθητήρων, να ενεργοποιεί ενέργειες με βάση τις ενδείξεις των αισθητήρων και να καταγράφει περιοδικά δεδομένα στην κάρτα SD και να στέλνει μηνύματα SMS με δεδομένα αισθητήρων.

Συνολικά λοιπόν, το σύστημα διαβάζει συνεχώς δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες. Οι ενδείξεις των αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων των τιμών αερίου, της κατάστασης κίνησης, της απόστασης, της θερμοκρασίας, της υγρασίας και των τιμών του αισθητήρα νερού, εμφανίζονται στη σειριακή οθόνη για παρατήρηση σε πραγματικό χρόνο.

Το σύστημα ελέγχει επίσης τον αισθητήρα PIR (αισθητήρας κίνησης) για την ανίχνευση κίνησης. Εάν ο αισθητήρας PIR ανιχνεύσει κίνηση, ενεργοποιεί την πράσινη λυχνία LED για 3 δευτερόλεπτα και αποστέλλει δεδομένα αισθητήρα σε πραγματικό χρόνο στον αριθμό τηλεφώνου ενός καθορισμένου παραλήπτη μέσω της μονάδας SIM900 με τη χρήση μηνυμάτων SMS.

Επιπλέον, το σύστημα καταγράφει τα δεδομένα αισθητήρα σε μια κάρτα SD σε μορφή CSV σε τακτά χρονικά διαστήματα (ρυθμιζόμενο από το dataLogInterval). Η καταγραφή δεδομένων περιλαμβάνει τη χρονοσφραγίδα, την κατάσταση κίνησης, τη θερμοκρασία, την υγρασία, την τιμή του αισθητήρα νερού, τις τιμές του αισθητήρα αερίου και την απόσταση του αισθητήρα υπερήχων.

Η μπλε λυχνία LED ανάβει για 2 δευτερόλεπτα κάθε φορά που καταγράφονται δεδομένα αισθητήρα στην κάρτα SD, παρέχοντας μια οπτική ένδειξη της καταγραφής δεδομένων.

Το σύστημα ελέγχει επίσης τις ενδείξεις του αισθητήρα αερίου MQ9 και της θερμοκρασίας σε σχέση με ορισμένα προκαθορισμένα όρια (MQ9_THRESHOLD και TEMPERATURE_THRESHOLD). Εάν οι τιμές υπερβούν αυτά τα όρια, ανάβει η κόκκινη λυχνία LED, υποδεικνύοντας μια κρίσιμη κατάσταση.

Εν κατακλείδι, το σύστημα προσφέρει ένα ολοκληρωμένο σύνολο λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της προβολής δεδομένων αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο, της ανίχνευσης κίνησης που ενεργοποιεί ειδοποιήσεις SMS, της καταγραφής δεδομένων αισθητήρων σε κάρτα SD και της ένδειξης κρίσιμων καταστάσεων με λυχνίες LED. Αυτό το καθιστά κατάλληλο για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και την παροχή έγκαιρων ειδοποιήσεων σε σύστημα σκάφους.

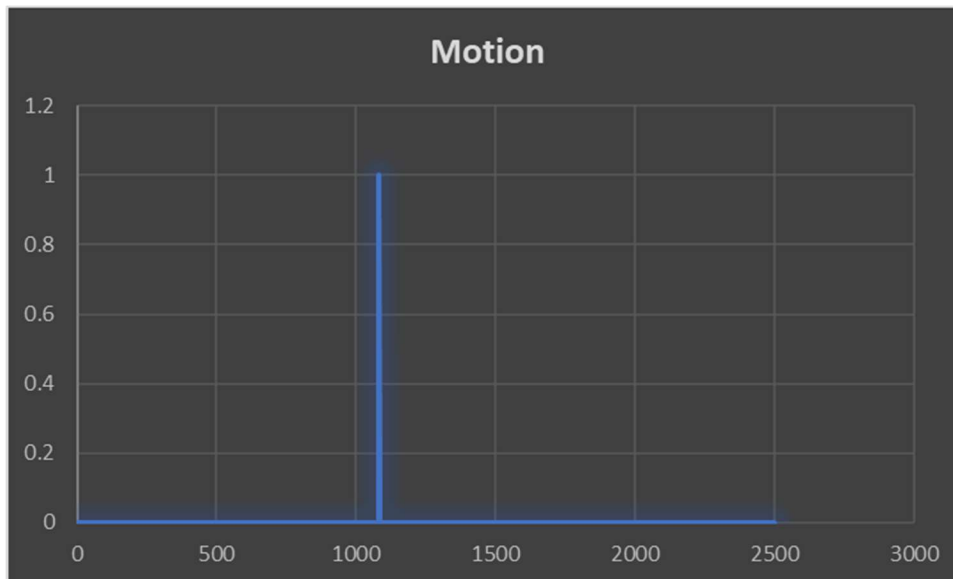
4 Αποτελέσματα και ανάλυση

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύστημα αισθητήρων που υλοποιήθηκε. Το σύστημα ενσωματώνει μια σειρά από αισθητήρες για την παρακολούθηση διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένων των συγκεντρώσεων αερίων, της ανίχνευσης κίνησης, της θερμοκρασίας, της υγρασίας, των επιπέδων νερού και των αποστάσεων. Τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται και οπτικοποιούνται με τη μορφή γραφημάτων, ώστε να παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του συστήματος και την ικανότητά του να ανιχνεύει και να καταγράφει αλλαγές στο περιβάλλον που παρακολουθείται.

4.1 Καταγραφή δεδομένων αισθητήρων

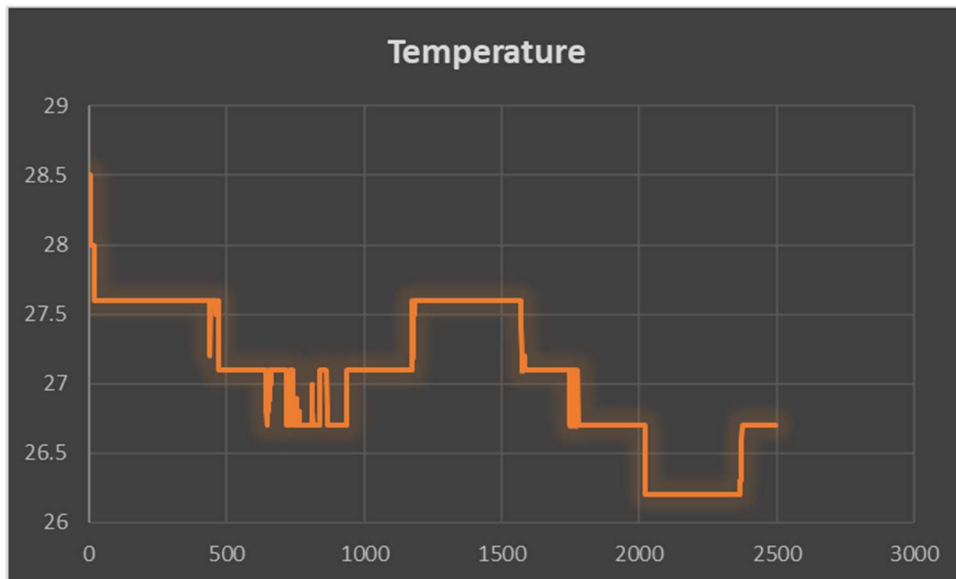
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα γραφήματα που προέκυψαν από δεδομένα των αισθητήρων. Οι μετρήσεις για τα συγκεκριμένα δεδομένα πραγματοποιήθηκαν σε κατάσταση ηρεμίας, για χρονικό διάστημα περίπου 40 ωρών, σε σταθερό περιβάλλον και με ελάχιστες εξωγενείς παρεμβολές.

Αρχικά, παρουσιάζεται το γράφημα του αισθητήρα κίνησης, ο οποίος κατέγραψε σποραδικές περιπτώσεις ανίχνευσης κίνησης καθ' όλη τη διάρκεια της παρακολούθησης. Το γράφημα απεικονίζει την κατάσταση ανίχνευσης κίνησης (0 ή 1).

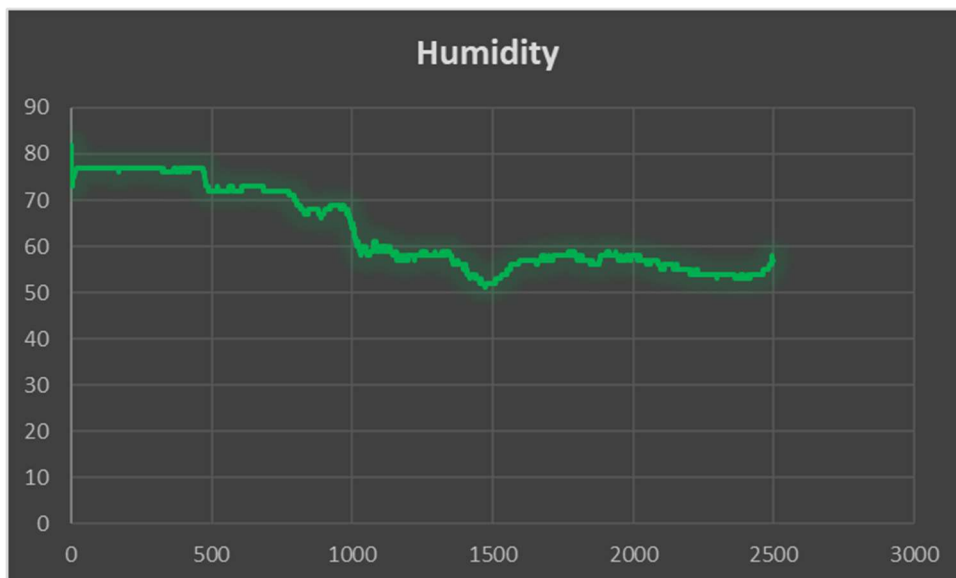


Εικόνα 21: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα κίνησης

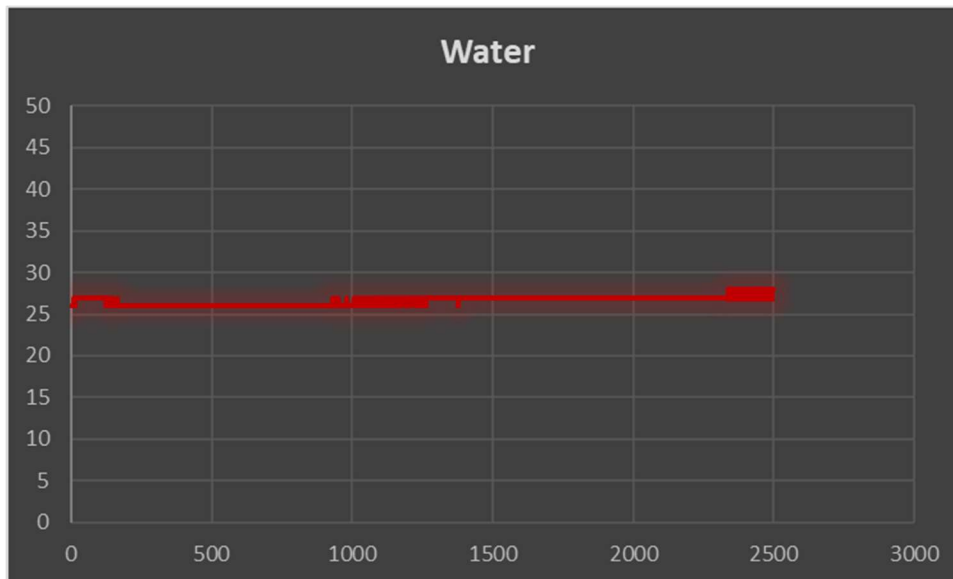
Ακολουθούν τα γραφήματα των αισθητήρων θερμοκρασίας, υγρασίας (%) και νερού. Στο γράφημα του αισθητήρα θερμοκρασίας παρατηρούνται κάποιες λεπτές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, που ενδεχομένως υποδηλώνουν μικρές περιβαλλοντικές αλλαγές. Αναφορικά με τον αισθητήρα νερού, το αποτέλεσμα που προκύπτει από την ανάγνωση της τιμής του αισθητήρα από τον μικροελεγκτή είναι αδιάστατο μέγεθος. Εμπειρική βαθμονόμηση απαιτείται για την ουσιαστική ερμηνεία του αποτελέσματος, η οποία εξαρτάται απόλυτα από την ακριβή τοποθέτηση του αισθητήρα στο σκάφος. Διαφορετική ευαισθησία, αλλά και ερμηνεία, απαιτείται, αν βρίσκεται τοποθετημένος στο δάπεδο του σκάφους και εντοπίζει αύξηση της στάθμης του νερού, και διαφορετική αν είναι τοποθετημένος εντός του μηχανοστασίου, και εντοπίζει σταγόνες ή σταγονίδια. Επομένως απαιτείται βαθμονόμηση κατά περίπτωση.



Εικόνα 22: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα θερμοκρασίας

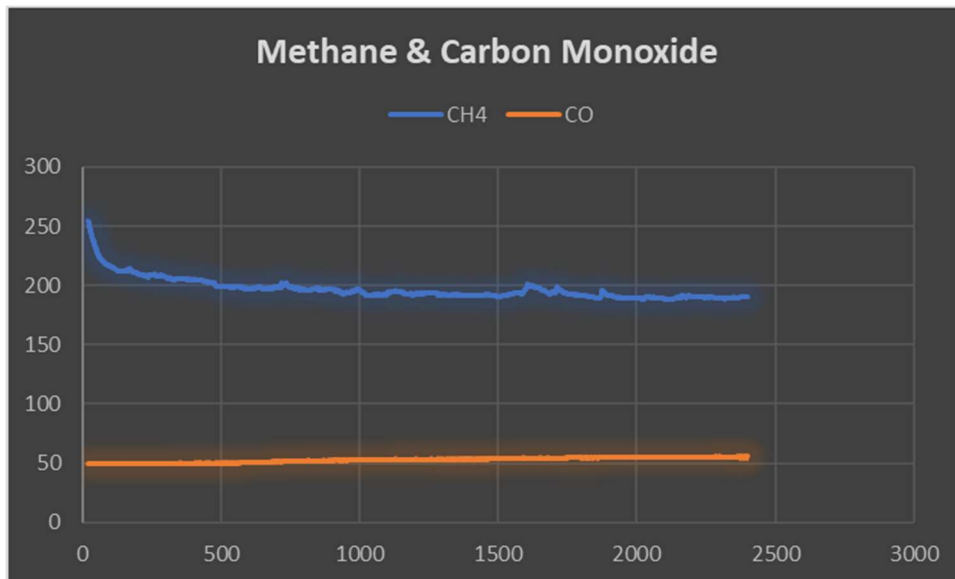


Εικόνα 23: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα υγρασίας



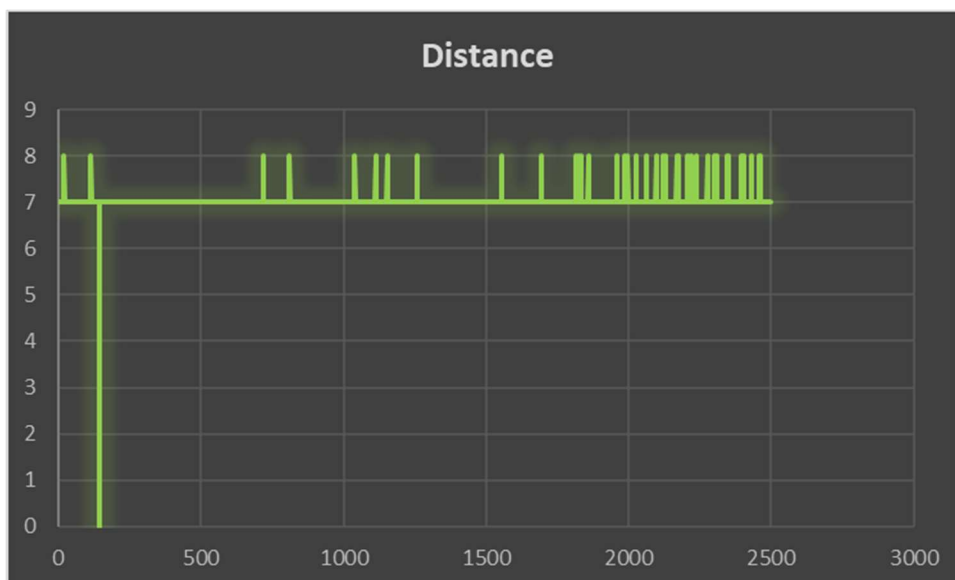
Εικόνα 24: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα νερού

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το γράφημα των αισθητήρων μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα. Οι τιμές των αισθητήρων αερίων αντιστοιχούν σε ppm (parts per million), δηλαδή το ποσοστό των μορίων του συγκεκριμένου αερίου που ανιχνεύει ο αντίστοιχος αισθητήρας, ανά ένα εκατομμύριο σωματιδίων του ατμοσφαιρικού μίγματος. Το γράφημα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες ανίχνευσης αερίων του συστήματος. Οι περιστασιακές αιχμές στα επίπεδα μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα συσχετίζονται με γνωστές δραστηριότητες, αναδεικνύοντας την ικανότητα του συστήματος να ανιχνεύει αλλαγές στη συγκέντρωση αερίων και την πιθανή χρήση του για την προειδοποίηση των χρηστών σε επικίνδυνες συνθήκες.



Εικόνα 25: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα

Τέλος, ακολουθεί το γράφημα του αισθητήρα απόστασης. Τα δεδομένα του αισθητήρα απόστασης παρουσιάζουν διακυμάνσεις στις μετρήσεις της απόστασης, οι οποίες συχνά αντανακλούν αλλαγές στο περιβάλλον που παρακολουθείται. Το γράφημα υπογραμμίζει την ακρίβεια του συστήματος στη μέτρηση των αποστάσεων και την πιθανή εφαρμογή του σε σενάρια παρακολούθησης με βάση την εγγύτητα.

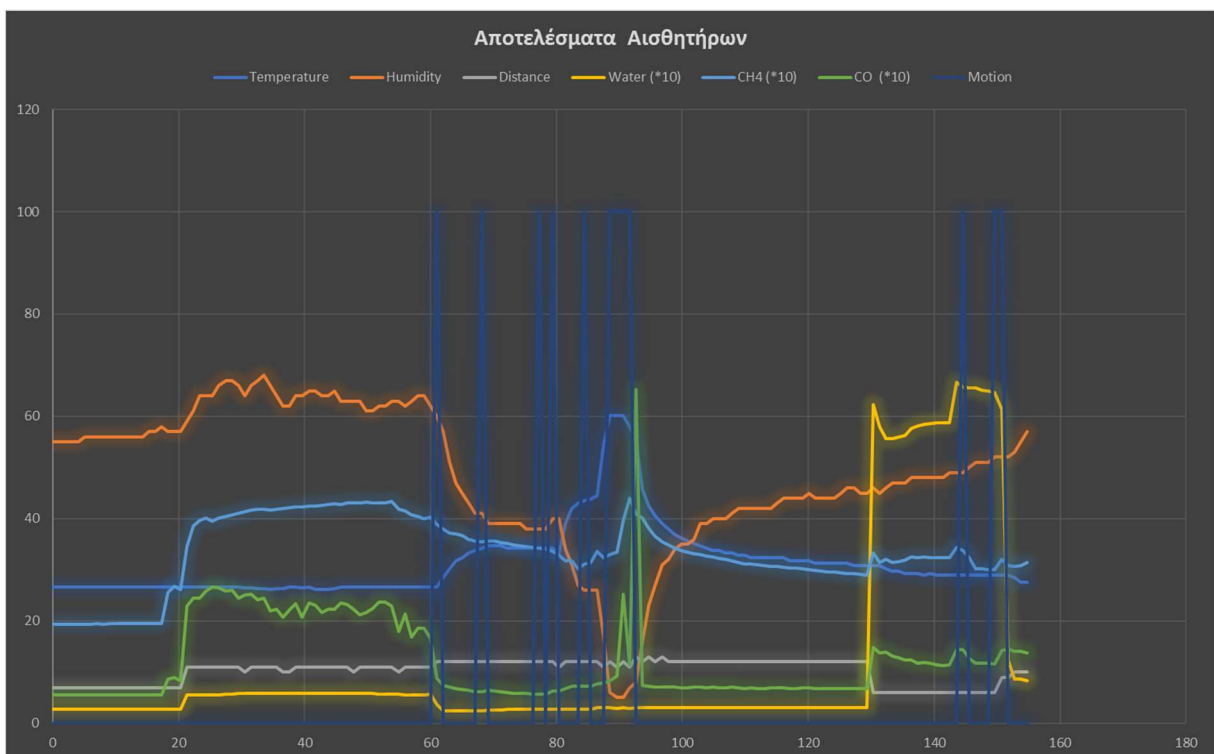


Εικόνα 26: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρα απόστασης

4.2 Αξιολόγηση απόδοσης του συστήματος

Παρακάτω παρουσιάζονται οι καταγραφές των τιμών όλων των αισθητήρων, για χρονικό διάστημα κατά το οποίο πραγματοποιήθηκαν διάφορες δοκιμές, με σκοπό να διερευνηθεί η λειτουργικότητα και η ακρίβεια όλων των αισθητήρων.

Για την αποτύπωση των δεδομένων από όλους τους αισθητήρες, σε κοινό σύστημα αξόνων, απαιτήθηκε η προσαρμογή της κλίμακας των τιμών ορισμένων εξ αυτών. Οι τιμές των αισθητήρων νερού, μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα διαιρέθηκαν με το 10, ώστε από ένα εμπειρικό εύρος 0-1000, να προσαρμοστούν στο εύρος 0-100. Επομένως, για να εξαχθούν οι κανονικές τιμές, τόσο των αισθητήρων αερίων, όσο και του αισθητήρα νερού, θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν επί 10 οι τιμές που αναπαρίστανται στο γράφημα. Όσον αφορά τον αισθητήρα κίνησης, οι καταστάσεις που μπορεί να πάρει είναι δύο, είτε 0 είτε 1, όπου το 1 αντιστοιχεί στον εντοπισμό κίνησης, ενώ το 0 στον μη εντοπισμό κίνησης. Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης γραφικής αναπαράστασης, ώστε οι καταγραφές του αισθητήρα να είναι πιο ευδιάκριτες, η ανίχνευση κίνησης αντιστοιχίστηκε στο 100, αντί του 1, ενώ η μη ανίχνευση παρέμεινε στο 0.

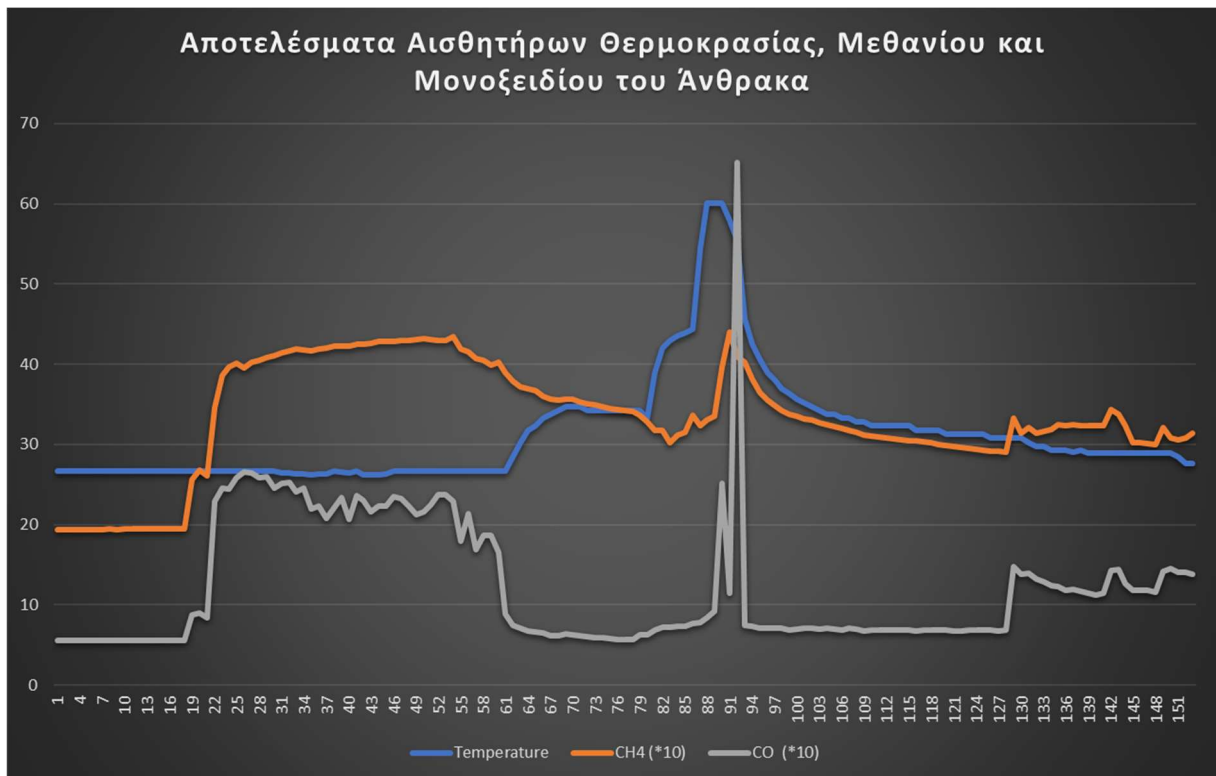


Εικόνα 27: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αισθητήρων θερμοκρασίας, μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα, κατά τη διάρκεια των πειραματικών δοκιμών.

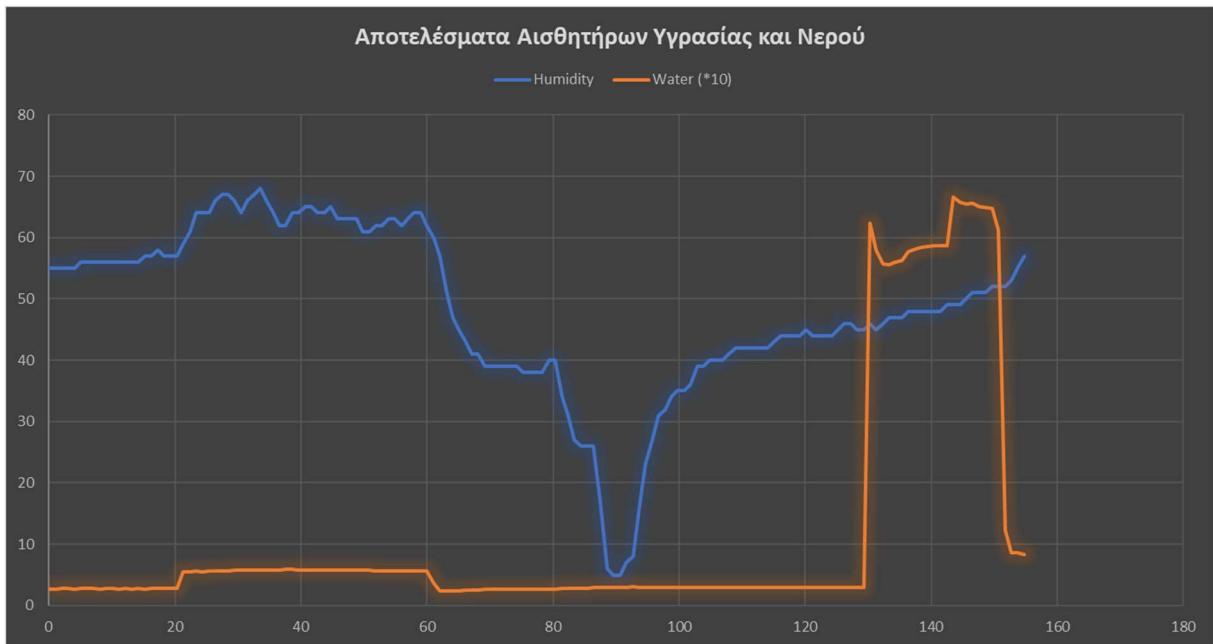
Αρχικά παρατηρείται ότι το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας, με τις τιμές και των 3 αισθητήρων να διατηρούνται σχετικά αμετάβλητες. Στη συνέχεια παρατηρείται μια σχεδόν ταυτόχρονη αύξηση της συγκέντρωσης των εύφλεκτων αερίων στην ατμόσφαιρα. Τη χρονική στιγμή αυτή άρχεται μια προσομοίωση διαρροής από φιάλες υγροποιημένων αερίων που πιθανώς να βρίσκονται αποθηκευμένες στο σκάφος, όπου και προβλέπεται να τοποθετηθεί το συγκεκριμένο σύστημα αισθητήρων. Στη συνέχεια η συγκέντρωση των εύφλεκτων αερίων αρχίζει μια πτωτική πορεία, με παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας, γεγονός που θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως έναρξη φλόγας, η οποία καταναλώνει τα εύφλεκτα αέρια, και ταυτόχρονα αυξάνει τη θερμοκρασία της περιοχής. Ακολουθεί μια ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας, που θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως επέκταση της πυρκαγιάς, με το μέγιστο σημείο της να ακολουθείται από μια αλματώδη άνοδο στη συγκέντρωση των εύφλεκτων αερίων στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια έκρηξη της φιάλης, προκαλούμενη από την αύξηση της πίεσης εντός της, λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, το ωστικό κύμα της οποίας θα μπορούσε να οδηγήσει σε κατάσβεση της πυρκαγιάς, η οποία μπορεί να ερμηνεύσει τη μετέπειτα σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας.

Πρέπει, ωστόσο, να τονιστεί, πως οι συγκεκριμένες καταγραφές δεδομένων από τους αισθητήρες προέρχονται από μετρήσεις που έχουν ληφθεί σε οικιακό περιβάλλον, με τους περιορισμούς που συνεπάγονται αυτού. Οι προσομοιώσεις περιορίζονται στα διαθέσιμα μέσα, με γνώμονα τη διατήρηση της λειτουργικότητας και της ακεραιότητας του οικιακού περιβάλλοντος, κατά τη διεξαγωγή τους. Όπως γίνεται αντιληπτό, μια έκρηξη δεν μπορεί να προσομοιωθεί με αυτό τον τρόπο, και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καθαρά εμπειρική και διαισθητική. Σε επόμενη φάση της παραγωγής του συγκεκριμένου πρωτοτύπου, απαιτούνται ενδεδειγμένες δοκιμές, μετρήσεις, βαθμονομήσεις, με πιθανή χρήση τεχνητής νοημοσύνης, για τη βέλτιστη αξιοποίηση της τελικής, εμπορεύσιμης, συσκευής, στο περιβάλλον που αυτή προορίζεται να εγκατασταθεί.



Εικόνα 28: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων θερμοκρασίας, μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα

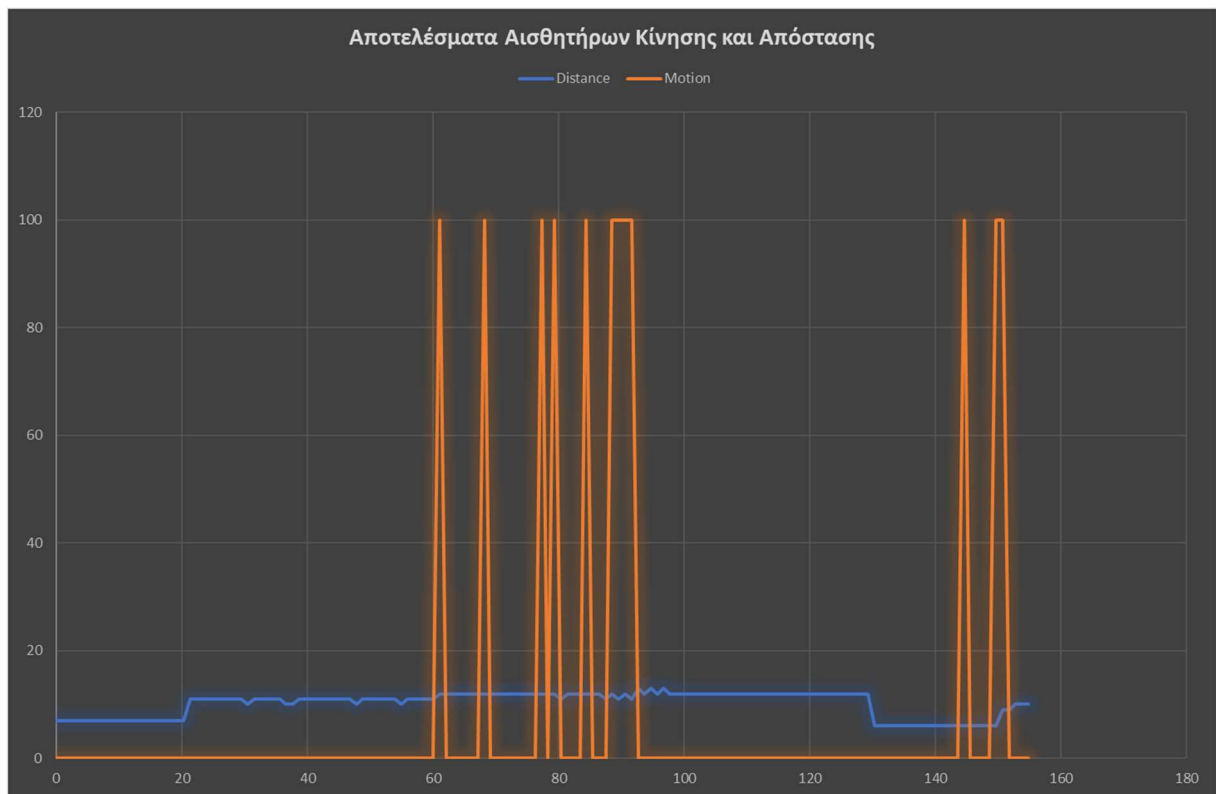
Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των αισθητήρων υγρασίας και νερού. Οι τιμές αυτών δεν επηρεάζουν με κάποιο τρόπο η μία την άλλη, καθώς εξετάζουν τελείως διαφορετικά πράγματα. Παρουσιάζονται, ωστόσο, εντός κοινών αξόνων, διότι αφορούν το ίδιο φυσικό στοιχείο. Ο αισθητήρας υγρασίας εξετάζει τον κορεσμό της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς, ενώ ο αισθητήρας νερού ανιχνεύει την ύπαρξη νερού, σε κατάσταση μερικής ή ολικής βύθισής του σε νερό, ή μετά την επικάθηση ευμεγέθους σταγονιδίου νερού στην επιφάνεια του αισθητήρα. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του μη απιονισμένου νερού, και επομένως απαιτεί υδάτινο σώμα να βραχυκυκλώσει έστω κάποιες από τις περιελίξεις του, για να ταυτοποιηθεί ύπαρξη νερού. Δεν μπορεί να εντοπίσει την υγρασία της ατμόσφαιρας, εκτός από το ακραίο ενδεχόμενο κατά το οποίο αυτή οδηγήσει στη δημιουργία υδροσυμπυκνώσεων, κάτι που όμως δεν παρατηρήθηκε στις πειραματικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν.



Εικόνα 29: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων υγρασίας και νερού

Τέλος, ακολουθεί το γράφημα των αισθητήρων κίνησης και απόστασης. Ο αισθητήρας κίνησης είναι boolean (δυαδικός), δηλαδή παίρνει μόνο τις τιμές 0 και 1, που αντιστοιχούν στον εντοπισμό ή μη εντοπισμό κίνησης. Εδώ, για λόγους ερμηνείας του γραφήματος, η ανίχνευση κίνησης αντιστοιχίστηκε στην τιμή 100, ώστε να παρουσιάζεται ως έντονη κορυφή του γραφήματος, καθώς ένα συμβάν εντοπισμού κίνησης, εντός του σκάφους, είναι πολύ πιο σημαντικό γεγονός, από μικρές μεταβολές της απόστασης, δεδομένου πως το σκάφος βρίσκεται δεμένο στη μαρίνα. Στη συγκεκριμένη πρωτότυπη διάταξη, υπάρχει μόνο ένας αισθητήρας κίνησης, και η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε μόνο ως προς τη λειτουργικότητά του, όπου φαίνεται πως αποδίδει με αξιολογη ακρίβεια.

Στο τελικό προϊόν προτείνεται η εγκατάσταση περισσότερων αισθητήρων απόστασης, περιμετρικά του σκάφους, ώστε να συμβάλλουν στον εντοπισμό προσέγγισης ή/και πρόσκρουσης από διάφορες κατευθύνσεις. Επίσης, μικρές μεταβολές των αποστάσεων περιμετρικά, σε συνδυασμό με εντοπισμό κίνησης από τον αντίστοιχο αισθητήρα, μπορούν να υποδηλώσουν την είσοδο ατόμου στο σκάφος, το οποίο θα εντοπιστεί από τον αισθητήρα κίνησης, ενώ παράλληλα ο βηματισμός του εντός μπορεί να προκαλέσει μικρές αναταράξεις που θα μεταβάλλουν ελαφρώς τις αποστάσεις από τα παρακείμενα σκάφη. Η συνδυαστική αξιολόγηση αποτελεσμάτων από περισσότερους του ενός αισθητήρες είναι ζωτικής σημασίας, καθώς με τον τρόπο αυτό μπορούν να αποφευχθούν λανθασμένοι συναγερμοί από δυσλειτουργία ή τυχαία πυροδότηση ενός μόνο αισθητήρα.



Εικόνα 30: Γράφημα αποτελεσμάτων αισθητήρων κίνησης και απόστασης

5 Προκλήσεις και περιορισμοί

Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της ανάπτυξης και της υλοποίησης του συστήματος αισθητήρων σε σκάφος με Arduino, αντιμετωπίστηκαν διάφορες προκλήσεις. Οι προκλήσεις αυτές αποτέλεσαν σημαντικά εμπόδια στην επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων και απαιτούσαν προσεκτική εξέταση και καινοτόμες προσεγγίσεις για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους.

5.1 Προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν

Μία από τις πρωταρχικές προκλήσεις ήταν η ενσωμάτωση πολλαπλών αισθητήρων με τον μικροελεγκτή Funduino Mega 2560. Κάθε αισθητήρας είχε μοναδικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και απαιτήσεις τάσης, γεγονός που απαιτούσε σχολαστική διασύνδεση για τη διασφάλιση ακριβών μετρήσεων δεδομένων και σταθερότητας του συστήματος. Η αντιμετώπιση αυτών των περιπλοκών απαιτούσε βαθιά γνώση του Arduino και των τεχνολογιών αισθητήρων.

Επίσης, η λειτουργία του συστήματος αισθητήρων και η συνεχής συλλογή δεδομένων απαιτούσε μια σταθερή και αξιόπιστη πηγή ενέργειας για να διασφαλιστεί η

αδιάλειπτη λειτουργία. Ωστόσο, η διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας και η διασφάλιση της ενεργειακής απόδοσης αποτελούσαν σημαντική πρόκληση.

Τέλος, οι απαιτήσεις ισχύος του συστήματος αισθητήρων και των συνδεδεμένων αισθητήρων διέφεραν ανάλογα με τις λειτουργίες και τις συχνότητες δειγματοληψίας τους. Η αποτελεσματική διαχείριση της κατανομής και της κατανάλωσης ενέργειας κατέστη ζωτικής σημασίας για την παράταση του χρόνου λειτουργίας του συστήματος χωρίς να διακυβεύεται η ακρίβεια των δεδομένων.

5.2 Ανάλυση περιορισμών του συστήματος

Η δημιουργία αξιόπιστης απομακρυσμένης συνδεσιμότητας για το σύστημα αισθητήρων σε ένα σκάφος αποτελεί έναν από τους περισσότερους περιορισμούς του συστήματος. Λειτουργώντας σε εκτεταμένα υδάτινα σώματα και απομακρυσμένες τοποθεσίες με περιορισμένη κάλυψη δικτύου, το σύστημα μπορεί να αντιμετωπίσει δυσκολίες στη διατήρηση σταθερής συνδεσιμότητας μέσω κινητού τηλεφώνου. Η εξάρτηση από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας για τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την απομακρυσμένη παρακολούθηση εισάγει, επίσης, τον κίνδυνο διακοπής της επικοινωνίας, ιδίως κατά την πλοήγηση σε απομακρυσμένες ή υπεράκτιες περιοχές.

Απρόβλεπτοι παράγοντες όπως η συμφόρηση του δικτύου, οι διακυμάνσεις του σήματος ή τα γεωγραφικά εμπόδια δημιουργούν περαιτέρω προκλήσεις για την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του συστήματος αισθητήρων και των εξωτερικών συσκευών. Η αντιμετώπιση της αξιοπιστίας της απομακρυσμένης συνδεσιμότητας και της συνδεσιμότητας των κινητών τηλεφώνων είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί η συνεχής πρόσβαση σε κρίσιμα δεδομένα και να διευκολυνθεί η έγκαιρη λήψη αποφάσεων, ιδίως κατά τη διάρκεια καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

Ακόμη, η επεξεργαστική ισχύς του Funduino Mega 2560, αν και αξιέπαινη, μπορεί να καταστεί ανεπαρκής κατά καιρούς για να χειριστεί την εκτεταμένη επεξεργασία δεδομένων από πολλούς αισθητήρες ταυτόχρονα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα περιστασιακές καθυστερήσεις στις ενημερώσεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες θα μπορούσαν να είναι κρίσιμες σε σενάρια ευαίσθητου χρόνου.

Τέλος, η ακρίβεια ορισμένων αισθητήρων, ιδίως εκείνων που επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, απαιτεί περιοδική βαθμονόμηση και προσαρμογή για τη διατήρηση ακριβών μετρήσεων. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως οι ισχυροί άνεμοι ή

οι αναταράξεις του νερού, θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόδοση των αισθητήρων απόστασης υπερήχων, οδηγώντας ενδεχομένως σε ανακριβείς μετρήσεις.

5.3 Βελτιώσεις και μελλοντική έρευνα

Για την αντιμετώπιση των προκλήσεων και των περιορισμών του συστήματος, προτείνονται διάφορες βελτιώσεις και μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις:

- **Αναβαθμίσεις μικροελεγκτών:** Η διερεύνηση μικροελεγκτών με μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ και βελτιωμένη χωρητικότητα μνήμης θα μπορούσε να ενισχύσει την ικανότητα του συστήματος να χειρίζεται αποτελεσματικά την εκτεταμένη επεξεργασία δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες.
- **Λύσεις πλεονασμού και εφεδρικών λύσεων:** Η εφαρμογή λύσεων πλεονασμού και εφεδρικών λύσεων για κρίσιμα εξαρτήματα, όπως συστοιχίες αισθητήρων και μονάδες επικοινωνίας, θα μπορούσε να ενισχύσει την αξιοπιστία του συστήματος και να διασφαλίσει τη συνεχή συλλογή και μετάδοση δεδομένων ακόμη και σε αντίξοες συνθήκες.
- **Εναλλακτικά πρωτόκολλα επικοινωνίας:** Η διερεύνηση εναλλακτικών πρωτοκόλλων επικοινωνίας, όπως το LoRa ή η δορυφορική επικοινωνία, μπορεί να προσφέρει πιο ισχυρές και αξιόπιστες επιλογές για απομακρυσμένη συνδεσιμότητα σε απομακρυσμένες ή δύσκολες θαλάσσιες περιοχές.
- **Τεχνικές σύντηξης αισθητήρων:** Η χρήση τεχνικών σύντηξης αισθητήρων που συνδυάζουν δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβεια των δεδομένων και να μετριάσει τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων στους μεμονωμένους αισθητήρες.
- **Μηχανική μάθηση και προβλεπτική ανάλυση:** Η ενσωμάτωση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και προγνωστικών αναλύσεων θα μπορούσε να επιτρέψει στο σύστημα να προβλέπει πιθανούς κινδύνους και να παρέχει προληπτικά μέτρα ασφαλείας, ενισχύοντας τη συνολική ασφάλεια και αποτελεσματικότητα του σκάφους.
- **Μακροπρόθεσμες μελέτες αξιοπιστίας:** Η διεξαγωγή μακροπρόθεσμων μελετών αξιοπιστίας υπό διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες και σενάρια πραγματικού κόσμου θα παράσχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την απόδοση και την αντοχή του συστήματος σε παρατεταμένη χρήση.

Οι βελτιώσεις αυτές, καθώς και η διεξαγωγή περαιτέρω έρευνας προς αυτές τις κατευθύνσεις, θα συμβάλει στη συνεχή πρόοδο των συστημάτων αισθητήρων σε σκάφη και θαλάσσιες εφαρμογές. Οι προσπάθειες αυτές είναι καθοριστικής σημασίας για την υλοποίηση ασφαλέστερων, αποδοτικότερων και περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένων ναυτιλιακών πρακτικών, εξασφαλίζοντας ένα βιώσιμο μέλλον για τη θαλάσσια ναυσιπλοΐα και εξερεύνηση.

6 Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε ένα σύστημα αισθητήρων σε σκάφος με χρήση Arduino, με στόχο την ενίσχυση της ασφάλειας, της αποτελεσματικότητας και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης στη θαλάσσια ναυσιπλοΐα. Οι πρωταρχικοί στόχοι επιτεύχθηκαν με επιτυχία μέσω του σχολαστικού σχεδιασμού, της ενσωμάτωσης και των δοκιμών, καταλήγοντας σε μια πολύτιμη συνεισφορά στον τομέα της θαλάσσιας τεχνολογίας.

Ο πυρήνας του συστήματος αισθητήρων, ο μικροελεγκτής Funduino Mega 2560, ενσωματωμένος απρόσκοπτα με διάφορους αισθητήρες, διευκόλυνε την απόκτηση, επεξεργασία και επικοινωνία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα παρείχε ακριβή πλοήγηση, αποτελεσματική αποφυγή εμποδίων και παρακολούθηση του περιβάλλοντος, εξασφαλίζοντας ασφαλέστερες και βελτιστοποιημένες λειτουργίες του σκάφους.

Με την αντιμετώπιση των προκλήσεων, όπως η ενσωμάτωση αισθητήρων, η διαχείριση ισχύος και η απομακρυσμένη συνδεσιμότητα, το σύστημα επέδειξε ανθεκτικότητα και αξιοπιστία, προσφέροντας πολύτιμες γνώσεις για τη μελλοντική ανάπτυξη της θαλάσσιας τεχνολογίας.

Η μελέτη αυτή, αναφερόμενη στη σημασία των συστημάτων αισθητήρων στα σκάφη, υπογραμμίζει τον απαραίτητο ρόλο τους στη σύγχρονη θαλάσσια ναυσιπλοΐα. Η δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο δίνει στα πληρώματα των σκαφών κρίσιμες γνώσεις, προωθώντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και την προληπτική λήψη μέτρων ασφαλείας. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος αισθητήρων στην ανίχνευση πιθανών κινδύνων, την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης ενισχύει όχι μόνο την

ασφάλεια του σκάφους και των επιβαινόντων σε αυτό, αλλά και τη συνολική αποδοτικότητα και την περιβαλλοντική συνείδηση.

Τέλος, η αποτελεσματικότητα του Arduino στην κατασκευή συστημάτων αισθητήρων σε σκάφη αποδείχθηκε καθοριστική για την επιτυχία αυτής της μελέτης. Η ευελιξία του, οι εκτεταμένες δυνατότητες εισόδου/εξόδου και η προσαρμοστικότητά του σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας το καθιστούν ιδανική πλατφόρμα για την απρόσκοπτη ενσωμάτωση πολλαπλών αισθητήρων. Η φιλική προς το χρήστη διεπαφή του Arduino και η εκτεταμένη υποστήριξη της κοινότητας διευκολύνουν περαιτέρω την υλοποίηση έργων που βασίζονται σε αισθητήρες.

Κοιτάζοντας μπροστά, οι δυνατότητες για τα συστήματα αισθητήρων στα σκάφη είναι πολλά υποσχόμενες. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρει ευκαιρίες για περαιτέρω εξελίξεις, όπως η εφαρμογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, προγνωστικών αναλύσεων και ενεργειακά αποδοτικών λύσεων. Καθώς η τεχνολογία αισθητήρων και το Arduino συνεχίζουν να εξελίσσονται, κατέχουν το κλειδί για τη μεταμόρφωση των πρακτικών ναυσιπλοΐας, την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και τη διασφάλιση ενός ασφαλέστερου και βιώσιμου θαλάσσιου οικοσυστήματος.

Εν κατακλείδι, το σύστημα αισθητήρων σε ένα σκάφος με Arduino αποτελεί απόδειξη των δυνατοτήτων των ευφών και καθοδηγούμενων από δεδομένα λύσεων στον τομέα της ναυτιλίας. Η συμβολή του στην ενίσχυση της ασφάλειας, της αποδοτικότητας και της περιβαλλοντικής συνείδησης υπογραμμίζει τη σημασία της τεχνολογίας αισθητήρων στις σύγχρονες λειτουργίες των πλοίων. Με τις δυνατότητες του Arduino και τους συνεχώς διευρυνόμενους ορίζοντες της ναυτιλιακής τεχνολογίας, το μέλλον επιφυλάσσει συναρπαστικές δυνατότητες για ασφαλέστερη, αποτελεσματικότερη και φιλικότερη προς το περιβάλλον ναυσιπλοΐα.

Βιβλιογραφία

A. J. C. Bautista, A. D. T. Cruz, J. A. S. Adams and E. L. C. Giron, "Development of Arduino Based Autonomous Navigation Platform for Water Monitoring Boat Prototype," 2022 8th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR), Xiamen, China, 2022, pp. 237-241, doi: 10.1109/ICCAR55106.2022.9782657.

A. A. Galadima, "Arduino as a learning tool", 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), Abuja, Nigeria, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICECCO.2014.6997577.

Cableworks, "MQ-4 Methane Coal Co Gas Sensor for Arduino (MQ4)", Available at: <https://www.cableworks.gr/ilektronika/arduino-and-microcontrollers/mcu-and-components/gas/mq-4-mq4-methane-gas-sensor-natural-coal-co-methane-detector-arduino/>

ElectronicWings, "DHT11 Sensor Guide with Pinout, working, and Arduino Programming", n.d., Available at: <https://www.electronicwings.com/sensors-modules/dht11>

Elestore, "SIM900 Quad-Band GSM/GPRS Module SMD 24,0×24,0x3,0mm", Available at: <https://elestore.gr/product/sim900-quad-band-gsm-gprs-module-smd-240x240x30mm>

Elprocus, "Arduino Mega 2560", n.d., Available at: <https://www.elprocus.com/arduino-mega-2560-board/>.

Elprocus, "An Overview of Arduino Nano Board", n.d., Available at: <https://www.elprocus.com/an-overview-of-arduino-nano-board/>.

Grobotronics, "Funduino Mega2560 Rev3", Available at: <https://grobotronics.com/funduino-mega2560-rev3.html>

Grobotronics, "Ultrasonic Sensor - Ranging Detector 2 - 450cm HY-SRF05", Available at: <https://grobotronics.com/ultrasonic-sensor-ranging-detector-2-450cm-hy-srf05.html?sl=en>

H. K. Kondaveeti and S. R. Pidaparathi, "Arduino based Automated Safety ensuring System for Passenger Boats", 2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), Coimbatore, India, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCCI50826.2021.9402271.

Hellas digital, "MQ9 Carbon Monoxide Gas Sensor Module for Arduino", n.d., Available at: <https://www.hellasdigital.gr/electronics/sensors/gas-sensors/mq9-carbon-monoxide-gas-sensor-module-for-arduino/?sl=en>

Ihsan, I., Ilham, D. N., Candra, R. A., Yunan, A., & Hardisal, H., "Design of an Automatic Water Pump on a Traditional Boat.", 2020, Sinkron: Jurnal Dan Penelitian Teknik Informatika, 5(1), 100-106. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v5i1.10635>.

JavaTpoint, "What are the Arduino sensors?", 2021, Available at: <https://www.javatpoint.com/arduino-sensors>.

Keystudio, "Ks0048 keystudio Water Sensor", n.d., Available at: https://wiki.keystudio.com/Ks0048_keystudio_Water_Sensor

Lady Ada, "PIR Motion Sensor", 2022, Adafruit Industries, Available at: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf>

L. Louis, "Working principle of Arduino and using it as a tool for study and research", April 2016, International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJCAACS), Vol.1, No.2, doi: 10.5121/ijcacs.2016.1203.

L. Jacob Varghese, A. Sakthivel, J. K. Saran Kirthic, S. Sharan and R. Shri Pavithra, "Arduino based Maritime Border Alert System for Fisherman", 2022 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), Nepal, 2022, pp. 533-538, doi: 10.1109/ICICT54344.2022.9850676.

Last Minute Engineers, "Interfacing Micro SD Card Module with Arduino", n.d., Available at: <https://lastminuteengineers.com/arduino-micro-sd-card-module-tutorial/>

M. Javid, A. Haleem, S. Rab, R. P. Singh, R. Suman, "Sensors for daily life: A review", 2021, Sensors International, Volume 2, 100121, ISSN 2666-3511, <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100121>.

Marine Digital, "Top 9 sensors on the ship for monitoring its performance", n.d., Available at: https://marine-digital.com/article_top_9_sensors_on_the_ship.

Robocraze, "Arduino sensor types and applications", May 5, 2023, Available at: <https://robocraze.com/blogs/post/arduino-sensor-types-and-applications>.

StathisNet, "Πλακέτα δοκιμών (breadboard) με μπόρνες 1260P ZY-203 DFT", Available at: <https://www.stathisnet.gr/plaketa-dokimon-breadboard-me-mpornes-1260p-zy-203-dft>

S. V. S. N. Murthy, B. V. V. Satyanarayana and C. V. V. S. Srinivas, "Location Tracking and Warning System of a Ship using Arduino", 2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, India, 2021, pp. 1786-1790, doi: 10.1109/ICCMC51019.2021.9418287.

TD. Subash, Akhil S. Pradeep, Abin Rajan Joseph, Anto Jacob, PS. Jayaraj, "Intelligent Collision Avoidance system for fishing boat", 2020, Materials Today: Proceedings, Volume 24, Part 4, Pages 2457-2463, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.776>.

Y. A. Badamasi, "The working principle of an Arduino", 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), Abuja, Nigeria, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICECCO.2014.6997578.

