



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

2016

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος: Επίβλεψη, διαχείριση και έλεγχος αμπελώνα εξ' αποστάσεως με χρήση αισθητήρων σε πλατφόρμα Arduino και παρουσίαση αποτελεσμάτων σε εφαρμογή Web.

Νικολακάκης Νικόλαος (ΑΜ: 3408)

Επιβλέπων καθηγητής: Παναγιωτάκης Σπυρίδων

Επιτροπή Αξιολόγησης: Βλησίδης Ανδρέας

Παναγιωτάκης Σπυρίδων

Ημερομηνία Παρουσίασης:

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα απ' όλα τους γονείς μου, που μου έδωσαν την ευκαιρία και είχα τη δυνατότητα να σπουδάσω. Επίσης τα αδέρφια μου, για την διαρκή στήριξη και εμπύχωση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας μου, συμβάλλοντας δραστικά στην επίτευξη αυτού του στόχου μου.

Επιπλέον ευχαριστώ θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου Παναγιωτάκη Σπυρίδων και Βλησίδα Ανδρέα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν αναθέτοντας μου την διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας. Για την άριστη συνεργασία μας και την συμβολή τους στην εκπλήρωσή της. Τέλος ευχαριστώ όλους τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν ανά τα χρόνια. Δεν θα μπορούσα να παραλείψω τους φίλους μου που μου συμπαραστέκονται όλα αυτά τα χρόνια και τις ωραίες στιγμές που έχουμε περάσει μαζί.

Abstract

The last few years it has occurred a great interest in automated data collection and processing systems. This interest stems from both the academic research level and from the potential users of technology.

This thesis is twofold. Firstly to provide an introduction to automated data collection and processing systems by sensors using microcontrollers and to present in detail the implementation of this automated control system. Although the title of this assignment largely orients the purpose and the result of this thesis, there are always some uncertainty as the human brain raises questions about the implementation of this project.

In summary then, in this thesis developed an automated control and management system for the irrigation of a vineyard without the presence of man. The system collects information from special sensors and analyze the data based on some parameters that the user has defined. After this step, the system notifies the user about the results via short message services (SMS) and an Android application. If the user promptly gasp the system's messages, he will be able to intervene remotely via the android app and activate or deactivate watering. In any other case that the user does not respond to system's messages, then the system itself will take the initiative to watering automatically.

For the construction of this device was used a computing platform of the Arduino family. A GSM shield necessary networking platform to the internet (as usually there is no possibility for Wi-Fi access in an arable land), a plurality of sensors, a solar panel for power supply and many other accessories that will gradually disclosed in the course of this thesis. This is because in addition to the financial benefit, Arduino is widespread platform with support by several applications and a large community to support it. This makes Arduino very scalable and even from third parties. In order to program the Arduino we used Arduino IDE, an open source software of the Arduino Company in C/C++ language and for the Android application used the Eclipse of the same company writing in Java language.

Finally, this work as will be presented and then consists of four main sections that refer to all technical and scientific areas that are essential to the non-paint reader be able to understand, monitor and evaluate all the content of the automated system and understanding the application fields.

Σύνοψη

Η καλλιέργεια στην Κρήτη διαθέτει κατάλληλες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες για την καλλιέργεια αρκετών ειδών δένδρων τόσο της εύκρατης όσο και της τροπικής και υποτροπικής ζώνης. Εκτός από την καλλιέργεια της ελιάς, που κατέχει τη πρώτη θέση, και των αμπελώνων Κρητικοί καλλιεργούν εσπεριδοειδή και άλλα αμέτρητα είδη λαχανικών ζαρζαβατικών κ.α., με σκοπό την παραγωγή και τελικά το εμπόριό τους.

Όμως παρά τις αξιόλογες προσπάθειες και τη σκληρή δουλειά των καλλιεργητών, υπάρχουν αρκετά περιθώρια για αύξηση της παραγωγής και για βελτίωση της ποιότητας των δενδροκομικών προϊόντων στη Κρήτη, μέσω της αξιοποιήσιμης και πλέον προσιτής τεχνολογίας που διαθέτουμε σήμερα.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη ενός «έξυπνου» συστήματος που σκοπό θα έχει την αυτοματοποίηση μιας διαδικασίας στην καλλιέργεια των δενδροκομικών προϊόντων.

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	
1.1	Περίληψη.....	
1.2	Κίνητρο για την Διεξαγωγή της Εργασίας.....	
1.3	Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας.....	
1.4	Δομή Εργασίας.....	
1.5	Internet of Things.....	
1.5.1	Εφαρμογές του IoT.....	
1.5.2	Προβλέψεις για το Μέλλον του IoT.....	
1.5.3	Θεμελιώδη Συστατικά του IoT.....	
2	Μεθοδολογία Υλοποίησης.....	
2.1	Μέθοδος Ανάλυσης & Ανάπτυξης Πτυχιακής.....	
2.2	Σημαντικοί στόχοι για την Ολοκλήρωση της Πτυχιακής.....	
2.3	Προτεινόμενο Χρονοδιάγραμμα Εργασίας.....	
3	State of the Art.....	
3.1	Αυτοματοποίηση της Βιομηχανίας.....	
3.1.1	Ιστορία.....	
3.1.2	Τα Βασικά Στοιχεία.....	
3.2	Μικροεπεξεργαστές/Μικροελεγκτές.....	
3.2.1	Ιστορία.....	
3.2.2	Η Εξέλιξη των Μικροεπεξεργαστών.....	
3.2.3	Ανατομία του Μικροεπεξεργαστή.....	
3.2.4	Τι Είναι ο Μικροελεγκτής.....	
3.2.5	Από τον Μικροεπεξεργαστή στον Μικροελεγκτή.....	
3.2.6	Διαφορές του Μικροεπεξεργαστή από τον Μικροελεγκτή.....	
3.2.7	Εφαρμογές Μικροελεγκτών.....	
3.2.8	Κατασκευαστές Μικροεπεξεργαστών.....	
3.2.9	Διαδεδομένες Κατηγορίες Μικροελεγκτών.....	
3.2.10	Αρχιτεκτονική Μικροελεγκτών.....	
3.2.11	Σειρά Οδηγιών CISC και RISC.....	
3.2.12	Είδη Μνήμης.....	
3.2.13	Γλώσσα προγραμματισμού Μικροελεγκτών.....	
3.2.14	Συνοψίζοντας.....	
3.3	Αναπτυξιακές Πλακέτες.....	
3.3.1	Ιστορία.....	
3.3.2	Γνωριμία με το Arduino.....	
3.3.3	Επίσημες Πλακέτες.....	
3.3.4	Shields.....	
3.4	γλώσσες Προγραμματισμού.....	
3.4.1	Ιστορία.....	
3.4.2	Τι Είναι Γλώσσα Προγραμματισμού.....	
3.5	Συστήματα Μέτρησης.....	
3.5.1	Δομή Συστήματος Μέτρησης.....	
3.6	Αισθητήρες.....	
3.6.1	Κατηγορίες Αισθητήρων.....	
3.6.2	Χαρακτηριστικά Αισθητήρων.....	
3.7	Το Διαδίκτυο.....	
3.7.1	Τι μας Προσφέρει το Internet.....	

3.7.2	Πρόσβαση στο Internet.....	
3.8	GSM/GPRS Πρωτόκολλο.....	
3.9	Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	
4	Ανάλυση Απαιτήσεων του Συστήματος.....	
5	Υλικό/Λογισμικό (Hardware/Software).....	
5.1	Επιλογή Πλατφόρμας.....	
5.1.1	Arduino Uno.....	
5.1.2	Arduino Mega 2560.....	
5.2	Περιφερειακές Συσκευές.....	
5.2.1	Συσκευές Εισόδου.....	
5.2.2	Συσκευές Εξόδου.....	
5.2.3	Συσκευές Ασύρματης Επικοινωνίας.....	
5.2.4	Επιπλέον Υλικό.....	
5.3	Λογισμικό (Software).....	
5.3.1	Προγραμματισμός Arduino.....	
5.3.2	Δημιουργία Ιστοσελίδας.....	
6	Παραμετροποίηση του Συστήματος.....	
6.1	nRF24L01+.....	
6.2	GSM/GPRS Shield.....	
6.3	Master/Slave Μοντέλο Επικοινωνίας.....	
7	Συνδεσμολογία.....	
8	Προγραμματισμός.....	
8.1	Δομή Αισθητήριου Κόμβου.....	
8.2	Δομή Κεντρικού Κόμβου.....	
8.3	Δομή Δικτυακής Εφαρμογής.....	
9	Οδηγίες Χρήσης.....	
9.1	Περιγραφή Συσκευής.....	
9.2	Χαρακτηριστικά Συσκευής.....	
9.3	Οδηγίες Έναρξης.....	
9.4	Λειτουργία Ιστοσελίδας.....	
10	Αποτελέσματα/Συμπεράσματα.....	
10.1	Κόστος Υλοποίησης.....	
10.2	Μελλοντική Επέκταση.....	
10.3	Συμπεράσματα.....	
	Βιβλιογραφία.....	
	Παράρτημα.....	

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Δομή του συστήματος.....	
Εικόνα 2: Ολοκληρωμένη όψη στοιχείων IoT.....	
Εικόνα 3: Οικοσύστημα του IoT.....	
Εικόνα 4: Βιομηχανικά ρομπότ.....	
Εικόνα 5: Intel 4004.....	
Εικόνα 6: Ανατομία μικροεπεξεργαστή.....	
Εικόνα 7: Pic Development Board.....	
Εικόνα 8: Πλακέτες Arduino.....	
Εικόνα 9: Shields.....	
Εικόνα 10: Το Internet.....	
Εικόνα 11: Arduino Uno.....	
Εικόνα 12: Arduino Mega 2560.....	
Εικόνα 13: Αισθητήρας θερμοκρασίας/υγρασίας.....	
Εικόνα 14: Αισθητήρας χώματος.....	
Εικόνα 15: Αριθμητικό πληκτρολόγιο.....	
Εικόνα 16: Μπροστινή όψη LCD 1602.....	
Εικόνα 17: Πίσω όψη LCD 1602.....	
Εικόνα 18: Ρελέ 2 καναλιών.....	
Εικόνα 19: Επαφές ηλεκτρικού κυκλώματος.....	
Εικόνα 20: nRF24L01+.....	
Εικόνα 21: nRF24L01+ με εξωτερική κεραία.....	
Εικόνα 22: nRF24L01+ με προέκταση εξωτερικής κεραίας.....	
Εικόνα 23: Πάνω όψη GSM/GPRS Shield.....	
Εικόνα 24: Κάτω όψη GSM/GPRS Shield.....	
Εικόνα 25: Breadboard.....	
Εικόνα 26: Διασυνδέσεις breadboard.....	
Εικόνα 27: Prototyping shield.....	
Εικόνα 28: Εξωτερικό τροφοδοτικό.....	
Εικόνα 29: Εξωτερική τροφοδοσία με μπαταρίες.....	
Εικόνα 30: Φωτοβολταϊκό πάνελ.....	
Εικόνα 31: Μπαταρία μολύβδου.....	
Εικόνα 32: Ρυθμιστής φόρτισης.....	
Εικόνα 33: Φις 2.1mm.....	
Εικόνα 34: Προσαρμογέας 9βολτης μπαταρίας.....	
Εικόνα 35: Arduino IDE.....	
Εικόνα 36: Πίνακας sensors_status βάσης δεδομένων.....	
Εικόνα 37: Πίνακας valve_status βάσης δεδομένων.....	
Εικόνα 38: Πίνακας members βάσης δεδομένων.....	
Εικόνα 39: Base module για nRF24L01+.....	
Εικόνα 40: Software serial jumpers.....	
Εικόνα 41: Σύνδεση GSM/GPRS shield σε Arduino Mega 2560.....	
Εικόνα 42: Σύνδεση τροφοδοτικού σε Arduino Mega 2560.....	
Εικόνα 43: Κεντρικός κόμβος συστήματος.....	
Εικόνα 44: Συνδέσεις ρυθμιστή φόρτισης.....	
Εικόνα 45: Αισθητήριος κόμβος συστήματος.....	
Εικόνα 46: HTML.....	
Εικόνα 47: CSS.....	

Εικόνα 48: PHP.....	
Εικόνα 49: SQL.....	
Εικόνα 50: κώδικας αισθητήριου κόμβου.....	
Εικόνα 51: Αρχικοποιήσεις κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 52: Συνάρτηση setup κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 53: Συνάρτηση startWirelessCommunication κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 54: Συνάρτηση loop κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 55: Συνάρτηση getData κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 56: Συνάρτηση checkForWirelessData κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 57: Συνάρτηση backToMenu κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 58: Συνάρτηση sendData κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 59: Συνάρτηση sendHttp κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 60: Συνάρτηση sendSms κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 61: Συνάρτηση waitForAnswer κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 62: Συνάρτηση changeStateOfValves κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 63: Συνάρτηση συνέχεια changeStateOfValves κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 64: Συνάρτηση valveOne κεντρικού κόμβου.....	
Εικόνα 65: Φόρμα εισόδου χρήστη.....	
Εικόνα 66: login.php.....	
Εικόνα 67: conn.php.....	
Εικόνα 68: Εισαγωγή δεδομένων στη βάση.....	
Εικόνα 69: Εμφάνιση δεδομένων στο πίνακα.....	
Εικόνα 70: Φόρμα διαχείρισης ρελέ.....	
Εικόνα 71: Λήψη αρχείου από Server.....	
Εικόνα 72: Εφαρμογή ρεύματος στο κεντρικό κόμβο.....	
Εικόνα 73: Εφαρμογή ρεύματος στον αισθητήριο κόμβο.....	
Εικόνα 74: Εκκίνηση GSM/GPRS ασπίδας.....	
Εικόνα 75: Σελίδα εισόδου Web εφαρμογής.....	
Εικόνα 76: Αρχική σελίδα εφαρμογής.....	
Εικόνα 77: Δεύτερη σελίδα εφαρμογής.....	
Εικόνα 78: Τρίτη σελίδα εφαρμογής.....	
Εικόνα 79: Τέταρτη σελίδα εφαρμογής.....	
Εικόνα 80: Πέμπτη σελίδα εφαρμογής.....	
Εικόνα 81: Πλήρη τοπολογία Mesh.....	
Εικόνα 82: Μερική τοπολογία Mesh.....	
Εικόνα 83: Το πρωτόκολλο MQTT.....	

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Gantt chart.....	
Διάγραμμα 2: Μικροελεγκτής.....	
Διάγραμμα 3: Αρχιτεκτονική Harvard.....	
Διάγραμμα 4: Αρχιτεκτονική Von-Nuemann.....	
Διάγραμμα 5: Γλώσσες προγραμματισμού.....	
Διάγραμμα 6: Δομή συστήματος μέτρησης.....	
Διάγραμμα 7: Δομή ψηφιακού συστήματος μέτρησης.....	
Διάγραμμα 8: Δομή ψηφιακού συστήματος μέτρησης πολλών μεγεθών.....	
Διάγραμμα 9: GSM/GPRS πρωτόκολλο.....	
Διάγραμμα 10: Μεταφορά δεδομένων DHT22.....	
Διάγραμμα 11: Διασυνδέσεις ρελέ.....	
Διάγραμμα 12: Αρχιτεκτονική nRF module.....	
Διάγραμμα 13: Τοπολογία αστέρας του nRF module.....	
Διάγραμμα 14: GSM/GPRS Shield.....	
Διάγραμμα 15: Επικοινωνία GSM/GPRS ασπίδας με Arduino.....	
Διάγραμμα 16: Κύκλωμα σύνδεσης nRF24L01+.....	
Διάγραμμα 17: Επικοινωνία Master/Slave.....	
Διάγραμμα 18: Πολλαπλή επικοινωνία Master/Slave.....	
Διάγραμμα 19: Λειτουργίες C++.....	

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Θερμοκρασίες συναρτήσεων αντιστάσεων.....	
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά αισθητήρων.....	
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά διάφορων μοντέλων Arduino.....	
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά Arduino Uno.....	
Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά Arduino Mega 2560.....	
Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά DHT22.....	
Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά Soil Moisture.....	
Πίνακας 8: Ακροδέκτες LCD 1602.....	
Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά nRF24L01+.....	
Πίνακας 10: Καταναλώσεις αισθητήριου κόμβου.....	
Πίνακας 11: Καταναλώσεις κεντρικού κόμβου.....	
Πίνακας 12: Καταστάσεις LED της GSM/GPRS shield.....	
Πίνακας 13: Λειτουργίες SPI.....	
Πίνακας 14: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήριου κόμβου.....	
Πίνακας 15: Τεχνικά χαρακτηριστικά κεντρικού κόμβου.....	
Πίνακας 16: Κόστος υλικών.....	

1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί μεγάλο ενδιαφέρον για τα αυτοματοποιημένα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Το ενδιαφέρον αυτό πηγάζει τόσο από την ακαδημαϊκή κοινότητα σε ερευνητικό επίπεδο όσο και από τους εν δυνάμει χρήστες της τεχνολογίας.

Η παρούσα πτυχιακή έχει διπλό στόχο. Αφενός μεν να αποτελέσει μια εισαγωγή στα αυτοματοποιημένα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων μέσω αισθητηρίων με τη χρήση μικροελεγκτών και αφετέρου να παρουσιάσει αναλυτικά την υλοποίηση του συγκεκριμένου αυτοματοποιημένου συστήματος ελέγχου.

Αν και ο τίτλος της εργασίας προσανατολίζει σε μεγάλο βαθμό τον σκοπό και το αποτέλεσμα αυτής της πτυχιακής, υπάρχουν πάντα μερικές ασάφειες καθώς ο ανθρώπινος εγκέφαλος γεννά ερωτήσεις σχετικά με την υλοποίηση αυτού του πρότζεκτ.

1.1 Περίληψη

Περίληπτικά λοιπόν, σε αυτή τη πτυχιακή εργασία θα αναπτυχθεί ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου και διαχείρισης ενός αμπελώνα με σκοπό το πότισμα αυτού χωρίς την παρουσία του ανθρώπου. Το σύστημα θα μαζεύει πληροφορίες από ειδικούς αισθητήρες και θα αναλύει τα δεδομένα με βάση κάποιες παραμέτρους που θα έχει ορίσει ο χρήστης. Έπειτα θα ειδοποιεί τον χρήστη για τα αποτελέσματα μέσω σύντομων γραπτών μηνυμάτων (SMS), αλλά και μιας εφαρμογής Web.

Για την κατασκευή αυτής της διάταξης χρησιμοποιήθηκε υπολογιστική πλατφόρμα της οικογένειας Arduino. Μια GSM Shield απαραίτητη για την δικτύωση της πλατφόρμας με το διαδίκτυο (καθώς συνήθως δεν υπάρχει δυνατότητα Wi-Fi στους καλλιεργήσιμους χώρους), ένα πλήθος αισθητήρων, ένα ηλιακό πάνελ για την παροχή ενέργειας και άλλα πολλά εξαρτήματα που θα αποκαλύπτονται σιγά σιγά στη πορεία της πτυχιακής. Αυτό γιατί εκτός από το οικονομικό όφελος το Arduino είναι μια πλατφόρμα ευρέως διαδεδομένη με αρκετές υποστηρικτικές εφαρμογές και μία μεγάλη κοινότητα να την υποστηρίζει. Αυτό καθιστά την παρούσα εργασία να είναι επεκτάσιμη ακόμα και από τρίτους.

Ο προγραμματισμός του Arduino έγινε χρησιμοποιώντας το Arduino IDE, ένα Open-Source λογισμικό της εταιρίας σε γλώσσα C/C++ ενώ η δικτυακή εφαρμογή γράφτηκε σε HTML, PHP και SQL.

Τέλος η εργασία αυτή όπως θα παρουσιαστεί και στη συνέχεια αποτελείται από τρεις βασικές ενότητες οι οποίες αναφέρονται σε όλους τους τεχνολογικούς και επιστημονικούς τομείς που είναι απαραίτητοι προκειμένου ο μη εξειδικευμένος αναγνώστης να έχει τη δυνατότητα να αντιληφθεί, να παρακολουθήσει και να αξιολογήσει όλο το περιεχόμενο του αυτοματοποιημένου συστήματος καθώς να κατανοήσει και τα πεδία εφαρμογής του.

1.2 Κίνητρο για την Διεξαγωγή της Εργασίας

Η ιδέα για αυτή τη πτυχιακή μου ήρθε ξαφνικά στα μέσα μιας συζήτησης που είχαμε με τον πατέρα και τον αδερφό μου για το πώς μπορούμε να διευκολύνουμε τους εαυτούς μας με το να αυτοματοποιήσουμε ένα μέρος της διαδικασίας.

Βρισκόμασταν στο αμπέλι και αμέσως το μυαλό μου άρχισε να κάνει ένα πρόωρο σχέδιο για το πως θα μπορούσε ένα εξ' αποστάσεως πότισμα να υλοποιηθεί. Αργότερα που το σκέφτηκα με περισσότερες λεπτομέρειες η ιδέα μεταλλάχθηκε σε κίνητρο και όχι πολλές μέρες αργότερα αποφάσισα να το προτείνω σαν θέμα πτυχιακής. Ωστε να συνδυάσω και αυτό το προαπαιτούμενο μέρος για την ολοκλήρωση των σπουδών μου, αλλά και για να την αξιοποιήσω στο μέλλον σε κάτι που θα διευκολύνει και θα απαλλάξει από ένα μικρό καθημερινό πρόβλημα εμένα και την οικογένεια μου.

Γνώριζα την πλατφόρμα Arduino (κυρίως από αναφορές στο διαδίκτυο) και κατάλαβα ότι θα μπορούσε να στηριχτεί όλο το πρότζεκτ πάνω του. Παρ' όλα αυτά δεν είχα καμία εμπειρία μέχρι τότε με τέτοιου είδους πλατφόρμες, οπότε συνειδητοποίησα από την πρώτη στιγμή ότι αυτή η εργασία θα ήταν μια μεγάλη πρόκληση και ίσως ένα μικρό ρίσκο για μένα (σε περίπτωση που δεν τα κατάφερα). Δεν με προβληματίσε όμως αυτή η σκέψη ούτε για μια στιγμή γιατί εκτός των άλλων το είδα και σαν μια ευκαιρία στο να εντρυφήσω στην τεχνολογία αυτή και να επεκταθούν οι γνώσεις μου σε αυτό το πεδίο. Τελικά όσο περνούσε ο καιρός και μάζευα πληροφορίες για το Arduino, ένας καινούριος κόσμος ανοίχτηκε μπροστά μου βλέποντας όλες αυτές τις εφαρμογές που έχει και το μεγάλο εύρος πραγμάτων που μπορεί κάποιος να κάνει στον τομέα της πληροφορικής αλλά και όχι μόνο.

1.3 Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σαν αντικείμενο την ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοίωσης μίας αυτοματοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας. Μέσα από αυτή τη διαδικασία δίνεται η ευκαιρία να εντρυφήσει κανείς στη σύγχρονη τεχνολογία των αυτοματισμών.

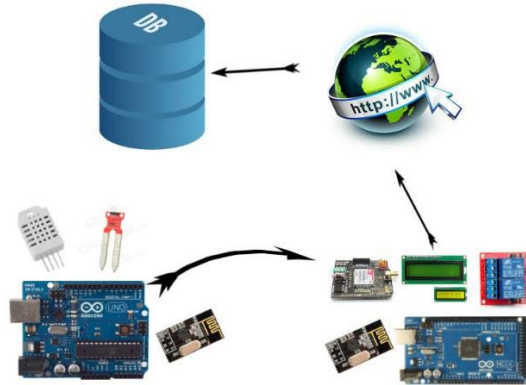
Χονδρικά θα κατασκευαστεί ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα απομακρυσμένου ποτίσματος ενός αμπελιού, που θα δίνει τη δυνατότητα στον διαχειριστή του να παρεμβαίνει δυναμικά.

Σκοπός της είναι η μελέτη και η κατασκευή μιας διάταξης καταγραφής δεδομένων αποτελούμενης από αισθητήρες, με την οποία θα μπορούμε να επιβλέπουμε τις συνθήκες που επικρατούν σε ένα αμπέλι και να ελέγχουμε απομακρυσμένα διεργασίες ζωτικής σημασίας (όπως το πότισμα του). Όλα αυτά θα εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο και θα γίνετε παρουσίαση στο διαδίκτυο ή σε άλλη συσκευή (smartphone/tablet). Το σύστημα θα στέλνει δεδομένα, όπως, θερμοκρασία-υγρασία περιβάλλοντος, υγρασία χώματος σε έναν απομακρυσμένο Server μέσω GSM/GPRS module (3G). Η εφαρμογή, θα "διαβάζει" τα δεδομένα του MYSQL Server και θα αλληλοεπιδρά με το σύστημα.

Απόσταγμα αυτής της προσπάθειας είναι η κατασκευή μιας πρότυπης μικρογραφίας βιομηχανοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας με πραγματικές απαιτήσεις. Υπό την έννοια αυτή, η συγκεκριμένη απόπειρα, μπορεί να αποτελέσει βάση είτε για περεταίρω βελτιστοποιήσεις, είτε για περεταίρω διερεύνηση τεχνολογικής ανάπτυξης σε επιστημονικό ή παραγωγικό επίπεδο. Στόχος μέσω αυτής της πλατφόρμας, είναι να παρουσιαστεί ένας εναλλακτικός τρόπος παρακολούθησης και ελέγχου του αμπελιού χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Arduino.

1.4 Δομή Εργασίας

Η υλοποίηση της εργασίας αποτελείται από τρία βασικά μέρη.



Εικόνα 1: Η δομή του συστήματος. Στο κάτω μέρος φαίνονται οι δύο κόμβοι (αριστερά αισθητήρων, δεξιά κεντρικός) ενώ στο πάνω μέρος φαίνεται η Web εφαρμογή με τη σύνδεση της στη βάση δεδομένων.

Στο πρώτο μέρος κατασκευάστηκαν οι πειραματικές διατάξεις των μικροελεγκτών Arduino καθώς και η συνδεσμολογία και παραμετροποίηση των περιφερειακών συσκευών.

Στο δεύτερο μέρος δημιουργήθηκε ο προγραμματισμός που θα ελέγχει τα Arduino και τις εκάστοτε κάρτες επέκτασής τους

Ενώ στο τρίτο και τελευταίο μέρος έγινε η ανάπτυξη της δικτυακής εφαρμογής που θα ελέγχει τους μικροελεγκτές εξ' αποστάσεως.

1.5 Internet Of Things (IOT)

Το Internet of Things είναι μία έννοια που αφορά τα αντικείμενα της καθημερινότητας μας. Το εύρος του εκτείνεται από βιομηχανικές μηχανές μέχρι wearable συσκευές που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων και την ανάληψη κάποιας δράσης σε αυτά μέσα σε ένα δίκτυο. Με απλά λόγια το Internet of Things είναι το τεχνολογικό μέλλον που θα κάνει τη ζωή μας πιο εύκολη.

Το IoT εξελίχθηκε με την γρήγορη διάδοση του ασύρματου Internet και των ενσωματωμένων αισθητήρων και έτσι οι άνθρωποι άρχισαν να αντιλαμβάνονται ότι η τεχνολογία αυτή θα μπορούσε να είναι προσωπικό αλλά και επαγγελματικό εργαλείο. Ο όρος “Internet of Things” (ή Διαδίκτυο των Πραγμάτων) επινοήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από τον επιχειρηματία Kevin Ashton, ο οποίος ήταν μέρος μιας ομάδας που ανακάλυψε τον τρόπο να συνδέσει τα αντικείμενα με το διαδίκτυο μέσω μιας ετικέτας RFID.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων είναι εδώ και γίνεται όλο ένα και πιο ενδιαφέρον τομέας απασχόλησης μεταξύ των γιγάντων της τεχνολογίας και των επιχειρηματικών κοινοτήτων. Η προώθησή του δεν είναι αβάσιμη, καθώς υπάρχουν αρκετά στοιχεία για να υποστηρίξουν την επιτυχία του στα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα με άρθρο της Gartner, υπάρχει αύξηση 30% στον αριθμό των συνδεδεμένων συσκευών το 2016 σε σύγκριση με το 2015, με 6,4 δισεκατομμύρια συσκευές να εισέρχονται στο χώρο του IoT. Ο αριθμός αναμένεται να αυξηθεί σε 26 δισεκατομμύρια μέχρι το 2020.

1.5.1 Εφαρμογές του Internet of Things

Το IoT προσφέρει νέες πηγές δεδομένων και νέα επιχειρηματικά μοντέλα που μπορούν να ενισχύσουν την παραγωγικότητα σε διάφορους κλάδους. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Υγειονομική Περίθαλψη

Πολλοί άνθρωποι έχουν ήδη υιοθετήσει wearable συσκευές για να παρακολουθούν την φυσική τους κατάσταση, τον ύπνο ή άλλες συνήθειες τους. Αυτά θα μπορούσαν να είναι ένα πολύ μικρό δείγμα του πώς το IoT συνδυάζεται με τον κλάδο της υγείας. Συσκευές παρακολούθησης ασθενών, ηλεκτρονικά αρχεία και άλλα έξυπνα αξεσουάρ μπορούν να σώσουν ζωές.

- Βιομηχανική Παραγωγή

Πρόκειται για τον κλάδο που επωφελείται περισσότερο από το IoT. Αισθητήρες συλλογής δεδομένων μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ή να παρακολουθούν τη χρήση των πόρων ενός εργοστασίου σε πραγματικό χρόνο, καθιστώντας ευκολότερη την εργασία των ανθρώπων, πιο αποτελεσματικά και με μειωμένο κόστος.

- Λιανεμπόριο

Τόσο οι καταναλωτές όσο και τα καταστήματα μπορούν να επωφεληθούν από IoT. Τα καταστήματα, για παράδειγμα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν IoT για σκοπούς παρακολούθησης των αποθεμάτων ή της ασφάλειας ενώ οι καταναλωτές μπορούν να έχουν μία περισσότερο εξατομικευμένη εμπειρία αγορών μέσω των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες ή τις κάμερες.

- Τηλεπικοινωνίες

Ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών θα επηρεαστεί σημαντικά από το IoT, εφόσον θα είναι ο κλάδος που θα διατηρεί όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιεί. Τα smartphones και άλλες προσωπικές συσκευές πρέπει να είναι σε θέση να διατηρούν μια αξιόπιστη σύνδεση στο διαδίκτυο για να λειτουργήσει αποτελεσματικά το Internet of Things.

- Μεταφορές

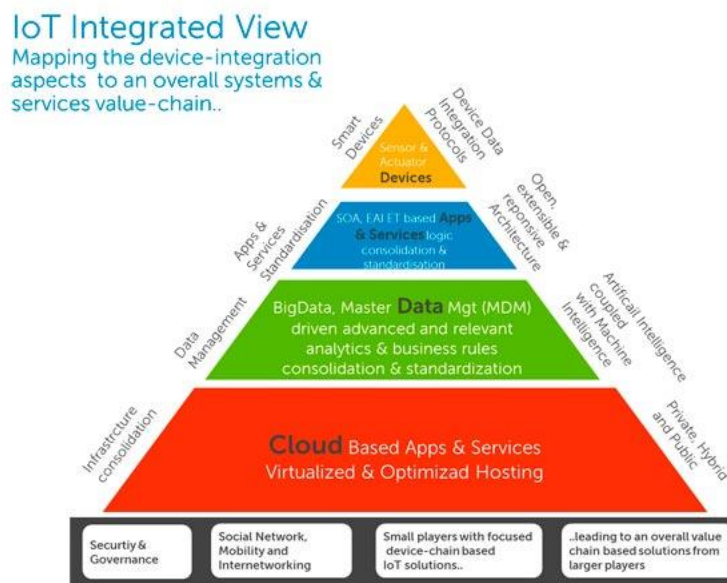
Το IoT επηρεάζει επίσης το κλάδο των μεταφορών σε μεγάλη κλίμακα: οι εταιρείες διανομής μπορούν να παρακολουθούν το στόλο τους με τη χρήση GPS λύσεων και οι δρόμοι μπορούν να παρακολουθούνται μέσω αισθητήρων για να είναι όσο το δυνατόν ασφαλέστεροι.

- Ενέργεια

Οι έξυπνοι μετρητές (smart meters), όχι μόνο συλλέγουν δεδομένα αυτόματα, αλλά καθιστούν και δυνατή την εφαρμογή analytics για την παρακολούθηση και τη διαχείριση της χρήσης της ενέργειας. Παρομοίως, αισθητήρες σε συσκευές όπως οι ανεμόμυλοι μπορούν να παρακολουθούν τα δεδομένα και να χρησιμοποιούν προγνωστική μοντελοποίηση ώστε να προγραμματιστεί η διακοπή λειτουργίας για πιο αποδοτική χρήση της ενέργειας.

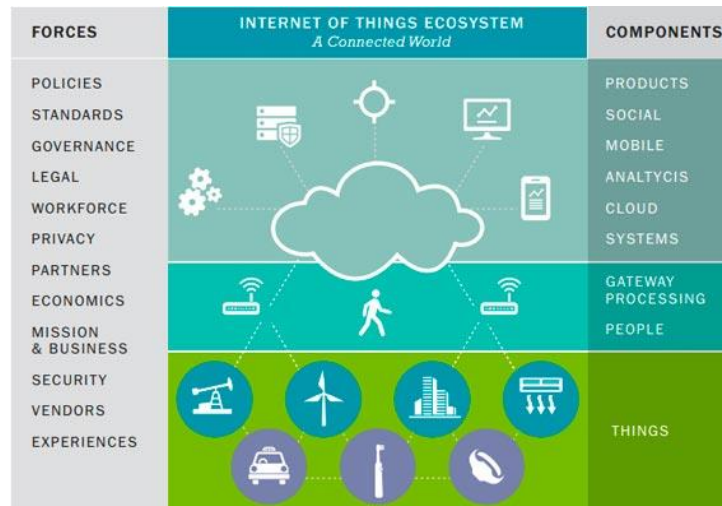
1.5.2 Προβλέψεις για το Μέλλον του Internet of Things

Τα επόμενα χρόνια το IoT θα δείχνει τελείως διαφορετικό από ότι τώρα. Ειδικοί αναλυτές το χαρακτηρίζουν σαν ένα ανερχόμενο πεδίο σε μια πολλά υποσχόμενη αγορά. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα κορυφαία στοιχεία του IoT, τα οποία θα αλλάξουν την καθημερινότητα του ανθρώπου.



Εικόνα 2: ολοκληρωμένη όψη στοιχείων του IoT

- Πλατφόρμες: είναι το κλειδί τους επιτυχίας. Η τιμή των «πραγμάτων» του διαδικτύου όλο ένα και θα μειώνεται, οι συνδέσεις στο διαδίκτυο θα κοστίζουν αμελητέα ποσά, ενώ ταυτόχρονα θα υπάρχει μεγάλη ζήτηση για εξειδικευμένες εφαρμογές που θα «οδηγούν» τους έξυπνες συσκευές. Κύριος στόχος για τους πλατφόρμες του IoT είναι η ομαδοποίηση πολλών συσκευών τους υποδομής τους Internet of Things συστήματος σε ένα ενιαίο προϊόν. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από τέτοιες πλατφόρμες κατηγοριοποιούνται σε χαμηλού επιπέδου έλεγχο συσκευών, απόκτηση-μετατροπή και διαχείριση δεδομένων και στην ανάπτυξη εφαρμογών η οποία περιλαμβάνει τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, την οπτικοποίηση δεδομένων, εργαλεία ανάλυσης δεδομένων (analytics) και τη προσαρμογή τους σε συστήματα επιχειρήσεων.
- Οικοσυστήματα: η αμερικανική εταιρεία έρευνας Gartner, δήλωσε ότι τώρα που οι συσκευές IoT πολλαπλασιάζονται, θα προκύψουν νέα οικοσυστήματα και θα δημιουργηθούν εμπορικές και τεχνικές μάχες μεταξύ των οικοσυστημάτων. Τους ότι θα κυριαρχήσουν έννοιες τους το έξυπνο σπίτι, έξυπνες πόλεις και υγειονομική περίθαλψη κ.α. Οι οργανισμοί που παράγουν έξυπνες συσκευές θα πρέπει να σχεδιάσουν πολλαπλά standards για την υποστήριξη σε διαφορετικά οικοσυστήματα και να είναι πάντα προετοιμασμένες να ανανεώσουν τους συσκευές τους ανάλογα με την εξέλιξη των οικοσυστημάτων.



Εικόνα 3: οικοσύστημα του IoT

- Επεξεργασία ροών δεδομένων: Είναι επόμενο αρκετές εφαρμογές να δημιουργούν εξαιρετικά υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, που πρέπει να αναλύονται σε πραγματικό χρόνο. Για την αντιμετώπιση αυτών απαιτήσεων έχουν δημιουργηθεί κατακευματισμένες υπολογιστικές πλατφόρμες ροών δεδομένων (Distributed Stream Computing Platforms, DSCPs). Συνήθως χρησιμοποιούν παράλληλες αρχιτεκτονικές για να επεξεργαστούν πολύ υψηλών ταχυτήτων ροές δεδομένων και αποσκοπούν στην εκτέλεση καθηκόντων σε πραγματικό χρόνο.
- Low Power Wide Area Networks (LPWANs): τα παραδοσιακά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεν παρέχουν καλό συνδυασμό τεχνικών χαρακτηριστικών και κόστους λειτουργίας, για τις IoT εφαρμογές. Τέτοιου είδους εφαρμογές χρειάζονται μεγάλης εμβέλειας κάλυψη με καλή διάρκεια μπαταρίας και χαμηλό υλικό και λειτουργικό κόστος. Ο μακροχρόνιος στόχος ενός μεγάλης εμβέλειας IoT δικτύου είναι να υπάρχουν ταχύτητες δεδομένων της τάξης από μερικές εκατοντάδες bps μέχρι μερικές δεκάδες χιλιάδες Kbps, με εμβέλεια σε όλη την επικράτεια, διάρκεια ζωής μπαταρίας τα 10 χρόνια περίπου, τελικό ποσό υλικών γύρω στα 5 ευρώ και να επιτρέπουν τη σύνδεση εκατοντάδων χιλιάδων συσκευών σε έναν Server. Μερικά αναδυόμενα πρότυπα όπως το Narrowband IoT (NB-IoT), είναι περισσότερο πιθανό να κυριαρχήσουν στο χώρο των LPWANs.
- Εργαλεία ανάλυσης δεδομένων (analytics): Στην περίπτωση του Internet of Things θα χρειαστεί νέα προσέγγιση στα analytics. Το νόμισμα του IoT είναι τα δεδομένα που όμως θα έχουν αξία μόνο αν όλος αυτός ο όγκος δεδομένων μπορεί να μεταφραστεί σε πληροφορίες που με τη σειρά τους μπορούν να μετατραπούν σε συγκεκριμένες δράσεις. Αυτές οι δράσεις θα είναι σε θέση να βελτιώσουν την παραγωγικότητα των επιχειρήσεων και να αλλάξουν τις ζωές των ανθρώπων.
- Ασφάλεια: το IoT εισάγει ένα καινούριο μεγάλο εύρος κακόβουλων απειλών ασφαλείας για τις IoT συσκευές, τις πλατφόρμες και το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιούν, τις επικοινωνίες τους και ακόμα και για τις συσκευές με τις οποίες είναι συνδεδεμένες. Η ασφάλεια του Internet of Things θα περιπλέκεται από το γεγονός ότι πολλά «πράγματα» κάνουν χρήση απλών επεξεργαστών και λειτουργικών συστημάτων που δεν μπορούν να υποστηρίξουν εξελιγμένες προσεγγίσεις ασφαλείας.

- Άλλοι γνωστοί όροι της πληροφορικής που αναμένεται να επηρεαστούν από την ραγδαία ανάπτυξη του διαδικτύου των πραγμάτων είναι τα λειτουργικά συστήματα, οι επεξεργαστές και η αρχιτεκτονική τους.

1.5.3 Θεμελιώδη Συστατικά του IoT

Τα ασύρματα δίκτυα είναι πολύ σημαντικά για την επιτυχία της IoT υποδομής. Οι αισθητήρες πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνούν χωρίς περιορισμούς της φυσικής καλωδίωσης. Τους κάνει περισσότερο ανεξάρτητους και αυξάνει το πεδίο έκτασής τους. Οι κόμβοι IoT δεν πρέπει μόνο να είναι αποτελεσματικοί, αλλά και να παρουσιάζουν αποδοτικότητα στη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι έξυπνες συνδεδεμένες συσκευές πρέπει να βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου. Θα ενεργοποιούνται μόνο όταν υπάρχει ανάγκη να διαβάσουν ή να στείλουν δεδομένα ή να πάρουν μια απόφαση. Με απλά λόγια το 90% του χρόνου τους, οι αισθητήρες δεν θα χρειάζονται ενέργεια για τη μετεγκατάσταση των δεδομένων. Αυτό απαιτεί το ευφυές υλικό να έχει την ικανότητα αναστολής λειτουργίας και χαμηλής ενέργειας που καταναλώνουν. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση των συσκευών είναι η αρχιτεκτονική τους. Ενώ οι 32bit πυρήνες έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πιο συμβατές με μεγάλο αριθμό ανοιχτού λογισμικού εξακολουθούν να έχουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας.

Για να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας των κόμβων του διαδικτύου των πραγμάτων δεν αρκούν μόνο οι αλλαγές στο υλικό. Πρέπει να χρησιμοποιηθούν και έξυπνα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Μερικά από αυτά αναφέρονται παρακάτω:

- ZigBee

Ένα χαμηλής ισχύος IEEE 802.15.4 πρότυπο (2003). Είναι ένα δημιούργημα 16 εταιρειών αυτοματισμού. Αυτό που το καθιστά άριστο σε τέτοιες εγκαταστάσεις είναι η χρήση της δικτύωσης πλέγματος (Mesh Networking) που κάνει τη χρήση των πόρων επικοινωνίας πολύ πιο αποδοτική. Οι IoT κόμβοι που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ZigBee μπορούν να συνδεθούν με την κεντρική μονάδα ελέγχου κάνοντας χρήση των ενδιάμεσων κόμβων για τη διάδοση των δεδομένων. Γενικά είναι ένας αξιόπιστος τρόπος για διαβίβαση και χειρισμό δεδομένων.

- Bluetooth Low Energy (BLE)

Η Nokia παρουσίασε αρχικά αυτό το πρωτόκολλο ως Wibree το 2006. Επίσης γνωστό ως Bluetooth Smart αυτό το πρωτόκολλο παρέχει την ίδια κάλυψη με πολύ μειωμένη κατανάλωση ισχύος με το πρότυπο Bluetooth. Έχει παρόμοιο εύρος ζώνης σε περιορισμένες αποστάσεις, όπως και το ZigBee. Η χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος και η απλούστερη υλοποίηση κάνει BLE την καταλληλότερη επιλογή για ενσωμάτωση σε μικροελεγκτές χαμηλού κόστους.

- Wi-Fi

Θεωρείται ως η πιο ώριμη ασύρματη τεχνολογία. Το Wi-Fi είναι η κυρίαρχη τεχνολογία επικοινωνίας που έχει επιλέξει για τις εφαρμογές IoT. Ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα όπως το WPS κάνουν την ενσωμάτωση του IoT συσκευών πιο εύκολη με το υπάρχον δίκτυο. Στη μετάδοση δεδομένων το Wi-Fi πρωτόκολλο προσφέρει την καλύτερη απόδοση ισχύος ανά bit. Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας όταν οι συσκευές είναι αδρανείς είναι πολύ υψηλότερη σε σχέση με τα δύο προηγούμενα πρωτόκολλα επικοινωνίας (BLE και ZigBee) τα οποία μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας από τους αισθητήρες όταν οι συσκευές είναι αδρανείς.

2 Μεθοδολογία Υλοποίησης

Όπως γίνεται αντιληπτό και από την εικόνα 1, η δομή του συστήματος απαρτίζεται από δύο μικροελεγκτές Arduino μαζί με τις περιφερειακές συσκευές τους και από το δικτυακό μέρος του συστήματος (Web εφαρμογή, βάση δεδομένων κ.α.). Από εδώ και πέρα θα αναφερόμαστε στη διασύνδεση όλων των απαραίτητων περιφερειακών συσκευών με τον μικροελεγκτή με τον όρο κόμβο. Οπότε το σύστημα θα αποτελείται από δύο κόμβους και από το δικτυακό μέρος. Ο πρώτος κόμβος, που είναι και το πρώτο μέρος του συστήματος, ονομάζεται αισθητήριος κόμβος (ή Sensor Node), και ασχολείται με τη συλλογή και αποστολή των μετρήσεων που εξάγονται από τους αισθητήρες στον επόμενο κόμβο και δεύτερο μέρος του συστήματος, τον κεντρικό κόμβο (ή Server Node).

Η αρμοδιότητα του κεντρικού κόμβου είναι να λάβει τα δεδομένα και είτε να τα παρουσιάζει τοπικά στον χρήστη, είτε να τα στέλνει στην δικτυακή εφαρμογή προς απεικόνιση. Οποιοι και από τους τρόπους απεικόνισης επιλέξει ο χρήστης, η δουλειά του Server Node δεν έχει τελειώσει εδώ καθώς θα πρέπει να ανοίξει/κλείσει ανάλογα το ρελέ με το οποίο θα είναι συνδεδεμένες οι ηλεκτροβάνες.

Η Web εφαρμογή που στην ουσία είναι ένας δικτυακός τόπος, λαμβάνει δράση μόνο για την εξ' αποστάσεως ρύθμιση του συστήματος. Είναι μια φιλική στον χρήστη εφαρμογή που κάνει τη δουλειά που θα έκανε ο χρήστης εάν βρισκόταν τον καλλιεργήσιμο χώρο.

2.1 Μέθοδος Ανάλυσης & Ανάπτυξης πτυχιακής

Η εργασία γεννά από μόνη της τρία βασικά προβλήματα που δεν είναι άλλα από την τροφοδοσία του συστήματος στον καλλιεργήσιμο χώρο, το πώς θα γίνονται οι μετρήσεις χωρίς να περνάνε καλωδιώσεις μέσα από το χωράφι και το πώς θα σταλούν τα δεδομένα στο διαδίκτυο χωρίς την ύπαρξη κάποιου ασύρματου δικτύου στον χώρο.

Ωστόσο στα προβλήματα που πραγματεύεται η παρούσα πτυχιακή υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές λύσεις. Για παράδειγμα η τροφοδοσία θα μπορούσε να παρέχεται μέσω κάποιας γεννήτριας ή μέσω μιας ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που διαθέτει η χώρα μας (ηλιακή, αιολική, γεωθερμική κ.α.). Οι μετρήσεις των αισθητήριων θα μπορούσαν να στέλνονται μέσω ενός δικτύου αισθητήρων με εξειδικευμένα λογισμικά και ειδικές περιφερειακές συσκευές ενώ εκτός από την καλωδιακή και ασύρματη σύνδεση στο ίντερνετ με τεχνολογίες ADSL και τα τοπικά δίκτυα που εφαρμόζονται σε αυτές, υπάρχει σαν λύση και το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με ξεχωριστά πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά σε αυτές τις περιπτώσεις.

Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την επίλυση των προηγούμενων προβλημάτων είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι μπαταρίες στο πρόβλημα της τροφοδότησης, την εκπομπή ραδιοσημάτων μέσω των ειδικών προσαρμογέων ασύρματης επικοινωνίας (nRF24L01+). Και όσον αφορά τη δικτύωση του μικροελεγκτή θα χρησιμοποιηθεί μια κάρτα επέκτασης GSM/GPRS με ενσωματωμένο τσιπ Sim900.

2.2 Σημαντικοί Στόχοι για την Ολοκλήρωση της Πτυχιακής

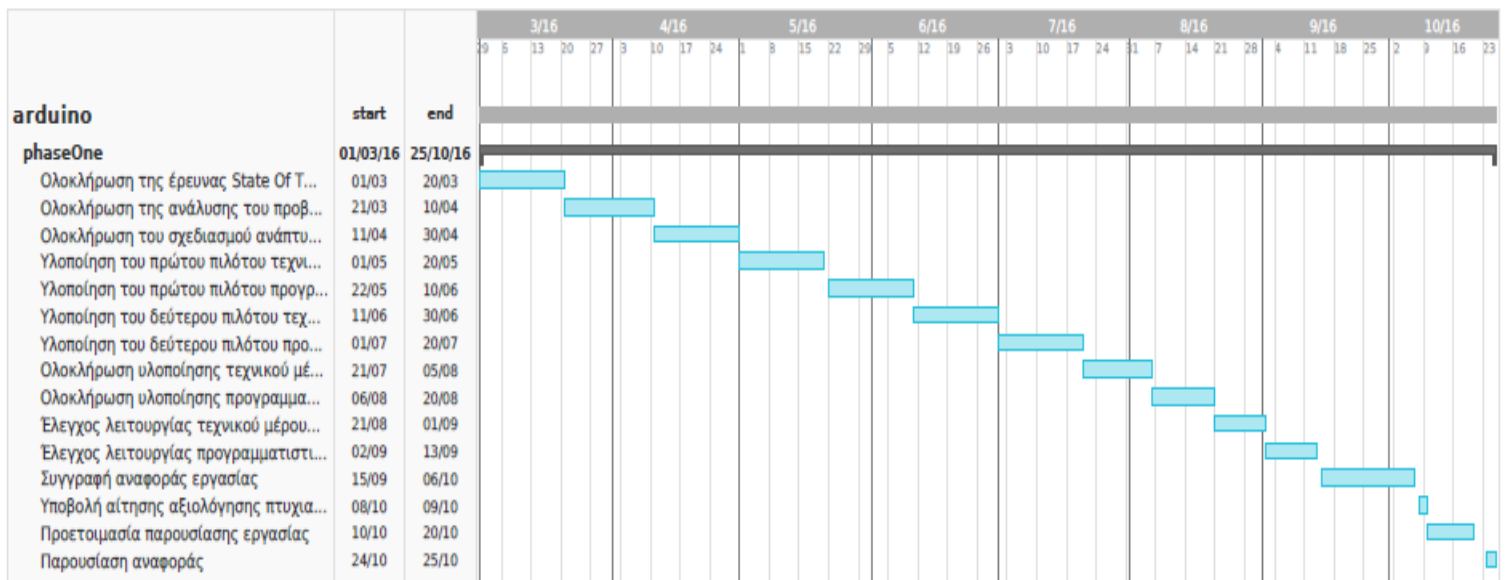
Προκειμένου να υπάρχει οργάνωση και σωστή δόμηση της εργασίας, πρέπει να χωριστεί σε κάποιες σημαντικές δραστηριότητες οι οποίες ανάλογα με το βαθμό δυσκολίας τους θα καθορίσουν και τη διάρκεια της πτυχιακής. Η δραστηριότητες αυτής της εργασίας δίνονται παρακάτω με την αυστηρή σειρά που αναγράφονται.

• Ολοκλήρωση της έρευνας State Of The Art	20
• Ολοκλήρωση της ανάλυσης του προβλήματος	20
• Ολοκλήρωση του σχεδιασμού ανάπτυξης της πτυχιακής	20
• Υλοποίηση του πρώτου πιλότου τεχνικού μέρους της πτυχιακής εργασίας	20
• Υλοποίηση του πρώτου πιλότου προγραμματιστικού μέρους της πτυχιακής εργασίας	20
• Υλοποίηση του δεύτερου πιλότου τεχνικού μέρους της πτυχιακής εργασίας	20
• Υλοποίηση του δεύτερου πιλότου προγραμματιστικού μέρους της πτυχιακής εργασίας	20
• Ολοκλήρωση υλοποίησης τεχνικού μέρους της πτυχιακής εργασίας	10
• Ολοκλήρωση υλοποίησης προγραμματιστικού μέρους της πτυχιακής εργασίας	10
• Έλεγχος λειτουργίας τεχνικού μέρους	10
• Έλεγχος λειτουργίας προγραμματιστικού μέρους	10
• Συγγραφή αναφοράς εργασίας	20
• Υποβολή αίτησης αξιολόγησης πτυχιακής εργασίας	1
• Προετοιμασία παρουσίασης εργασίας	10
• Παρουσίαση αναφοράς	1

2.3 Προτεινόμενο χρονοδιάγραμμα (Gantt Chart) Εργασίας

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται όλες οι κρίσιμες δραστηριότητες που θα πρέπει να ολοκληρωθούν προκειμένου να πραγματοποιηθεί επιτυχώς αλλά και έγκαιρα η παρούσα πτυχιακή εργασία.

Το λεγόμενο διάγραμμα Gantt είναι ένα οριζόντιο ιστόγραμμα που αναπτύχθηκε ως εργαλείο ελέγχου παραγωγής το 1917 από τον Χένρι Γκάντ. Το διάγραμμα Γκάντ παρέχει μια γραφική απεικόνιση ενός έργου που βοηθά το σχεδιασμό, τον συντονισμό και την εξειδίκευση των εργασιών σε ένα έργο. Ένα διάγραμμα Γκάντ κατασκευάζεται με έναν οριζόντιο άξονα που αντιπροσωπεύει τη συνολική έκταση του έργου, που χωρίζεται σε διαστήματα (π.χ. ημέρες, βδομάδες ή μήνες) και ένα κάθετο άξονα που αντιπροσωπεύει τις εργασίες που αποτελούν το έργο.



Διάγραμμα 1: Κλασικό διάγραμμα Gantt. Στα αριστερά δίνονται πληροφορίες όπως περιγραφή της φάσης, έναρξη και τέλος της κάθε δραστηριότητας. Οι μπάρες αναπαριστούν την διάρκεια της κάθε φάσης.

3 State of the Art

Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με την βιβλιογραφική αναζήτηση της τεχνολογίας αιχμής (State Of The Art) και την υλοποίηση του σχεδίου δράσης για την εκπόνηση της εργασίας.

Στη συνέχεια θα αναλυθούν κάποιες σημαντικές έννοιες, με στόχο να γίνει όσο το δυνατόν πιο κατανοητό σε όλους τους αναγνώστες αυτής της εργασίας τι ακριβώς σημαίνει κάθε τεχνολογία, μοντέλο και πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται. Χωρίς να υπάρχει κάποιο θεωρητικό υπόβαθρο ή κάποιες εξειδικευμένες γνώσεις, στο τέλος του κεφαλαίου αυτού, ο αναγνώστης θα γνωρίζει την ιστορία, την σημασία και τον ρόλο που έπαιξε η κάθε τεχνολογία ανά τα χρόνια και το πώς τελικά το αποτέλεσμα όλων αυτών των θεωριών συνδέονται μεταξύ τους ώστε να φτάσουμε σήμερα να έχουμε τη δυνατότητα να υλοποιήσουμε ένα αυτόνομο και απομακρυσμένο σύστημα ποτίσματος αλλά και όχι μόνο.

3.1 Αυτοματοποίηση της Βιομηχανίας

Βιομηχανία ονομάζεται η κατασκευή ενός αγαθού ή υπηρεσίας μέσα σε μια οικονομία. Παρόλο που η βιομηχανία αποτελεί μια ευρεία έννοια για κάθε είδος οικονομικής παραγωγής, στα οικονομικά και στον αστικό σχεδιασμό η βιομηχανία είναι συνώνυμη της δευτερογενούς παραγωγής, η οποία είναι το είδος της οικονομικής δραστηριότητας που ασχολείται με την κατασκευή αγαθών και προϊόντων.

3.1.1 Ιστορία

Από τις αρχές της δεκαετίας του '80 μια καινούργια μυθολογία κατακτά όλο και περισσότερο έδαφος στις βιομηχανικές χώρες. Δίπλα στην αλυσίδα παραγωγής, κλασική μυθική αναπαράσταση του εργοστασίου, εμφανίζεται το ρομπότ, σύμβολο της αυτοματοποιημένης μονάδας παραγωγής.

Η μυθολογία των ρομπότ είναι ένα σύμπτωμα αυτής της επικείμενης γενίκευσης της αυτοματοποίησης της παραγωγής. Τα ρομπότ όμως είναι μόνο μια μορφή αυτοματοποιημένης μηχανής. Δίπλα τους εμφανίστηκαν οι εργαλειομηχανές με οδήγηση από ηλεκτρονικό υπολογιστή, άλλες προγραμματιζόμενες μηχανές, μηχανές σχεδίασης με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Απ' όλες αυτές τις μηχανές το ρομπότ έγινε μύθος επειδή η κατασκευή του απαιτεί την ταυτόχρονη εφαρμογή της μικροηλεκτρονικής, της πληροφορικής και της μηχανικής.

Είμαστε ακόμη μακριά από μια γενίκευση της αυτοματοποίησης της διαδικασίας παραγωγής, Παρ' όλα αυτά ξεκινώντας απ' όσα γνωρίζουμε μέχρι σήμερα και με τις ανάλογες επιφυλάξεις, μπορούμε να διακινδυνεύσουμε μερικές προσωρινές εκτιμήσεις.

3.1.2 Τα Βασικά Στοιχεία

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι βιομηχανικοί οικονομικοί τομείς, ο πρωτογενής τομέας που αφορά κυρίως τη βιομηχανία εξαγωγής πρώτων υλών όπως η εξόρυξη και η γεωργία, ο δευτερογενής τομέας που αφορά τη διύλιση, την κατασκευή και την παραγωγή, ο τριτογενής τομέας που ασχολείται με υπηρεσίες (όπως η νομική ή η ιατρική) και τη διανομή των αγαθών και ο τεταρτογενής τομέας ο οποίος είναι σχετικά νέος τύπος της γνωστικής βιομηχανίας που εστιάζει στην τεχνολογική έρευνα, σχεδιασμό και εξέλιξη όπως ο προγραμματισμός ή η βιοχημεία.

Ο αυτοματισμός (ή αυτοματοποίηση) αφορά δύο έννοιες μη σχετιζόμενες μεταξύ τους. Αρχικά, σημαίνει την τυποποίηση μιας διαδικασίας μέσω της εύρεσης καλώς ορισμένων βημάτων τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν για να παραχθεί κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι ο αυτοματισμός δεν είναι τίποτα άλλο παρά η εύρεση ενός αλγορίθμου για την επίλυση ενός προβλήματος, ή η κατασκευή ενός αυτόνομου μηχανισμού που εκτελεί αυτόν τον αλγόριθμο για κάποια είσοδο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.



Εικόνα 4: Βιομηχανικά ρομπότ σε μία αυτοματοποιημένη μονάδα παραγωγής αυτοκινήτων

Ο αυτοματισμός επανοηματοδοτήθηκε μέσα από τη μηχανολογία και την ηλεκτρολογία κατά τον 20^ο αιώνα, ως ένα πεδίο της επιστήμης μηχανικού ασχολούμενο με τον έλεγχο διεργασιών και τη διατήρησή τους σε καθορισμένη κατάσταση. Η σημασία του αυτοματισμού είναι μεγάλη στη βιομηχανία, όπου μειώνει σημαντικά την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. σε τηλεμετρίες, αυτόματο έλεγχο γραμμών παραγωγής κ.λπ.)

Επίσης, ο αυτοματισμός χρησιμοποιείται για την αύξηση της παραγωγικότητας καθώς επίσης και την εξασφάλιση προϊόντων υψηλής ποιότητας.

Ως αυτοματισμός αναφέρεται γενικά η αυτόματη λειτουργία ή ο έλεγχος μιας οποιασδήποτε διεργασίας, διάταξης ή και συστήματος. Έτσι ο αυτόματος έλεγχος των μηχανών και των διάφορων διεργασιών γενικότερα χρησιμοποιείται με σκοπό να παρέχει ένα προϊόν εντός προκαθορισμένων ορίων ανοχής, εξασφαλίζοντας το υψηλότερο δυνατό επίπεδο ασφάλειας.

Ο αυτοματισμός ερευνά τη συμπεριφορά δυναμικών συστημάτων μοντελοποιώντας τα με τα μεθοδολογικά και μαθηματικά εργαλεία της επεξεργασίας σήματος. Έτσι μεταχειρίζεται τα συστήματα ως μαύρα κουτιά με είσοδο και έξοδο. Ως είσοδος θεωρείται ένα σήμα, αναλογικό ή ψηφιακό, συλλεγόμενο από κάποιο σημείο του συστήματος. Τα ενδιάμεσα κουτιά αναπαριστούν τις διάφορες διαταράξεις που επηρεάζουν το σήμα.

Μετά από όλα τα παραπάνω ο καθένας είναι σε θέση να συμπεράνει την έννοια της αυτοματοποίησης της βιομηχανίας. Και δεν είναι άλλη από την τυποποίηση μιας διαδικασίας χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο για την επίλυση προβλημάτων με απώτερο σκοπό τη δημιουργία ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα.

3.2 Μικροεπεξεργαστές/Μικροελεγκτές

Το αποτέλεσμα της εμφάνισης της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ήταν η ενσωμάτωση σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα όλης της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας, η οποία βέβαια θα έπρεπε να προγραμματίζεται για να περιέχει τις βασικότερες λειτουργίες ενός ψηφιακού υπολογιστή. Το κύκλωμα αυτό ονομάστηκε μικροεπεξεργαστής. Η μνήμη του βρίσκεται σε αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα περιορισμένων αποθηκευτικών δυνατοτήτων, τα οποία το συνοδεύουν. Επίσης υποστηρίζεται και από μια πλειάδα α) ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για να διασυνδέεται κατάλληλα και με τον εξωτερικό κόσμο μιας και δεν έχει ενσωματωμένες αυτές τις δυνατότητες και β) ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που επιτελούν τις λειτουργίες χρονισμού και προώθησης δεδομένων στον τελικό τους προορισμό.

3.2.1 Ιστορία

Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και χρησιμοποιήθηκαν σε ηλεκτρονικές αριθμομηχανές. Η ενσωμάτωση των μικροεπεξεργαστών σε άλλες συσκευές, όπως τερματικά, εκτυπωτές κ.α., ακολούθησε σχετικά γρήγορα. Με χρήση ενός οκτάμπιτου μικροεπεξεργαστή, κατασκευάστηκε ο πρώτος μικροϋπολογιστής γενικού σκοπού στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των μικροεπεξεργαστών που ακολούθησε συνδέεται με τις αυξημένες απαιτήσεις από γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.

3.2.2 Η Εξέλιξη των Μικροεπεξεργαστών

Η επιθυμία των κατασκευαστών συστημάτων να δημιουργήσουν συστήματα με περισσότερες δυνατότητες και με μικρότερο μέγεθος οδήγησε στην ανάγκη για ενσωμάτωση όλων των λειτουργιών ενός υπολογιστή σε ένα ή μερικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Ο τρόπος κατασκευής των Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας (CPU) άλλαξε σημαντικά στις αρχές της δεκαετίας του 70, όταν κατασκευάστηκαν οι πρώτοι επεξεργαστές από ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα μεγάλης ολοκλήρωσης. Επειδή μειώθηκε το μέγεθός τους, οι νέοι επεξεργαστές ονομάστηκαν μικροεπεξεργαστές. Μέχρι τότε οι επεξεργαστές (ή πιο σωστά οι πλακέτες επεξεργασίας) αποτελούνταν από δεκάδες πύλες και περίπλοκα κυκλώματα τα οποία με την παρατεταμένη χρήση εξέπεμπαν θερμότητα και έπιαναν πολύ χώρο.

Ο Intel 4004 ήταν ο πρώτος μικροεπεξεργαστής. Δημιουργήθηκε από τον Ted Hoff και το συνεργάτη του Stan Mazor και παρουσιάστηκε το 1971. Ο Intel 4004 ήταν ένας 4bit επεξεργαστής (ο μικροεπεξεργαστής λαμβάνει 4 bit από την μνήμη κάθε φορά με σκοπό να τα επεξεργαστεί), που αποτελούνταν από περίπου 2300 τρανζίστορ με συχνότητα ρολογιού 108 KHz. Επιπλέον, εκτελούσε 60000 πράξεις το δευτερόλεπτο και μπορούσε να δει 640 bytes μνήμης. Η αρχική του εφαρμογή ήταν η δημιουργία αριθμομηχανών. Τον Νοέμβριο του 1971, η Intel ανακοίνωσε τον πρώτο μικροϋπολογιστή, το σύστημα MCS-4, για το οποίο χρησιμοποιήθηκε ο 4004.



Εικόνα 5: Ο Intel 4004, ο πρώτος από τους μικροεπεξεργαστές που κατασκευάστηκαν. Χρονολογία παραγωγής: 1971 μέχρι 1981.

Η έλευση του 4bit μικροεπεξεργαστή οδήγησε γρήγορα στην παρουσίαση του 8bit μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μας εισήγαγε στην εποχή του προσωπικού υπολογιστή. Το 1971 ο Federico Faggin ξεκίνησε δουλειά πάνω σε έναν 8bit επεξεργαστή, τον Intel 8008, τον πρώτο εμπορικό 8bit μικροεπεξεργαστή, μέλος της οικογένειας MC-8. Το πρωτότυπο είχε μεγάλα προβλήματα με διαρροές ηλεκτρικού φορτίου από τις συσκευές μνήμης. Ο 8008 ανασχεδιάστηκε πλήρως και κυκλοφόρησε. Η συχνότητα ρολογιού ήταν στα 200 KHz, ενώ το chip χρησιμοποιούσε 3500 κρυσταλλολυχνίες. Αμέσως ξέσπασε μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μικροεπεξεργαστών, με αποτέλεσμα να αυξηθούν οι απαιτήσεις στην ταχύτητα, επικοινωνία με το περιβάλλον, και πιο πολλές εντολές και εισόδους δεδομένων. Ο 8008 μπορεί να δει 16 Kbytes μνήμης.

Η δεκαετία του 1980 υπήρξε μάρτυρας πολλών σημαντικών αλλαγών στην αρχιτεκτονική και την μικροαρχιτεκτονική των 32bit επεξεργαστών. Τα προβλήματα που αφορούν τη σχεδίαση του συνόλου εντολών έγιναν το σημαντικότερο αντικείμενο των ακαδημαϊκών και βιομηχανικών ερευνών.

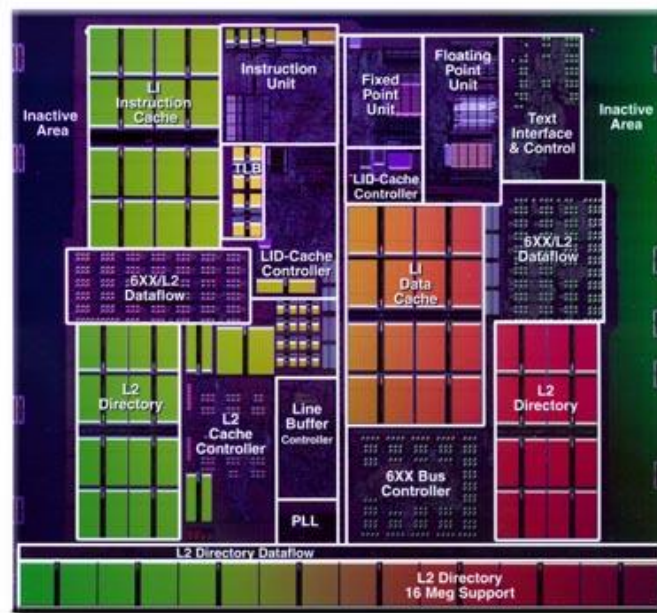
Με την πάροδο των χρόνων φτάνουμε στους πρώτους 64bit επεξεργαστές. Αν και εμφανίστηκαν στις αρχές του 1990, άρχισαν να εφαρμόζονται στους υπολογιστές γραφείου το 2003. Μέχρι το 2003, οι 64bit επεξεργαστές απευθύνονταν αποκλειστικά στην αγορά των ακριβών σταθμών εργασίας και των διακομιστών. Στην ευρεία αγορά, τον Σεπτέμβριο του 2003 πρώτη η AMD εισήγαγε τον Athlon 64, “την καλύτερη καινοτομία στους επεξεργαστές για το έτος 2003”, όπως χαρακτηρίστηκε. Έπειτα, ακολούθησε η Intel με τον Intel 64. Και οι δύο επεξεργαστές μπορούσαν να τρέξουν την κληρονομιά των 32bit εφαρμογών καθώς επίσης και το νέο λογισμικό 64bit. Ένας 64bit υπολογιστής μπορεί να κάνει μαθηματικές πράξεις με μεγαλύτερους αριθμούς και να είναι πολύ πιο αποτελεσματικός με μικρότερους αριθμούς σε σχέση με έναν 32bit. Για αυτό το λόγο, πολλοί υποστηρίζουν ότι μόνο τα ακαδημαϊκά ιδρύματα και οι ιδιωτικές εταιρίες μπορούν να ωφεληθούν από τις επιδόσεις ενός 64bit επεξεργαστή, καθώς μόνο εκεί απαιτούνται μεγάλοι υπολογισμοί, γρήγορες προσβάσεις σε μεγάλες βάσεις δεδομένων αλλά και επίλυση σύνθετων προβλημάτων.

3.2.3 Ανατομία του Μικροεπεξεργαστή

Εάν ένας υπολογιστής μπορούσε να παρομοιάσει με έναν άνθρωπο, ο μικροεπεξεργαστής θα ήταν ο εγκέφαλος του. Αποτελείται από αρκετές εξειδικευμένες μονάδες, οι οποίες συνεργάζονται μεταξύ τους.

Τα μέρη, εν συντομία, από τα οποία αποτελείται ένας επεξεργαστής είναι τα εξής:

- Η Μονάδα Ελέγχου (Control Unit), η οποία είναι υπεύθυνη για την ανάκτηση των εντολών από την κύρια μνήμη και για τον προσδιορισμό του τύπου τους.
- Η Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic Logic Unit), η οποία εκτελεί αποκλειστικά πράξεις, που χρειάζονται για την εκτέλεση των εντολών.
- Καταχωρητές (Registers), οι οποίοι είναι μια μικρή μνήμη υψηλής ταχύτητας, που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση προσωρινών αποτελεσμάτων και ορισμένων πληροφοριών ελέγχου. Καθένας από αυτούς τους καταχωρητές, επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Ο πιο σημαντικός καταχωρητής είναι ο *μετρητής προγράμματος* (*program counter* - *PC*), ο οποίος δείχνει την επόμενη εντολή που πρόκειται να εκτελεστεί, ενώ πολύ σημαντικός επίσης είναι ο *καταχωρητής εντολών* (*instruction register* - *IR*), που περιέχει την εντολή που εκτελείται εκείνη τη στιγμή.



Εικόνα 6: Λεπτομερή ανατομία ενός μικροεπεξεργαστή

3.2.4 Τι Είναι ο Μικροελεγκτής

Ο μικροελεγκτής (microcontroller) είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded Systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα (από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έως παιχνίδια), ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα.

3.2.5 Από τον Μικροεπεξεργαστή στον Μικροελεγκτή

Ο επεξεργαστής είναι το σημαντικότερο στοιχείο κάθε πληροφοριακού συστήματος. Όμως, για τη λειτουργία ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα και περιφερειακά. Τέτοια είναι :

- Κύκλωμα συνδετικής λογικής (glue logic) για τη σύνδεση των εξωτερικών μνημών και άλλων περιφερειακών παράλληλης σύνδεσης στην αρτηρία δεδομένων (bus) του επεξεργαστή.
- Μνήμη προγράμματος (τύπου ROM, FLASH, EPROM κλπ.), η οποία περιέχει το λογισμικό του συστήματος. Σε κάποια μοντέλα, είναι δυνατό το κλείδωμα αυτής της μνήμης, μετά την εγγραφή της, ώστε να προστατεύει το περιεχόμενό της από αντιγραφή.
- Μεγάλη ποσότητα μνήμης RAM.
- Μόνιμη μνήμη αποθήκευσης παραμέτρων λειτουργίας (τύπου EEPROM, ή NVRAM) η οποία να μπορεί να γράφεται στον πυρήνα του μικροελεγκτή. Αυτή η μνήμη έχει, έναντι της FLASH, το πλεονέκτημα της δυνατότητας διαγραφής και εγγραφής οποιουδήποτε μεμονωμένου byte.
- Κύκλωμα αρχικοποίησης.
- Διαχειριστή αιτήσεων διακοπής (interrupt request controller) από τα περιφερειακά
- Κύκλωμα επιτήρησης λειτουργίας (watchdog timer) το οποίο αρχικοποιεί το σύστημα, αν αυτό εμφανίσει σημάδια δυσλειτουργίας λόγω κολλήματος (hang).
- Τοπικό ταλαντωτή για την παροχή παλμών χρονισμού (clock).
- Ρολόι πραγματικού χρόνου (Real Time Clock, RTC) το οποίο τροφοδοτείται από ανεξάρτητη μπαταρία και για αυτό πρέπει να έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.
- Σειρά ανεξάρτητων ψηφιακών εισόδων και εξόδων (Parallel Input-Output, PIO) για την επικοινωνία με τον εξωτερικό κόσμο.

Στην προσπάθεια των κατασκευαστών πληροφοριακών συστημάτων ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν λιγότερα εξωτερικά στοιχεία γύρω από τον μικροεπεξεργαστή γεννήθηκε η ανάγκη κατασκευής του μικροελεγκτή.

Γενικά, όλες οι οικογένειες μικροελεγκτών ενσωματώνουν τα περισσότερα από τα παραπάνω περιφερειακά, με διαφοροποιήσεις κυρίως στην ύπαρξη ή μη εσωτερικής μνήμης προγράμματος και το είδος της. Ο μικροελεγκτής λειτουργεί αυτόνομα εκτελώντας το πρόγραμμα που βρίσκεται στην μνήμη του μόλις τροφοδοτηθεί.

Έτσι υπάρχουν :

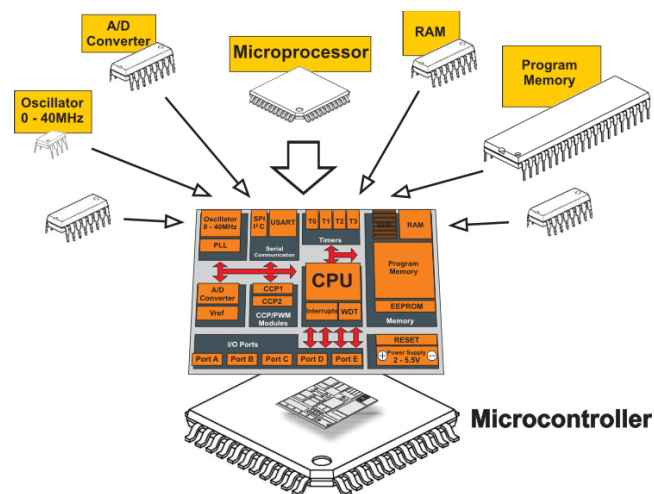
- ✓ Μικροελεγκτές χωρίς μνήμη προγράμματος, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως ROM-less. Αυτοί παρέχουν πάντοτε μια παράλληλη αρτηρία δεδομένων, πάνω στην οποία συνδέονται εξωτερικές μνήμες προγράμματος και RAM. Τέτοιοι τύποι μικροελεγκτών προορίζονται για πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα ελέγχου, με μεγαλύτερες απαιτήσεις μνήμης.
- ✓ Μικροελεγκτές με μνήμη ROM, η οποία κατασκευάζεται με το λογισμικό της (Mask ROM) ή γράφεται μόνο μια φορά (one Time Programmable, OTP). Παρέχουν τη δυνατότητα πολύ χαμηλού κόστους όταν αγοράζονται σε μεγάλες ποσότητες.
- ✓ Μικροελεγκτές με μνήμη FLASH, οι οποίοι μπορούν συνήθως να προγραμματιστούν πολλές φορές. Αυτή είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία. Συχνά ο προγραμματισμός της μνήμης μπορεί να γίνει ακόμη και πάνω στο κύκλωμα της ίδιας της ενσωματωμένης (embedded) εφαρμογής (δυνατότητα In Circuit Programming, ICP). Αυτοί οι μικροελεγκτές έχουν ουσιαστικά αντικαταστήσει παλαιότερους τύπους EPROM που έσβηναν με υπεριώδη ακτινοβολία (από ειδικό τζαμάκι).

Αναλυτικά τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι :

- ❖ Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι, πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανέναν άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- ❖ Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- ❖ Χαμηλό κόστος.
- ❖ Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- ❖ Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και των χαμηλότερων ταχυτήτων λειτουργίας.
- ❖ Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους – εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσης τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- ❖ Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

3.2.6 Διαφορές του Μικροεπεξεργαστή από τον Μικροελεγκτή

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (πχ τους μικροεπεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών), δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι εξειδικευμένη. Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα (μικροελεγκτές), οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση.



Διάγραμμα 2: Σχηματικό διάγραμμα για τα παρελκόμενα μέρη ενός μικροελεγκτή

Εφαρμογές του μικροεπεξεργαστή περιλαμβάνουν τα επιτραπέζια PC, οι φορητοί υπολογιστές, κ.λπ. Αλλά αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση με τους μικροελεγκτές. Ο μικροελεγκτής έχει CPU, επιπροσθέτως με ένα σταθερό ποσό της μνήμης RAM, ROM και άλλα περιφερειακά, όλα ενσωματωμένα σε ένα μόνο τσιπ. Σήμερα διαφορετικοί κατασκευαστές παράγουν μικροελεγκτές με ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων που είναι διαθέσιμοι σε διαφορετικές εκδόσεις.

Οι μικροελεγκτές είναι σχεδιασμένοι για να εκτελούν συγκεκριμένες διεργασίες. Αυτό σημαίνει εφαρμογές, όπου η σχέση των εισροών και εκροών είναι καθορισμένες. Δεδομένου ότι οι εφαρμογές είναι πολύ συγκεκριμένες, χρειαζόμαστε μικρούς πόρους, όπως μνήμη RAM, ROM, θύρες I / O κ.λπ. και ως εκ τούτου να μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα μόνο τσιπ. Αυτό με τη σειρά του μειώνει το μέγεθος και το κόστος.

Οι μικροεπεξεργαστές βρίσκουν εφαρμογές όπου τα καθήκοντα είναι αόριστα, όπως η ανάπτυξη λογισμικού, παιχνίδια, ιστοσελίδες κ.λπ. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η σχέση μεταξύ εισόδου και εξόδου δεν ορίζεται. Χρειάζονται υψηλό ποσό πόρων, όπως RAM, ROM, θύρες I / O κ.λπ. Η ταχύτητα ρολογιού του μικροεπεξεργαστή είναι αρκετά υψηλή σε σύγκριση με του μικροελεγκτή.

Ενώ οι μικροελεγκτές λειτουργούν από μερικά MHz έως 30 με 50 MHz, οι σημερινοί μικροεπεξεργαστές λειτουργούν πάνω από 1GHz, δεδομένου ότι εκτελούν πολύπλοκα καθήκοντα. Η σύγκριση του μικροελεγκτή και του μικροεπεξεργαστή όσον αφορά το κόστος δεν είναι δικαιολογημένη. Αναμφίβολα ένας μικροελεγκτής είναι πολύ φθηνότερος από ένα μικροεπεξεργαστή. Ωστόσο, ένας μικροελεγκτής δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέση ενός μικροεπεξεργαστή και αντίστοιχα η χρήση ενός μικροεπεξεργαστή δεν συνιστάται στη θέση ενός μικροελεγκτή, καθώς κάνει την εφαρμογή αρκετά δαπανηρή.

3.2.7 Εφαρμογές Μικροελεγκτών

Οι μικροελεγκτές λόγω του χαμηλού τους κόστους και της ευελιξίας που παρέχουν βρίσκουν αναρίθμητες χρήσεις σε διάφορους κλάδους.

• Ενσωματωμένα Συστήματα

Πρόκειται για υπολογιστικά συστήματα που κατασκευάζονται με σκοπό να επιτελέσουν μια συγκεκριμένη εργασία, είτε στα πλαίσια ενός ευρύτερου συστήματος, είτε εντελώς αυτόνομα. Σε αντίθεση με τα υπολογιστικά συστήματα γενικού σκοπού, τα οποία κατασκευάζονται ώστε να έχουν ευελιξία και να μπορούν να εξυπηρετήσουν ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών, τα ενσωματωμένα συστήματα έχουν καθορισμένο έργο εξ αρχής και κατασκευάζονται ώστε να μπορέσουν να πραγματοποιήσουν το έργο αυτό με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

• Εφαρμογές Αυτοματισμού

Πολλές εφαρμογές κάνουν χρήση περισσότερων του ενός μικροελεγκτών συνδεδεμένων μεταξύ τους σε ένα τοπικό, μικρής κλίμακας δίκτυο με σκοπό τον καλύτερο και ακριβέστερο έλεγχο ενός συστήματος. Ένα άλλο ενδιαφέρον πεδίο στο οποίο έχουν εξελιχτεί τα ενσωματωμένα συστήματα είναι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, τα οποία αποτελούνται από ένα πλήθος αισθητήρων διασκορπισμένων στον χώρο με στόχο την παρακολούθηση μεγεθών όπως θερμοκρασία, πίεση, υγρασία και την αποστολή των μετρήσεων σε έναν κεντρικό σταθμό όπου θα αξιοποιηθούν κατάλληλα.

• Μηχανοκίνητες Εφαρμογές

Οι μικροελεγκτές και τα ενσωματωμένα συστήματα έχουν διεισδύσει σε τεράστιο βαθμό στην βιομηχανία μηχανοκίνητων. Οι χρήσεις ενσωματωμένων συστημάτων σε ένα όχημα ξεκινούν από τα πιο βασικά στάδια σχετιζόμενα με την λειτουργία του ίδιου του κινητήρα και εκτείνονται στα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου του οχήματος και έως τα συστήματα ψυχαγωγίας των επιβατών. Τελικά σε ένα όχημα όλες οι περιφερειακές λειτουργίες ελέγχονται από ένα κεντρικό σύστημα το οποίο ελέγχει και επιβλέπει το όχημα ανά πάσα στιγμή σαν ένα σύνολο.

3.2.8 Κατασκευαστές Μικροεπεξεργαστών

Υπάρχουν δεκάδες εταιρείες παγκοσμίως που κατασκευάζουν μικροελεγκτές. Οι πιο διαδεδομένες είναι:

- Microchip
- Atmel
- Hitachi
- Toshiba
- NEC
- Epson
- Texas Instruments
- Freescale (πρώην Motorola)
- Intel, www.intel.com
- Analog Devices

Οι περισσότερες εταιρείες παράγουν μεγάλη γκάμα μικροελεγκτών. Από πολύ μικρούς και φθηνούς για απλές εφαρμογές έως ιδιαίτερα προηγμένους για πολύ απαιτητικές εφαρμογές.

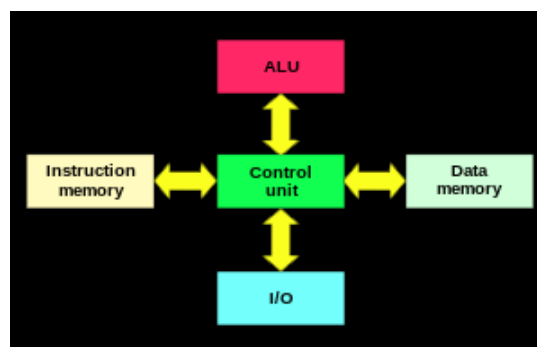
3.2.9 Διαδεδομένες Κατηγορίες Μικροελεγκτών

- ❖ Μικροελεγκτές (καμιά φορά 4-bit αλλά συνήθως 8-bit) πολύ χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών (ακόμη και λιγότερους από 8). Για να μη μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους σχεδιάζονται με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια. Απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους.
- ❖ Μικροελεγκτές (συνήθως 8-bit αλλά και 16 ή 32-bit) χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I2C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στους κατασκευαστές της Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κορέα), συνηθίζεται η ενσωμάτωση ελεγκτών οθόνης υγρών κρυστάλλων και πληκτρολογίου. Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους.
- ❖ Μικροελεγκτές (κυρίως 32-bit) μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Χαρακτηρίζονται από έμφαση στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM. Στο χώρο αυτό έχουν ισχυρή παρουσία οι αρχιτεκτονικές με υψηλή μεταφερσιμότητα λογισμικού (portability) από τον ένα στον άλλο κατασκευαστή.
- ❖ Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών, οι οποίοι ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντοτε σε hardware. Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ. Η μεγάλη μερίδα πωλήσεων των μικροελεγκτών εξακολουθεί να αφορά αυτούς των 8-bit, καθώς είναι η κατηγορία με το χαμηλότερο κόστος και το μικρότερο μέγεθος λογισμικού για το ίδιο αποτέλεσμα, ιδίως επειδή οι σύγχρονες οικογένειες μικροελεγκτών 8-bit έχουν πολύ βελτιωμένες επιδόσεις σε σχέση με το παρελθόν.

3.2.10 Αρχιτεκτονική Μικροελεγκτών

- Harvard

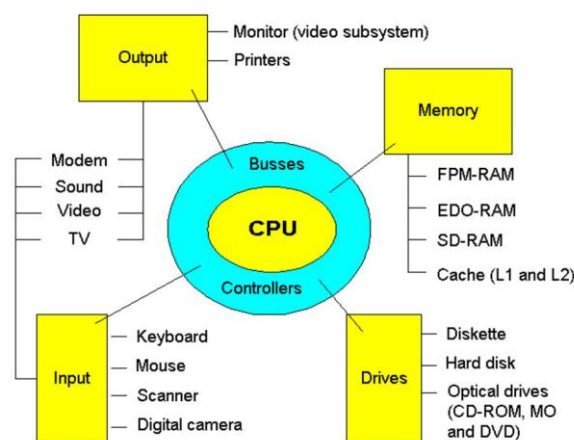
Μικροελεγκτές με βάση την αρχιτεκτονική Harvard έχουν ξεχωριστό δίαυλο δεδομένων και δίαυλο εντολών. Αυτό επιτρέπει στις εντολές να εκτελούνται παράλληλα. Καθώς μια εντολή «προ-φέρνεται» (pre-fetch), εκτελείται στον δίαυλο δεδομένων. Μόλις η τρέχουσα εντολή εκτελεστεί, η επόμενη εντολή είναι έτοιμη προς εκτέλεση. Το pre-fetch θεωρητικά επιτρέπει την ταχύτερη εκτέλεση των εντολών σε σχέση με την Von-Neuman αρχιτεκτονική αλλά σε βάρος της πολυπλοκότητας (υψηλότερη). Η αρχιτεκτονική Harvard μπορεί να εκτελεί τις εντολές σε λιγότερους κύκλους εντολών (instruction cycles) από την Von-Neuman αρχιτεκτονική.



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Harvard

- Von-Neumann

Μικροελεγκτές με βάση την Von-Neumann αρχιτεκτονική έχουν μόνο έναν δίαυλο για «δεδομένα», που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει και εντολές και δεδομένα. Οι εντολές του προγράμματος και τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε κοινή μνήμη. Όταν ο μικροελεγκτής χρησιμοποιεί την κύρια μνήμη, πρώτα εκτελεί αυτή την εντολή, και στη συνέχεια ανακαλεί τα δεδομένα για την εκτέλεση της εντολής. Οι λειτουργίες επειδή είναι ξεχωριστές επιβραδύνουν τη λειτουργία του μικροελεγκτή.



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Von-Neuman

3.2.11 Σειρά Οδηγιών CISC και RISC

Μια άλλη σημαντική διάκριση που γίνεται στην αρχιτεκτονική ενός υπολογιστικού συστήματος σχετίζεται με το σύνολο εντολών. Υπάρχουν δύο κατηγορίες, η αρχιτεκτονική περιορισμένου συνόλου εντολών (RISC) η οποία ακολουθείται στην περίπτωση μας και η αρχιτεκτονική σύνθετου συνόλου εντολών (CISC). Η διαφορά βρίσκεται στη δυνατότητα των διαθέσιμων εντολών. Στην περίπτωση του σύνθετου συνόλου εντολών, το οποίο προηγείται χρονολογικά, υπάρχουν εντολές που πραγματοποιούν περισσότερες από μία στοιχειώδεις ενέργειες σε ένα βήμα, για παράδειγμα, φόρτωση από την μνήμη – πρόσθεση – αποθήκευση στην μνήμη.

- CISC

Σχεδόν το σύνολο των μικροελεγκτών σήμερα βασίζονται στην τεχνολογία CISC (Complex Instruction Set Computer - Υπολογιστής Σύνθετου Σετ Εντολών). Όταν ένας μικροελεγκτής διαθέτει ένα σετ εντολών που υποστηρίζει σύνθετες λειτουργίες για την εκτέλεση αριθμητικών και λογικών εντολών, μεταφοράς δεδομένων και πρόσβασης μνήμης, τότε λέγεται ότι είναι CISC αρχιτεκτονικής. Τα πλεονεκτήματα της αρχιτεκτονικής CISC είναι ότι πολλές από τις εντολές της λειτουργούν ως μακροεντολές (macros), επιτρέποντας στον προγραμματιστή να χρησιμοποιήσει μια εντολή στη θέση πολλών απλούστερων.

- RISC

Η τάση της βιομηχανίας για το σχεδιασμό μικροεπεξεργαστών ή RISC (RISC Reduced Instruction Set Computers - Υπολογιστές Απλούστερου Σετ Εντολών). Όταν ένας μικροελεγκτής έχει ένα σετ εντολών που υποστηρίζει απλούστερους τρόπους εκτέλεσης αριθμητικών και λογικών εντολών και μεταφοράς δεδομένων, τότε είναι αρχιτεκτονικής RISC.

Τα οφέλη από την απλότητα του σχεδιασμού RISC είναι μικρότερα τσιπ, αισθητή μείωση ο αριθμού pin και πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

3.2.12 Είδη Μνήμης

- FLASH

Μη πτητική μνήμη μόνο ανάγνωσης. Περιέχει τις εντολές που θα εκτελέσει ο μικροελεγκτής καθώς και δεδομένα γνωστά κατά τον χρόνο συγγραφής του προγράμματος. Την μνήμη FLASH την προγραμματίζει ο χρήστης με κάποια από τις διαθέσιμες μεθόδους προγραμματισμού και τα περιεχόμενά της δεν προβλέπεται να τροποποιηθούν αν δεν επαναπρογραμματιστεί ο μικροελεγκτής. Σε ορισμένα μοντέλα AVR η μνήμη FLASH είναι εγγράψιμη από τον ίδιο τον μικροελεγκτή, γεγονός στο οποίο στηρίζεται η λειτουργία των bootloader. Κάτι τέτοιο ωστόσο, αν δεν γίνει με προσοχή, μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του προγράμματος καθιστώντας τον μικροελεγκτή ανίκανο να εκκινήσει χωρίς επαναπρογραμματισμό, συνεπώς πρέπει να αποφεύγεται.

- EEPROM

Μη πτητική μνήμη ανάγνωσης/εγγραφής την οποία μπορεί να προγραμματίσει ο χρήστης με κάποιες από τις μεθόδους προγραμματισμού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση σταθερών δεδομένων αν η χωρητικότητα της FLASH δεν επαρκεί, αλλά και για καταγραφή δεδομένων που γίνονται διαθέσιμα στον χρόνο εκτέλεσης.

- SRAM

Πτητική μνήμη ανάγνωσης/εγγραφής. Είναι η μνήμη που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση προσωρινών δεδομένων του χρόνου εκτέλεσης. Στην μνήμη SRAM αποθηκεύονται οι μεταβλητές του προγράμματος του μικροελεγκτή.

3.2.13 Γλώσσα Προγραμματισμού Μικροελεγκτών

Οι μικροελεγκτές γενικά προγραμματίζονται σε γλώσσες χαμηλού επιπέδου. Τελευταία όλο και περισσότεροι προγραμματιστές επιλέγουν γλώσσες υψηλότερου επιπέδου. Ως γλώσσα χαμηλού επιπέδου ονομάζεται μια γλώσσα η οποία βρίσκεται πιο κοντά στο υλικό (γλώσσα μηχανής, assembly). Ως γλώσσα υψηλού επιπέδου ονομάζεται μια γλώσσα η οποία είναι αυστηρά δομημένη και υπάρχει συγκεκριμένος compiler ο οποίος μετατρέπει το πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής για τον συγκεκριμένο μικροελεγκτή.

Πλεονεκτήματα γλωσσών χαμηλού επιπέδου:

- Ο προγραμματιστής έχει τον απόλυτο έλεγχο της συμπεριφοράς του μικροελεγκτή
- Μπορεί να επιτύχει με απόλυτη ακρίβεια διάφορους χρονισμούς
- Δεν απαιτείται η δαπάνη για την αγορά assembler καθώς συνήθως διατίθεται δωρεάν από την κατασκευάστρια εταιρεία

Μειονεκτήματα γλωσσών χαμηλού επιπέδου:

- Απαιτείται μεγαλύτερος κόπος για την εκμάθηση της συμβολικής γλώσσας του εκάστοτε μικροελεγκτή
- Τα προγράμματα που δημιουργούνται σε συμβολική γλώσσα δεν είναι ευανάγνωστα και ο προγραμματιστής δυσκολεύεται να θυμηθεί τη λογική που έχει εφαρμόσει όταν χρειάζεται να κάνει τροποποιήσεις εκ των υστέρων
- Είναι δυσκολότερο να δουλέψουν πολλοί προγραμματιστές στο ίδιο πρόγραμμα

Πλεονεκτήματα γλωσσών υψηλού επιπέδου:

- Είναι ευκολότερη η ανάπτυξη μεγάλων και σύνθετων προγραμμάτων
- Μπορούν να δουλέψουν πιο εύκολα πολλοί προγραμματιστές στο ίδιο πρόγραμμα

Μειονεκτήματα γλωσσών υψηλού επιπέδου:

- Σε εφαρμογές με κρίσιμους χρονισμούς είναι δυσκολότερη η συγγραφή κώδικα που ανταποκρίνεται στους χρονισμούς αυτούς
- Μερικές φορές η δαπάνη για την αγορά compiler δεν αποτελεί αμελητέο μέγεθος
- Σε παλιότερους compilers ο κώδικας μηχανής που παραγόταν δεν ήταν βελτιστοποιημένος με αποτέλεσμα να απαιτείται μικροελεγκτής με πολύ περισσότερη μνήμη.

3.2.14 Συνοψίζοντας

Αν και η πολυπλοκότητα, το μέγεθος, η κατασκευή, και η γενική μορφή των επεξεργαστών έχει αλλάξει ριζικά τα τελευταία εξήντα χρόνια, είναι αξιοσημείωτο ότι ο βασικός σχεδιασμός και η λειτουργία τους δεν έχει αλλάξει σε μεγάλο βαθμό. Σήμερα σχεδόν όλες οι κοινές ΚΜΕ μπορούν να θεωρηθούν ως μηχανές φον Νόημαν. Καθώς ο νόμος του Μουρ εξακολουθεί να ισχύει, έχουν εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με τα όρια της τεχνολογίας ολοκλήρωσης κυκλωμάτων με τρανζίστορ. Οι μεγάλες σμικρύνσεις των ηλεκτρονικών πυλών έχουν ξεπεράσει προβλήματα που παλαιότερα προκαλούνταν από τα υλικά κατασκευής. Νεότερες όμως ανησυχίες προκαλούν τους ερευνητές να διερευνήσουν νέες μεθόδους υλοποίησης υπολογισμών, όπως ο κβαντικός υπολογιστής, καθώς και να διευρύνουν την χρήση του παράλληλου υπολογισμού και άλλων μεθόδων που επεκτείνουν την χρησιμότητα της υπάρχουσας αρχιτεκτονικής φον Νόημαν.

3.3 Αναπτυξιακές Πλακέτες

Οι αναπτυξιακές πλακέτες είναι τυπωμένα κυκλώματα που περιέχουν έναν μικροεπεξεργαστή και την ελάχιστη λογική υποστήριξη που απαιτείται έτσι ώστε να μπορεί ένας μηχανικός να εξοικειωθεί με το μικροεπεξεργαστή της πλακέτας και να τον προγραμματίσει. Εξυπηρετεί επίσης τους χρήστες του μικροεπεξεργαστή έτσι ώστε να δημιουργούν πρωτότυπες εφαρμογές σε προϊόντα.

Σε αντίθεση με ένα σύστημα γενικής χρήσης, όπως είναι ο οικιακός υπολογιστής συνήθως σε μια πλακέτα ανάπτυξης περιέχει λίγο ή καθόλου υλικό αφιερωμένο σε μια διεπαφή χρήστη. Περιέχει κάποια διάταξη για να αποδεχτεί και να εκτελέσει ένα πρόγραμμα που παρέχει ο χρήστης, όπως η εγκατάσταση ενός προγράμματος είτε μέσω σειριακής θύρας USB, είτε προγραμματίζοντας μια κάποιας μορφής προγραμματιζόμενη μνήμη (ROM).



Εικόνα 7: PIC development board της Adve Tech

3.3.1 Ιστορία

Ο λόγος για την ύπαρξη των αναπτυξιακών πλακετών ήταν μόνο για να παρέχει ένα σύστημα εκμάθησης των νέων μικροεπεξεργαστών, όχι για ψυχαγωγία. Έτσι ότι περιττό έμεινε απ' έξω έγινε για να κρατήσει χαμηλό το κόστος. Αυτά τα μικροεπεξεργαστικά αναπτυξιακά κίτ δεν παραγόντουσαν πάντα από κατασκευαστές μικροεπεξεργαστών.. Ένα παράδειγμα είναι η Sinclair MK14 το οποίο εμπνεύστηκε από την επίσημη SC/MP αναπτυξιακή πλακέτα από την National Semiconductor.

Αν και αυτές οι αναπτυξιακές πλακέτες δεν σχεδιάστηκαν για χομπίστες, συχνά αγοράζονταν από αυτούς επειδή ήταν τα πρώτα οικονομικά μικροϋπολογιστικά συστήματα. Συνήθως πρόσθεταν όλα τα δυνατά είδη των επεκτάσεων όπως περισσότερη μνήμη, διεπαφή βίντεο κ.λπ. η πιο δημοφιλής αναπτυξιακή πλακέτα ήταν η KIM-1 η οποία έλαβε τη μεγαλύτερη αναγνώριση από την κοινότητα των χομπιστών επειδή ήταν πολύ φθηνότερη από τις άλλες αναπτυξιακές πλακέτες ενώ υπήρχε περισσότερο διαθέσιμο λογισμικό και φθηνές κάρτες επέκτασης για αυτήν.

Σήμερα ορισμένοι παραγωγοί τσιπ ακόμα κυκλοφορούν νέες εκδόσεις πειραματικών πλακετών για να προωθήσουν το τσιπ τους και να το χρησιμοποιήσουν σαν σημείο αναφοράς. Η σημασία τους αυτές τις μέρες είναι πολύ μικρότερη από ότι ήταν τότε και δεν μπορούν να συγκριθούν με την KIM-1 η οποία ήταν η μόνη πλακέτα χαμηλού κόστους για να εξοικειωθεί ο κόσμος με τους μικροεπεξεργαστές.

3.3.2 Γνωριμία με την Αναπτυξιακή Πλακέτα Arduino

Το Arduino είναι ένας single-board μικροελεγκτής, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα, με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, και η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider.

Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες ενώ το διάγραμμα και πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους. Όπως υποστηρίζει και ο δημιουργός του, το Arduino απευθύνεται σε οποιονδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Στην ουσία πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega της Atmel. Εφόσον κατασκευαστεί μπορεί να συμπεριφερθεί σαν έναν μικροσκοπικό υπολογιστή, αφού ο χρήστης μπορεί να συνδέσει πάνω του πολλαπλές μονάδες εισόδου/εξόδου και να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από τις μονάδες εισόδου, να τα επεξεργάζεται και να στέλνει κατάλληλες εντολές στις μονάδες εξόδου.

Η Arduino βέβαια δεν αποτελεί ούτε τον μοναδικό ούτε τον καλύτερο δυνατό τρόπο για τη δημιουργία μιας οποιασδήποτε διαδραστικής ηλεκτρονικής συσκευής. Όμως το κύριο πλεονέκτημα της είναι η τεράστια κοινότητα που την υποστηρίζει και η οποία έχει δημιουργήσει, συντηρεί και επεκτείνει μια ανάλογου μεγέθους online γνωσιακή βάση.

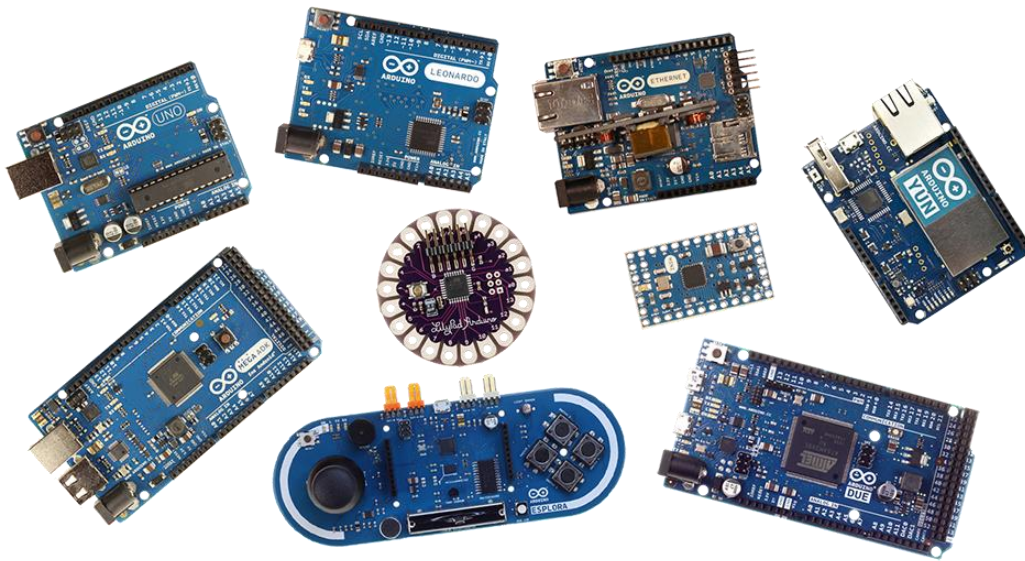
3.3.3 Επίσημες Πλακέτες

Το πρωτότυπο υλισμικό του Arduino κατασκευάζεται από την Ιταλική εταιρία Smart Projects. Κάποιες πλακέτες με την μάρκα του Arduino έχουν σχεδιαστεί από την Αμερικάνικη εταιρία SparkFun Electronics. Έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές εκδοχές του Arduino Hardware εμπορικά μέχρι σήμερα και υπάρχει μια πληθώρα από διαφορετικές εκδόσεις στις οποίες κυκλοφορεί επίσημες και ανεπίσημες.

Κάποιες από αυτές είναι:

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. To Serial Arduino | 2. To Arduino Extreme |
| 3. To Arduino Mini | 4. To Arduino Nano |
| 5. To LilyPad Arduino | 6. To Arduino NG |
| 7. To Arduino NG plus | 8. To Arduino Bluetooth |
| 9. To Arduino Diecimila | 10. To Arduino Duemilanove |
| 11. To Arduino Mega, | 12. To Arduino Uno |
| 13. To Arduino Mega2560 | 14. To Arduino Leonardo |
| 15. To Arduino Esplora | 16. To Arduino Due |

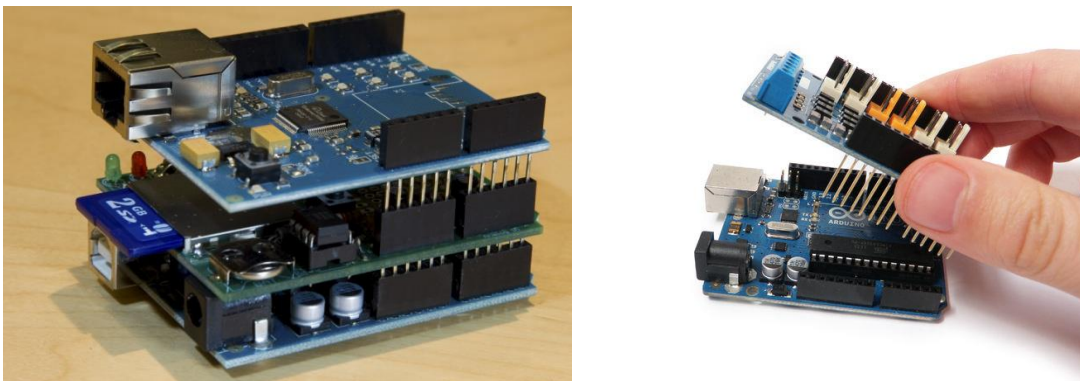
Μερικά από τα παραπάνω απεικονίζονται στην εικόνα 6:



Εικόνα 8: Μερικές από τις πιο διάσημες πλακέτες της Arduino

3.3.4 Shields

Τα Arduino και τα Arduino συμβατά boards χρησιμοποιούν την τεχνολογία των shields, τυπωμένων boards επέκτασεων κυκλωμάτων που συνδέονται στα κανονικά παρεχόμενα Arduino pin-headers. Τα shields μπορούν να παρέχουν έλεγχο στα motors, GPS, Ethernet, LCD εικόνας ή breadboarding (προτυποποίησης).



Εικόνα 9: Διάφορες Shields για τις αναπτυξιακές πλακέτες Arduino

3.4 Γλώσσες Προγραμματισμού

Γλώσσα προγραμματισμού λέγεται μια τεχνητή γλώσσα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο μιας μηχανής, συνήθως ενός υπολογιστή. Οι γλώσσες προγραμματισμού (όπως άλλωστε και οι ανθρώπινες γλώσσες) ορίζονται από ένα σύνολο συντακτικών και εννοιολογικών κανόνων, που ορίζουν τη δομή και το νόημα, αντίστοιχα, των προτάσεων της γλώσσας.

Οι γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν την οργάνωση και διαχείριση πληροφοριών, αλλά και για την ακριβή διατύπωση αλγορίθμων. Ορισμένοι ειδικοί χρησιμοποιούν τον όρο γλώσσα προγραμματισμού μόνο για τυπικές γλώσσες που μπορούν να εκφράσουν όλους τους πιθανούς αλγορίθμους. Μη-υπολογιστικές γλώσσες όπως η HTML ή τυπικές γραμματικές όπως η BNF δεν λέγονται συνήθως γλώσσες προγραμματισμού.

Υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, και κάθε χρόνο δημιουργούνται περισσότερες.

3.4.1 Ιστορία

Ο ψηφιακός υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο δυαδικούς αριθμούς και να εκτελέσει διαδοχικά εντολές που του δίνονται κι αυτές με μορφή δυαδικού αριθμού. Τα προγράμματα που φτιάχνονται με τέτοιες εντολές λέμε πως φτιάχνονται σε γλώσσα μηχανής. Όταν, για παράδειγμα, θέλουμε να αυξήσουμε το περιεχόμενο κάποιου καταμετρητή N κατά 2, δίνουμε εντολές σε γλώσσα μηχανής, που μοιάζουν κάπως έτσι:

```
0000010000000001100101011 001000000000000000010000 000010000000001100101011
```

Αυτές οι μεγάλες σειρές από 0 και 1 ήταν κουραστικές για τον άνθρωπο. Θα βελτιωνόταν κάπως η κατάσταση, αν γράφονταν οι εντολές αυτές με οκταδικούς αριθμούς:

```
01001453 10000020 02001453
```

Έτσι οι εντολές διαβάζονταν λίγο πιο εύκολα, πάλι όμως δεν ήταν απλό να δει κανείς αμέσως ποια δουλειά έκαναν αυτές οι εντολές. Επίσης, αν ήθελαν οι προγραμματιστές να κάνουν διορθώσεις, προσθήκες και διαγραφές εντολών σε πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα μηχανής, αντιμετώπιζαν τεράστιες δυσκολίες σε μια διαδικασία πολύ ευάλωτη από λάθη. Επινοήθηκε λοιπόν μια συμβολική γλώσσα για τις εντολές που καταλάβαινε ο υπολογιστής και γράφτηκε ένα συμβολομεταφραστικό πρόγραμμα (assembler), που μετέτρεπε ένα πρόγραμμα συμβολικής γλώσσας σε ένα πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής.

Παρ' όλα αυτά όμως, επειδή τα προγράμματα δεύτερης γενιάς (αυτά σε συμβολική γλώσσα) είχαν ακριβώς τόσες εντολές όσες είχαν και τα αντίστοιχα προγράμματα σε γλώσσα μηχανής, η ανάπτυξη μεγάλων προγραμμάτων ήταν δύσκολη. Έτσι φτιάχτηκαν οι γλώσσες τρίτης γενιάς, όπως είναι η FORTRAN, όπου ενώ οι προγραμματιστές έδιναν μόνο μια εντολή, αναλάμβανε ένα πρόγραμμα - μεταφραστής (compiler) να την αναλύσει σε περισσότερες εντολές σε συμβολική γλώσσα (και σε γλώσσα μηχανής):

Εκτός από το ότι έτσι γράφονταν λιγότερες εντολές για το ίδιο πρόγραμμα, δημιουργήθηκαν και γλώσσες ανώτερου επίπεδου που έμοιαζαν περισσότερο με φυσική γλώσσα.

10101000	00001010		INDEX=\$01	sum = 0
10001100	00000001		SUM=\$02	FOR index=1 TO 10
00111100			LDA #10	sum=sum+index
01010001	00000001		STA INDEX	NEXT index
01000011	00000001		CLA	END
11000000	11111010	LOOP	ADD INDEX	
10001100	00000010		DEC INDEX	
11111111			BNE LOOP	
			STA SUM	
			BRK	

Διάγραμμα 5: Ένα πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής, σε συμβολική γλώσσα και σε γλώσσα υψηλού επιπέδου για τον υπολογισμό του αθροίσματος των αριθμών 1 έως 10

3.4.2 Τι Είναι η Γλώσσα Προγραμματισμού

Κάθε γλώσσα προγραμματισμού έχει το δικό της σύνολο τυπικών προδιαγραφών (ή κανόνων) που αφορούν το συντακτικό, το λεξιλόγιο και το νόημα της. Για πολλές γλώσσες που χρησιμοποιούνται ευρέως και έχουν χρησιμοποιηθεί για αρκετό χρονικό διάστημα (π.χ. C, C++, Java, Scheme), υπάρχουν ειδικοί φορείς τυποποίησης, οι οποίοι μέσα από τακτές συναντήσεις δημιουργούν, τροποποιούν ή επεκτείνουν τις τυπικές προδιαγραφές που διέπουν τη χρήση μιας γλώσσας προγραμματισμού. Άλλες γλώσσες δεν περιγράφονται σε κάποιο επίσημο πρότυπο αλλά ορίζονται μόνο με βάση κάποια υλοποίησή τους (που αποτελεί το ντε φάκτο πρότυπο), όπως η Python που περιγράφεται από την υλοποίηση CPython.

Δεν υπάρχει απλός τρόπος να κατηγοριοποιηθούν οι γλώσσες προγραμματισμού. Αυτό συμβαίνει γιατί συνήθως κάθε γλώσσα προγραμματισμού περιέχει επιρροές από πολλές προηγούμενες γλώσσες, συνδυάζοντας θετικά στοιχεία και προσθέτοντας νέα. Χαρακτηριστικά που εμφανίζονται σε μια γλώσσα και έχουν θετική αποδοχή, συνήθως υιοθετούνται από μεταγενέστερες γλώσσες ακόμα και αν πρόκειται για γλώσσες που ανήκουν σε διαφορετική κατηγορία. Δεδομένης της δυσκολίας στην κατηγοριοποίηση, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις γλώσσες προγραμματισμού με διάφορους τρόπους. Οι συνηθέστεροι τρόποι είναι:

1. Με βάση τον τρόπο οργάνωσης του προγράμματος

Διαδικαστικές γλώσσες (procedural) όπου το πρόγραμμα είναι οργανωμένο σε διαδικασίες, που αποτελούνται από σειρές εντολών που περιγράφουν αλγορίθμους.

Αντικειμενοστρεφείς γλώσσες (object-oriented) όπου το πρόγραμμα είναι οργανωμένο σε αντικείμενα. Ένα αντικείμενο είναι μια μονάδα που αποτελείται από την περιγραφή κάποιων δεδομένων και την περιγραφή των αλγορίθμων που τα επεξεργάζονται. Ένα αντικειμενοστρεφές πρόγραμμα αποτελείται από διάφορα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Συναρτησιακές γλώσσες (functional) όπου οι υπολογισμοί εκφράζονται ως εφαρμογές μαθηματικών συναρτήσεων, σε αντίθεση με τα άλλα είδη προγραμματισμού όπου οι υπολογισμοί εκφράζονται ως σειρές εντολών, όπου η κάθε μία αλλάζει με κάποιο τρόπο την κατάσταση του συστήματος.

2. Με βάση τον στόχο που έχει η γλώσσα

Γλώσσες γενικής χρήσης. Σε αυτήν την κατηγορία ταξινομούνται γλώσσες που δημιουργήθηκαν για τον προγραμματισμό γενικών εφαρμογών, καθώς και πολλές εκπαιδευτικές γλώσσες που αποδείχτηκαν χρήσιμες για την ανάπτυξη γενικών εφαρμογών.

Γλώσσες προγραμματισμού συστημάτων, που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προγραμματισμό λειτουργικών συστημάτων ή οδηγών (drivers) υλικού, όπου χρειάζεται πολλές φορές ο προγραμματιστής να έχει έλεγχο και γνώση του πώς λειτουργεί το υλικό.

Γλώσσες σεναρίων (scripting). Αυτές οι γλώσσες χρησιμοποιούνται συνήθως για τη γρήγορη ανάπτυξη μικρών προγραμμάτων, σε περιπτώσεις που ο χρόνος του προγραμματιστή είναι πιο πολύτιμος από την ταχύτητα εκτέλεσης του προγράμματος.

Γλώσσες ειδικών εφαρμογών. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν γλώσσες που αναπτύχθηκαν ειδικά για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Παράλληλες ή κατανεμημένες γλώσσες. Στη συγκεκριμένη κατηγορία ταξινομούνται γλώσσες που επιτρέπουν τη ανάπτυξη παράλληλων προγραμμάτων, όπου πολλές εντολές εκτελούνται ταυτόχρονα σε πολλούς υπολογιστές, έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να προκύψει γρηγορότερα. Οι παράλληλες γλώσσες προσφέρουν συνήθως εύκολους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των νημάτων που εκτελούνται παράλληλα, καθώς και τρόπους ώστε να δημιουργούνται καινούριες παράλληλες εκτελέσεις

3. Με βάση τον τρόπο που περιγράφουν το ζητούμενο αποτέλεσμα

Προστακτικές γλώσσες προγραμματισμού (imperative) είναι οι γλώσσες που περιγράφουν το ζητούμενο αποτέλεσμα κατασκευαστικά, δίνοντας μια σειρά εντολών που όταν εκτελεστούν παράγουν το ζητούμενο αποτέλεσμα.

Δηλωτικές γλώσσες προγραμματισμού (declarative) είναι οι γλώσσες που περιγράφουν το ζητούμενο αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες που έχει, και όχι τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται.

Υπάρχουν τόσες πολλές διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού διότι δεν υπάρχει μία και μόνο γλώσσα κατάλληλη για όλες τις δουλειές. Ενδεχομένως να μην έχει βρεθεί ακόμα, ενδεχομένως να μην υπάρξει ποτέ. Κάθε γλώσσα ενδείκνυται περισσότερο για ορισμένα είδη προγραμμάτων και λιγότερο για άλλα.

Η επιλογή της γλώσσας για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, το υπολογιστικό περιβάλλον στο οποίο θα εκτελεστεί, τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που διαθέτουμε και κυρίως τις γνώσεις του προγραμματιστή. Συνήθως ο προγραμματιστής επιλέγει μία γλώσσα, που φυσικά επιτρέπει και διευκολύνει την ανάπτυξη του είδους της εφαρμογής στο συγκεκριμένο περιβάλλον με βάση όμως τις προσωπικές του γνώσεις και προτιμήσεις.

3.5 Συστήματα Μέτρησης

Ο όρος μέτρηση μπορεί να σημαίνει είτε απαρίθμηση με χρήση των φυσικών αριθμών, είτε σύγκριση της ποσότητας κάποιου φυσικού μεγέθους με ένα πρότυπο, δηλαδή σύγκριση με κάποια σταθερή ποσότητα του ίδιου φυσικού μεγέθους που αυθαίρετα έχει συμφωνηθεί (κατά σύμβαση, δηλαδή κατά κοινή συμφωνία) να χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα συστήματα μέτρησης (measurement systems).

Οι μετρήσεις των φυσικών και χημικών φαινομένων αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα πολλών ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ο άνθρωπος από πολύ παλιά χρησιμοποίησε τη μέτρηση για να μπορέσει να εκφράσει ποσότητες (π.χ. του λαδιού, της απόστασης κ.λπ.), ώστε να μπορέσει να επικοινωνήσει με τους άλλους ανθρώπους και να διεξάγει ένα πλήθος δραστηριοτήτων. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της βιομηχανίας, οι μετρήσεις εκτός από την έκφραση του μεγέθους μιας ποσότητας άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως στα λεγόμενα συστήματα αυτόματου ελέγχου (automatic control systems). Στα συστήματα αυτά μετράται ένα μέγεθος, η μέτρηση συγκρίνεται με μια επιθυμητή τιμή και στη συνέχεια η διαφορά τους χρησιμοποιείται για να ελέγξει μια διαδικασία, έτσι ώστε το μετρούμενο μέγεθος να συμπέσει τελικά με την επιθυμητή τιμή.

Παλαιότερα, αρκετά συστήματα μέτρησης βασίζονταν σε χειροκίνητες, μηχανικές ή άλλες διαδικασίες για την πραγματοποίηση της μέτρησης. Με την άνοδο της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών, η συντριπτική πλειοψηφία των μετρήσεων βασίζεται πλέον στην μετατροπή ενός φυσικού μεγέθους στο αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα (συνήθως τάση). Την μετατροπή του φυσικού μεγέθους στο αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα αναλαμβάνει μια μονάδα που ονομάζεται αισθητήρας (sensor).

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί αισθητήρες για πολύ μεγάλο αριθμό φυσικών μεγεθών και με διαρκείς ερευνητικές προσπάθειες προκύπτουν νέοι αισθητήρες για μεγέθη για τα οποία δεν υπήρχαν τέτοιοι, όπως επίσης βελτιώνονται διαρκώς οι υπάρχοντες αισθητήρες και οι αντίστοιχες ηλεκτρονικές διατάξεις που συνιστούν το σύστημα μέτρησης. Επακόλουθο της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας των αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, ήταν η ραγδαία ανάπτυξη των ψηφιακών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (hardware) και του αντίστοιχου λογισμικού (software). Εξαιτίας των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρέχουν τα ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα, το μεγαλύτερο μέρος των συστημάτων μέτρησης σήμερα βασίζεται σε ψηφιακά ηλεκτρονικά (μικροεπεξεργαστές, μικροελεγκτές κ.λπ.).

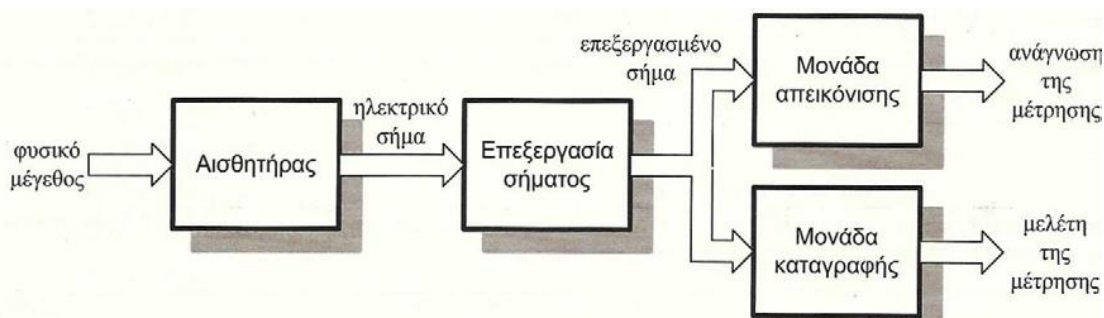
3.5.1 Δομή Συστήματος Μέτρησης

Η γενική δομή ενός συστήματος μέτρησης απεικονίζεται διάγραμμα 6. Το ηλεκτρικό σήμα που αντιστοιχεί στη μετρούμενη φυσική ποσότητα παρέχεται από το αισθητήριο (sensor) ή μετατροπέα φυσικών μεγεθών (transducer). Έτσι ένας πιο αυστηρός ορισμός θεωρεί, ως αισθητήριο αποκλειστικά τη διάταξη ανίχνευσης του φυσικού μεγέθους και μετατροπέα ένα πλήρες σύστημα που περιλαμβάνει εκτός από τη συσκευή ανίχνευσης πρόσθετα ηλεκτρονικά κυκλώματα προσαρμογής και μορφοποίησης του σήματος από το αισθητήριο. Η τάση των κατασκευαστών σήμερα είναι να παρέχουν ολοκληρωμένα μετρητικά στοιχεία, τα οποία περιλαμβάνουν τη διάταξη ανίχνευσης του φυσικού μεγέθους μαζί με ηλεκτρονικά κυκλώματα μορφοποίησης του ηλεκτρικού σήματος. Έτσι τα δύο πρώτα μέρη στο γενικό σύστημα μέτρησης τείνουν να ενοποιηθούν.

Το σύστημα προσαρμογής (conditioner), είτε είναι ενσωματωμένο με το αισθητήριο ή ανεξάρτητο, συνδέεται από την πλευρά της εισόδου με το αισθητήριο και παρέχει στην πλευρά εξόδου ένα ηλεκτρικό σήμα κατάλληλο για τη μετάδοση στο σύστημα επεξεργασίας. Ένα σύστημα προσαρμογής, περιλαμβάνει κυκλώματα ενίσχυσης, φιλτραρίσματος, μείωσης θορύβου, γραμμικοποίησης και ακόμη διατάξεις μετατροπής της τάσης σε ρεύμα, σε συχνότητα ή σε ψηφιακή μορφή. Το ηλεκτρικό σήμα σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή από το σύστημα προσαρμογής μεταδίδεται στο σταθμό επεξεργασίας. Η μετάδοση γίνεται είτε ενσύρματα, με διάφορα είδη αγωγών ανάλογα με τη μορφή του σήματος, είτε ασύρματα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος μέτρησης είναι:

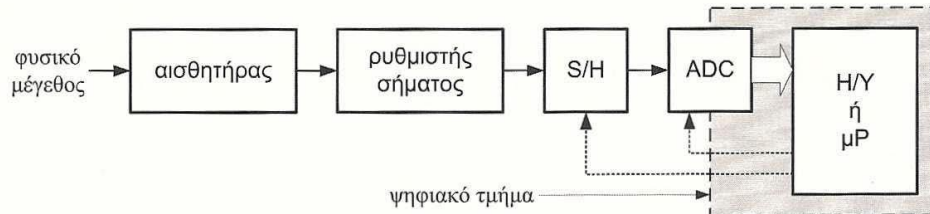
- Μεγάλη ευαισθησία
- Μικρή κατανάλωση ισχύος
- Μεγάλη ταχύτητα απόκρισης
- Εύκολη μετάδοση του σήματος εξόδου σε απόσταση
- Υψηλή αξιοπιστία



Διάγραμμα 6: Η δομή ενός συστήματος μέτρησης

Η μονάδα απεικόνισης μπορεί να είναι αναλογική, όπως (πχ. ένα αναλογικό βολτόμετρο με βελόνα ένδειξης). Επίσης η μονάδα καταγραφής μπορεί να είναι αναλογική, όπως (πχ. ένα καταγραφικό με ακίδα μελάνης σε τύμπανο χαρτιού, όπως αυτό των σειсмоγράφων). Παρόλο που σε μερικές περιπτώσεις αυτού του είδους η απεικόνιση και η καταγραφή επαρκούν για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής, σε πολλές άλλες περιπτώσεις η εκμετάλλευση της ψηφιακής τεχνολογίας που είναι διαθέσιμη σήμερα δίνει ασύγκριτα περισσότερα πλεονεκτήματα.

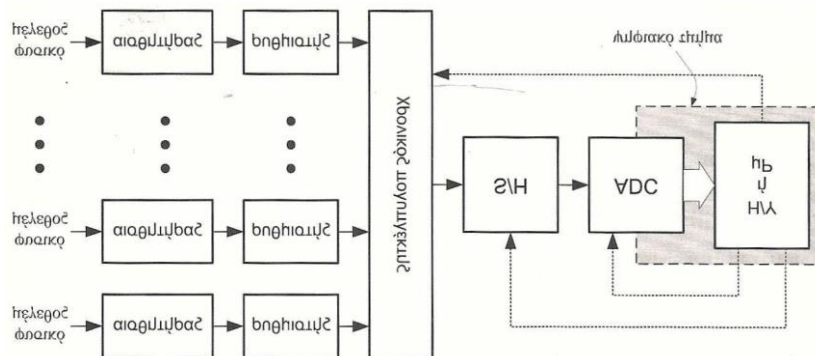
Για παράδειγμα, η ψηφιακή απεικόνιση της μέτρησης παρέχεται με αντικειμενικότητα στο χειριστή, δίνοντας μια ένδειξη με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από την αναλογική. Επίσης, η ψηφιακή καταγραφή των μετρήσεων δίνει τη δυνατότητα στον χειριστή να αναλύσει καλύτερα και να επεξεργαστεί τις μετρήσεις. Η τυπική δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης δίνεται στο Διάγραμμα 7:



Διάγραμμα 7: Η δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης

Η μονάδα δειγματοληψίας και συγκράτησης (sample and hold, S/H) και ο μετατροπέας του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D converter, ADC) εξασφαλίζουν την μετατροπή του σήματος σε ψηφιακή μορφή με το επιθυμητό μήκος ψηφιακής λέξης (8 bit, 10 bit, 12 bit κλπ.). Το σύστημα ελέγχεται από έναν H/Y ή ένα μικροεπεξεργαστή (μP), ο οποίος μπορεί να απεικονίζει τις μετρήσεις στην οθόνη, να τις επεξεργάζεται με κάποιον αλγόριθμο και να τις αποθηκεύει, είτε σε μνήμες, είτε σε άλλα μέσα, αλλά και να τις μεταδίδει σε μεγάλες αποστάσεις μέσω του κατάλληλου δικτύου.

Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα των ψηφιακών συστημάτων μέτρησης είναι και η δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης πολλών μεγεθών, αξιοποιώντας το ίδιο ψηφιακό τμήμα του συστήματος. Ένα τέτοιο σύστημα παρουσιάζεται στο διάγραμμα 8:



Διάγραμμα 8: Η δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης πολλών μεγεθών ταυτόχρονα

Ο χρονικός πολυπλέκτης, ο οποίος ελέγχεται από H/Y, επιλέγει ποιο από τα φυσικά μεγέθη που παρακολουθεί το σύστημα θα μετρηθεί σε κάθε χρονική στιγμή. Έτσι, μπορούν να μετρώνται ταυτόχρονα πολλά μεγέθη, να υφίστανται επεξεργασία και να αποθηκεύονται στον ίδιο H/Y ή και να μεταδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις. Η ταυτόχρονη μέτρηση των μεγεθών δίνει επίσης τη δυνατότητα: (α) για συσχέτισμό διαφορετικών φυσικών μεγεθών και των αντίστοιχων φαινομένων που μετρώνται και (β) για την έμμεση μέτρηση μεγεθών τα οποία δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα.

3.6 Αισθητήρες

Η επιλογή του αισθητήρα γίνεται με βάση τη μορφή της απαιτούμενης πληροφορίας που είναι επιθυμητό να μετρηθεί, τα χαρακτηριστικά, το κόστος, την καταλληλότητα της μορφής του αισθητήρα κ.λπ. συνήθως, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αισθητήρες που μπορούν να συνεργαστούν με κάποιο ηλεκτρονικό σύστημα μέτρησης και κατ' επέκταση να συνδεθούν με μικροεπεξεργαστές.

3.6.1 Κατηγορίες Αισθητήρων

Οι αισθητήρες καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα εφαρμογών και έχουν καταστεί τόσο συνηθισμένοι στη σύγχρονη κοινωνία, που συχνά θεωρούμε την ύπαρξή τους ως δεδομένη.

Το γεγονός ότι οι αισθητήρες θεωρούνται δεδομένοι στη σύγχρονη κοινωνία, δημιουργεί την απαίτηση οι τεχνικοί και οι μηχανικοί να έχουν μία πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από ένα κατάλογο με αναλυτικές προδιαγραφές ή να επισκευάζουν, να επιλέγουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί.

Η ταξινόμηση των αισθητήρων γίνεται, είτε σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν, είτε με βάση τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους. Η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου είναι σημαντική για την καλή λειτουργία του συστήματος. Αναλυτικότερα οι κατηγορίες των αισθητήρων είναι:

Επαγωγικοί, Χωρητικοί και Μαγνητικοί Αισθητήρες

Επαγωγικοί

Οι επαγωγικοί Αισθητήρες εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες δινορευμάτων σε αγώγιμα υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγώγιμων υλικών (μεταλλικά αντικείμενα, γραφίτης κλπ).

Χωρητικοί

Οι χωρητικοί Αισθητήρες υπολογίζουν την μεταβολή της χωρητικότητας, που οφείλεται στην εισαγωγή ενός αντικειμένου σε ρόλο διηλεκτρικό στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή. Οι χωρητικοί αισθητήρες προσέγγισης, αντίθετα με τους επαγωγικούς, δεν ανιχνεύουν μόνο αγώγιμα υλικά, όπως πχ τα μέταλλα, αλλά λόγω της αρχής λειτουργίας τους ανιχνεύουν επίσης και μη αγώγιμα υλικά, όπως κεραμικά, ξύλο, πλαστικό, γυαλί, υγρά κτλ.

Μαγνητικοί

Οι μαγνητικοί Αισθητήρες ανιχνεύουν χωρίς επαφή μαγνητικά αντικείμενα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι επαγωγικοί, η αρχή λειτουργίας τους επιτρέπει την ανίχνευση σε μεγάλες αποστάσεις ακόμα και από μικρούς διακόπτες. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ανιχνεύσεις το μαγνητικό πεδίο, οι περισσότεροι από αυτούς βασίζονται στην στενή σχέση μεταξύ των μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων. Ένα κοινό στοιχείο όλων των εφαρμογών είναι ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες εξασφαλίζουν μία αξιόπιστη τεχνολογία συγκρινόμενοι με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων.

Αισθητήρες Laser

Αισθητήρες Φωτοκύτταρα

Τα Φωτοκύτταρα έχουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε εφαρμογές αυτοματισμού, επειδή επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων με ακρίβεια σε μεγάλες αποστάσεις. Όπου υπάρχει περιορισμός χώρου ή και υψηλές θερμοκρασίες, η χρήση των οπτικών ινών επιτρέπει την υλοποίηση ιδιαίτερα αποτελεσματικών συστημάτων ανίχνευσης. Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φωτοκυττάρων είναι η εξής: ένας δέκτης λαμβάνει το εκπεμπόμενο φως (ορατό ή μη ορατό, υπέρυθρο) και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.

Αισθητήρες Laser Υπερήχων

Οι αισθητήρες ροής υπερήχων doppler (φαινόμενο Doppler) μετρούν τη ροή εξωτερικά του αγωγού μέσω δετού αισθητήρα. Εκπέμπουν συνεχώς υπέρηχους στα 640 kHz που διασχίζουν τα τοιχώματα του σωλήνα και το τρεχούμενο υγρό. Ο ήχος ανακλάται πίσω στον αισθητήρα από σωματίδια ή φυσαλίδες που υπάρχουν στο υγρό. Για παράδειγμα, αν το υγρό ρέει, η ηχώ επιστρέφει σε διαφορετική συχνότητα ανάλογη της ταχύτητας ροής. Οι μετρητές ροής doppler μετρούν διαρκώς αυτές τις μεταβολές συχνότητας για να υπολογίσουν τη ροή.

Αισθητήρες Laser Θερμιδομετρικοί

Σε πολλούς τομείς της βιομηχανικής παραγωγής τα υγρά και τα αέρια παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στον ποιοτικό έλεγχο και στην ασφάλεια λειτουργίας. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής που βασίζονται στη θερμοδομετρική αρχή είναι οι πλέον κατάλληλοι για την ορθή επιτήρηση ροής. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής βασίζονται στην αρχή της θερμικής αγωγιμότητας. Ο επιτηρητής ροής αποτελείται από έναν αισθητήρα, ο οποίος μετατρέπει το φυσικό μέγεθος σε ένα ηλεκτρικό σήμα και ένα ελεγκτή που μετατρέπει τα σήματα του αισθητήρα σε δυαδικό σήμα εξόδου. Ο αισθητήρας τοποθετείται εντός του μέσου σε επαφή με αυτό.

Αισθητήρες Πίεσεως

Ελαστικοί αισθητήρες πίεσης

Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης (elastic pressure sensors) ονομάζονται έτσι, επειδή κάποιο τμήμα τους μπορεί να καμφθεί, να τεντωθεί ή παροδικά να παραμορφωθεί, όταν εφαρμόζεται σε αυτό μία πίεση. Ένας μετρητής πίεσης με σωλήνα Bourdon μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτή τη μέτρηση.

Χωρητικοί Αισθητήρες Πίεσης

Η κατασκευή ενός χωρητικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης ένα διάφραγμα το οποίο βρίσκεται ανάμεσα σε δύο οπλισμούς, οπότε το διάφραγμα και κάθε οπλισμός σχηματίζουν έναν πυκνωτή. Οι δύο πυκνωτές συνδέονται σε γέφυρα, η οποία ισορροπεί όταν η εφαρμοζόμενη πίεση είναι μηδέν. Η κίνηση του διαφράγματος εξαιτίας της εφαρμοζόμενης πίεσης μεταβάλλει τη χωρητικότητα των πυκνωτών, η ισορροπία της γέφυρας διαταράσσεται και συνακόλουθα αναπτύσσεται τάση ανάλογη της πίεσης.

Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης

Λόγω των δυναμικών χαρακτηριστικών λειτουργίας των πιεζοηλεκτρικών υλικών, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση δυναμικών φαινομένων πίεσης (πχ. λόγω εκρήξεων, δονήσεων σε κινητήρες κλπ.). Όταν εφαρμόζεται η μετρούμενη πίεση προκαλείται μετατόπιση του διαφράγματος. Για τη μέτρηση αυτής της μετατόπισης χρησιμοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.

Αισθητήρες Θερμοκρασίας

Θερμοκρασία ονομάζεται ο βαθμός κατά τον οποίο ένα σώμα, ουσία ή μέσο είναι θερμό σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Όταν μετράμε τη θερμοκρασία συγκρίνουμε το βαθμό θερμότητας με κάποιο άλλο συγκεκριμένο σημείο αναφοράς χρησιμοποιώντας κάποιες θερμοκρασιακές κλίμακες. Η θερμοδυναμική κλίμακα Κέλβιν χρησιμοποιεί το απόλυτο μηδέν ως σημείο αναφοράς. Η κλίμακα Κελσίου χρησιμοποιεί ως πρώτο σημείο αναφοράς το σημείο πήξης του νερού (0 °C) και ως δεύτερο σημείο αναφοράς το σημείο βρασμού του νερού (100 °C). Η θερμοκρασία είναι ένα από τα συνηθέστερα μετρούμενα φυσικά μεγέθη. Για το λόγο αυτό ο αριθμός των αισθητήριων και των τρόπων μέτρησης είναι ένας μακρύς δρόμος. Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με αισθητήρες επαφής και υπερύθρων.

Αισθητήρες Θερμοκρασίας με επαφή

Σε εφαρμογές μέτρησης θερμοκρασίας συναντάμε συνήθως θερμοζεύγη επαφής και θερμοαντιστάσεις (RTD). Στα RTD η αγωγιμότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία. Ο θετικός αυτός συντελεστής ονομάζεται «Άλφα» και εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το RTD. Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται η αποδοτικότητα και η γραμμικότητά του και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο αισθητήρα. Το εύρος λειτουργίας του κυμαίνεται στις θερμοκρασίες από (-400 °C) μέχρι (+1700 °C). Το καλύτερο υλικό είναι η πλατίνα, η οποία χρησιμοποιείται για μετρήσεις σε θερμοκρασίες από (-270 °C) μέχρι (+660 °C). Ο πίνακας που ακολουθεί αναφέρεται στις θερμοκρασίες και στις αντίστοιχες τιμές της αντίστασης του RTD.

Η καρδιά ενός τυπικού RTD είναι ένα αισθητήριο στοιχείο κατασκευασμένο από μία συρμάτινη πλατίνα περιτριγυρισμένη από ένα κεραμικό πηνίο. Το στοιχείο αυτό είναι προσεχτικά τοποθετημένο και ακινητοποιημένο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος καταστροφής και καταπόνησης. Επίσης η βάση του είναι από ανοξείδωτο ατσάλι με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχει καλή μεταφορά θερμοκρασίας και προστασία από την υγρασία.

Εξαιτίας της μεγάλης ηλεκτρικής εξόδου, το RTD παρέχει ακρίβεια στην είσοδο σε καταγραφικά, ελεγκτές, σαρωτές και υπολογιστές. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του είναι το μέγεθός του, αφού δεν ξεπερνάει το μέγεθος της μύτης ενός μολυβιού.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (F)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (Ω)
0	93,01
32	100
100	114,68
200	135,97
300	156,90
400	177,47
500	197,70
600	217,56
700	237,06
800	256,21
900	274,99

Πίνακας 1: Αναφορά θερμοκρασιών και αντίστοιχων τιμών αντιστάσεων RTD

Αισθητήρες Θερμοκρασίας χωρίς επαφή (Υπερύθρων)

Σε πολλές βιομηχανίες, οι διεργασίες λαμβάνουν χώρα κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο σωστός αυτοματισμός και ο ποιοτικός έλεγχος απαιτεί ασφαλή ανίχνευση και επιτήρηση των θερμοκρασιών από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες θερμότητας απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα. Το πλεονέκτημα της έλλειψης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου καθιστά τους υπέρυθρους αισθητήρες ιδανικούς για εφαρμογές επιτήρησης θερμοκρασίας.

Αισθητήρες Στάθμης

Αισθητήρες Στάθμης Σημείων

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για έλεγχο σημείων είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν λύσεις σε πολλές εφαρμογές.

Αισθητήρες Συνεχής Στάθμης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για συνεχή μέτρηση στάθμης είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν μια αναλογική έξοδο που αντιστοιχεί με το περιεχόμενο της δεξαμενής. Οι αισθητήρες υπερήχων τοποθετούνται στην κορυφή της δεξαμενής ή σε κάποια θέση πάνω από το υπό μέτρηση υλικό. Ο αισθητήρας μεταδίδει συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας (τυπικά 42 kHz), οι οποίοι ανακλώνται στην επιφάνεια του υλικού και κατόπιν επιστρέφουν στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του οργάνου μετράνε τον χρόνο που μεσολαβεί από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του ηχητικού σήματος. Με αναφορά την ταχύτητα του ήχου στον αέρα, η ακριβής απόσταση της επιφάνειας του υγρού από τον αισθητήρα μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια ($\pm 0.25\%$ της μέγιστης κλίμακας).

Αισθητήρες Υγρασίας

Η υγρασία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, που μετρούνται μαζί με την θερμοκρασία. Η υγρασία είναι στην πράξη μόρια νερού στον αέρα και πολλές χημικές αντιδράσεις, διαδικασίες ξήρανσης, μετεωρολογικές παράμετροι ακόμα και οι συνθήκες εργασίας μέσα στα γραφεία επηρεάζονται από αυτήν. Πρέπει να διακρίνουμε την απόλυτη από την σχετική υγρασία του αέρα.

Η απόλυτη υγρασία είναι το βάρος του περιεχομένου του νερού στον αέρα, δηλαδή η πυκνότητα του νερού. Η μονάδα μέτρησης είναι g/m^3 . Η σχετική υγρασία δείχνει το ποσοστό της μέγιστης δυνατής ποσότητας υδρατμού στον αέρα με αναφορά την θερμοκρασία τη στιγμή της μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται επί τοις εκατό (%).

Αισθητήρες ταχύτητας

Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Ο όγκος του αέρα μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της εγκάρσιας τομής ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm/s) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα (m^3/h).

Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων

Η καθημερινή χρήση του αερίου (φυσικού ή υγραερίου) για μαγείρεμα, θέρμανση, ζεστό νερό, αλλά και η χρήση διαφόρων αερίων και των παραγώγων τους στη βιομηχανία δημιουργεί την ανάγκη ανίχνευσης των πιθανών διαρροών, που μπορεί να προκληθούν, είτε από το σύστημα διανομής, είτε ακόμη και από τις ίδιες τις συσκευές αερίου.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι αισθητήρα είναι:

α. **Καταλυτικοί με πυρακτωμένο στοιχείο** (Hot-wire catalytic type). Χρησιμοποιούνται πολύ συχνά, κυρίως για ανίχνευση εκρηκτικών αερίων.

β. **Ηλεκτροχημικοί** (Electrochemical type). Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια και κυρίως για ανίχνευση τοξικών αερίων σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση.

γ. **Υπέρυθροι** (IR). Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση τοξικών αερίων σε χαμηλή συγκέντρωση.

Έξυπνοι Αισθητήρες

Ο «έξυπνος αισθητήρας (smart sensor) είναι μια διάταξη η οποία περιέχει τουλάχιστον ένα αισθητήριο στοιχείο και ένα κύκλωμα επεξεργασίας σήματος. Ο όρος έξυπνος (smart) διατηρείται για να δηλώσει την επιμέρους ή την ολοκληρωτική ενσωμάτωση της κύριας μονάδας επεξεργασίας, η οποία προσθέτει ευφυΐα.

3.6.2 Χαρακτηριστικά των Αισθητήρων

Το φαινόμενο στο οποίο βασίζεται η λειτουργία κάθε αισθητήρα καθορίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που εμφανίζει αυτός απέναντι στις υπόλοιπες αισθητήριες διατάξεις. Για την επιλογή του κατάλληλου οργάνου για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, σημασία έχει η γνώση των χαρακτηριστικών του αισθητήρα τα οποία αποτυπώνουν την απόδοση και τη συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Τα σημαντικότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά για τα γεωτεχνικά όργανα περιγράφονται στη συνέχεια.

Συμβατότητα

είναι ένα μέγεθος που περιγράφει κατά πόσον η εγκατάσταση του οργάνου θα επηρεάσει την τιμή της παραμέτρου που πρόκειται να μετρήσει. Ιδανικό από άποψη συμβατότητας θεωρείται ένα όργανο που δεν την επηρεάζει καθόλου.

Εύρος λειτουργίας

ενός αισθητήρα ορίζεται από τα όρια, εντός των οποίων μπορεί να λειτουργεί αξιόπιστα. Συνήθως εκφράζεται με την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή που μπορεί να μετρήσει.

Ακρίβεια

ενός αισθητήρα καθορίζεται από το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να περιέχεται στην ένδειξή του. Στην πράξη όλες οι συσκευές παράγουν σφάλμα στις μετρήσεις τους και το ζητούμενο είναι αυτό το σφάλμα να είναι το μικρότερο δυνατό. Η ακρίβεια δίνεται συνήθως ως ποσοστό του εύρους λειτουργίας του αισθητήρα.

Επαναληψιμότητα

ονομάζεται ο βαθμός στον οποίο μια συσκευή παρέχει το ίδιο αποτέλεσμα τροφοδοτούμενη με την ίδια είσοδο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Διακριτότητα

ή διακριτική ικανότητα ενός αισθητήρα καθορίζεται από το μικρότερο διάστημα που μπορεί να μετρηθεί από αυτόν.

Ευαισθησία

ενός οργάνου είναι η ελάχιστη μεταβολή της εισόδου του που είναι σε θέση να δώσει μεταβολή στην έξοδο του.

Υστέρηση

προκαλεί διαφορές στην έξοδο ενός αισθητήρα όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Έτσι, προκύπτει σφάλμα και επηρεάζεται η ακρίβεια της συσκευής.

Θόρυβος

δημιουργείται κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης από εξωτερικούς παράγοντες, όπως γειτνίαση με πηγές τάσης υψηλής συχνότητας, πηγές εκπομπής ήχου κ.α.

Διαστάσεις

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα αναφέρονται στο μέγεθος του.

Γραμμικότητα

ονομάζεται ο βαθμός στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μια ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός για μια περιοχή τιμών.

Χαρακτηριστικά	Ιδανική τιμή
Απόκριση	Γραμμική
Αρχική τιμή εξόδου	Μηδέν
Χρόνος απόκρισης	Μηδέν
Εύρος συχνοτήτων	Άπειρο
Χρόνος ως το 90 %	Μηδέν
Ένδειξη πλήρους κλίμακας	Βαθμονομημένη μέγιστη έξοδος
Περιοχή λειτουργίας	Άπειρη
Ευαισθησία	Υψηλή και σταθερή
Διακριτική ικανότητα	Άπειρη

Πίνακας 2: πίνακας χαρακτηριστικών και αντίστοιχων ιδανικών τιμών των αισθητήρων

Τα ιδανικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας αισθητήρας αναγράφονται συνοπτικά στον πίνακα, σ' ένα όμως πραγματικό αισθητήρα η συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά του διαφέρουν αρκετά. Οι αιτίες είναι τόσο τα κατασκευαστικά προβλήματα που προκύπτουν όσο και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τη λειτουργία του, επιπλέον αν ο αισθητήρας συνοδεύεται από κάποιο ηλεκτρονικό κύκλωμα, τότε αυτό το κύκλωμα μπορεί επίσης να επιβάλλει περιορισμούς στην λειτουργία του.

3.7 Το Διαδίκτυο

Το Διαδίκτυο (Internet, INTERcommunication NETwork) είναι παγκόσμιο σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων υπολογιστών, οι οποίοι χρησιμοποιούν καθιερωμένη ομάδα πρωτοκόλλων, η οποία συχνά αποκαλείται "TCP/IP" (αν και αυτή δεν χρησιμοποιείται από όλες τις υπηρεσίες του Διαδικτύου) για να εξυπηρετεί εκατομμύρια χρηστών καθημερινά σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι διασυνδεδεμένοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές ανά τον κόσμο, οι οποίοι βρίσκονται σε ένα κοινό δίκτυο επικοινωνίας, ανταλλάσσουν μηνύματα (πακέτα) με τη χρήση διαφόρων πρωτοκόλλων (τυποποιημένοι κανόνες επικοινωνίας), τα οποία υλοποιούνται σε επίπεδο υλικού και λογισμικού. Το κοινό αυτό δίκτυο καλείται Διαδίκτυο.

3.7.1 Τι μας Προσφέρει το Ίντερνετ

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το Internet κατά κύριο λόγο για δύο πράγματα: α) για να αντλήσουν πληροφορίες και β) για να επικοινωνήσουν με άλλους ανθρώπους που είναι κι αυτοί χρήστες του.

Μπορούμε να θεωρήσουμε το Internet σαν μια τεράστια αποθήκη πληροφορίας, μια παγκόσμια βιβλιοθήκη. Στους υπολογιστές του, βρίσκονται αποθηκευμένα χιλιάδες Gigabytes πληροφορίας, αρκετά από τα οποία διατίθενται ελεύθερα στους χρήστες του. Το Internet είναι επίσης ένα μέσο που μας επιτρέπει να ερχόμαστε σε επαφή με άλλους ανθρώπους γρήγορα και εύκολα.

Με το Internet λοιπόν μπορούμε να κάνουμε το γύρο του κόσμου χωρίς να χρειαστεί να μετακινηθούμε από τον υπολογιστή μας



Εικόνα 10: Το διαδίκτυο, ένα δίκτυο από συνδεδεμένους υπολογιστές

3.7.2 Πρόσβαση στο Internet

Η πρόσβαση στο διαδίκτυο μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους και από πολλές διαφορετικές συσκευές. Σήμερα πια μπορεί ακόμα και ένα ψυγείο να συνδεθεί στο internet. Για να μπορέσει βέβαια μια οποιαδήποτε συσκευή να συνδεθεί «Online» θα πρέπει να χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη υπηρεσία. Αυτές οι υπηρεσίες πρόσβασης στο διαδίκτυο χωρίζονται γενικά σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι το σταθερό ίντερνετ σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία (προσφέρεται από τους ISP, Internet Service Providers) ενώ η δεύτερη είναι το κινητό ίντερνετ το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν παντού ακόμα και όταν ο χρήστης είναι εν κινήσει (προσφέρεται από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας). Η επιλογή της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιήσει ο κάθε χρήστης εξαρτάται από τις ανάγκες του για φορητότητα, την συσκευή που χρησιμοποιεί για να έχει πρόσβαση, το κόστος κ.α.

Το σταθερό ίντερνετ, όπως αποκαλύπτει και η ονομασία του είναι μια σύνδεση σταθερή σε μια συγκεκριμένη περιοχή (σπίτι, γραφείο κ.λπ.), που σημαίνει ότι η κάθε σύνδεση είναι μοναδική για μια τοποθεσία (μια σύνδεση ίντερνετ για ένα σπίτι). Όπως είναι λογικό για να έχει ο χρήστης πρόσβαση στο διαδίκτυο πρέπει να βρίσκεται σε αυτή την τοποθεσία. Σήμερα υπάρχουν τρία παγκοσμίως διαδεδομένα είδη σταθερού ίντερνετ:

- **ADSL broadband.** Η πιο διαδεδομένη μορφή σύνδεσης στο ίντερνετ η οποία χρησιμοποιεί τα τηλεφωνικά καλώδια της εγκατάστασης του κτηρίου για να συνδεθεί. Αυτή η τεχνολογία είναι πλέον η πιο συμφέρουσα από την άποψη απόδοσης/τιμής αλλά όχι και η πιο σύγχρονη καθώς ο μέσος όρος ταχύτητας αυτής της τεχνολογίας είναι τα 8,4Mbps που την καθιστά υποδεέστερη σε σχέση με τις άλλες δύο
- **Cable broadband.** Αντίθετα με την ADSL τεχνολογία, η καλωδιακή (Cable) τεχνολογία χρησιμοποιεί ένα ειδικό καλώδιο που μοιράζεται την ίδια γραμμή με αυτή της τηλεόρασης για να εδραιώσει σύνδεση με το διαδίκτυο. Προσφέρει μεγαλύτερες ταχύτητες από την ADSL της τάξης των 50Mbps αλλά μειονεκτεί στο γεγονός ότι ο χρήστης μοιράζεται την γραμμή με άλλους χρήστες και σε ώρες αιχμής η ταχύτητα μειώνεται.
- **Fibre broadband.** Η πιο σύγχρονη τεχνολογία και όχι τόσο διαδεδομένη. Παρόλα αυτά ισχυρίζεται ότι προσφέρει πιο συνεπή και αξιόπιστη ταχύτητα από την Cable και ADSL (μέση ταχύτητα λήψης 60mb). Επιτρέπει πολλαπλές συσκευές να εκτελούν καθήκοντα υψηλής χωρητικότητας, ταυτόχρονα, χωρίς επιβραδύνσεις ή απώλειες στη σύνδεση, καθιστώντας την μια ελκυστική πρόταση.

Το κινητό ίντερνετ είναι μια λύση στο να έχεις πρόσβαση παντού χωρίς να βασίζεσαι σε σταθερές συνδέσεις. Διατίθεται από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας και έχεις πρόσβαση από το κινητό τηλέφωνο ή από άλλες κινητές συσκευές που υποστηρίζουν αυτή την τεχνολογία ενεργοποιώντας απλά ένα πακέτο δεδομένων όπως συνηθίζεται να λέγεται. Η χρέωση μετριέται σε Megabyte που καταναλώθηκαν στη διάρκεια ενός μήνα. Το κινητό ίντερνετ προσφέρεται σε δύο ταχύτητες.

- **3G.** Υπάρχει σαν τεχνολογία αρκετά χρόνια και προσφέρει πρόσβαση και τυπικές ταχύτητες με τις οποίες οι χρήστες εκτελούν βασικές εργασίες στο διαδίκτυο όπως άνοιγμα ιστοσελίδων, πρόσβαση σε emails κ.α.
- **4G.** Αντικαταστεί σιγά σιγά το 3G κυρίως εξαιτίας των μεγαλύτερων ταχυτήτων που πετυχαίνει . σε κάποιες περιπτώσεις που το σταθερό internet είναι δύσκολο να φτάσει το 4G μπορεί να το αντικαταστήσει χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα.

3.8 GSM / GPRS Πρωτόκολλο

GSM: Global System for Mobile communications (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών)

Κοινό Ευρωπαϊκό ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας. Το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (European Telecommunications Standards Institute) το 1982, άρχισε την μελέτη για την δημιουργία ενός κοινού Ευρωπαϊκού ψηφιακού συστήματος κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G). Αυτό το σύστημα ονομάστηκε αρχικά Group Special Mobile (GSM). Το GSM είναι ένα κυψελοειδές ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G), το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά σήματα και την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαχωρισμό του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε ένα αριθμό καναλιών και την διαίρεση αυτών σε χρονοθυρίδες για την μετάδοση σημάτων. Το 1989 η ευθύνη του GSM ανατέθηκε στο Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI) και το 1990 ανακοινώθηκαν επίσημα για πρώτη φορά το πρότυπο και τα χαρακτηριστικά του GSM. Το 1991 άρχισε η εμπορική του διάθεση στην Ευρώπη, ενώ στην Ελλάδα το σύστημα χρησιμοποιήθηκε το 1993 από την WIND Hellas (πρώην TIM ή πρώην TELESTET). Το πρότυπο GSM δεν είναι μόνο Ευρωπαϊκό πρότυπο, αφού υιοθετήθηκε από πολλές άλλες χώρες των άλλων Ηπείρων, εκμεταλλεζόμενο διάφορες ζώνες συχνοτήτων. Υπηρεσίες όπως κλήση, λήψη κλήσεως, αποστολή και λήψη sms, αποστολή και λήψη mms, εκτροπή κλήσεων, φραγή κλήσεων, απόκρυψη κλήσεων, αναμονή και κράτηση κλήσεων, τηλεδιάσκεψη, λειτουργούν χάρη στις τεχνικό υπόβαθρο ενός δικτύου GSM.

GPRS: General Packet Radio Service (Γενικό Πακέτο Ραδιο-Υπηρεσιών)

Χρέωσιμη από τα δίκτυα κινητής, υπηρεσία μετάδοσης δεδομένων σε δομή “πακέτων”, που χρησιμοποιείται από 2G και 3G GSM συστήματα. Η υπηρεσία είναι διαθέσιμη σε χρήστες κινητής τηλεφωνίας, περισσότερων των 200 χωρών παγκοσμίως. Πρωτοτυποποιήθηκε από το European Telecommunications Standards Institute (ETSI – Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Προτύπων Τηλεπικοινωνίας) προς βελτίωση των παλαιότερων τεχνολογιών CDPD και i-mode. Σήμερα, συντηρείται από το 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Σε συστήματα 2G, το GPRS παρέχει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων 56-114 kbit/second. Η τεχνολογία 2G, συνδυασμένη με το GPRS, μερικές φορές χαρακτηρίζεται ως 2,5G, ανάμεσα δηλαδή στις τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας δεύτερης και τρίτης γενιάς. Όλες οι εκδόσεις GSM από την 97 και πέρα, ενσωματώνουν την τεχνολογία GPRS. Η χρέωση χρήσης της υπηρεσίας GPRS, βασίζεται είτε στη λογική του προπληρωμένου πακέτου όγκου δεδομένων, είτε στη μέθοδο “πληρωμή σύμφωνα με τη χρήση”.



Διάγραμμα 9: σχηματική αναπαράσταση της επικοινωνίας μέσω του GSM/GPRS πρωτοκόλλου

3.9 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά (ή Φ/Β) συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με τεράστιο ενδιαφέρον για την Ελλάδα. Εκμεταλλεύόμενο το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα
- Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής
- Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη
- Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα «κρύσταλλα» για 20-30 χρόνια λειτουργίας
- Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών
- Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι π.χ. η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου,
- Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα το κόστος τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 2700 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα είναι πολλά, και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και πιο πολύ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα φωτοβολταϊκά ειδικότερα, για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών.

4 Ανάλυση Απαιτήσεων του Συστήματος

Απαίτηση είναι μια δήλωση του τι το σύστημα πρέπει να κάνει. Οι απαιτήσεις του συστήματος χωρίζονται σε λειτουργικές και μη-λειτουργικές.

Οι λειτουργικές απαιτήσεις (ΛΑ) ή Functional Requirements (FR), περιγράφουν τι πρέπει να κάνει το σύστημα ενώ οι μη-λειτουργικές απαιτήσεις (ΜΛΑ), περιγράφουν τις ιδιότητες του συστήματος. Με άλλα λόγια περιγράφουν το πώς ή το πόσο καλά το σύστημα θα υποστηρίξει τις λειτουργικές απαιτήσεις.

Όπως σε κάθε σύστημα, που περιλαμβάνει ανάπτυξη λογισμικού και την σύνδεση τμημάτων υλικού, πρέπει να καταγραφούν οι τελικές απαιτήσεις που θα έχουμε από το τελικό προϊόν. Εν συντομία λοιπόν, παρακάτω θα απαντηθούν οι ερωτήσεις που θέτουν οι τέσσερις φάσεις του έργου.

- Σχέδιο: ο σκοπός του συστήματος αυτού είναι να αυτοματοποιήσει μια αρκετά τυποποιημένη διαδικασία πλέον στην αμπελοργική, το πότισμα.
- Ανάλυση: το σύστημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλους όσους έχουν έναν καλλιεργήσιμο χώρο και θέλουν να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία του ποτίσματος. Θα χρειαστούν βέβαια κάποιες παραμετροποιήσεις καθώς το κάθε χωράφι είναι διαφορετικό. Το σύστημα θα συλλέγει δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος και υγρασία χώματος μέσω των κατάλληλων αισθητήρων. Όλα αυτά τα δεδομένα θα συγκεντρώνονται στην κεντρική πλατφόρμα (Arduino), και από εκεί θα αποστέλλονται σε μια Web εφαρμογή, όπου θα παρουσιάζονται στον χρήστη. Έπειτα ο χρήστης παρατηρώντας τις μετρήσεις των αισθητήρων θα έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει ή όχι τη διαδικασία του ποτίσματος τοπικά (offline) εάν βρίσκεται στο χωράφι. Η κύρια ανησυχία αυτού του συστήματος είναι η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του. Από κει και πέρα θα ήταν καλό να έχει εύκολη εγκατάσταση σε όλους τους καλλιεργήσιμους χώρους, και να υπάρχει δυνατότητα επέκτασης. Εξίσου σημαντικό είναι η ανοχή του σε αυτές συνθήκες γιατί όπως είναι αυτονόητο τα ηλεκτρονικά συστήματα δεν είναι κατασκευασμένα για να λειτουργούν σε συνθήκες με υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. το καλοκαίρι) ή να βρέχονται. Επίσης η σκόνη και το χώμα του εδάφους θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία του συστήματος.
- Σχεδίαση: η συλλογή των δεδομένων θα γίνει από τους αισθητήρες DHT22 (για υγρασία και θερμοκρασία περιβάλλοντος) και Soil moisture (για υγρασία χώματος), οι οποίοι θα είναι συνδεδεμένοι σε ένα Arduino UNO (αισθητήριος κόμβος). Η πλατφόρμα που θα χρησιμοποιηθεί για τον συντονισμό θα είναι η Arduino Mega2560 (κόμβος Server). Η δικτύωση της πλατφόρμας με το διαδίκτυο θα γίνει μέσω μιας GSM Shield. Η τροφοδοσία του συστήματος θα γίνει με φωτοβολταϊκό πάνελ και μπαταρίες για τον κόμβο server ενώ για τον κόμβο client με μια απλή 9βολτη μπαταρία. Η δικτυακή εφαρμογή θα γραφτεί σε γλώσσα HTML και PHP. Τέλος για να διασφαλιστεί η ασφάλεια του συστήματος από εξωτερικούς παράγοντες θα χρειαστεί ένα ειδικό κουτί προστασίας του.
- Υλοποίηση: στη φάση της υλοποίησης, έχουν λυθεί όλα τα προβλήματα και έχει κατασκευαστεί επιτυχώς η διάταξη του συστήματος. Γίνονται κάποιοι τελευταίοι έλεγχοι και το σύστημα είναι έτοιμο για παράδοση.

5 Υλικό/Λογισμικό (Hardware/Software)

Υπάρχει πληθώρα μικροελεγκτών, αναπτυξιακών πλακετών και ειδικών καρτών επέκτασης στο εμπόριο για να ασχοληθεί κάποιος. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του Arduino είναι ότι "κρύβει" τις δύσκολες λεπτομέρειες της αρχιτεκτονικής και επιτρέπει τον άμεσο προγραμματισμό του, προσφέροντας τα πάντα σε ένα και μόνο "πακέτο" έτοιμο για χρήση. Αυτό είναι και το χαρακτηριστικό που έχει καταστήσει το Arduino τόσο δημοφιλές σε τόσο λίγο καιρό. Επίσης λόγω του ανοιχτού υλικού που υποστηρίζει η οικογένεια του Arduino υπάρχουν και αμέτρητες προτάσεις επέκτασης των δυνατοτήτων του από διαφορετικές εταιρείες. Αυτά τα ηλεκτρονικά στοιχεία που συνδέονται πάνω στο Arduino με σκοπό να προσθέσουν μια δυνατότητα σε αυτό ονομάζονται Arduino Shields ή modules.

Γενικότερα τα χαρακτηριστικά που έκαναν το Arduino μια τόσο διαδεδομένο είναι:

- Το χαμηλό κόστος σε αντίθεση με άλλες αναπτυξιακές πλακέτες,
- Το ανοιχτό λογισμικό που διατίθεται και είναι διαθέσιμο προς επέκταση,
- Το ανοιχτό υλικό που χρησιμοποιείται από όλη την οικογένεια και την δωρεάν διάθεση των σχηματικών διαγραμμάτων (schematics) με τα οποία ο καθένας μπορεί να δημιουργήσει την δικιά του πλακέτα χωρίς να έρθουν αντιμέτωποι με νομικά προβλήματα,
- Την πληθώρα των Shields χάρι στις οποίες υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης δυνατοτήτων στις εργοστασιακές πλακέτες,
- Το εύχρηστο προγραμματιστικό περιβάλλον του Arduino το οποίο ενδείκνυται για αρχάριους αλλά και για έμπειρους χρήστες και τέλος
- Την συμβατότητα σε αρκετά λειτουργικά συστήματα.

Όπως προ αναφέρθηκε υπάρχουν πολλές διαφορετικές εκδόσεις πλακετών του Arduino, κάθε μία από αυτές έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και χρησιμοποιείται αναλόγως για διάφορους σκοπούς. Προτού επιλέξουμε την πλακέτα που θα ασχοληθούμε, θα δούμε ενδεικτικά τα χαρακτηριστικά και τις διαφορές μερικών από τα πιο δημοφιλή μοντέλα τις οικογενείας στον παρακάτω πίνακα 3.

Name	Processor	Operating/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
IO1	Intel® Curie	3.3 V / 7-12V	32MHz	6/0	14/4	-	24	196	Regular	-
Gemma	ATtiny85	3.3 V / 4-16 V	8 MHz	1/0	3/2	0.5	0.5	8	Micro	0
LilyPad	ATmega168V ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
LilyPad SimpleSnap	ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2	32	-	-
LilyPad USB	ATmega32U4	3.3 V / 3.8-5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2.5	32	Micro	-
Mega 2560	ATmega2560	5 V / 7-12 V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Micro	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
MKR1000	SAMD21 Cortex-M0+	3.3 V / 5V	48MHz	7/1	8/4	-	32	256	Micro	1
Pro	ATmega168 ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	-	1
Pro Mini	ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	1	1	32	-	1
Uno	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1
Zero	ATSAMD21G18	3.3 V / 7-12 V	48 MHz	6/1	14/10	-	32	256	2 Micro	2

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά διαφόρων μοντέλων Arduino

5.1 Επιλογή Πλατφόρμας

Το σύστημα μας θα αποτελείται από δύο κόμβους, τον αισθητήριο κόμβο (Sensor Node) και τον κεντρικό κόμβο (server node). Οπότε για την υλοποίηση του συστήματος μας θα χρησιμοποιήσουμε δύο πλατφόρμες της οικογενείας του Arduino. Κάλιστα θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε και στους δύο κόμβους την ίδια πλακέτα (π.χ. δύο Arduino UNO), όμως δεν θα αργούσε η στιγμή που θα ερχόμασταν αντιμέτωποι με πολλά προβλήματα. Προβλήματα κυρίως στην συμβατότητα και διασύνδεση της πλατφόρμας με άλλες πλακέτες επέκτασης που θα χρειαστούν για την τελική υλοποίηση. Γι' αυτό και θα χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικές πλακέτες. Για τον πρώτο κόμβο (Sensor Node) θα χρησιμοποιηθεί το Arduino UNO ενώ για τον δεύτερο (server node) το Arduino MEGA 2560. Παρακάτω θα εξηγηθούν με λεπτομέρειες οι ιδιότητες κάθε μιας πλακέτας και γιατί χρησιμοποιήθηκαν οι συγκεκριμένες στους συγκεκριμένους κόμβους.

Η δουλειά του Sensor Node θα είναι να μαζεύει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και να τα στέλνει μέσω ενός ασύρματου προσαρμογέα στον Server Node. Επομένως, σε αυτό τον κόμβο θα συνδεθούν ο αισθητήρας θερμοκρασίας-υγρασίας περιβάλλοντος (DHT22), ο αισθητήρας υγρασίας χώματος (Soil Moisture) και ένα NRF24L01+ module το οποίο θα στέλνει τα δεδομένα ασύρματα στον άλλον κόμβο. Γενικά δεν θα είναι πολύπλοκος κόμβος και θα έχει δύο συγκεκριμένες εργασίες να φέρει εις πέρας.

Ο DHT22 αισθητήρας χρειάζεται πέρα από μια θετική τάση και μια σύνδεση στη γείωση, μια σύνδεση με έναν ψηφιακό ακροδέκτη του Arduino για την αποστολή των δεδομένων.

Ο Soil Moisture χρειάζεται επίσης μια θετική τάση και γείωση αλλά σε αντίθεση με τον DHT22 για την αποστολή των δεδομένων που συλλέγει χρειάζεται μια σύνδεση σε αναλογικό ακροδέκτη του Arduino.

Η κάρτα επέκτασης (module ή shield στην ορολογία του Arduino), που θα μας επιτρέψει την ασύρματη επικοινωνία, χρειάζεται για να λειτουργήσει το λεγόμενο SPI BUS του Arduino. Το SPI (Serial Peripheral Interface) ή σειριακή διεπαφή μεταξύ περιφερειακών συσκευών είναι ένα σύγχρονο σειριακό πρωτόκολλο δεδομένων που χρησιμοποιούν οι μικροελεγκτές για την επικοινωνία με μία ή περισσότερες περιφερειακές συσκευές γρήγορα σε μικρές αποστάσεις. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία μεταξύ δύο μικροελεγκτών. Με μια σύνδεση SPI υπάρχει πάντα ένα master συσκευή (συνήθως ένας μικροελεγκτής) ο οποίος ελέγχει τις περιφερειακές συσκευές (slaves). Οι ακροδέκτες σε όλες τις πλακέτες του Arduino είναι προκαθορισμένες για τη λειτουργία του SPI.

Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψιν, γίνεται εύκολα κατανοητό ότι για την υλοποίηση του client node αρκεί ένα Arduino UNO αφού έχει όσα χρειαζόμαστε σε σχετικά μικρό μέγεθος πλακέτας.

Η δουλειά του server node (που θα αναλάβει το Arduino MEGA 2560), θα είναι να συλλέγει τα δεδομένα που στέλνει ο client node και αυτός μέσω του ασύρματου προσαρμογέα NRF24L01+. Έπειτα μετά από εντολή του χρήστη θα τα απεικονίζει σε μια οθόνη που θα βρίσκεται συνδεδεμένη στην πλατφόρμα και επίσης θα έχει τη δυνατότητα να ανοίξει και να κλείσει αυτοβούλως ο χρήστης μέσω ενός πληκτρολογίου και της οθόνης της ηλεκτροβάνες οι οποίες θα είναι συνδεδεμένες σε έναν ηλεκτρονόμο. Όλα αυτά θα γίνονται τοπικά χωρίς να χρειάζεται κάποια σύνδεση στο internet. Οι αρμοδιότητες του Arduino MEGA όμως δεν τελειώνουν εδώ καθώς θα πρέπει εκτός από την τοπική διαχείριση του συστήματος να υπάρχει η δυνατότητα διαχείρισής του και από την εφαρμογή Android. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω μιας GSM/GPRS κάρτας επέκτασης συμβατή με την πλατφόρμα του Arduino.

Με μια γρήγορη ματιά λοιπόν βλέπει κανείς ότι στον δεύτερο κόμβο θα χρειαστεί να συνδέσουμε πέντε (5) εξωτερικές περιφερειακές συσκευές (shields) εκ των οποίων το NRF24L01+ και η GSM/GPRS Shield χρησιμοποιούν το SPI BUS στο οποίο αναφερθήκαμε με συντομία πριν. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Arduino UNO στον server node. Η GSM/GPRS Shield θα καταλάμβανε όλους τους ακροδέκτες του με αποτέλεσμα να μην υπάρχει τρόπος να χρησιμοποιηθεί το NRF24L01+ ταυτόχρονα.

Πέρα από αυτές τις δύο κάρτες επέκτασης, η οθόνη που χρησιμοποιείται στο σύστημα απαιτεί την δέσμευση του διαύλου I²C, ο οποίος είναι ένας σειριακός διάυλος που δημιουργήθηκε από τη Philips και χρησιμοποιείται για την σύνδεση περιφερειακών μικρής ταχύτητας σε motherboard, embedded systems, κινητά τηλέφωνα ή άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Ο διάυλος I²C δεν χρησιμοποιείται μόνο για την επικοινωνία συσκευών που βρίσκονται πάνω σε ένα τυπωμένο κύκλωμα, αλλά και για την επικοινωνία συσκευών που συνδέονται με καλώδια. Χρησιμοποιεί μόνο δύο καλώδια, τα οποία είναι αμφίδρομης κατεύθυνσης: Τα SCL και SDA. Η γραμμή SCL είναι η γραμμή ρολογιού, ενώ η SDA είναι η γραμμή δεδομένων. Οι γραμμές αυτές συνδέονται σε όλες τις συσκευές στον διάυλο I²C. Προφανώς εκτός από τα παραπάνω καλώδια, απαιτείται και ένα τρίτο καλώδιο, το οποίο είναι η γείωση (GND) ή 0 V. Επίσης υπάρχει και ένα τέταρτο καλώδιο το οποίο είναι η γραμμή τροφοδοσίας, με την οποία τροφοδοτούνται με ισχύ οι διάφορες συσκευές που υπάρχουν στο δίκτυο.

Το πληκτρολόγιο που χρησιμοποιείται είναι ένα 4X3 (δηλαδή αποτελείται από 4 γραμμές και 3 στήλες) με το σύνολο των δώδεκα (12) κουμπιών και δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις. Το μόνο που χρειάζεται για να λειτουργήσει είναι επτά (7) συνδέσεις σε ψηφιακούς ακροδέκτες του Arduino (4, δηλαδή μια για κάθε γραμμή του πληκτρολογίου και 3 δηλαδή 1 για κάθε στήλη του).

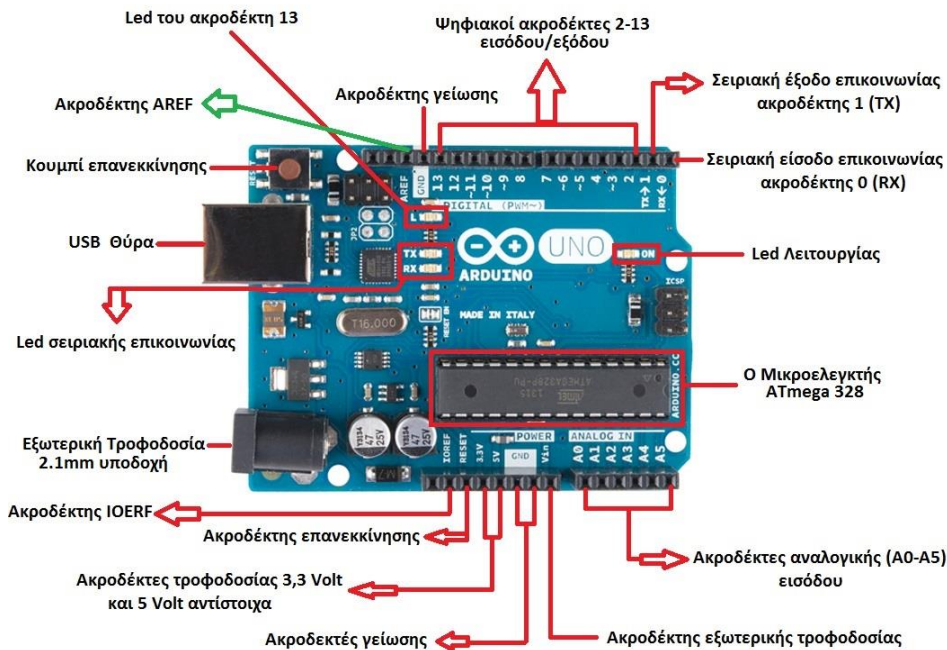
Ο ηλεκτρονόμος (ρελέ), λειτουργεί με δύο είτε ψηφιακές είτε αναλογικές συνδέσεις σε ακροδέκτες του Arduino, μια γραμμή τροφοδοσίας και μια γραμμή για την γείωση. Οπότε δεν αποτελεί κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα στην υλοποίησή του συστήματος.

Αντίθετα με το πληκτρολόγιο και το ρελέ που δεν χρειάζονται πολλούς πόρους, η GSM/GPRS Shield συνδέεται άμεσα (χωρίς καλώδια) πάνω στον μικροελεγκτή Arduino με αποτέλεσμα να καταλαμβάνει είκοσι οκτώ (28) ακροδέκτες της πλακέτας. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούσαμε το Arduino UNO για τον server node δεν θα έμενε κανένας ακροδέκτης διαθέσιμος για την σύνδεση άλλων περιφερειακών συσκευών. Στην περίπτωση του Arduino MEGA 2560 όμως μετά τη σύνδεση της GSM/GPRS κάρτας, υπάρχουν ακόμα διαθέσιμες εννέα αναλογικοί ακροδέκτες, τριάντα δύο ψηφιακοί, δύο ακροδέκτες γείωσης, δύο ακροδέκτες θετικής τάσης, ο διάυλος I²C (SCL και SDA pin) και τρεις σειριακές συνδέσεις (TX/RX).

5.1.1 Arduino Uno

Επισκόπηση του Arduino Uno

Το Arduino UNO είναι μια πλακέτα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή ATmega328. Έχει 14 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (εκ των οποίων 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξόδοι PWM), 6 αναλογικές εισόδους, ένα 16 MHz κεραμικό κρύσταλλο, μια σύνδεση USB, μια υποδοχή ρεύματος, ένας συνδετήρας 6 ακίδων ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς reset. Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τη στήριξη του μικροελεγκτή. Στην παρακάτω εικόνα αναλύονται τα στοιχεία της πλακέτας Arduino UNO.



Εικόνα 11: Arduino Uno.

Τροφοδοσία

Το Arduino Uno μπορεί να τροφοδοτείται μέσω της σύνδεσης USB ή με εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος. Η πηγή ενέργειας επιλέγεται αυτόματα.

Εξωτερική (μη-USB) τάση μπορεί να προέλθει είτε από έναν προσαρμογέα AC σε DC τροφοδοτικό ή μπαταρία. Ο προσαρμογέας μπορεί να συνδεθεί με τη σύνδεση ενός 2,1 χιλιοστών στο κέντρο θετικό βύσμα στην υποδοχή τροφοδοσίας της πλακέτας. Αν οδηγηθεί από μια μπαταρία μπορεί να τοποθετηθεί στα Gnd και Vin ακίδα της σύνδεσης POWER.

Η πλακέτα μπορεί να λειτουργήσει με εξωτερική παροχή των 6 έως 20 βολτ. Αν τροφοδοτείται με λιγότερο από 7V, η περόνη 5V μπορεί να παρέχει λιγότερο από πέντε βολτ και μπορεί η λειτουργία της πλακέτας να είναι ασταθής. Εάν χρησιμοποιείτε μεγαλύτερη από 12V, ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να υπερθερμανθεί και να πάθει ζημιά η πλακέτα. Η συνιστάμενη τάση πρέπει να είναι 7 έως 12 βολτ.

Οι ακίδες ισχύος είναι ως εξής:

- VIN: Η τάση εισόδου στο βύσμα τροφοδοσίας στην πλακέτα Arduino όταν είναι από μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Μπορεί να δοθεί τάση μέσω αυτής της ακίδας, ή παροχή τάσης μέσω του ακροδέκτη ισχύος.
- 5V: Εξάγει μια ρυθμιζόμενη τάση 5V από το ενσωματωμένο regulator στην πλακέτα. Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτείται με ρεύμα είτε από το βύσμα συνεχούς ρεύματος (7 - 12V), ή με σύνδεση USB (5V), ή στην κατάλληλη θέση της φίσας με την σήμανση VIN της πλακέτας (7-12V). Η παροχή τάσης στη φίσσα μέσω των ακροδεκτών με 5V ή 3.3V παρακάμπτει το ρυθμιστή, και μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην πλακέτα αν δοθεί διαφορετική τιμή τάσης.
- 3V3: Η προμήθεια 3,3 βολτ που παράγεται από το ενσωματωμένο regulator. Η μέγιστη κατανάλωση ρεύματος είναι στα 50 mA.
- GND. Ακροδέκτες γείωσης.
- IOREF. Αυτή η ακίδα στην πλακέτα Arduino παρέχει την τάση αναφοράς με το οποίο λειτουργεί το μικροελεγκτή. Ένα σωστά ρυθμισμένο shield μπορεί να διαβάσει την τάση της ακίδας IOREF για να επιλέξετε την κατάλληλη πηγή ενέργειας ή να επιτρέπει στους μεταφραστές τάσης στις εξόδους για να δουλέψουν με την 5V ή 3.3V τάση.

Μνήμη

Η ATmega328 έχει 32 KB (με 0,5 KB που χρησιμοποιούνται για τον φορτωτή εκκίνησης). Διαθέτει επίσης 2 KB SRAM και του 1 KB EEPROM του (το οποίο μπορεί να διαβαστεί και να γραφτεί με τη βιβλιοθήκη EEPROM).

Είσοδοι και έξοδοι

Κάθε μια από τις 14 ψηφιακές ακίδες για το UNO μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος ή έξοδος, χρησιμοποιώντας pinMode (), digitalWrite (), και digitalRead () λειτουργίες. Λειτουργούν σε 5 βολτ. Κάθε ακίδα μπορεί να παρέχει ή να λάβει ένα μέγιστο των 40 mA και έχει μια εσωτερική pull-up αντίσταση (είναι αποσυνδεδεμένη από προεπιλογή) στα 20-50 kOhms. Επιπλέον, μερικές ακίδες έχουν εξειδικευμένες λειτουργίες. Αυτές είναι οι:

1. Θέσεις 0 (RX) και 1 (TX). Χρησιμοποιείται για τη λήψη (RX) και μεταδίδει σειριακά δεδομένα (TX) TTL.
2. θέσεις 2 και 3. Οι ακίδες αυτές μπορούν να ρυθμιστούν για να προκαλέσουν μια διακοπή σε μια χαμηλή τιμή, μια ανερχόμενη ή κατερχόμενη ακμή, ή μια αλλαγή στην τιμή.
3. θέσεις 3, 5, 6, 9, 10, και 11. Παροχή 8-bit εξόδου PWM με τη λειτουργία analogWrite ().
4. θέσεις 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Οι ακίδες αυτές υποστηρίζουν την επικοινωνία SPI, χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη SPI.
5. θέση 13. Υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED που συνδέονται ψηφιακά με το pin 13. Όταν η ακίδα είναι σε λογικό ένα, η ενδεικτική λυχνία είναι αναμμένη, όταν η ακίδα είναι σε λογικό 0, είναι σβηστή.
6. Το Uno έχει 6 αναλογικές εισόδους, επισημαίνονται από το A0 έως A5, καθεμία από αυτές παρέχουν 10 bits του ψηφίσματος (δηλαδή 1024 διαφορετικές τιμές). Από προεπιλογή μετρούν από τη γείωση έως τα 5 βολτ, αν και είναι δυνατόν να αλλάξει το άνω άκρο του εύρους τους, χρησιμοποιώντας τη θέση AREF και τη λειτουργία analogReference (). Επιπλέον, μερικές ακίδες έχουν εξειδικευμένη λειτουργικότητα.
7. TWI: A4 ή SDA pin και A5 ή SCL pin. Υποστήριξη επικοινωνίας TWI χρήση της βιβλιοθήκης Wire.
8. AREF: Τάση αναφοράς για τις αναλογικές εισόδους. Χρησιμοποιείται με την λειτουργία analogReference ().
9. Reset: αν η έξοδος αυτού του ακροδέκτη οριστεί σε LOW, ο μικροελεγκτής επαναφέρεται σε επανεκκίνηση.

Επικοινωνία

Το Arduino UNO έχει μια σειρά από εγκαταστάσεις για την επικοινωνία με έναν υπολογιστή, ένα άλλο Arduino, ή άλλους μικροελεγκτές. Το ATmega328 παρέχει UART TTL (5V) σειριακή επικοινωνία, η οποία είναι διαθέσιμη για τις ψηφιακές ακίδες 0 (RX) και 1 (TX). Μια ATmega16U2 στην πλακέτα δημιουργεί σειριακή επικοινωνία μέσω USB και εμφανίζεται ως μια εικονική θύρα COM για το λογισμικό στον υπολογιστή. Το firmware 16U2 χρησιμοποιεί τα τυπικά προγράμματα οδήγησης USB COM, και ένας εξωτερικός οδηγός απαιτείται. Ωστόσο, στα Windows, απαιτείται ένα *.inf αρχείο. Το λογισμικό Arduino περιλαμβάνει μια σειριακή οθόνη η οποία επιτρέπει την απλή ανταλλαγή δεδομένων κειμένου που θα αποσταλεί προς και από την πλακέτα Arduino. Οι RX και TX λυχνίες LED στο ταμπλό αναβοσβήνουν όταν γίνεται μετάδοση δεδομένων μέσω του τσιπ και της USB σύνδεσης στην USB σε σειριακή στον υπολογιστή (όχι όμως για σειριακή επικοινωνία στις ακίδες 0 και 1).

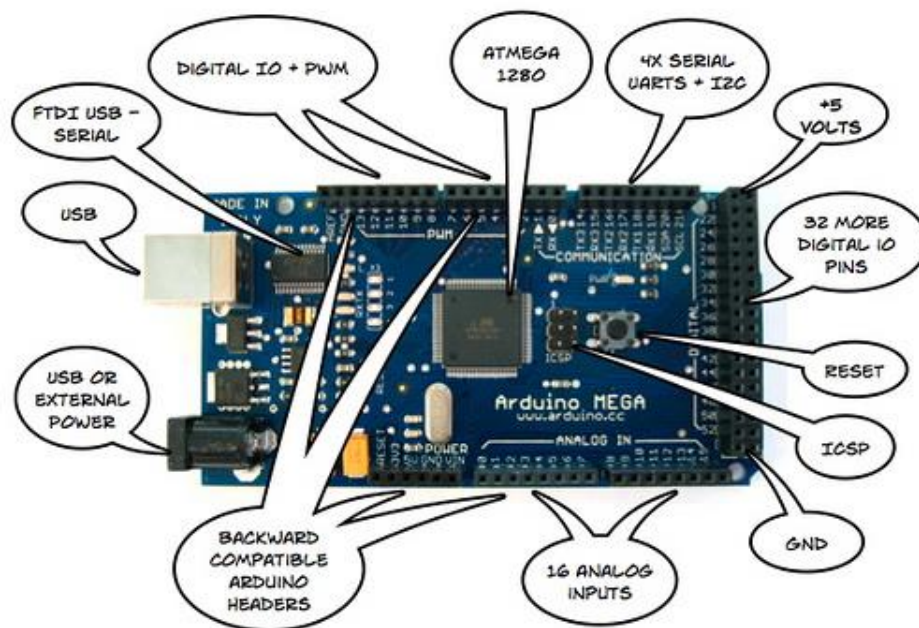
Το ATmega328 υποστηρίζει επίσης πρωτόκολλο I2C (TWI) και επικοινωνία με SPI. Το λογισμικό Arduino περιλαμβάνει την βιβλιοθήκη wire για να απλοποιήσει τη χρήση του διαύλου I2C. Για την επικοινωνία με SPI, χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη SPI.

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Πίνακας 4: Περίληψη χαρακτηριστικών του Arduino UNO όπως αναγράφονται στην επίσημη ιστοσελίδα του κατασκευαστή.

5.1.2 Arduino Mega 2560

Το Mega 2560 είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή με βάση το ATmega2560 τσιπ. Έχει 54 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (εκ των οποίων 15 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UARTs (hardware σειριακές θύρες), ένα 16 MHz ταλαντωτή κρυστάλλου, μια σύνδεση USB, μια υποδοχή ρεύματος, ένα σύνολο έξι ακίδων ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς (reset). Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τη στήριξη του μικροελεγκτή. Το Arduino mega 2560 είναι συμβατό με τις περισσότερες ασπίδες (shields) που έχουν σχεδιαστεί για το Uno και τα προηγούμενα μοντέλα της οικογένειας. Στην παρακάτω εικόνα αναλύονται τα στοιχεία της πλακέτας Arduino mega 2560



Εικόνα 12: Arduino Mega 2560

Τροφοδοσία

Για την τροφοδοσία της πλακέτας ισχύουν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά και περιορισμοί που ισχύουν και στο Arduino Uno.

Μνήμη

Το τσιπ ATmega2560 έχει 256 KB μνήμης flash για την αποθήκευση κώδικα (εκ των οποίων χρησιμοποιείται 8 KB για τον φορτωτή εκκίνησης), 8 KB SRAM και 4 KB EEPROM (η οποία μπορεί να διαβαστεί και να γραφτεί με τη βιβλιοθήκη EEPROM).

Είσοδοι και έξοδοι

Κάθε μια από τους 54 ψηφιακούς ακροδέκτες του Mega μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος ή έξοδος, χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις `pinMode()`, `digitalWrite()`, και τις λειτουργίες `digitalRead()`. Λειτουργούν στα 5 βολτ. Κάθε ακροδέκτης μπορεί να παρέχει ή να λάβει 20 mA, όπως συνιστάται στην κατάσταση λειτουργίας και έχει μια εσωτερική αντίσταση pull-up (η οποία είναι αποσυνδεδεμένη από προεπιλογή) 20-50 k ohm. Ένα μέγιστο των 40mA είναι η τιμή που δεν πρέπει να ξεπεραστεί προκειμένου να αποφευχθεί μόνιμη βλάβη στον μικροελεγκτή. Επιπλέον μερικοί ακροδέκτες έχουν εξειδικευμένη λειτουργία. Αυτοί είναι:

1. Σειριακή σύνδεση: 0 (RX) και 1 (TX), σειριακή σύνδεση 1: 19 (RX) και 18 (TX), σειριακή σύνδεση 2: 17 (RX) και 16 (TX), σειριακή σύνδεση 3: 15 (RX) και 14 (TX). Χρησιμοποιούνται για να λάβουν (RX) και να στείλουν (TX) TTL σειριακά δεδομένα.
2. Εξωτερικές διακοπές: ακροδέκτης 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3) και 21 (interrupt 2). Αυτοί οι ακροδέκτες μπορούν να ρυθμιστούν έτσι ώστε να προκαλέσουν μια διακοπή σε κατάσταση LOW, μια ανερχόμενη ή κατερχόμενη ακμή ή ακόμα και να αλλάξουν τιμή με τη βοήθεια της συνάρτησης `attachInterrupt()`.
3. PWM: Οι ακροδέκτες 2 έως 13 και 44 με 46, παρέχουν 8-bit PWM έξοδο με τη βοήθεια της `analogRead()` συνάρτησης.
4. SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Αυτοί οι ακροδέκτες υποστηρίζουν την SPI επικοινωνία χρησιμοποιώντας την SPI βιβλιοθήκη. Τέτοιου είδους επικοινωνία μπορεί να επιτευχθεί και μέσω της ομάδας ακίδων ICSP που βρίσκονται στην πλακέτα και είναι συμβατές με τα προηγούμενα μοντέλα Arduino.
5. LED: υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED στο Arduino Mega συνδεδεμένο στο ψηφιακό ακροδέκτη 13. Όταν η τιμή του ακροδέκτη έχει οριστεί σε HIGH, το LED φωτοβολεί, ενώ αν είναι στο LOW είναι σβηστό.
6. TWI: 20 (SDA) και 21 (SCL). Υποστηρίζουν επικοινωνία TWI χρησιμοποιώντας την Wire βιβλιοθήκη. Να σημειωθεί ότι οι ακροδέκτες αυτοί βρίσκονται σε διαφορετική τοποθεσία από τα προηγούμενα μοντέλα.
7. Το Arduino Mega 2560 διαθέτει δεκαέξι αναλογικές εισόδους, κάθε μια από τις οποίες παρέχει 10bits ανάλυσης (δηλαδή 1024 διαφορετικές τιμές). Από προεπιλογή έχουν εύρος από την γείωση έως τα 5 βολτ, όμως είναι πιθανό να αλλάχτεί η προεπιλεγμένη μέγιστη τιμή (5V) χρησιμοποιώντας τον AREF ακροδέκτη μέσω της `analogReference()` συνάρτησης.
8. Τέλος, όπως σε κάθε πλατφόρμα Arduino υπάρχει ένα κουμπί reset το οποίο επαναφέρει την πλακέτα.

Επικοινωνία

Το Arduino Mega παρέχει μια σειρά από λειτουργίες για την επικοινωνία με έναν υπολογιστή, ένα άλλο Arduino, ή άλλους μικροελεγκτές. Το ATmega2560 παρέχει τέσσερις (4) UART TTL (5V) σειριακές επικοινωνίες. Ένα ATmega16U2 στην πλακέτα δημιουργεί σειριακή επικοινωνία μέσω USB και εμφανίζεται ως μια εικονική θύρα COM για το λογισμικό στον υπολογιστή. Το λογισμικό Arduino IDE περιλαμβάνει μια σειριακή οθόνη η οποία επιτρέπει την απλή ανταλλαγή δεδομένων κειμένου που θα αποσταλεί προς και από την πλακέτα Arduino. Οι RX και TX λυχνίες LED στην πλακέτα θα αναβοσβήνουν όταν γίνεται μετάδοση δεδομένων μέσω του τσιπ ATmega8U2/ATmega16U2 και της USB σύνδεσης στην USB σε σειριακή στον υπολογιστή (όχι όμως για σειριακή επικοινωνία στις ακίδες 0 και 1).

Το Mega 2560 υποστηρίζει επίσης πρωτόκολλο I2C (TWI) και επικοινωνία με SPI. Το λογισμικό Arduino IDE περιλαμβάνει τις απαραίτητες βιβλιοθήκες που χρειάζονται για την ομαλή λειτουργία αυτών των πρωτοκόλλων.

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

Πίνακας 5: Περίληψη χαρακτηριστικών του Arduino MEGA 2560 όπως αναγράφονται στην επίσημη ιστοσελίδα του κατασκευαστή.

5.2 Περιφερειακές Συσκευές

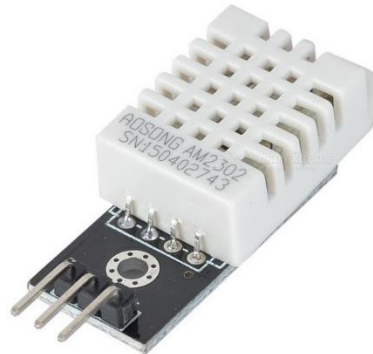
Το Arduino είναι από μόνο του ένας πολύ ισχυρός μικροελεγκτής με αμέτρητες δυνατότητες και πάρα πολλά χαρακτηριστικά. Παρόλα αυτά δεν μπορεί να υποστηρίξει αυτόνομα ένα πρότζεκτ, απλά γιατί δεν δέχεται τίποτα σαν είσοδο, άρα συνεπώς δεν παράγει καμία έξοδο που να γίνεται αντιληπτή από τον χρήστη. Προκειμένου λοιπόν να ενσωματωθεί το Arduino σε διάφορα πρότζεκτ και να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες που παρέχει σαν μικροελεγκτής χρειάζεται συνδέσεις εξωτερικών μονάδων κάθε μια από τις οποίες κάνει μια συγκεκριμένη δουλειά. Σίγουρα χρειάζεται κάποια είσοδος δεδομένων (στην απλούστερη περίπτωση το πληκτρολόγιο του υπολογιστή), μια μονάδα επεξεργασίας αυτών των δεδομένων (που στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτή η μονάδα είναι το ίδιο το Arduino) και τέλος μια έξοδος ώστε να γίνεται αντιληπτή η επεξεργασία των δεδομένων από τον άνθρωπο και όχι μόνο από το Arduino (στην απλούστερη περίπτωση η οθόνη του υπολογιστή).

Παρακάτω παρουσιάζονται όλα τα υλικά/Hardware (πέραν των δύο Arduino που παρουσιάστηκαν ήδη) και οι εφαρμογές (Software) που χρειάστηκαν για την κατασκευή και τον προγραμματισμό της εργασίας αυτής. Τα υλικά αυτά θα ομαδοποιηθούν σε κατηγορίες για να αποκτήσει ο αναγνώστης μια ευρύτερη εικόνα στους κυριότερους τύπους που χωρίζονται οι ασπίδες, καθώς και για την καλή διάρθρωση του συγγράμματος. Αυτές οι κατηγορίες είναι οι συσκευές εισόδου, εξόδου, ασύρματης επικοινωνίας και τα λοιπά εξαρτήματα που βοηθούν στην τροφοδότηση και στην καλύτερη δομή συνδέσεων όλων των μονάδων.

Αναλυτικότερα λοιπόν έχουμε:

5.2.1 Συσκευές Εισόδου

1) Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας χώρου DHT22 (AM2302)



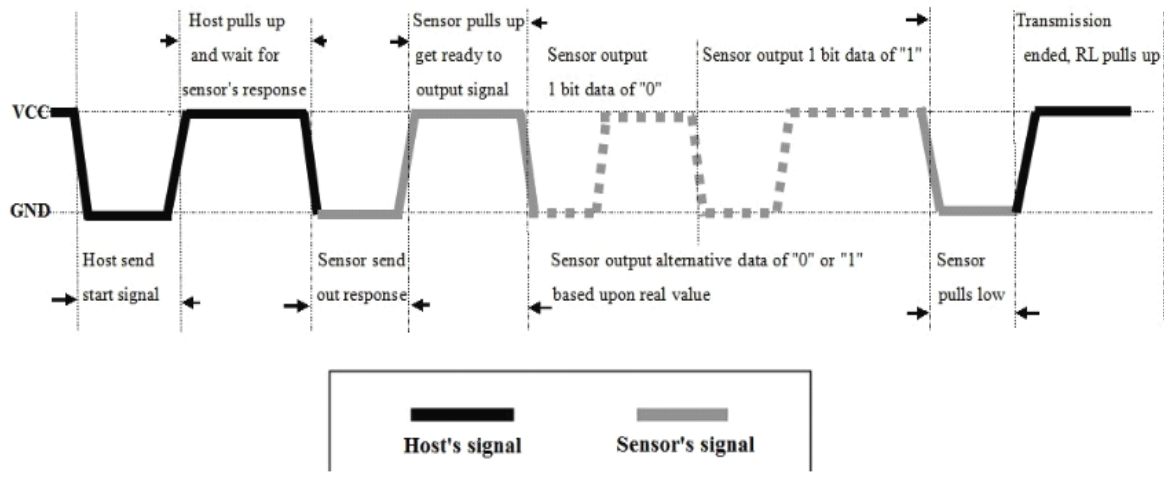
Εικόνα 13: Αισθητήρας θερμοκρασίας

Ο αισθητήρας DHT22 είναι ένας φθηνός και αξιόπιστος αισθητήρας. Έχει μικρό μέγεθος, μικρή κατανάλωση ρεύματος και μπορεί να μεταδίδει δεδομένα στην πλακέτα κάθε 2 δευτερόλεπτα. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων του έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές και υπάρχει πληθώρα βιβλιοθηκών στο διαδίκτυο. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH(Max +5%RH); temperature <+0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

Πίνακας 6: τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα DHT22

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, η ευαισθησία του αισθητήρα θερμοκρασίας για καταγραφή περιβαλλοντολογικής θερμοκρασίας έχει οριστεί από -40°C έως 80°C, με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου και απόκλιση $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Την υγρασία την μετράμε σε ποσοστό απ' το 0% έως 100% και η απόκλιση της είναι συνήθως $\pm 2\%$ (μέγιστη τιμή $\pm 5\%$).



Διάγραμμα 10: Διάγραμμα μεταφοράς δεδομένων DHT22

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης του αισθητήρα και το παραπάνω διάγραμμα το Arduino στέλνει ένα σήμα έναρξης και αναμένει απάντηση από τον αισθητήρα. Ο αισθητήρας με την σειρά του στέλνει εκ νέου ένα όμοιο σήμα (διαδικασία χειραγώγησης). Τα επόμενα σήματα που ακολουθούν είναι ψηφιακά με αντιστοιχία στο λογικό 0 και στο λογικό 1. Κάθε δύο δευτερόλεπτα, ο αισθητήρας εκπέμπει 40 bit πληροφορίας τα οποία αντιστοιχούν σε:

- 8 bit για την τιμή της υγρασίας
- 8 bit για την ακέραια τιμή της υγρασίας
- 8 bit για την τιμή της θερμοκρασίας
- 8 bit για την ακέραια τιμή της θερμοκρασίας
- 8 bit για το bit ελέγχου ισοτιμίας των δεδομένων

Η συνδεσμολογία μεταξύ του αισθητήρα και της πλακέτας είναι πολύ απλή. Στον πρώτο ακροδέκτη (από τα αριστερά κοιτάζοντας την μπροστινή όψη), συνδέεται μια τάση +3.3V ή +5V. Στον δεύτερο ακροδέκτη μια από τις ψηφιακές εισόδους του Arduino (στην προκειμένη περίπτωση είναι συνδεδεμένος με την τέταρτη ψηφιακή είσοδο, D4) και ο τρίτος συνδέεται στη γείωση.

2) Αισθητήρας υγρασίας χώματος Soil Moisture Sensor

Εικόνα 14: Αισθητήρας υγρασίας χώματος

Αυτός ο αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση υγρασίας στο έδαφος. Όταν ο αισθητήρας βρίσκεται σε τελείως στεγνό χώμα ή στον αέρα, η αναλογική τιμή εξόδου του αισθητήρα είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα της τάξεως από 0 έως 300. Αντίστροφα όταν είναι τοποθετημένος σε υπό κανονικές συνθήκες υγρό χώμα η έξοδος του αυξάνεται σε τιμές από 300 ως 700. Το τελικό εύρος τιμών από 700 έως 950 σηματοδοτεί ότι ο αισθητήρας βρίσκεται σε πολύ υγρο περιβάλλον που θα μπορούσε να ήταν ακόμα και νερό.

Οι δύο ανιχνευτές τον αποτελούν ενεργούν ως μεταβλητές αντιστάσεις. Όσο περισσότερο νερό υπάρχει στο έδαφος τόσο καλύτερη αγωγιμότητα δημιουργείται το οποίο οδηγεί σε χαμηλότερη αντίσταση και μεγαλύτερο S (signal). Οι αναλογικές μετρήσεις θα διαφέρουν ανάλογα με το ποια τάση χρησιμοποιείται για Vcc (3,3 ή 5V), καθώς και την ανάλυση των ADC (Analog to Digital Conversion) ακίδων.

Ο αισθητήρας, όπως και ο DHT22 χρειάζεται μια θετική τάση (3,3 ή 5V) στον δεύτερο ακροδέκτη, μια σύνδεση στη γείωση στον τρίτο και τέλος στον πρώτο μια σύνδεση για τη μεταφορά των δεδομένων σε αναλογική είσοδο του Arduino. Στον πίνακα 7 φαίνονται τα χαρακτηριστικά του Soil Moisture αισθητήρα.

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Voltage	-	3.3	/	5	V
Current	-	0	/	35	mA
Output Voltage	Supply Voltage 5 V	0	~	4.2	V
Output Value	Sensor in dry soil	0	~	300	/
	Sensor in humid soil	300	~	700	/
	Sensor in water	700	~	950	/

Πίνακας 7: τεχνικά χαρακτηριστικά του Soil Moisture αισθητήρα.

3) Αριθμητικό Πληκτρολόγιο στυλ πίνακα 4X3

Εικόνα 15: το αριθμητικό πληκτρολόγιο

Τέτοιου είδους πληκτρολόγια μπορούν να παρέχουν ένα απλό και εύκολο τρόπο αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα. Κυκλοφορούν ένα σωρό από παρόμοια μοντέλα αλλά σημασία δεν έχει από πού θα προμηθευθεί καθώς όλα κάνουν την ίδια συγκεκριμένη δουλειά. Σημασία έχει να συνοδεύεται και το εγχειρίδιο χρήσης (Datasheet) μαζί λόγω του ότι θα εξοικονομήσει αρκετό χρόνο όταν έρθει η ώρα της σύνδεσης του πληκτρολογίου με την πλακέτα. Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο αριθμητικό πληκτρολόγιο δεν απαιτεί περίπλοκες συνδέσεις. Για να έρθει σε λειτουργία χρειάζεται μια φυσική σύνδεση κάθε γραμμής και κάθε στήλης του πληκτρολογίου με μία ψηφιακή είσοδο στην πλατφόρμα.

Η λειτουργικότητα του αριθμητικού πληκτρολογίου στο αυτοματοποιημένο μέρος του πρότζεκτ δεν είναι μηδαμινή καθώς ο χρήστης δεν θα έχει καν οπτική επαφή με την τοποθεσία που θα βρίσκεται η πλατφόρμα. Αντιθέτως όμως χρειάζεται στο κομμάτι του πρότζεκτ όπου ο χρήστης θα διαχειρίζεται το σύστημα τοπικά (δηλαδή όταν θα βρίσκεται και ο χρήστης και η πλατφόρμα στην ίδια φυσική τοποθεσία). Έτσι μετά από εντολές του συστήματος ο χρήστης θα χειρίζεται την διαδικασία και θα επιλέγει τις λειτουργίες που θέλει να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει μέσω των πλήκτρων του πληκτρολογίου.

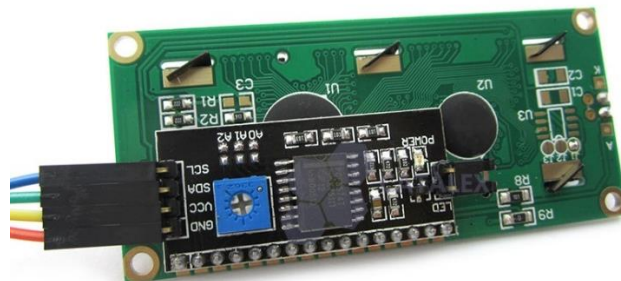
5.2.2 Συσκευές Εξόδου

1) Οθόνη LCD1602 (2X16)



Εικόνα 16: η οθόνη LCD 1602 με οπίσθιο φωτισμό

Στο τοπικό κομμάτι της εφαρμογής, θα εμφανίζονται απλά μηνύματα σε μία οθόνη μέσω των οποίων θα καθοδηγείται ο χρήστης για τις ενέργειες που πρέπει να κάνει. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί μια οθόνη LCD με δύο γραμμές των 16 χαρακτήρων και ένα ποτενσιόμετρο για τον έλεγχο της αντίθεσης. Η LCD 1602 είναι μια συσκευή εξόδου που μπορεί να ελέγχεται απευθείας από το Arduino. Διαθέτει οπίσθιο φωτισμό LED και δεκαέξι (16) ακροδέκτες για τη σύνδεσή της με τον μικροελεγκτή Arduino.



Εικόνα 17: Πίσω όψη της LCD 1602 οθόνης

Στη συνέχεια αναφέρονται οι 16 ακροδέκτες της οθόνης και εξηγείται η λειτουργία τους:

- **VSS:** Γείωση
- **VDD:** τροφοδοσία 5V
- **V0:** Ο ακροδέκτης αυτός χρησιμοποιείται για την ρύθμιση της αντίθεσης της οθόνης
- **RS:** Η οθόνη LCD διαθέτει εσωτερικά δύο καταχωρητές. Ο ένας χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των εντολών που απευθύνονται στην οθόνη και ο άλλος για την αποθήκευση των δεδομένων που πρόκειται να εμφανιστούν σε αυτή. Μέσω του ακροδέκτη RS (Register Select), ο μικροελεγκτής σηματοδοτεί αν αυτό που στέλνει κάθε φορά στην οθόνη είναι εντολή ή δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, αν το RS είναι LOW τότε η εισερχόμενη πληροφορία γράφεται στον καταχωρητή εντολών, ενώ αν είναι HIGH, γίνεται ανάγνωση από τον καταχωρητή.
- **RW:** Ο ακροδέκτης RW (Read/Write) καθορίζει αν η ενέργεια που θα γίνει στον καταχωρητή είναι ανάγνωση ή εγγραφή. Αν ο ακροδέκτης RW είναι LOW τότε γίνεται εγγραφή στον καταχωρητή, ενώ αν είναι HIGH γίνεται ανάγνωση από τον καταχωρητή.

- **E:** Ο ακροδέκτης E (Enable) συγχρονίζει την εγγραφή των δεδομένων στον κατάλληλο καταχωρητή της οθόνης. Συγκεκριμένα, όταν ο μικροελεγκτής επιθυμεί να στείλει δεδομένα, γράφει τις κατάλληλες τιμές στους 8 ακροδέκτες δεδομένων της οθόνης και στη συνέχεια στέλνει έναν παλμό πάνω από τον ακροδέκτη Enable. Τα δεδομένα γράφονται στον κατάλληλο καταχωρητή της οθόνης όταν ο ακροδέκτης E μεταβεί από HIGH σε LOW (δηλαδή στην πτώση του παλμού).
- **D0-D7:** Οι ακροδέκτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την παράλληλη μετάδοση 8 bit δεδομένων.
- **A:** Ο ακροδέκτης A (αναφέρεται και ως LED+) είναι συνδεδεμένος με την άνοδο του LED που παρέχει τον οπίσθιο φωτισμό της οθόνης.
- **K:** Ο ακροδέκτης K (αναφέρεται και ως LED-) είναι συνδεδεμένος με την κάθοδο του LED που παρέχει τον οπίσθιο φωτισμό της οθόνης.

Pin No.	Symbol	Description
1	VSS	Ground(0V).
2	VDD	Power supply for logic (+5V)
3	V0	Power supply for LCD driver
4	RS	Register Select Input: "High" for Data register (for read and write) "Low" for Instruction register (for write), Busy flag, address counter (for read)
5	R/W	Read/Write signal: " High" for Read mode. "Low" for Write mode.
6	E	Enable. Start signal for data read /write.
7	DB0	Data input/output (LSB)
8	DB1	Data input/output
9	DB2	Data input/output
10	DB3	Data input/output
11	DB4	Data input/output
12	DB5	Data input/output
13	DB6	Data input/output
14	DB7	Data input/output (MSB)
15	LED(+)	Anode of LED backlight
16	LED(-)	Cathode of LED backlight

Πίνακας 8: Ανάλυση των ακροδεκτών της οθόνης LCD 1602

2) Ηλεκτρονόμος – Ρελέ (Relay)



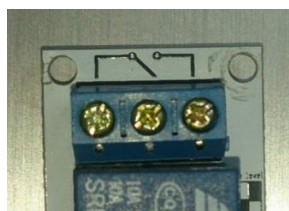
Εικόνα 18: Ρελέ 2 καναλιών

Ο ηλεκτρονόμος, ρελέ (relay) ή ρελές είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης που ανοίγει και κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα κάτω από τον έλεγχο ενός άλλου ηλεκτρικού κυκλώματος. Στην αρχική μορφή του, ένας ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιούσε το διακόπτη, με το άνοιγμα ή κλείσιμο μιας ή περισσοτέρων επαφών. Εφευρέθηκε από τον Τζόζεφ Χένρυ το 1835. Επειδή ένας ηλεκτρονόμος είναι ικανός να ελέγχει ένα κύκλωμα εξόδου υψηλότερης ισχύος από το κύκλωμα εισόδου, μπορεί να θεωρηθεί, γενικά, μια μορφή ηλεκτρικού ενισχυτή.

Κάθε επαφή ενός ηλεκτρονόμου μπορεί να είναι, ανάλογα με τον τύπο της, κανονικά-ανοικτή (Normally Open, NO), κανονικά-κλειστή (Normally Closed, NC) ή μεταγωγική (Change-Over).

- Μια επαφή Κανονικά-Ανοικτή συνδέει το κύκλωμα όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται. Το κύκλωμα αποσυνδέεται όταν ο ηλεκτρονόμος είναι ανενεργός. Μια τέτοια επαφή καλείται επίσης επαφή Μορφής Α ή επαφή “make”. Η επαφή μορφής Α είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν την ενεργοποίηση μιας πηγής υψηλής τάσης από απόσταση.
- Μια επαφή Κανονικά-Κλειστή αποσυνδέει το κύκλωμα όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται. Το κύκλωμα συνδέεται μόνο όταν ο ηλεκτρονόμος είναι ανενεργός. Μια τέτοια επαφή καλείται επίσης Επαφή Μορφής Β ή επαφή “break”. Η επαφή μορφής Β είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν το κύκλωμα να παραμένει κλειστό (ενεργό), μέχρι ο ηλεκτρονόμος να ενεργοποιηθεί.
- Μια επαφή Μεταγωγική μπορεί να ελέγχει δύο κυκλώματα. Ισοδυναμεί με μια επαφή Κανονικά-Ανοικτή και μια επαφή Κανονικά κλειστή που έχουν ένα κοινό ακροδέκτη. Μια τέτοια επαφή καλείται επίσης Επαφή Μορφής C.

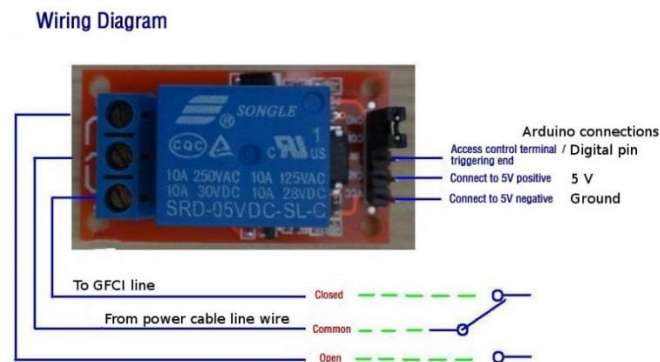
Συνήθως ένας ηλεκτρονόμος αποτελείται από περισσότερες από μια ελεγχόμενες επαφές. Οι επαφές χωρίζονται σε κύριες και βοηθητικές. Οι κύριες διαρρέονται συχνά από ισχυρότερα ρεύματα και έτσι είναι αυτές που διακόπτουν το κύριο κύκλωμα και συνήθως είναι Κανονικά-Ανοικτές. Οι βοηθητικές έχουν όπως υποδεικνύει και το όνομά τους, επικουρικό χαρακτήρα και ο ρόλος τους είναι να βοηθούν στον έλεγχο των αυτοματισμών (που είναι ο κύριος τομέας χρήσης των ηλεκτρονόμων). Για παράδειγμα βοηθούν στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση βοηθητικών κυκλωμάτων όπως είναι οι ενδεικτικές λυχνίες.



Εικόνα 19: Επαφές ηλεκτρικού κυκλώματος

Λειτουργία Ηλεκτρονόμου

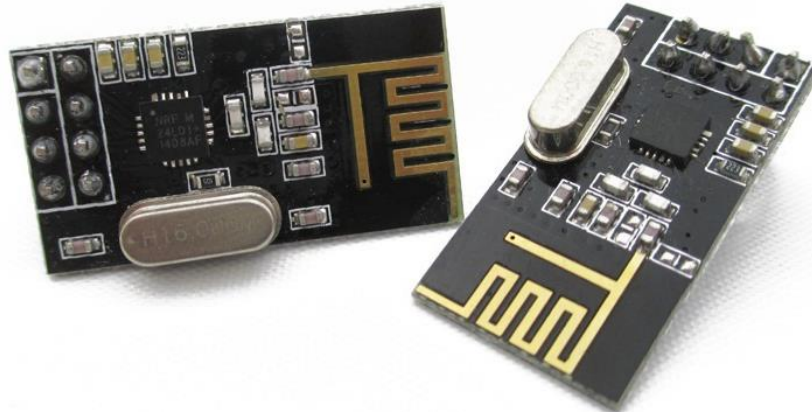
Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το πηνίο του ηλεκτρονόμου, το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο έλκει έναν οπλισμό που είναι μηχανικά συνδεδεμένος σε μια κινούμενη επαφή. Έτσι, η κινούμενη επαφή είτε συνδέεται με μια σταθερή επαφή είτε αποσυνδέεται από την σταθερή επαφή. Μόλις το ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο διακοπεί, ο οπλισμός επιστρέφει στη θέση ηρεμίας του εξαιτίας μιας δύναμης επαναφοράς, που είναι ίση με το ήμισυ της μαγνητικής. Η δύναμη επαναφοράς παρέχεται συνήθως από ένα ελατήριο, αλλά και η βαρύτητα χρησιμοποιείται συχνά σε βιομηχανικούς εκκινητές μηχανών. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής στο πηνίο γεννά ένα ηλεκτρικό ρεύμα, το λεγόμενο «επαγωγικό» που έχει αντίθετη φορά από εκείνο που παρέχεται στο πηνίο. Για τη λειτουργία του πηνίου και τη μετακίνηση των επαφών απαιτείται σχετικά μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά – μόλις ο οπλισμός κλείσει – το ηλεκτρικό ρεύμα που απαιτείται για να κρατήσει τον οπλισμό κλειστό είναι ένα μικρό κλάσμα του αρχικού, τυπικά το $1/10$. Οι ηλεκτρονόμοι κατασκευάζονται για να λειτουργούν γρήγορα. Σε μια εφαρμογή χαμηλής τάσης, αυτό γίνεται για τη μείωση του θορύβου. Σε μια εφαρμογή υψηλής τάσης ή υψηλής έντασης ρεύματος, αυτό γίνεται για τη μείωση των σπινθηρισμών (ηλεκτρικών εκφορτίσεων μορφής τόξου).



Διάγραμμα 11: Διάγραμμα διασυνδέσεων του ρελέ

5.2.3 Συσκευές Ασύρματης Επικοινωνίας

1) Προσαρμογέας ασύρματης επικοινωνίας NRF24L01+



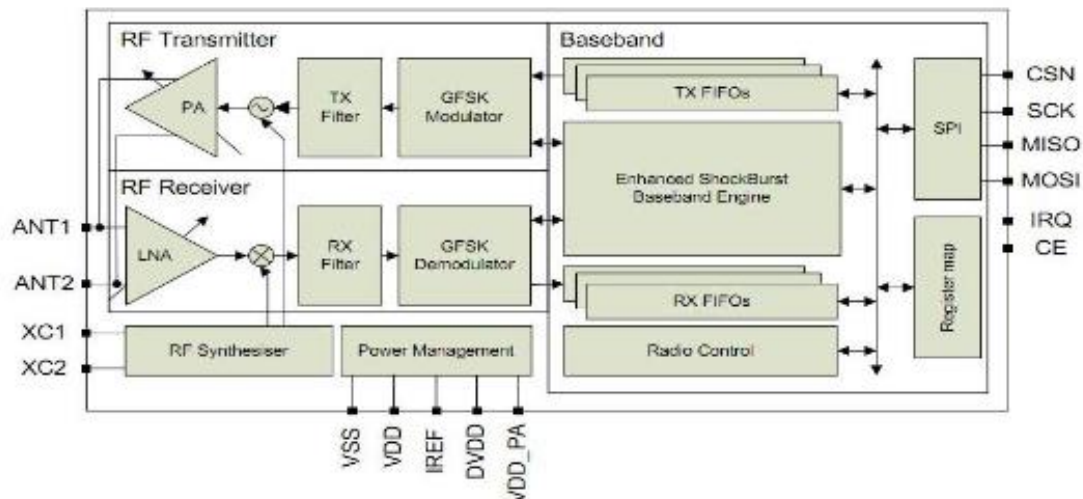
Εικόνα 20: Το nRF24L01+ module

Το να στηθεί μια πλατφόρμα αυτοματισμού κάποιας διαδικασίας σε έναν καλλιεργήσιμο χώρο είναι μεγάλη πρόκληση από πολλές απόψεις. Αρχικά γιατί τα ηλεκτρονικά στοιχεία είναι αρκετά επιρρεπή στα στοιχεία της φύσης (υψηλές/ χαμηλές θερμοκρασίες, βροχές, δυνατοί άνεμοι, σκόνη κ.α.). Και δεύτερον, λόγω της ανάγκης τους για συνεχή επικοινωνία (συνήθως μέσω καλωδίων), δημιουργείται πρόβλημα ανάμεσα στην καλωδιακή εγκατάσταση του συστήματος και την ανάγκη του γεωργού να δουλέψει στο χωράφι του.

Ίσως το σημαντικότερο κομμάτι της παρούσας εργασίας είναι η συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες. Και προκειμένου να υλοποιηθεί το πρότζεκτ, χρειάζεται ο κόμβος server να έχει στη διάθεση του πληθώρα δεδομένων (από τους αισθητήρες) προς απεικόνιση στον τελικό χρήστη. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους ακυρώνοντας σαν λύση την σύνδεση πολλών αισθητήρων με καλώδια σε όλο το χωράφι για προφανείς λόγους. Είτε με την κατάργηση του κόμβου αισθητήρων και την ενσωμάτωση αυτών στον κόμβο server (που όμως έτσι θα υπάρχουν δείγματα μόνο από ένα σημείο του χωραφιού), είτε κάνοντας τον κόμβο αισθητήρων ασύρματο, αναγκάζοντας έτσι την αποστολή των δεδομένων στον κόμβο server ασύρματα. Έτσι θα μπορεί κανείς να δημιουργήσει όσους ασύρματους κόμβους αισθητήρων χρειάζεται ώστε να έχει μια καλή δειγματοληψία στις μετρήσεις του συστήματός του. Η λογική είναι ότι ο καθένας από αυτούς τους κόμβους θα είναι αυτόνομος (Standalone) και θα στέλνει ανεξάρτητα τις μετρήσεις των αισθητηρίων του στον κόμβο server, ο οποίος με τη σειρά του θα έβγαζε έναν μέσο όρο από όλα τα δεδομένα όλων των κόμβων. Ακούγεται ιδανικό αλλά είναι αρκετά δαπανηρό γι' αυτό και η παρούσα εργασία θα υλοποιηθεί μονάχα με έναν κόμβο αισθητήρων με την δυνατότητα και την προοπτική βέβαια για επέκταση στο μέλλον.

Στην δημιουργία του ασύρματου δικτύου επικοινωνίας, έδωσε τη λύση το κύκλωμα πομποδέκτη nRF24L01+. Τα RF modules της εταιρείας Nordic semiconductors είναι RF συσκευές χαμηλής κατανάλωσης και μικρής εμβέλειας (περίπου 60 μέτρα). Συνδυάζουν RF πομποδέκτη, RF synthesizer και λειτουργούν στα 2.4 GHz. Υποστηρίζουν διασύνδεση SPI υψηλής ταχύτητας μετάδοσης και αποτελούν ένα πολύ αποδοτικό μέσο ασύρματης επικοινωνίας μεταξύ των μικροελεγκτών. Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά τους είναι η χαμηλή τους τιμή και η υψηλή τους απόδοση. Παρ' όλο που είναι αρκετά δύσκολα στον χειρισμό στην αρχή, η εξοικείωση με τις λειτουργίες τους είναι εύκολη.

Τα modules αυτά έχουν 8 ακροδέκτες. Όπως όλες οι εξωτερικές συσκευές που συνδέονται στους μικροελεγκτές έχει έναν για θετική τάση (VCC) και έναν για σύνδεση στη γείωση (GND). Οι υπόλοιποι ακροδέκτες είναι οι CE, IRQ και οι τέσσερις SPI ακροδέκτες (SCK, CSN, MISO, MOSI). Ο ακροδέκτης CE χρησιμοποιείται για να ελέγχει τη λήψη και αποστολή δεδομένων όταν το module βρίσκεται σε TX ή RX mode (transmit-receive mode). Ο ακροδέκτης IRQ χρησιμοποιείται για interrupts. Οι τέσσερις SPI ακροδέκτες είναι οι: SCK (Serial Clock), MISO (Master Input Slave Output), MOSI (Master Output Slave Input) και CSN ή πιο γνωστά SS (Slave Select).



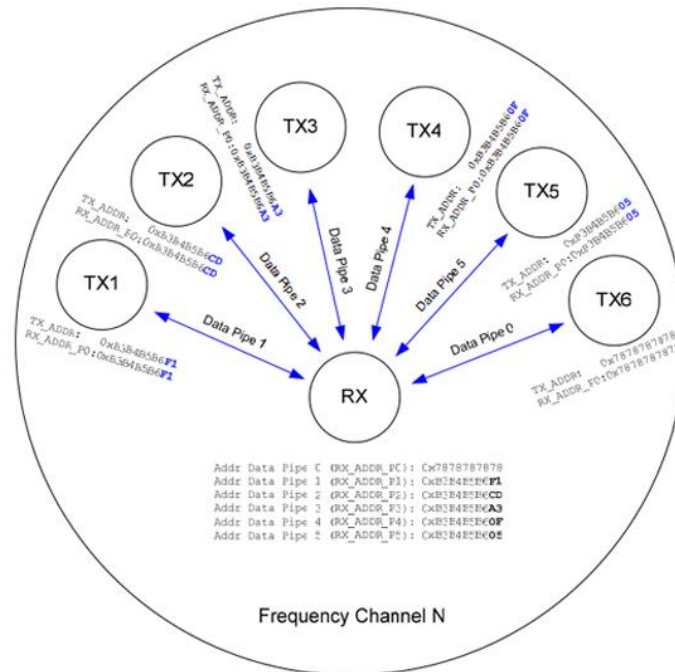
Διάγραμμα 12: Διαγραμματικό σχήμα αρχιτεκτονικής του πομποδέκτη NRF24L01+

Specification	Value
PCB Size	15mm*29mm*0.8mm
Power supply	1.9V~3.6V
Working current	13.5mA at 2Mbps / 11.3mA at 0dBm output power
IO counts	8
Sensitivity	-85dBm at 1Mbps
Emission distance	70~100 meter at 256kbps
Data rate	256kbps / 1Mbps / 2Mbps
Communication mode	Enhanced ShockBurst TM / ShockBurst TM
Working mode	Power Down Mode / Standby Mode / RX Mode / TX Mode
Temperatures	Operating: -40°C ~ 85°C / Storage: -40°C ~ 125°C

Πίνακας 9: Τεχνικά χαρακτηριστικά του πομποδέκτη NRF24L01+

Το NRF24L01+ module σε τοπολογία δικτύου αστέρα.

Αν ο πομποδέκτης NRF24L01+ παραμετροποιηθεί σαν πρωταρχικό RX (PRX) πρωτόκολλο, θα έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει δεδομένα από έξι διαφορετικές συνδέσεις δεδομένων (Data Pipes). Η κάθε «σωλήνα» δεδομένων θα έχει μοναδική διεύθυνση αλλά θα μοιράζεται το ίδιο κανάλι συχνοτήτων. Αυτό σημαίνει ότι έξι διαφορετικά NRF24L01+ με αρχικοποίηση στο πρωτόκολλο TX (PTX) μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο με ένα NRF24L01+ ρυθμισμένο σαν PRX το οποίο θα διακρίνεται από τα υπόλοιπα modules. Η σωλήνα δεδομένων 0, έχει μοναδική παραμετροποιήσιμη διεύθυνση 40 bit ενώ οι υπόλοιπες σωλήνες δεδομένων (1 έως 5) διαθέτουν 8 bit μοναδική διεύθυνση και μοιράζονται τα 32 πιο σημαντικά ψηφία (MSB – Most Significant Address Bits)



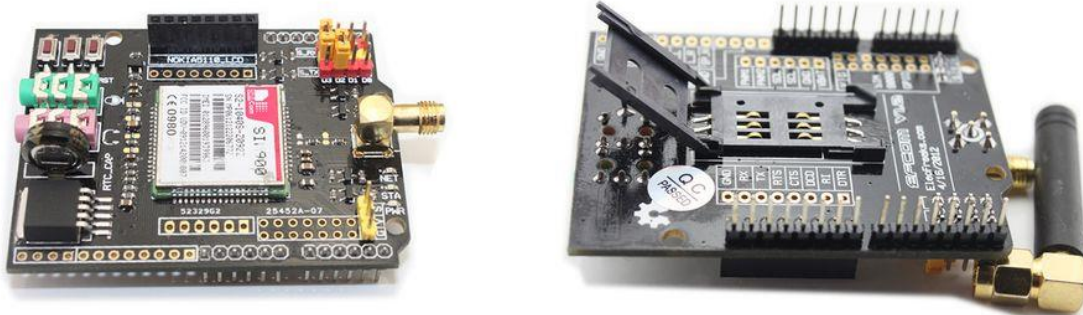
Διάγραμμα 13: Σχηματικό διάγραμμα της τοπολογίας αστέρια που χρησιμοποιείται από το NRF24L01+

Ο πομποδέκτης nRF24L01+ κυκλοφορεί επίσημα σε δύο διαφορετικές εκδόσεις. Η πρώτη είναι με ενσωματωμένη zig-zag κεραία και η δεύτερη έκδοση που έρχεται με ενισχυτή ισχύος μετάδοσης, δέκτη προ ενίσχυσης χαμηλού θορύβου και εξωτερική μεγαλύτερης εμβέλειας κεραία. Προφανώς η δεύτερη έκδοση είναι καλύτερη από την πρώτη αλλά και πολύ ακριβότερη. Παρακάτω παρουσιάζεται η δεύτερη έκδοση του πομποδέκτη με διαφορετικές κεραίες.



Εικόνα 21: Έκδοση του module με εξωτερική κεραία. Εικόνα 22: Έκδοση του module με προέκταση καλωδίου εξωτερικής κεραίας.

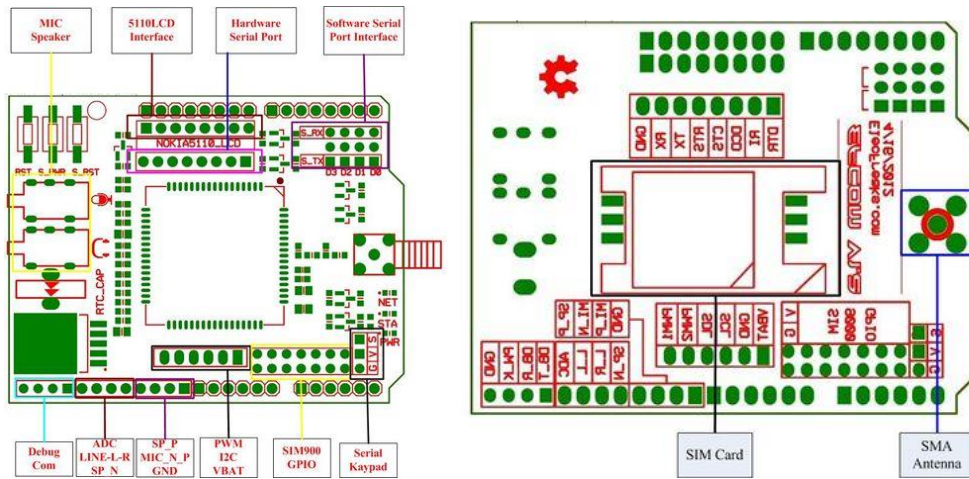
Υπάρχουν πολλά ακόμα που κάποιος πρέπει να ξέρει προκειμένου να χρησιμοποιήσει πλήρως τις δυνατότητες αυτού του module (όπως το πώς πραγματοποιείται η μεταγωγή πακέτων κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας) όμως είναι αρκετά εξειδικευμένα θέματα που δεν θα απασχολήσουν τον μέσο χρήστη στην προσπάθειά του να αξιοποιήσει αυτά τα modules.

2) GSM/GPRS Shield – Κάρτα χρήσης πρωτοκόλλου κινητής τηλεφωνίας

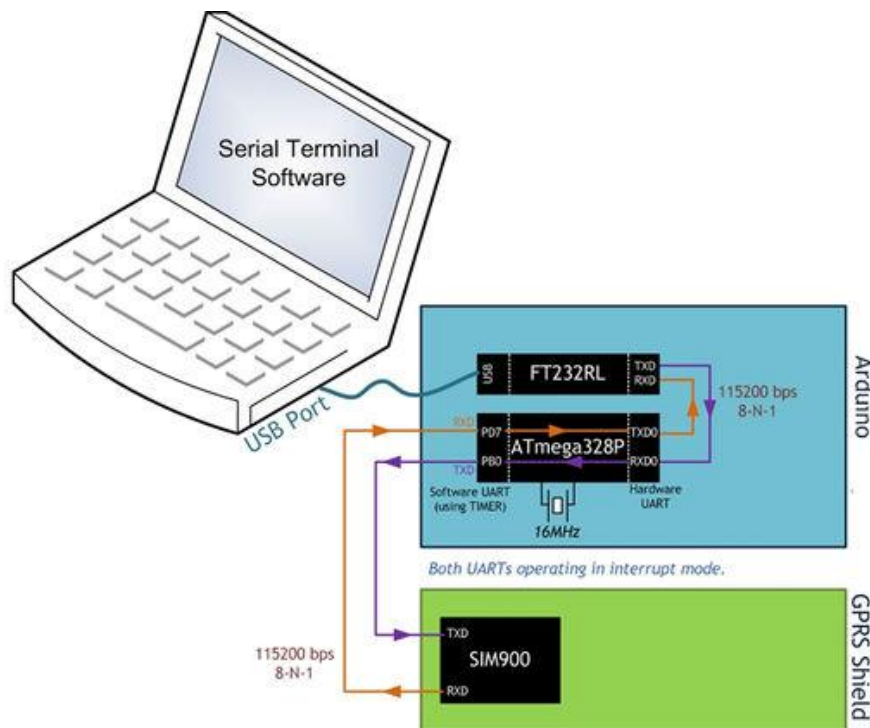
Εικόνα 23: πάνω όψη της GSM/GPRS ασπίδας (αριστερά). Εικόνα 24: Κάτω όψη της ασπίδας (δεξιά)

Η παραπάνω GSM/GPRS Shield της EFCOM είναι πλήρως συμβατή με όλα τα μοντέλα Arduino που έχουν ίδια φόρμα διεπαφής ακροδεκτών με μια κλασική πλακέτα Arduino. Βασίζεται στο SIM900 GPRS module το οποίο υποστηρίζει GSM/GPRS 850/900/1800/1900MHz συχνότητες για λειτουργίες φωνής (Voice), μηνυμάτων (SMS), δεδομένων (Data) και τηλεομοιοτυπίας (FAX) σε ιδιαίτερα μικρό μέγεθος και μικρή κατανάλωση ενέργειας. Η ασπίδα παραμετροποιείται και ελέγχεται από την τεχνολογία UART που διαθέτει (δηλαδή από τη σειριακή θύρα όπως αλλιώς ονομάζεται) χρησιμοποιώντας το σετ εντολών AT Commands. Μέσω των δύο Jumper block μπορεί να συνδεθεί το SIM900 τσίπ σε έναν από τους 4 ακροδέκτες που υπάρχουν πάνω στην πλακέτα. Επίσης υπάρχει ένας ενσωματωμένος διακόπτης στην ασπίδα που χρησιμοποιείται για να καθοριστεί το είδος λειτουργίας της ασπίδας (αν χρησιμοποιήσει δηλαδή την UART Port ή την Debug Port). Η ενσωμάτωση ενός Super Capacitor τροφοδοτικού για το RTC Module δίνει τη δυνατότητα αυτονομίας του module έως και παραπάνω της μιας ημέρας, που σημαίνει ότι η ασπίδα μπορεί να κρατάει την ώρα ακόμα και αν δεν τροφοδοτείται από ρεύμα. Επιπλέον εκτός από τους διακόπτες S_PWR και S_RST που χρησιμοποιούνται για να εκκινήσουν και να επανεκκινήσουν την πλακέτα, υπάρχει η ευκολία του να εκτελεστούν αυτές οι λειτουργίες και μέσω των ακροδεκτών D6 και D5 και κατ' επέκταση μέσα από το πρόγραμμα που φορτώνεται στο Arduino. Μερικά από τα χαρακτηριστικά της ασπίδας περιγράφονται περιληπτικά παρακάτω:

- 4 διαφορετικές συχνότητες (Quad-Band) 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Έλεγχος μέσω των AT commands (GSM 07.07 ,07.05 and EFCOM enhanced AT Commands)
- Εργαλεία εφαρμογής SIM
- Εμβέλεια τάσης λειτουργίας : 3.1 - 4.8V
- Μικρή κατανάλωση ενέργειας: 1.5mA(sleep mode)
- Θερμοκρασίες λειτουργίας: -40°C to +85 °C
- Διαστάσεις :68.33x53.09mm (ίδια με αυτήν του Arduino Uno)



Διάγραμμα 14: Διαγραμματική πάνω (Αριστερά) και κάτω (δεξιά) όψη της GSM/GPRS Shield



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα Block για την επικοινωνία της GPRS Shield με έναν υπολογιστή μέσω FT232RL και ATmega328P (Arduino)

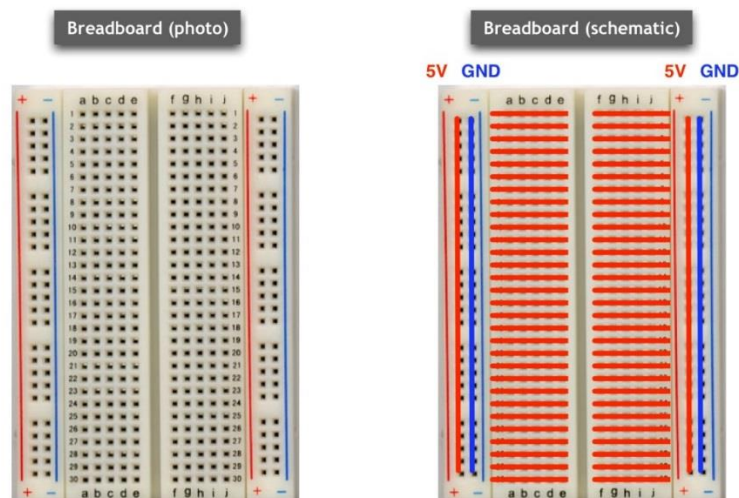
5.2.4 Επιπλέον Υλικό

1) Πλακέτες προτυποποίησης – Breadboards

Τα Breadboards όπως είναι η επίσημη ονομασία τους, αποτελούν το πιο εισαγωγικό κομμάτι στα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Το Breadboard είναι μια βάση κατασκευής για προτυποποίηση ηλεκτρονικών στοιχείων. Αρχικά υπήρξε όντως (όπως υποδηλώνει και η ονομασία του) μια ξύλινη επιφάνεια για την κοπή ψωμιού. Στις αρχές τις δεκαετίας του 1970 κυκλοφόρησε το πρώτο Plugboard χωρίς την ανάγκη για συγκόλληση των συνδέσεων ενώ σήμερα είναι γνωστό πια σαν Breadboard ή Prototype ενώ στην Ελληνική αγορά συναντάται και ως ράστερ. Επειδή δεν χρειάζεται κολλήσεις για τις συνδέσεις των ακροδεκτών το κάνει να είναι ανακυκλώσιμο προϊόν και γι' αυτό και είναι τόσο δημοφιλές.

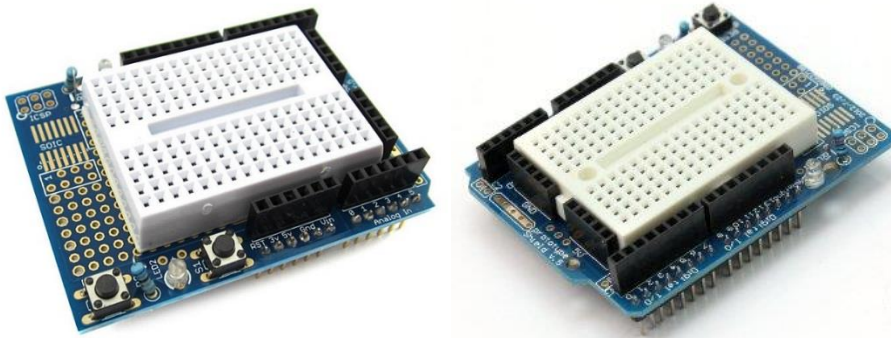
Πάντα στην κατασκευή ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος το πρώτο στάδιο είναι το χαρτί και το δεύτερο η υλοποίηση του σε ένα ράστερ, για τον έλεγχο του ώστε όταν περαστεί σε πλακέτα να είμαστε σίγουροι ότι λειτουργεί σωστά.

Το ράστερ αποτελείται από πολλές μικρές τρυπούλες, καθώς και τρεις (το λιγότερο) μπόρνες για να δώσουμε την τροφοδοσία που επιθυμούμε. Οι μεγάλες οριζόντιες γραμμές (κόκκινη και μπλε) δείχνουν τη σύνδεση των τρυπών κάτω από την επιφάνεια του ράστερ σε εκείνη την περιοχή. Όλες οι υπόλοιπες τρυπούλες ενώνονται ανά κάθετες πεντάδες (εικόνα). Αυτές αποτελούνε τους κόμβους ουσιαστικά του κυκλώματος μας και με αυτές υλοποιείται το κυρίως κύκλωμα που θέλουμε να κατασκευάσουμε.



Εικόνα 25: Πάνω όψη ενός μεσαίων διαστάσεων breadboard (αριστερά). Εικόνα 26: Σχηματικό διάγραμμα του breadboard για το πώς υλοποιούνται οι συνδέσεις σε αυτό.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν επίσης και κάποιες ειδικές ασπίδες για τα Arduino (Prototyping Shields όπως ονομάζονται), οι οποίες έχουν ενσωματωμένο mini breadboard για καλύτερη οργάνωση. Μια τέτοια ασπίδα χρησιμοποιήθηκε και στο πρότζεκτ (εικόνα 26).



Εικόνα 27: prototyping shield που χρησιμοποιήθηκε στον αισθητήριο κόμβο.

2) Τροφοδοσία του συστήματος

Το Arduino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φιν των 2.1mm (θετικός πόλος στο κέντρο) και βρίσκεται στην κάτω-αριστερή γωνία του Arduino.



Εικόνα 28: Εξωτερικό τροφοδοτικό του Arduino (αριστερά). Εικόνα 29: Εξωτερική τροφοδοσία μέσω μπαταριών (δεξιά).

Για να μην υπάρχουν προβλήματα, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC.

Έχοντας τα παραπάνω υπόψιν και ότι το σύστημα προορίζεται για εγκαταστάσεις σε καλλιεργήσιμους χώρους, έγινε αμέσως κατανοητό ότι η ενέργεια που θα αντλούσε θα ερχόταν από την υποδοχή της εξωτερικής τροφοδοσίας. Βέβαια είναι πολύ σπάνιο να υπάρχει ηλεκτρική εγκατάσταση στο χωράφι οπότε έμεινε η λύση των μπαταριών. Επίσης το σύστημα θα βρίσκεται σε ανοιχτό χώρο και ως εκ τούτου θα υπάρχει η παρουσία του ήλιου σε ένα σημαντικό ποσοστό της ημέρας (αν λάβουμε υπόψιν ότι βρισκόμαστε σε μια μεσογειακή χώρα που έχει κατά μέσο όρο 336 ημέρες τον χρόνο ηλιοφάνεια). Όλα τα παραπάνω μαζί με την ανάγκη της φορητότητας συνέβαλαν στο να δοθεί η απαιτούμενη τροφοδότηση του κεντρικού κόμβου (Server Node) με ένα μικρό φωτοβολταϊκό σύστημα και του κόμβου αισθητήρων αποκλειστικά με μπαταρίες.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις καταναλώσεις σε κατάσταση αναμονής και πλήρης λειτουργίας των δύο κόμβων.

Arduino Uno				
Module	Τάση (V)	MIN Ένταση (A)	MAX Ένταση(A)	MAX Κατανάλωση ρεύματος (W)
Arduino Uno	5V	0mA	40mA	0.2W
nRF24L01+	5V	900nA	15mA	0.075W
DHT22	5V	0mA	1.5mA	0.0075W
Soil Moisture	5V	0mA	35mA	0.175W
		Σύνολο: 900nA	Σύνολο: 91,5mA	Σύνολο: 0.4575W

Πίνακας 10: Καταναλώσεις του κόμβου αισθητήρων.

Arduino Mega 2560				
Module	Τάση (V)	MIN Ένταση (A)	MAX Ένταση(A)	MAX Κατανάλωση ρεύματος (W)
Arduino Mega	5V	0mA	220mA	1.1W
nRF24L01+	5V	900nA	15mA	0.075W
GSM Shield	5V	1.5mA	400mA	2W
LCD	5V	0.2mA	1.2mA	0.006
RELAY	5V	0mA	15mA	0.075W
		Σύνολο: 2,6mA	Σύνολο: 651,2mA	Σύνολο: 3.1885W

Πίνακας 11: Καταναλώσεις κεντρικού κόμβου.

Οι πλακέτες Arduino χρειάζονται 20mA για κάθε ακροδέκτη εισόδου-εξόδου (είτε ψηφιακό είτε αναλογικό) που είναι συνδεδεμένος με κάποιο module. Γι' αυτό και όσον αφορά το Arduino Uno, εφόσον χρησιμοποιούμε 2 ακροδέκτες του τότε $2 \times 20\text{mA} = 40\text{mA}$. Αντίστοιχα από το Arduino Mega χρησιμοποιούμε 11 ακροδέκτες οπότε έχουμε $20 \times 11 = 220\text{mA}$. Να σημειωθεί ότι όσα modules χρησιμοποιούν εξωτερική τροφοδοσία δεν προσαυξάνονται στις απαιτήσεις του Arduino για ένταση ρεύματος (Current). Η κατανάλωση ρεύματος (Watt) προέκυψε πολλαπλασιάζοντας την μέγιστη ένταση του κάθε module με την ονομαστική τάση που δέχεται.

Άρα προκειμένου να υπολογίσουμε πόσο θα κρατήσει η μπαταρία θα πρέπει να διαιρέσουμε τα αμπερώρια της μπαταρίας (mAh) με το συνολική ένταση ρεύματος που χρειάζεται ο κάθε κόμβος (Current, A).

Οπότε για τον κόμβο αισθητήρων έχουμε:

Μπαταρία 9V / 545mAh -> 0.545Ah

Arduino Uno 5V / 91.5mAh -> 0.0915A

$$\Rightarrow 0.545 - 0.091 \approx 6 \text{ (Ωρες)}$$

Για τον κεντρικό κόμβο έχουμε:

Μπαταρία 12V / 7000mAh -> 7Ah

Arduino Uno 5V / 651,2mAh -> 0.6512A

$$\Rightarrow 7000 - 0,6512 \approx 11 \text{ (Ωρες)}$$

Σημείωση: Οι ώρες που υπολογίστηκαν ισχύουν με την προϋπόθεση ότι το σύστημα θα δουλεύει συνεχώς με τις μέγιστες τιμές κατανάλωσης. Αυτό δεν πρόκειται να γίνει σε αυτό το πρότζεκτ καθώς μέσα από τον προγραμματισμό των δύο μικροελεγκτών υπάρχει η δυνατότητα για απενεργοποίηση ή αναμονή των modules. Οπότε μετά οι προηγούμενες αναγραφόμενες ώρες εύκολα θα πολλαπλασιαστούν. Ειδικά στον Server Node η μπαταρία θα επαναφορτίζεται μέσω του ηλιακού πάνελ ώστε η διάρκειά της να αυξηθεί σε χρόνια.

3) Φωτοβολταϊκό Σύστημα για τον κεντρικό κόμβο

Το φωτοβολταϊκό σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί στο πρότζεκτ είναι μικρής κλίμακας διότι δεν υπάρχουν και μεγάλες απαιτήσεις από τον κόμβο. Τα μέρη τα οποία θα το αποτελούν είναι ένα ηλιακό πάνελ μια μπαταρία μολυβδου και έναν ρυθμιστή φόρτισης.

Το πάνελ



Εικόνα 30: Το φ/β πάνελ.

Το πάνελ έχει έξοδο τάσης 12V ενώ παράγει 1,5Watt ενέργειας. Είναι κατασκευασμένο από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο και οι φυσικές διαστάσεις του είναι 115 x 85 x 3 mm.

Η μπαταρία



Εικόνα 31: Η μπαταρία μολυβδου.

Επαναφορτιζόμενη μπαταρία μολυβδου με ονομαστική τάση 12V και χωρητικότητα 7.0AH/20HR.

Ρυθμιστής φόρτισης



Εικόνα 32: Ο ρυθμιστής φόρτισης.

Απαραίτητο εξάρτημα προκειμένου να φορτιστεί η μπαταρία από το ηλιακό πάνελ. Όπως φαίνεται και στην φωτογραφία 31, συνδέεται πάνω του το ηλιακό πάνελ σαν τάση εισόδου, έπειτα φορτίζει τη συνδεμένη μπαταρία μόλυβδου και τέλος συνδέονται στην ένδειξη Load δύο καλώδια που θα τροφοδοτήσουν την πλακέτα του Arduino.

Για λόγους ευχρηστίας τα δύο καλώδια που καταλήγουν στο Arduino συνδέθηκαν με ένα φισ ώστε να συνδεθεί στην κατάλληλη είσοδο και όχι σαν καλώδια στους ακροδέκτες Vin και Gnd.



Εικόνα 33: Στρογγυλό φισ 2.1 χιλιοστών.

4) Μπαταρία για τον κόμβο Client

Ο κόμβος αισθητήρων θα τροφοδοτηθεί από μια απλή 9-βολτη μπαταρία όπως φαίνεται στην εικόνα 33.



Εικόνα 34: προσαρμογέας 9βολτης μπαταρίας σε 2.1 χιλιοστών φισ.

5.3 Λογισμικό (Software)

Το σύστημα δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί χωρίς τον κατάλληλο προγραμματισμό του. Στην ουσία μέσω του προγραμματισμού «δένουν» όλα τα υλικά μεταξύ τους και είναι σε θέση να συντονιστούν και να επικοινωνήσουν. Ο προγραμματισμός του συστήματος χωρίστηκε σε δύο μέρη. Στον κώδικα των Arduino και στον κώδικα της Web εφαρμογής που και αυτά τα δύο μέρη με τη σειρά τους χωρίστηκαν σε μικρότερες κατηγορίες κάθε μια από τις οποίες είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας. Δεν είναι τυχαίο βέβαια ότι όλοι οι καθηγητές και γενικότερα όσοι ασχολούνται με κάθε είδος προγραμματισμού εφαρμόζουν το αρχαίο ρητό «διαίρει και βασιλεύε».

5.3.1 Προγραμματισμός Arduino

Για τον προγραμματισμό και των δύο Arduino χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό που διαθέτει η ίδια η εταιρία δωρεάν και δεν είναι άλλο από το Arduino IDE.

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία εφαρμογή γραμμένη σε Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες, και προέρχεται από το IDE για τη γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring. Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει τον προγραμματισμό στους καλλιτέχνες και τους νέους που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη λογισμικού. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκύλων και είναι επίσης σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα με ένα μόνο κλικ. Δεν υπάρχει συνήθως καμία ανάγκη να επεξεργαστείτε αρχεία make ή να τρέξετε προγράμματα σε ένα περιβάλλον γραμμής εντολών. Ένα πρόγραμμα ή κώδικας που γράφτηκε για Arduino ονομάζεται σκίτσο (sketch).

Τα Arduino προγράμματα είναι γραμμένα σε C ή C++. Το Arduino IDE έρχεται με μια βιβλιοθήκη λογισμικού που ονομάζεται "Wiring" από το πρωτότυπο σχέδιο Wiring γεγονός που καθιστά πολλές κοινές λειτουργίες εισόδου/εξόδου πολύ πιο εύκολες. Οι χρήστες πρέπει μόνο να ορίσουν δύο λειτουργίες για να κάνουν ένα πρόγραμμα κυκλικής εκτέλεσης:

- `setup()`: μία συνάρτηση που τρέχει μία φορά στην αρχή του προγράμματος η οποία αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις
- `loop()`: μία συνάρτηση η οποία καλείται συνέχεια μέχρι η πλακέτα να απενεργοποιηθεί

Δεδομένου ότι η πλατφόρμα Arduino χρησιμοποιεί Atmel μικροελεγκτές, το περιβάλλον ανάπτυξης της Atmel, το AVR Studio ή το νεότερη έκδοση του Atmel Studio, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη λογισμικού για το Arduino.

BIBΛΙΟΘΗΚΕΣ ARDUINO

Βιβλιοθήκη ονομάζεται μια συλλογή έτοιμων συναρτήσεων η οποία μπορεί να ενσωματωθεί σε μια γλώσσα προγραμματισμού και να εισαχθεί σε ένα πρόγραμμα επεκτείνοντας τις δυνατότητες του. Αυτό σημαίνει ότι αφού εισάγουμε μια βιβλιοθήκη σε ένα πρόγραμμα οι αντίστοιχες συναρτήσεις μπορούν να χρησιμοποιούνται σαν να ήταν εντολές της γλώσσας.

Στο Arduino οι βιβλιοθήκες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο καθώς απλοποιούν τη χρήση περιφερειακών συσκευών και αισθητήρων. Προκειμένου να μπορέσουμε να προγραμματίσουμε το Arduino ώστε να χρησιμοποιεί τα διάφορα module που είναι συνδεδεμένα σε αυτό θα έπρεπε να γνωρίζαμε όλες τις τεχνικές λεπτομέρειες της λειτουργίας τους. Με τη χρήση των βιβλιοθηκών οι τεχνικές λεπτομέρειες χαμηλού επιπέδου κρύβονται μέσα στο σώμα των συναρτήσεων αυτών. Το μόνο που χρειάζεται να γνωρίζει ο προγραμματιστής είναι ο τρόπος κλήσης της κάθε συνάρτησης και η εργασία που εκτελεί.

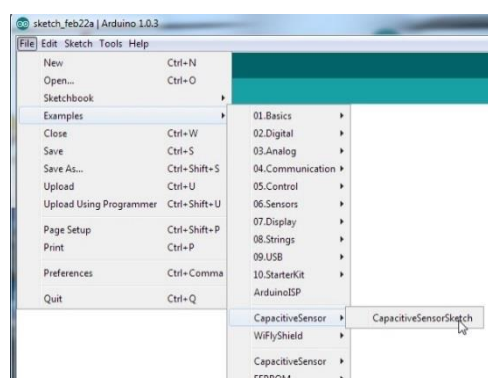
Μια βιβλιοθήκη στη Wiring C αποτελείται τουλάχιστον από δύο αρχεία. Ένα αρχείο header (.h) που περιλαμβάνει τους ορισμούς όλων των συναρτήσεων της βιβλιοθήκης και ένα αρχείο (.cpp) το οποίο περιλαμβάνει τις υλοποιήσεις των συναρτήσεων (τον κώδικα).

Το IDE του Arduino διαθέτει μια σειρά από προ εγκατεστημένες βιβλιοθήκες. (εικόνα) Ωστόσο, οι βιβλιοθήκες αυτές δεν καλύπτουν όλες τις πιθανές διατάξεις που μπορούν να συνδεθούν με το Arduino. Συνεπώς μπορεί να χρειαστεί να ενσωματώσουμε στο IDE μια καινούρια βιβλιοθήκη. Τις περισσότερες φορές οι βιβλιοθήκες που χρειαζόμαστε μπορούν να βρεθούν ελεύθερα στο διαδίκτυο με τη μορφή ενός συμπιεσμένου αρχείου.

Η εισαγωγή μιας βιβλιοθήκης σε ένα πρόγραμμα γίνεται με την εντολή προεπεξεργαστή `#include`. Η `#include` έχει τους παρακάτω εναλλακτικούς τρόπους σύνταξης:

```
#include <file>
#include "file"
```

Όπου file είναι το όνομα του αρχείου header της επιθυμητής βιβλιοθήκης. Εκείνο που αλλάζει ανάμεσα στις δύο συντάξεις είναι οι φάκελοι μέσα στους οποίους αναζητείται το αρχείο file. Στην πρώτη σύνταξη το αρχείο αναζητείται στους προκαθορισμένους φακέλους βιβλιοθηκών ενώ στην δεύτερη το αρχείο αναζητείται πρώτα στο φάκελο μέσα στον οποίο βρίσκεται το πηγαίο πρόγραμμα και στη συνέχεια στους προκαθορισμένους φακέλους.



Εικόνα 35: Εικόνα στιγμιότυπου από το Arduino IDE.

Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την εργασία είναι:

- **#include <DHT.h>**
Προ εγκατεστημένη στο Arduino IDE. Απαραίτητη βιβλιοθήκη για να λειτουργήσει ο αισθητήρας DHT22.
- **#include <SPI.h>**
Προ εγκατεστημένη στο Arduino IDE. Επιτρέπει την επικοινωνία με SPI συσκευές ορίζοντας το Arduino σαν Master συσκευή.
- **#include <RF24.h>**
Υπάρχει προ εγκατεστημένη στο Arduino IDE αλλά προτιμήθηκε μια άλλη έκδοση της. Χρησιμοποιείται από το nRF24L01+ module για την ασύρματη ραδιο-επικοινωνία.
- **#include <NewSoftSerial.h>**
Βελτιωμένη έκδοση της SoftwareSerial που είναι υπεύθυνη για την σειριακή επικοινωνία σε όλους τους ψηφιακούς ακροδέκτες.
- **#include <String.h>**
Προ εγκατεστημένη στο Arduino IDE. Επιτρέπει τη διαχείριση συμβολοσειρών (String) με έναν πιο πολύπλοκο τρόπο.
- **#include <Wire.h>**
Προ εγκατεστημένη στο Arduino IDE. Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τις I2C/TWI συσκευές.
- **#include <LiquidCrystal_I2C.h>**
Προ εγκατεστημένη στο Arduino IDE. Υπεύθυνη για την οδήγηση της LCD οθόνης
- **#include <Keypad.h>**
Προ εγκατεστημένη στο Arduino IDE. Χρησιμοποιείται από το αριθμητικό πληκτρολόγιο.

Όλες οι απαραίτητες βιβλιοθήκες μαζεμένες υπάρχουν σε αυτόν τον ιστότοπο <http://arduino-info.wikispaces.com/Arduino-Libraries#ydlibs>

5.3.2 Δημιουργία Ιστοσελίδας

Η ιστοσελίδα δημιουργήθηκε με σκοπό την εξ' αποστάσεως διαχείριση του συστήματος. Με το που πληκτρολογήσει ο χρήστης την διεύθυνση της (<http://www.arduinowateringsystem.com>) φορτώνεται η αρχική σελίδα της εφαρμογής η οποία καλωσορίζει τον εκάστοτε χρήστη και του ζητάει να συνδεθεί στην ιντερνετική πλατφόρμα. Η σύνδεση του χρήστη είναι απαραίτητη προκειμένου να καθοριστεί αν αυτός που θέλει να διαχειριστεί το σύστημα και να προκαλέσει αλλαγές έχει τα απαιτούμενα δικαιώματα. Δεν υπάρχει λόγος να μπορεί ο καθένας να διαχειρίζεται το σύστημα και γι' αυτό υπάρχει και αυτή η μορφή ασφάλειας.

Εφόσον ο χρήστης συνδεθεί επιτυχώς, αυτόματα μεταφέρεται στην αρχική σελίδα της εφαρμογής όπου μπορεί να δει βασικές πληροφορίες για το αυτοματοποιημένο σύστημα που δημιουργήθηκε.

Έπειτα έχει 4 επιλογές να επιλέξει. Αρχικά στη σελίδα «Μετρήσεις Αισθητήρων» μπορεί να παρακολουθήσει τις μετρήσεις που έχουν καταγράψει τα αισθητήρια όργανα του συστήματος. Αυτά αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων MYSQL και απεικονίζονται στην σελίδα μέσα σε έναν πίνακα για να είναι ευδιάκριτα από τον χρήστη. Επίσης αν το επιθυμεί ο χρήστης μπορεί με το πάτημα ενός κουμπιού «GetDataNow!», να δώσει εντολή για να πάρουν καινούριες μετρήσεις οι αισθητήρες.

Η δεύτερη επιλογή που έχει ο χρήστης είναι να αλλάξει την κατάσταση του ρελέ από την σελίδα «Απομακρυσμένος Έλεγχος». Εκεί με μία πολύ απλή HTML φόρμα επιλέγει την ηλεκτροβάννα και την κατάσταση που θέλει να έχει. Μετά από μια σειρά εντολών η δικτυακή εφαρμογή ενημερώνει το Arduino για την νέα κατάσταση του ρελέ και αυτό με τη σειρά του πράττει ανάλογα.

Η Τρίτη σελίδα της Web εφαρμογής, ονομάζεται «Σχετικά με την Εργασία» και όπως υποδηλώνει και το όνομά της δίνει μια περίληψη της πτυχιακής εργασίας. Επιπλέον ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει σε ηλεκτρονική μορφή (PDF) ολόκληρη την πτυχιακή και σε PowerPoint την παρουσίασή της.

Στην τέταρτη σελίδα μπορεί κανείς να βρει οπτικοακουστικό υλικό του πρότζεκτ καθώς και βίντεο-παρουσίαση της λειτουργίας του συστήματος.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της ιστοσελίδας είναι HTML, PHP και JAVASCRIPT ενώ η βάση δεδομένων γράφτηκε σε κώδικα SQL.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Αρχικά κατασκευάστηκε η πειραματική έκδοση της εφαρμογής τοπικά στον υπολογιστή. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάστηκε πρώτα από όλα ένας τοπικός Server, μια βάση δεδομένων ένας κειμενογράφος και τέλος ένας φυλλομετρητής (Web Browser).

- WampServer

Ο WampServer είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης δικτυακών εφαρμογών για τα MS Windows. Επιτρέπει τη δημιουργία Web εφαρμογών προσφέροντας στον προγραμματιστή τον Apache Server, την νεότερη έκδοση της PHP και MYSQL βάση δεδομένων μαζί με το εργαλείο PhpMyAdmin που προσφέρει εύκολη διαχείριση της βάσης δεδομένων. Ο WampServer μπορεί να βρεθεί εδώ: (<http://www.wampserver.com/en/>)

- Notepad++

Το Notepad++ είναι ένας δωρεάν, (ανοιχτού κώδικα) κειμενογράφος επεξεργασίας πηγαίου κώδικα, που όμως αντικαθιστά και τις απλές λειτουργίες του ενσωματωμένου κειμενογράφου των Windows. Έχει αναπτυχθεί στη γλώσσα C++ και χρησιμοποιεί καθαρό Win32 API και STL τα οποία εγγυώνται υψηλότερη ταχύτητα εκτέλεσης και μικρότερο μέγεθος προγράμματος. Το Notepad++ είναι διαθέσιμο για κατέβασμα εδώ: (<https://notepad-plus-plus.org/download/v7.html>).

Έπειτα για την προβολή της Web εφαρμογής στο διαδίκτυο έπρεπε να κατοχυρωθεί ένα Domain Name (ονομασία της σελίδας η οποία αντιστοιχεί σε πραγματική IP διεύθυνση) και να φιλοξενηθεί από μία εταιρία που έχει ειδικούς Servers ανά τον κόσμο με σκοπό το Hosting ιστοσελίδων. Όταν πια είχε κατοχυρωθεί η ονομασία της σελίδας (<http://www.arduinowateringsystem.com>), με τη βοήθεια ενός FTP Client (filezilla), πραγματοποιήθηκε η μεταφορά της εφαρμογής στον πραγματικό απομακρυσμένο Server.

Η μοναδική αλλαγή που έπρεπε να γίνει στον κώδικα της εφαρμογής κατά τη μεταφορά από τον τοπικό στον live Server ήταν η παραμετροποίηση της βάσης δεδομένων, η οποία δημιουργήθηκε ξανά από την αρχή.

Η βάση δεδομένων της εφαρμογής ονομάζεται sensorvalues και αποτελείται από 3 πίνακες. Ο πρώτος είναι ο sensors_status ο οποίος κρατάει τα στοιχεία των αισθητήρων. Έχει 5 στήλες, την id που είναι απλά ένας χαρακτηριστικός κωδικός της κάθε γραμμής. Έχει τον περιορισμό του Primary Key που προσδιορίζει μοναδικά κάθε εγγραφή σε έναν πίνακα της βάσης δεδομένων και επίσης έχει οριστεί και σαν Auto Increment που σημαίνει ότι η τιμή του θα αυξάνεται κατά 1 κάθε φορά που εισάγεται σαν εγγραφή στον πίνακα της βάσης. Η δεύτερη στήλη ονομάζεται temperature και αποθηκεύει τη θερμοκρασία σε βαθμούς κελσίου. Η Τρίτη στήλη, humidity, αποθηκεύει την υγρασία της ατμόσφαιρας σε ποσοστό % ενώ η στήλη με όνομα soil κρατάει την υγρασία χώματος. Τέλος η στήλη «last_measurement» έχει σαν τιμή την συνάρτηση NOW(), η οποία επιστρέφει την ακριβή ώρα που έγινε η εγγραφή στον πίνακα της βάσης δεδομένων.

SELECT * FROM `sensors_status`

Δημιουργία προφίλ [Επεξεργασία εσωτερικά] [Επεξεργασία] [Ανάλυση SQL]

Εμφάνιση όλων | Αριθμός εγγραφών: 25 | Φιλτράρισμα εγγραφών: Αναζήτηση σε αυτόν τον

+ Επιλογές

	id	temperature	humidity	soil	last_measurement
<input type="checkbox"/> Επεξεργασία <input type="checkbox"/> Αντιγραφή <input type="checkbox"/> Διαγραφή	1	30	50	100	2016-09-30 07:32:42

↑ Επιλογή όλων Με τους επιλεγμένους: Επεξεργασία Αντιγραφή Διαγραφή Εξαγωγή

Εικόνα 36: Πίνακας βάσης δεδομένων για την αποθήκευση των μετρήσεων των αισθητήρων.

Ο δεύτερος πίνακας ονομάζεται valve_satus και αποτελείται από 3 στήλες. Την id, και τις valveone και valvetwo. Και οι δύο είναι τύπου TEXT και δηλώνουν αν η βάνες είναι ανοιχτές ή κλειστές.

SELECT * FROM `valve_satus`

Δημιουργία προφίλ [Επεξεργασία εσωτερικά] [Επεξεργασία] [Ανάλυση SQL]

Εμφάνιση όλων | Αριθμός εγγραφών: 25 | Φιλτράρισμα εγγραφών: Αναζήτηση σε αυτόν τον

+ Επιλογές

	id	valveone	valvetwo
<input type="checkbox"/> Επεξεργασία <input type="checkbox"/> Αντιγραφή <input type="checkbox"/> Διαγραφή	1	OFF	OFF

↑ Επιλογή όλων Με τους επιλεγμένους: Επεξεργασία Αντιγραφή Διαγραφή Εξαγωγή

Εικόνα 37: Πίνακας βάσης δεδομένων για την κατάσταση των καναλιών του ρελέ.

Ο τελευταίος πίνακας ονομάζεται members και χρησιμοποιείται μόνο για την πιστοποίηση των χρηστών στην εφαρμογή. Για τις ανάγκες της πτυχιακής έχει δημιουργηθεί μόνο ένας χρήστης ο οποίος είναι και ο μόνος που μπορεί να την διαχειριστεί. Χωρίς να σημαίνει βέβαια αυτό ότι δεν γίνεται να προστεθούν και άλλοι χρήστες αργότερα.

SELECT * FROM `members`

Δημιουργία προφίλ [Επεξεργασία εσωτερικά] [Επεξεργασία] [Ανάλυση SQL]

Εμφάνιση όλων | Αριθμός εγγραφών: 25 | Φιλτράρισμα εγγραφών: Αναζήτηση σε αυτόν τον

+ Επιλογές

	id	username	password
<input type="checkbox"/> Επεξεργασία <input type="checkbox"/> Αντιγραφή <input type="checkbox"/> Διαγραφή	1	nikos	nikos

↑ Επιλογή όλων Με τους επιλεγμένους: Επεξεργασία Αντιγραφή Διαγραφή Εξαγωγή

Εικόνα 38: Πίνακας βάσης δεδομένων για την πιστοποίηση των χρηστών.

6 Παραμετροποίηση του Συστήματος

Όπως είναι προφανές δεν γίνεται να κατασκευαστεί ένα μεγάλης κλίμακας πρότζεκτ απλά συνδέοντας μεταξύ τους όλες τις περιφερειακές συσκευές που χρειάζεται για να υλοποιηθεί. Η κάθε ασπίδα του Arduino (αν και δείχνει πολύ ξεκάθαρα ποια είναι η δουλειά της), χρειάζεται ξεχωριστή μεταχείριση και ειδική παραμετροποίηση προκειμένου να επικοινωνεί με το υπόλοιπο σύστημα και να λειτουργεί όπως θέλουμε να λειτουργεί. Στις παρακάτω ενότητες θα αναλυθεί τις αλλαγές, αρχικοποιήσεις ή παραμετροποιήσεις που χρειάστηκε το κάθε module προκειμένου να λειτουργεί αρμονικά με το σύστημα.

6.1 nRF24L01+

Τροφοδοσία

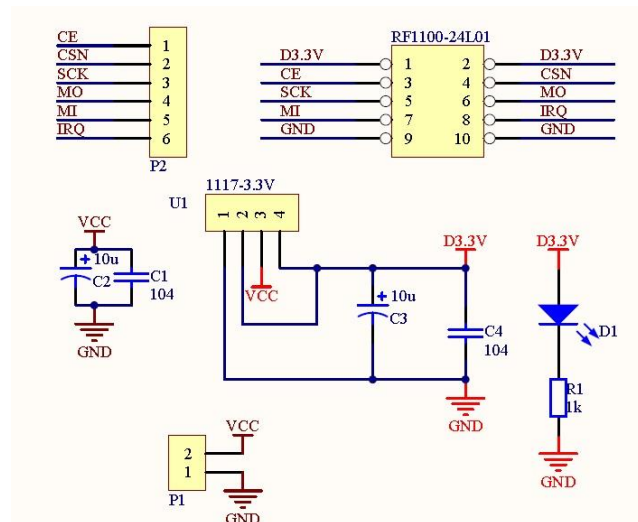
Οι πομποδέκτες nRF24L01+ λειτουργούν με θετική τάση 3,3V όπως αναγράφεται και στο εγχειρίδιο χρήσης τους. Ο κατασκευαστής βέβαια δηλώνει πως εάν του εφαρμοστεί τάση 5V θα υπάρχει κίνδυνος μόνιμης βλάβης στο module, καμία φορά ακόμα και στο Arduino. Παρ' όλα αυτά σε περιπτώσεις που τεθεί το module στη μέγιστη ισχύ του (με σκοπό την μεγαλύτερη εμβέλεια της κεραίας), δημιουργούνται θέματα αστάθειας λόγω του ότι δεν επαρκεί η ένταση του ρεύματος που περνάει από την τροφοδοσία των 3,3V του Arduino. Στα περισσότερα μοντέλα του Arduino η ένταση του ρεύματος που διατίθεται από την έξοδο των 3.3V είναι ίση με 50mA.

Υπάρχουν διάφορες λύσεις για αυτό το πρόβλημα, μερικές εκ των οποίων παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Χρησιμοποίηση της RF24 βιβλιοθήκης του TMRH20, (<https://github.com/TMRh20/RF24>), για να τεθεί η δύναμη (power) στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο έτσι ώστε να μειωθεί και η κατανάλωσή της ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με την εντολή `radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);`. Μετά πρέπει να απομακρυνθούν τα δύο modules περίπου στο ένα μέτρο. Όταν διαπιστωθεί ότι όλα λειτουργούν κανονικά και αν είναι γνωστό ότι υπάρχει 3.3V ρεύμα (της τάξεως των 250mA), μπορεί να αυξηθεί η δύναμη της ισχύς του σήματος. Οι εναλλακτικές επιλογές είναι:

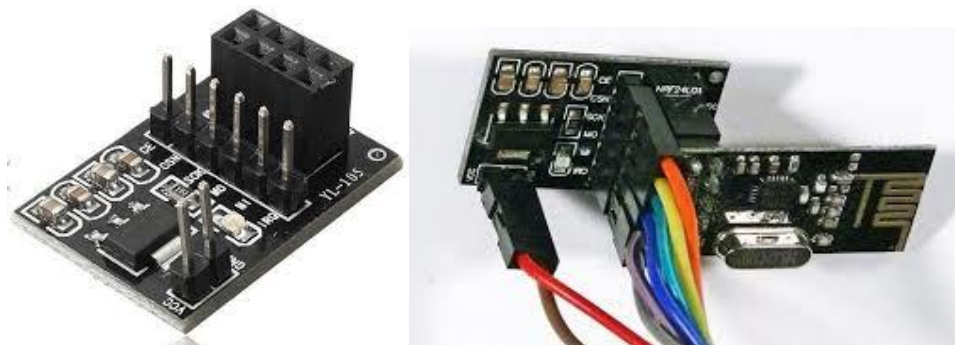
- RF24_PA_MIN
- RF24_PA_LOW
- RF24_PA_HIGH
- RF24_PA_MAX

- Σύνδεση ενός 3.3 – 10 μ F (μικρο- φαράντ) πυκνωτή απευθείας στο module από την +3.3V στο GND. Είναι ειδικά αποτελεσματικό εάν για την σύνδεση του module χρησιμοποιούνται καλώδια.
- Μια άλλη λύση είναι η χρήση ενός εξωτερικού 3.3V τροφοδοτικού μόνο για το module.
- Αν σχεδιαστεί μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος από την αρχή όπου το module θα συνδέεται πάνω της, να προστεθούν 0.1 μ F και 10 μ F πυκνωτές κοντά στη γείωση και την 3.3V θετική τάση όπως το παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 16: κυκλωματικό διάγραμμα για τη σύνδεση του nRF24L01+ module.

- Στο εμπόριο υπάρχουν ειδικά modules βάσης όπου συνδέονται πάνω τους το nRF24L01+. Παίρνουν τροφοδοσία από την 5V έξοδο του Arduino και έχουν ενσωματωμένο ρυθμιστή τάσης στα 3.3V. Διαθέτουν καλής ποιότητας πυκνωτές παράκαμψης (Bypass Capacitors) και γενικά κρατούν την λειτουργία του module ομαλή και αξιόπιστη ακόμα και αν η ισχύς του σήματος τεθεί σε μέγιστο επίπεδο.



Εικόνα 39: Το Base module του nRF24L01+ για την ομαλή λειτουργία του.

Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας προτιμήθηκε η λύση του base module διότι είναι αξιόπιστη και έχει αρκετά χαμηλό κόστος.

Εμβέλεια

Η εμβέλεια είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στο συγκεκριμένο module. Η μέγιστη τιμή της εμβέλειας επιτυγχάνεται αν τεθούν τα δύο modules (πομπός και δέκτης) σε μια ευθεία γραμμή σε εξωτερικό χώρο με τα δύο άκρα να έχουν οπτική επαφή, χωρίς να παρεμβάλουν στη μέση τοίχοι και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες. Η παραπάνω περίπτωση είναι η ιδανικότερη και πραγματοποιείται πολύ σπάνια. Η αναγραφόμενη εμβέλεια των modules από διάφορους κατασκευαστές είναι περίπου εκατό μέτρα (100 m), αλλά και αυτή αναφέρεται σε ανοιχτό χώρο και με ρυθμό δεδομένων 250KHz.

Με την προηγούμενη εντολή `radio.setPALevel(RF24_PA_LOW)`; Όπου ελαχιστοποιείται η κατανάλωση ενέργειας του module ελαχιστοποιείται επίσης και η εμβέλεια του σε επίπεδα περίπου του ενός μέτρου. Βέβαια είναι η πιο αξιόπιστη επικοινωνία που μπορεί να πετύχει η συσκευή. Αν θέλουμε να αυξήσουμε την εμβέλεια της συσκευής θα πρέπει να κάνουμε τα παρακάτω:

1. Επαρκής τροφοδοσία της συσκευής. Όχι κατευθείαν από την πλακέτα του Arduino.
2. Έπειτα θα ορίσουμε την ισχύ του ενισχυτή σήματος στο μέγιστο επίπεδο με την εντολή `radio.setPALevel(RF24_PA_MAX)`;
3. θα ορίσουμε τον ρυθμό δεδομένων (data rate) στα 250Kbps ο οποίος είναι ικανοποιητικά γρήγορος με καλύτερη εμβέλεια. `Set radio.setDataRate(RF24_250KBPS)`;
4. Τέλος θα ρυθμίσουμε την συχνότητα εκπομπής σε μια τιμή πάνω από τα Wifi ασύρματα κανάλια επικοινωνίας (που εκπέμπουν στα 2,4 GHz) με την εντολή `Set radio.setChannel(108)`; Το συγκεκριμένο κανάλι εκπέμπει στα 2,508GHz.

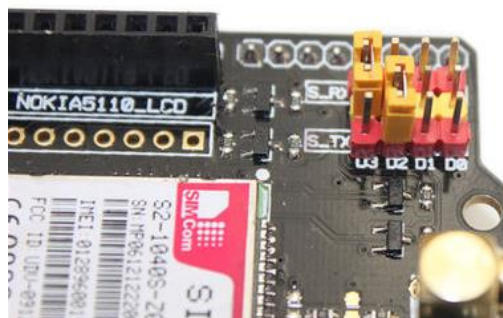
Το nRF24L01+ χρησιμοποιεί την 2,4 GHz μπάντα συχνοτήτων όπως οι περισσότεροι Wifi δρομολογητές, τα Bluetooth και άλλες διάφορες ασύρματες συσκευές. Το εύρος αυτής της μπάντας ορίζεται από 2,400 ως 2,525 GHz (δηλαδή από 2400-2525 MHz). Το κανάλι του nRF24L01+ δίνει περιθώριο 1 MHz το οποίο αντιστοιχεί σε 125 κανάλια από το 0 μέχρι το 124. Η τεχνολογία Wifi χρησιμοποιεί συνήθως τα κατώτερα κανάλια γι' αυτό και προτείνεται να χρησιμοποιηθούν από το module τα υψηλότερα 25.

Τα παραπάνω βήματα έχουν σκοπό να ρυθμίσουν έτσι το module ώστε να αποφύγουμε αρκετές συγκρούσεις και θόρυβο κατά τη διάρκεια εκπομπής και λήψης των συσκευών. Να σημειωθεί ότι στο εμπόριο υπάρχουν και εξωτερικές κεραίες μεγαλύτερης εμβέλειας που όμως δεν χρησιμοποιήθηκαν από αυτή την εργασία.

6.2 GSM/GPRS Shield

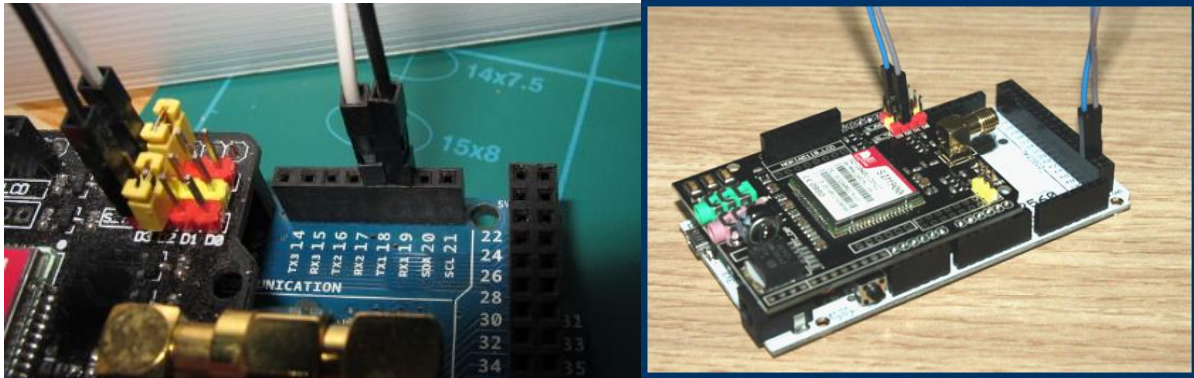
Η παραμετροποίηση της GSM ασπίδας καθυστέρησε το πρότζεκτ αρκετά κυρίως λόγω της ελλιπής βιβλιογραφίας στο διαδίκτυο και των οδηγιών του κατασκευαστή της. Τελικά μετά από πολλές προσπάθειες η συσκευή λειτούργησε επιτυχώς. Στη συνέχεια παραθέτονται όλα τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν και οι ρυθμίσεις που έγιναν προκειμένου να λειτουργήσει ορθά η ασπίδα.

το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνει είναι να τοποθετηθούν τα jumper blocks στη σωστή θέση πάνω στην ασπίδα προκειμένου να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ της ασπίδας και του Arduino. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται το Arduino Uno θα πρέπει τα jumpers να κουμπώσουν στην Software Serial μεριά της ασπίδας. Δηλαδή θα πρέπει ο GPRS_TX ακροδέκτης να συνδεθεί στο D2(RX) pin και ο GPRS_RX στο D3(TX).



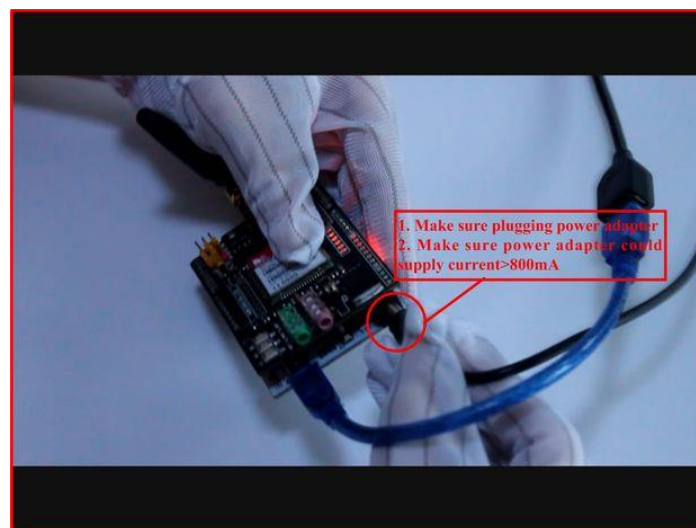
Εικόνα 40: Software Serial Port jumper blocks

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται το Arduino Mega 2560 δεν γίνεται να χρησιμοποιηθούν τα pin D2, D3 στην ασπίδα γιατί είναι δεσμευμένα. Οπότε πρέπει να αφαιρεθούν τα jumper blocks και αντί γι' αυτά να χρησιμοποιηθούν δύο αρσενικό σε θηλυκό τύπου καλώδια από το GPRS_RX στο TX1 Pin του Arduino (D18) και από το GPRS_TX στο RX1 Pin του Arduino (D19). Όμοια μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα TX2/RX2, TX3/RX3 καθώς επίσης και οι ψηφιακοί ακροδέκτες 50,51 για το TX και RX pin της ασπίδας αντίστοιχα.



Εικόνα 41: Δυο διαφορετικοί τρόποι για να συνδεθεί η GSM Shield στο Arduino Mega.

Το κυριότερο θέμα της ασπίδας βέβαια είναι ότι είναι η πιο απαιτητική σε κατανάλωση συσκευή του συστήματος (ακόμα και από το Arduino). Δεν λειτουργεί με ρεύμα από την θύρα USB του υπολογιστή και θέλει εξωτερική τροφοδοσία με ένταση ρεύματος τουλάχιστον 800mA, με προτεινόμενη τα 2A.



Εικόνα 42: Σύνδεση εξωτερικού τροφοδοτικού για να υπάρχει επαρκές ρεύμα στην GSM Shield.

Μετά που θα υπάρχει επαρκής τροφοδοσία στην ασπίδα μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσω του S_PWR κουμπιού που βρίσκεται πάνω αριστερά στην πλακέτα. Ένα απλό πάτημα δεν αρκεί. Θα χρειαστεί παρατεταμένο πάτημα τουλάχιστον 3 δευτερολέπτων για την σωστή εκκίνηση της ασπίδας. Τα άλλα δύο κουμπιά είναι RST (επανεκκίνηση του Arduino) και S_RST (επανεκκίνηση της ασπίδας).

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ενδείξεις των LED που υπάρχουν στην ασπίδα και την κατάσταση που αντιπροσωπεύουν. Όπως φαίνεται ξεκάθαρα πρέπει να δούμε έναν ρυθμό αναβοσβήματος του .NET LED κάθε 3 δευτερόλεπτα. Διαφορετικά κάτι δεν πάει καλά με το SIM900 τσίπ.

Light Status

LED	State	Function
Status	Off	Power Off
	On	Power On
Netlight	Off	SIM900 is not working
	64ms On/800ms Off	SIM900 does not find the network
	64ms On/3000ms Off	SIM900 find the network
	64ms On/300ms Off	GPRS communication

Πίνακας 12: Καταστάσεις των LED της GSM/GPRS Shield και η σημασία τους.

Μια ακόμη ιδιαιτερότητα της ασπίδας είναι η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιεί για την UART θύρα για την επικοινωνία της με τον μικροελεγκτή. Όταν χρησιμοποιείται λοιπόν το Arduino Uno πρέπει να γίνει και χρήση της SoftwareSerial βιβλιοθήκης, ενώ για τις υπόλοιπες εκδόσεις συμπεριλαμβανομένης και του Arduino Mega πρέπει να εισαχθεί η NewSoftSerial βιβλιοθήκη.

Επιπλέον για να δουλέψει σωστά η ασπίδα με το Arduino Mega θα πρέπει να αυξήσουμε χειροκίνητα τον buffer της softwareSerial επικοινωνίας σε μεγαλύτερη τιμή. Πηγαίνοντας λοιπόν στο κώδικα της βιβλιοθήκης (.cpp αρχείο), θα πρέπει να εντοπίσουμε και να αλλάξουμε την γραμμή:

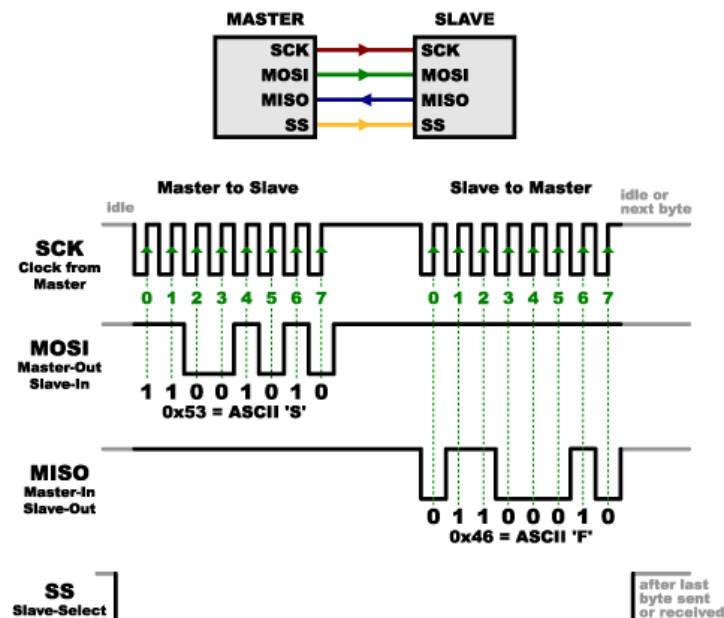
```
#define _SS_MAX_RX_BUFF 64 // RX buffer size
σε
#define _SS_MAX_RX_BUFF 224// RX buffer size.
```

Οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις για την serial επικοινωνία της ασπίδας με το serial monitor του Arduino (UART) είναι στα 19200bps 8-N-1, με δυνατότητα αλλαγής μόνο μέσω των AT Commands. (Οι AT Commands είναι εντολές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ενός modem.)

Πέρα από αυτό η ασπίδα απαιτεί η SIM που θα τοποθετηθεί να είναι ξεκλειδωτή. Η κάρτα SIM πρέπει να είναι ενεργοποιημένη από τον πάροχο κινητής τηλεφωνίας και αν λειτουργεί με κάρτες ανανέωσης χρόνου να υπάρχει ένα σεβαστό ποσό στον λογαριασμό. Αυτό ισχύει για τις περιπτώσεις που θέλουμε να στείλουμε γραπτό μήνυμα (SMS) ή να καλέσουμε κάποιο τηλέφωνο. Στην περίπτωση που πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ασπίδα στο διαδίκτυο μέσω του GPRS πρωτόκολλου θα πρέπει να υπάρχει και ενεργό πακέτο δεδομένων. Σε διαφορετική περίπτωση η ασπίδα δεν θα μπορεί να συνδεθεί σε κανέναν ιστότοπο.

6.3 Master/Slave Μοντέλο Επικοινωνίας

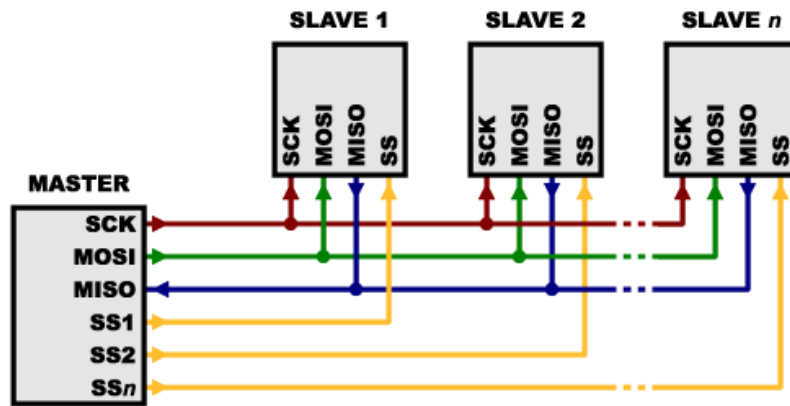
Σε αρκετές περιπτώσεις όπως και σε αυτό το πρότζεκτ υπάρχουν δύο ή και περισσότερες περιφερειακές συσκευές που χρησιμοποιούν την SPI επικοινωνία. Το Serial Peripheral Interface (SPI) είναι ένα σύγχρονο σειριακών δεδομένων πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται κατά κόρον από μικροελεγκτές για να επικοινωνούν με μια ή περισσότερες περιφερειακές συσκευές. Στην επικοινωνία SPI υπάρχει πάντα μια master συσκευή (συνήθως ο μικροελεγκτής) η οποία ελέγχει όλες τις περιφερειακές συσκευές (slaves). Όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχουν 3 κοινές «γραμμές» επικοινωνίας για όλες τις περιφερειακές συσκευές (MISO, MOSI, SCK) και επιπλέον μια ειδική γραμμή για την κάθε περιφερειακή συσκευή χωριστά. Αυτή η γραμμή ονομάζεται SS (Slave Select) και στην ουσία ενημερώνει την slave συσκευή ότι πρέπει να «ξυπνήσει» για να λάβει ή να στείλει δεδομένα στην master συσκευή. Επίσης χρησιμοποιείται υποχρεωτικά όταν υπάρχουν παραπάνω από μια περιφερειακές συσκευές που χρησιμοποιούν το SPI Bus για να επιλέξει η master σε ποια slave θέλει να «μιλήσει». Στο σχήμα 17 απεικονίζεται η επικοινωνία της master με την slave συσκευή



Διάγραμμα 17: Επικοινωνία μεταξύ δυο συσκευών με το μοντέλο Master/Slave.

Το SS παραμένει HIGH για όσο διάστημα η slave συσκευή δεν επικοινωνεί με την master και στην ουσία αποσυνδέεται από το SPI Bus. Λίγο πριν σταλθούν δεδομένα στον slave το SS γίνεται LOW το οποίο ενεργοποιεί την συσκευή.

Όταν υπάρχουν παραπάνω από μία slave συσκευές και ο master θέλει να μιλήσει σε μία από αυτές, ορίζει την έξοδο του SS ακροδέκτη της με LOW ενώ την ίδια στιγμή όλες οι άλλες είναι ορισμένες σε τιμή HIGH. Δεν επιτρέπεται να είναι ενεργοποιημένοι δυο slaves ταυτόχρονα γιατί μπορεί να προσπαθήσουν να επικοινωνήσουν με την κοινή MISO γραμμή την ίδια στιγμή και να έχει σαν αποτέλεσμα αλλοιωμένα δεδομένα, καμία φορά ακόμα και κατάρρευση της master συσκευής.



Διάγραμμα 18: Διάγραμμα επικοινωνίας ενός master με πολλαπλούς slaves

Να σημειωθεί ότι οι πλατφόρμες Arduino βασισμένες στον AVR μικροελεγκτή έχουν ένα SS Pin που είναι χρήσιμο όταν συμπεριφέρονται σαν slave και ελέγχονται από κάποιον άλλον master. Εφόσον η βιβλιοθήκη SPI υποστηρίζει μόνο master λειτουργία το SS Pin πρέπει να ορίζεται πάντα σαν OUTPUT, διαφορετικά η διεπαφή SPI αυτόματα θα την θεωρήσει σαν slave. Για παράδειγμα στον πίνακα 13 βλέπουμε ότι το Arduino Mega έχει σαν προκαθορισμένο SS Pin το 53 σε Slave λειτουργία όμως. Για να οριστεί το Arduino Mega σαν master συσκευή πρέπει να εκτελέσουμε την εντολή : `pinMode(53, OUTPUT)`; Με αυτόν τον τρόπο αναγκάζουμε το Arduino να αλλάξει σε master λειτουργία.

Arduino / Genuino Board	MOSI	MISO	SCK	SS (slave)	SS (master)	Level
Uno or Duemilanove	11 or ICSP-4	12 or ICSP-1	13 or ICSP-3	10	-	5V
Mega1280 or Mega2560	51 or ICSP-4	50 or ICSP-1	52 or ICSP-3	53	-	5V
Leonardo	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	-	5V
Due	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	4, 10, 52	3,3V
Zero	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	-	3,3V
101	11 or ICSP-4	12 or ICSP-1	13 or ICSP-3	10	10	3,3V
MKR1000	8	10	9	-	-	3,3V

Πίνακας 13: Οι προκαθορισμένοι SPI ακροδέκτες για διάφορα μοντέλα Arduino.

7 Συνδεσμολογία

Όπως είναι ήδη γνωστό το σύστημα αποτελείται από δύο κόμβους (τον κεντρικό και τον αισθητήριο). Ο κεντρικός (Server Node), λόγω των πολλών περιφερειακών συσκευών που διαχειρίζεται τοποθετήθηκε σε μια ειδική εγκατάσταση, όπως φαίνεται και στην εικόνα 43. Η συνδεσμολογία του κόμβου είναι αρκετά απλή. Αρχικά λόγω του ότι η GSM/GPRS Shield κουμπώνει πάνω στο Arduino Mega υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στους ελεύθερους ακροδέκτες που απομένουν. Μετά της σύνδεσής της λοιπόν, έχουμε στη διάθεσή μας 8 αναλογικά pin (A8-A15), τρεις από τις τέσσερις UARTS ports (RX1-TX1,RX2-TX2,RX3-TX3), τις 2 I²C θύρες SDA,SCL στα pin 20,21 αντίστοιχα, 30 ψηφιακά pin (22-53), 2 ακροδέκτες GND και 2 VCC.



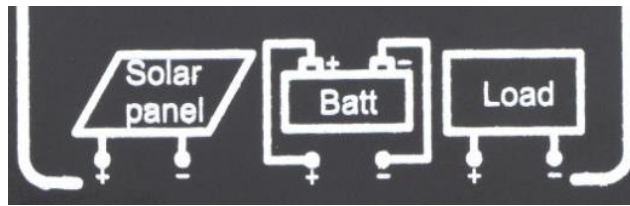
Εικόνα 43: κεντρικός κόμβος συστήματος

Αρχικά η GSM/GPRS ασπίδα συνδέεται στην Serial1 όπως ονομάζεται στο Arduino mega, δηλαδή συνδέουμε ένα καλώδιο από το S_RX pin της ασπίδας στο TX1 (pin 18) του Arduino και από το S_TX pin της ασπίδας στο RX1 (pin 19) του Arduino.

Για την σύνδεση του nRF24L01+ χρειάζονται τα SPI pins (MOSI, MISO, SCK), δυο ακροδέκτες για τα CSN και CE pins καθώς και τα κλασσικά GND VCC. Έτσι λοιπόν καθοδηγούμενοι και από τον πίνακα 13, συνδέουμε το CE στο pin 48, το CSN στο pin 49, τα MISO, MOSI και SCK στα 50,51,52 αντίστοιχα και τέλος τα GND και VCC στο breadboard εφόσον πρώτα έχουμε συνδέσει ακροδέκτες από το Arduino στις σωστές σειρές στο breadboard.

Έπειτα η LCD1602 οθόνη συνδέεται στα SDA και SCL pin του Arduino και όπως πάντα στο GND και VCC του breadboard. Το ρελέ επίσης στα GND και VCC του breadboard και χρειάζεται και έναν ακροδέκτη για κάθε κανάλι του. Το συγκεκριμένο μοντέλο διαθέτει 2 κανάλια οπότε χρησιμοποιήθηκαν 2 ακροδέκτες στα αναλογικά pin A9 και A10. Σε αντίθεση με όλες τις άλλες συσκευές, το αριθμητικό πληκτρολόγιο δεν απαιτεί σύνδεση τάσης και γείωσης. Αρκούν 7 ψηφιακοί ακροδέκτες για να αναπαραστήσουν τις γραμμές και τις στήλες του.

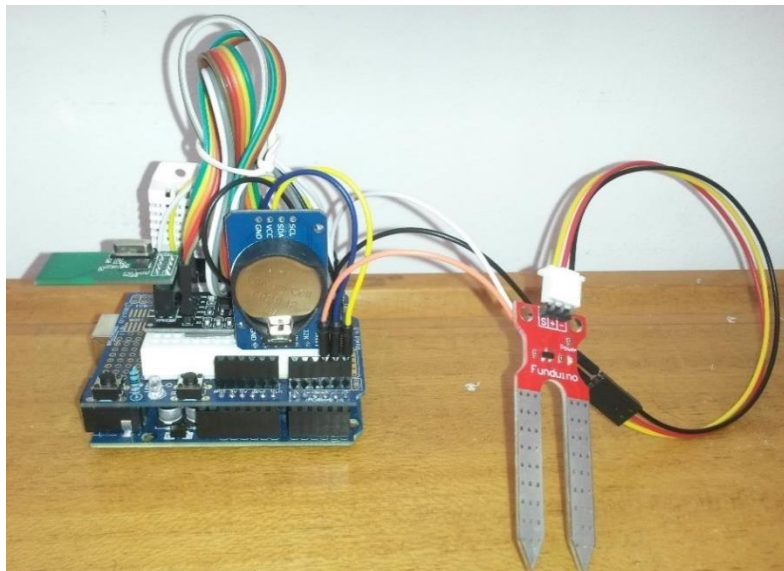
Τέλος, το ηλιακό πάνελ, η μπαταρία και το στρογγυλό φως συνδέονται στον ρυθμιστή φόρτισης όπως φαίνεται στην εικόνα 44.



Εικόνα 44: συνδέσεις ρυθμιστή φόρτισης

Στον αισθητήριο κόμβο προστέθηκε μια prototype Shield πάνω από το Arduino Uno, η οποία κάλυψε μεν όλους τους ακροδέκτες του, αλλά τους ενσωματώνει και η ίδια οπότε αναπληρώθηκαν. Συν του ότι έδωσε τη δυνατότητα προσθήκης ενός μικρού breadboard (tiny breadboard), το οποίο είναι αρκετό για τις συσκευές που θα τοποθετήσουμε πάνω του.

Έχουμε λοιπόν και εδώ το nRF24L01+ module που χρειάζεται τους ίδιους ακροδέκτες όπως και στον κεντρικό κόμβο με τη διαφορά ότι τώρα τα SPI pins στο Arduino Uno βρίσκονται σε διαφορετική θέση. Έτσι, με τη σειρά που δόθηκαν και πριν, συνδέονται στα pin 7,8,12,11,13 και προφανώς δύο συνδέσεις σε GND και VCC. Οι δυο αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν (DHT22, Soil Moisture) χρειάζονται πέρα από τη γείωση και τη θετική τάση, έναν ακροδέκτη για τη μεταφορά δεδομένων. Στην περίπτωση του DHT22 αυτός είναι ο ψηφιακός 4 ενώ ο Soil Moisture δεσμεύει τον αναλογικό A3. Η τελευταία περιφερειακή συσκευή, το RTC module, χρειάζεται και αυτό με τη σειρά του θετική τάση και γείωση. Εκτός αυτών των δύο χρησιμοποιεί τις θύρες I²C (SDA,SCL), οι οποίες βρίσκονται στις θέσεις A4 και A5 στο Arduino Uno. Τέλος για την λειτουργία όλων των παραπάνω συνδέεται η 9βολτη μπαταρία με στρογγυλό φως 2.1 χιλιοστών.



Εικόνα 45: αισθητήριος κόμβος του συστήματος

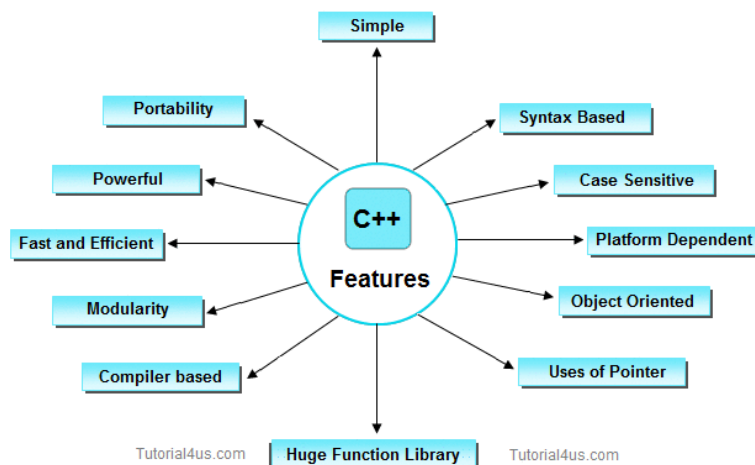
8 Προγραμματισμός

Προγραμματισμός υπολογιστών (computer programming) καλείται το σύνολο των διαδικασιών σύνταξης ενός υπολογιστικού προγράμματος, συνήθως ως υλοποίηση κάποιων αλγορίθμων ύστερα από προσεκτική σχεδίαση, για την αυτοματοποιημένη εκτέλεση εργασιών ή επίλυση κάποιου υπολογιστικού προβλήματος από έναν υπολογιστή.

Στον χώρο της πληροφορικής, ο όρος προγραμματισμός δεν αναφέρεται μόνο στους υπολογιστές, αλλά σε οποιοδήποτε υπολογιστικό σύστημα όπως και σε μικροελεγκτές. Έτσι στην περίπτωση που πρέπει να υλοποιηθεί ένα σύστημα το οποίο θα αποτελείται από διαφορετικές συσκευές, η δουλειά του προγραμματιστή είναι να καταφέρει να επικοινωνήσουν όλες οι συσκευές μαζί και να μοιράζονται τις ίδιες πληροφορίες. Αυτό το καταφέρνει με τον κατάλληλο προγραμματισμό της κάθε συσκευής. Αν και υπάρχει περίπτωση οι συσκευές να «μιλάνε» διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού υπάρχουν διάφορες βιβλιοθήκες, πρωτόκολλα κ.α. που είναι κοινά για όλες και κάπως έτσι επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών συσκευών.

Ο πηγαίος κώδικας του προγράμματος αποτελείται από τις εντολές που έχει γράψει ο προγραμματιστής χρησιμοποιώντας μία γλώσσα προγραμματισμού. Το πηγαίο πρόγραμμα για εκτελεστεί από την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ) του Η/Υ, πρέπει στη συνέχεια να μεταφραστεί σε γλώσσα μηχανής από εξειδικευμένο λογισμικό, τους μεταγλωττιστές (compilers) και τους διερμηνείς (interpreters).

Η γλώσσα προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθεί για τους δύο κόμβους Arduino είναι στην ουσία η C++. Η C++ (C Plus Plus) είναι μια γενικού σκοπού γλώσσα προγραμματισμού. Θεωρείται μέσου επιπέδου γλώσσα, καθώς περιλαμβάνει έναν συνδυασμό χαρακτηριστικών από γλώσσες υψηλού και χαμηλού επιπέδου. Είναι μια μεταγλωττιζόμενη γλώσσα πολλαπλών παραδειγμάτων, με τύπους. Υποστηρίζει δομημένο, αντικειμενοστρεφή και γενικό προγραμματισμό.



Διάγραμμα 19: Λειτουργίες της C++.

Οι γλώσσες που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της ιστοσελίδας είναι οι:

- HTML, (HyperText Markup Language) είναι η κύρια γλώσσα σήμανσης για τις ιστοσελίδες, και τα στοιχεία της είναι τα βασικά δομικά στοιχεία των ιστοσελίδων.

```

25 </head>
26 <body text="#000000
    bgcolor="#FFFFFF">
27 <table width="1000"
28   <tr>
29     <td width="200"
30     </td>
31     <td valign="top"
32     <div align="center"
33     </div>
34     <p class="Box">
35     <h1 class="Header">
36     <p class="Caption">
Entertainment</a>
37     | <a href="

```

Εικόνα 46: Παράδειγμα χρήσης της HTML γλώσσας προγραμματισμού.

- CSS, (Cascading Style Sheets) είναι μια γλώσσα υπολογιστή που ανήκει στην κατηγορία των γλωσσών φύλλων στυλ που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης ενός εγγράφου που έχει γραφτεί με μια γλώσσα σήμανσης. Χρησιμοποιείται δηλαδή για τον έλεγχο της εμφάνισης ενός εγγράφου που γράφτηκε στις γλώσσες HTML και XHTML, δηλαδή για τον έλεγχο της εμφάνισης μιας ιστοσελίδας και γενικότερα ενός ιστοτόπου.

```

h1 { color: white;
background: orange;
border: 1px solid black;
padding: 0 0 0 0;
font-weight: bold;
}
/* begin: seaside-theme */

body {
background-color:white;
color:black;
font-family:Arial,sans-serif;
margin: 0 4px 0 0;
border: 12px solid;
}

```

Εικόνα 47: Παράδειγμα χρήσης της CSS γλώσσας προγραμματισμού.

- PHP, αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες στο Παγκόσμιο Ιστό, καθώς χρησιμοποιείται από πληθώρα εφαρμογών και ιστότοπων. Η ευρύτητα στη χρήση της είναι απόρροια της ευκολίας που παρουσιάζει ο προγραμματισμός με αυτή αλλά και στο γεγονός πως είναι μια γλώσσα η οποία βρίσκεται σχεδόν σε κάθε διακομιστή.

```

<?php
try {
require_once '../includes/pdo_connect.php';
require_once 'Car.php';
// Set car id
$car_id = 20;

// Use prepared statement to get the car's data
$sql = 'SELECT * FROM cars
LEFT JOIN makes USING (make_id)
WHERE car_id = ?';
$stmt = $db->prepare($sql);
$stmt->execute(array($car_id));

```

Εικόνα 48: Παράδειγμα χρήσης της PHP γλώσσας προγραμματισμού.

- SQL, (Structured Query Language) είναι μία γλώσσα υπολογιστών στις βάσεις δεδομένων, που σχεδιάστηκε για τη διαχείριση δεδομένων, σε ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων (Relational Database Management System, RDBMS) και η οποία, αρχικά, βασίστηκε στη σχεσιακή άλγεβρα. Η γλώσσα περιλαμβάνει δυνατότητες ανάκτησης και ενημέρωσης δεδομένων, δημιουργίας και τροποποίησης σχημάτων και σχεσιακών πινάκων, αλλά και ελέγχου πρόσβασης στα δεδομένα.



Εικόνα 49: Παράδειγμα χρήσης της SQL γλώσσας προγραμματισμού.

8.1 Δομή Αισθητήριου Κόμβου

Ο προγραμματισμός του Sensor Node είναι πολύ απλός. Απαρτίζεται από τρεις βιβλιοθήκες, κάποιες δηλώσεις για δεσμευμένους ακροδέκτες που χρειάζονται για μια συγκεκριμένη εργασία, μια δομή που αποθηκεύονται οι μετρήσεις από τους αισθητήρες, τις δύο κλασσικές συναρτήσεις Setup() και Loop() και από την συνάρτηση readSensor(). Παρακάτω παρατίθεται ο σχετικός κώδικας με τα σχόλια σαν επεξηγήσεις.

```
#include "DHT.h" //LIBRARY FOR THE DHT SENSOR FAMILY
#include <SPI.h> //LIBRARY FOR THE SPI COMMUNICATION
#include "RF24.h" //LIBRARY FOR THE NRF MODULES

#define DHTPIN 4 //SET THE PIN 4 TO DHT SENSOR
#define DHTTYPE DHT22 //SET THE TYPE OF THE DHT SENSOR

RF24 myRadio (7, 8); //STATE CE (CHIP ENABLE) PIN 48 & CSN (CHIP SELECT NOT) PIN 53
byte addresses[6] = {"0"}; //CREATE ADDRESS FOR 1 PIPE

struct package //STATE OF WHICH ITEMS THE STRUCTURE WILL BE PARTS OF
{
    float temperature ; //DECLARE THE TEMPERATURE VARIABLE
    float humidity ; //DECLARE THE HUMIDITY VARIABLE
    int soil ; //DECLARE THE SOI VARIABLE
};
typedef struct package Package; //DECLARE AN ALIAS FOR A TYPE OF DATA
Package data; //DECLARE THE STRUCTURE

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //INITIALLIAZE DHT SENSOR

void setup()
{
    Serial.begin(9600); //METHOD TO INITIALIZE THE SERIAL COMMUNICATION
    dht.begin(); //METHOD TO INITIALIZE THE DHT SENSOR
    myRadio.begin(); //METHOD TO INITIALIZE THE NRF24L01+ MODULE
    myRadio.setChannel(115); //SET THE CHANNEL TO TRANSIM DATA TO 115
    myRadio.setPALevel(RF24_PA_MAX); //SET THE POWER OF THE MODULE TO MAX
    myRadio.setDataRate( RF24_250KBPS ); //SET DATA RATE FREQUENCY TO 250KBPS FOR MAXIMUS RANGE
    myRadio.openWritingPipe( addresses[0] ); //OPENS A PIPE TO COMMUNICATE THE 2 MODULES
    delay(1000); //WAIT 1 SECOND
}

void loop()
{
    readSensor(); //GO TO readSensor() FUNCTION AND EXECUTE IT
    Serial.println(data.humidity); //PRINT TO SERIAL THE TEMPERATURE
    Serial.println(data.temperature); //PRINT TO SERIAL THE HUMIDITY
    Serial.println(data.soil); //PRINT TO SERIAL THE SOIL MOISTURE
    myRadio.write(&data, sizeof(data)); //METHOD OF THE NRF TO SEND THE THE DATA WHICH ARE AT THE START OF THE ADDRESS "DATA"
    delay(1000); //WAIT 1 SECOND
}

void readSensor()
{
    data.humidity = dht.readHumidity(); //ACCESS THE HUMIDITY OF THE STRUCTURE AND STORE THE MEASURING OF THE SENSOR
    data.temperature = dht.readTemperature(); //ACCESS THE TEMPERATURE OF THE STRUCTURE AND STORE THE MEASURING OF THE SENSOR
    data.soil = analogRead(A0); //ACCESS THE SOIL OF THE STRUCTURE AND STORE THE MEASURING OF THE SENSOR
}
```

Εικόνα 50: κώδικας αισθητήριου κόμβου

8.2 Δομή Κεντρικού Κόμβου

Σε αντίθεση με τον αισθητήριο κόμβο, ο κεντρικός είναι αρκετά πιο πολύπλοκος. Η δομή του προγράμματος αρχίζει με τις εισαγωγές των απαραίτητων βιβλιοθηκών ενώ ακολουθούν διάφορες αρχικοποιήσεις, και δηλώσεις σταθερών και μεταβλητών τιμών.

```

/*-----INCLUDE LIBRARIES-----*/
#include <RF24.h> //LIBRARY FOR THE NRF24L01+ MODULE
#include <Wire.h> //ARDUINO IDE LIBRARY TO COMMUNICATE WITH I2C / TWI DEVICES
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //LIBRARY FOR THE LCD MODULE
#include <SPI.h> //LIBRARY FOR THE SPI COMMUNICATION
#include <Keypad.h> //LIBRARY FOR THE KEYPAD MODULE
#include <String.h> //LIBRARY TO USE MORE COMPLEX STRINGS

/*-----DEFINE KEYPAD CONSTANTS-----*/
const byte rows = 4;
const byte cols = 3;

char keys[rows][cols] = {
  {'1','2','3'},
  {'4','5','6'},
  {'7','8','9'},
  {'*','0','#'}
};
byte rowPins[rows] = {30,31,32,33};
byte colPins[cols] = {34,35,36};

/*-----DEFINE LCD CONSTANTS-----*/
Keypad kpd = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, rows, cols);

// set the LCD address to 0x27 for a 16 chars 2 line display
// Set the pins on the I2C chip used for LCD connections:
// addr, en,rw,rs,d4,d5,d6,d7,b1,blpol
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

/*-----DEFINE NRF24L01+ CONSTANTS-----*/
RF24 myRadio (48, 49); //STATE CE (CHIP ENABLE) PIN 48 & CSN (CHIP SELECT NOT) PIN 53
byte addresses[][6] = {"0"}; //CREATE ADDRESS FOR 1 PIPE

char inchar; //WILL HOLD THE INCOMING CHARACTER FROM THE SERIAL PORT

/*-----INSERT VARIABLES-----*/
#define relay_1 A9 //RELAY 1 IS CONNECTED TO ANALOG PIN A9
#define relay_2 A10 //RELAY 2 IS CONNECTED TO ANALOG PIN A10

struct package //DECLARE OF WHICH ITEMS THE STRUCTURE WILL BE PARTS OF
{
  float temperature ;
  float humidity ;
  int soil ;
};

typedef struct package Package; //DECLARE THE STRUCTURE
Package data;

```

Εικόνα 51: Μέρος αρχικοποιήσεων του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Η δομή του προγράμματος αρχίζει με την κλασική συνάρτηση setup(), όπου εκεί γίνονται οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις, ξεκινούν οι λειτουργίες των περιφερειακών συσκευών, δηλώνονται οι καταστάσεις των ακροδεκτών του μικροελεγκτή και τέλος, δίνεται στον χρήστη το αρχικό μενού με το οποίο θα μπορεί να διαχειριστεί το σύστημα τοπικά. Μεταβαίνοντας στην συνάρτηση loop(), το μόνο που συναντάται είναι μια δομή ελέγχου if, μέσω της οποίας φιλτράρονται τα πλήκτρα που πατάει ο χρήστης και αναλόγως την επιλογή του, ανακατευθύνει τη ροή του προγράμματος στη επιθυμητή συνάρτηση. Εδώ, οι επιλογές που υπάρχουν είναι η συνάρτηση getData(), changeStateOfValves() και sendData(). Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν πληκτρολογήσει έγκυρο πλήκτρο, η loop() θα τον παραπέμψει να ξαναδοκιμάσει.

```

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/*-----START OF SETUP-----
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void setup() {

  Serial1.begin(19200);           //BEGIN & SET THE GPRS BUAD RATE
  Serial.begin(19200);           //BEGIN & SET THE SERIAL BUAD RATE
  lcd.begin(16,2);               //INITIALIZE THE LCD FOR 16 CHARS 2 LINES AND TURN ON THE BACKLIGHT

  pinMode(53, OUTPUT);          //IN ORDER TO FORCE ARDUINO MEGA INTO MASTER MODE
  digitalWrite(relay_1, LOW);   //WE WANT RELAY 1 TO BE OFF AT START OF THE PROJECT
  digitalWrite(relay_2, LOW);   //WE WANT RELAY 2 TO BE OFF AT START OF THE PROJECT
  pinMode(relay_1, OUTPUT);     //SET RELAY 1 AS OUTPUT
  pinMode(relay_2, OUTPUT);     //SET RELAY 2 AS OUTPUT

  pinMode(5, OUTPUT);

  Serial1.println("AT+CMGF=1\r"); //set SMS mode to text
  delay(200);
  Serial1.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0"); // set module to send SMS data to serial out upon receipt
  delay(200);

  startWirelessCommunication(); //GO TO THIS FUNCTION AND EXECUTE IT

  lcd.clear();                  //CLEAR THE LCD
  lcd.setCursor(0,0);           //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("PRESS * TO GET");  //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1);           //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("DATA FROM SENSOR"); //PRINT TO LCD
  delay(1000);                  //WAIT 1 SECOND
  lcd.clear();                  //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0);           //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("PRESS # TO SEND"); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1);           //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("THE DATA");       //PRINT TO LCD
  delay(1000);                  //WAIT 1 SECOND
  lcd.clear();                  //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0);           //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("OR 0 TO CHANGE");  //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1);           //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("STATE OF VALVES"); //PRINT TO LCD
}

```

Εικόνα 52: Συνάρτηση setup() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

```

void startWirelessCommunication() //FUNCTION WITHOUT RETURNING ANY VALUE
{
  myRadio.begin();               //INITIALIZE THE NRF24L01+ MODULE
  myRadio.setChannel(115);       //SET THE CHANNEL TO TRANSIM DATA TO 115
  myRadio.setPALevel(RF24_PA_MAX); //SET THE POWER OF THE MODULE TO MAX
  myRadio.setDataRate(RF24_250KBPS); //SET DATA RATE FREQUENCY TO 250KBPS FOR MAXIMUS RANGE
  myRadio.openReadingPipe(1, addresses[0]); //OPENS A PIPE TO COMUNICATE THE 2 MODULES
  myRadio.startListening();      //STARTS LISTENING TO THE OTHER MODULE
  delay(100);                    //WAIT 0.1 SECOND
}

```

Εικόνα 53: Συνάρτηση startWirelessCommunication() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Η startWirelessCommunication() περιέχει εντολές για την αρχικοποίηση και παραμετροποίηση του ραδιοπομπού nRF24L01+. Εδώ καθορίζεται το κανάλι επικοινωνίας των δυο modules, ρυθμίζεται η ισχύς του, η συχνότητα ροής των δεδομένων κ.α.

```

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/*-----START OF LOOP-----*/
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void loop() {

    char key = kpd.waitForKey();           //FUNCTION OF KEYPAD LIBRARY, WAITS FOR USER TO PRESS A KEY
    if (int(key) != 0) {                   //IF VALUE OF KEY IS NOT BLANK
        if (int(key) == '*') {             //IF VALUE OF KEY IS *
            getData();                     //GO TO getData FUNCTION AND EXECUTE IT
        } else if (int(key) == '0') {      //IF VALUE OF KEY IS 0
            changeStateOfValves();         //GO TO changeStateOfValves FUNCTION AND EXECUTE IT
        } else if (int(key) == '#') {      //IF VALUE OF KEY IS #
            sendData();                    //GO TO sendData FUNCTION AND EXECUTE IT
        } else {                           //IF VALUE OF KEY IS SOMETHING ELSE
            lcd.clear();                    //CLEAR THE SCREEN
            lcd.setCursor(0,0);             //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("YOU PRESSED: ");     //PRINT TO LCD
            lcd.setCursor(14,0);           //START WRITING IN FIRST ROW AT THE 14TH CHARACTER
            lcd.print(key);                 //PRINT TO LCD
            lcd.setCursor(0,1);            //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("PLEASE TRY AGAIN!"); //PRINT TO LCD
            loop();                         //RETURN TO LOOP FUNCTION
        }
    }
}
}

```

Εικόνα 54: Συνάρτηση loop() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Αναλόγως τη συνάρτηση που θα επιλεγεί (τι ενέργεια δηλαδή θα πραγματοποιηθεί), ίσως χρειαστεί ο χρήστης να συνεχίσει στο μενού και να επιλέξει πιο εξειδικευμένες για τη δουλειά του επιλογές. Αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση της `getData()` βέβαια. Εκεί με το που επιλέγει ο χρήστης ότι θέλει να του εμφανιστούν οι μετρήσεις από τους αισθητήρες, εκτελείται η συνάρτηση `getData()`, η οποία με τη σειρά της καλεί την `checkForWirelessData()`. Η δουλειά της είναι αρκετά τυποποιημένη έτσι ώστε σε πραγματικό χρόνο να προσκομίζει τα δεδομένα από τον αισθητήριο κόμβο απευθείας στην LCD οθόνη του κεντρικού κόμβου. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να κάνει κάτι παραπάνω, εκτός του όταν τελειώσει τη εκτέλεση της, να αποφασίσει τι θέλει να κάνει μετά (αν θέλει να στείλει τα δεδομένα ή να αλλάξει την κατάσταση του ρελέ). Στην ουσία μετά το πέρας της `getData()`, το πρόγραμμα ανακατευθύνεται στο αρχικό μενού ώστε να συνεχιστεί η λειτουργία του συστήματος.

```

void getData()
{
    checkForWirelessData(); //GO TO THIS FUNCTION AND EXECUTE IT
    backToMenu();           //GO TO THIS FUNCTION AND EXECUTE IT
}

```

Εικόνα 55: Συνάρτηση getData() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

```

void checkForWirelessData()
{
  if ( myRadio.available() ) { //IF RADIO COMMUNICATION IS AVAILABLE
    while (myRadio.available() ) { //WHILE RADIO COMMUNICATION IS AVAILABLE
      myRadio.read( &data, sizeof(data) ); //NRF MODULE READS THE TRANSMETED DATA FROM THE OTHER MODULE
    }
    lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
    lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print("Temperature is"); //PRINT TO LCD
    lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print(data.temperature); //PRINT TO LCD
    lcd.print(" Celsius"); //PRINT TO LCD
    delay(3000); //WAIT 3 SECONDS

    lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
    lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print("Humidity is"); //PRINT TO LCD
    lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print(data.humidity); //PRINT TO LCD
    lcd.print(" %"); //PRINT TO LCD
    delay(3000); //WAIT 3 SECONDS

    lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
    lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print("Soil Moisture is"); //PRINT TO LCD
    lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print(data.soil); //PRINT TO LCD
    lcd.print("/900"); //PRINT TO LCD
    delay(3000); //WAIT 3 SECONDS
    lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  }
}

```

Εικόνα 56: Συνάρτηση checkForWirelessData() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

```

void backToMenu() {
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("FOR NEW SENSOR"); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("DATA PRESS *"); //PRINT TO LCD
  delay(2000); //WAIT 1 SECOND
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("TO SEND DATA"); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("PRESS #"); //PRINT TO LCD
  delay(2000); //WAIT 1 SECOND
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("OR 0 TO CHANGE"); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("STATE OF VALVES"); //PRINT TO LCD
}

```

Εικόνα 57: Συνάρτηση backToMenu() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Η δεύτερη επιλογή του χρήστη είναι να στείλει τα δεδομένα που έχει παρουσιάσει το σύστημα στην οθόνη. Εδώ υπάρχει και υπό-μενού που καλείται ο χρήστης να επιλέξει μια από τις δύο κατηγορίες. Αυτές είναι να σταλθούν οι μετρήσεις των αισθητήρων στη βάση δεδομένων της δικτυακής εφαρμογής ή να σταλθούν σε ένα προκαθορισμένο αριθμό κινητού τηλεφώνου μέσω SMS.

```

void sendData()
{
    lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
    lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print("PRESS 1 TO SEND"); //PRINT TO LCD
    lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print("DATA TO WEB"); //PRINT TO LCD
    delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
    lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
    lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print("OR 2 TO SEND"); //PRINT TO LCD
    lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
    lcd.print("DATA WITH SMS"); //PRINT TO LCD

    char key = kpd.waitForKey(); //FUNCTION OF KEYPAD LIBRARY, WAITS FOR USER TO PRESS A KEY
    if (int(key) != 0) { //IF VALUE OF KEY IS NOT BLANK
        if(int(key) == '1') { //IF VALUE OF KEY IS 1
            sendHttp(); //GO TO sendHttp FUNCTION AND EXECUTE IT
            lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
            lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("DATA SENT TO WEB"); //PRINT TO LCD
            lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("CHECK DATABASE!"); //PRINT TO LCD
            delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
            backToMenu();
        }
        else if (int(key) == '2') { //IF VALUE OF KEY IS 2
            sendSms(); //GO TO sendSms FUNCTION AND EXECUTE IT
            lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
            lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("SMS SENT!!"); //PRINT TO LCD
            lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("WAITING ANSWER"); //PRINT TO LCD
            delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
            backToMenu();
        }
        else {
            lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
            lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("YOU PRESSED: "); //PRINT TO LCD
            lcd.setCursor(14,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE 14TH CHARACTER
            lcd.print(key); //PRINT TO LCD
            lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("PLEASE PRESS #"); //PRINT TO LCD
            lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
            lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
            lcd.print("AND TRY AGAIN"); //PRINT TO LCD
            return; //RETURN TO sendData FUNCTION AND EXECUTE IT
        }
    }
}
}

```

Εικόνα 58: Συνάρτηση sendData() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Όπως βλέπουμε και στο παραπάνω κομμάτι του κώδικα, όταν ο χρήστης πληκτρολογήσει το 1, η συνάρτηση καλεί μια άλλη εξωτερική συνάρτηση, την sendHttp(), όπου εκεί γίνεται η αποστολή των μετρήσεων στη βάση δεδομένων. Αν ο χρήστης πληκτρολογήσει το 2, η sendData() καλεί την sendSms(), όπου εκεί γίνεται η αποστολή των δεδομένων στο κινητό του χρήστη. Αν δεν πατηθεί κάποιο έγκυρο πλήκτρο (δηλαδή 1 ή 2), τότε το σύστημα παραπέμπει το χρήστη να ξαναπροσπαθήσει, πατώντας το πλήκτρο #.

Η GSM/GPRS Shield, είναι ικανή να λειτουργήσει με 2 τρόπους. Είτε με την βιβλιοθήκη της που διατίθεται δωρεάν στο διαδίκτυο, είτε μέσω κάποιου ειδικού συνόλου εντολών, που ονομάζονται AT Commands. Αυτές αποτελούνται από μια σειρά σύντομων συμβολοσειρών κειμένου που μπορούν να συνδυαστούν και να παράγουν εντολές για λειτουργίες όπως κλήση, σύνδεση στο διαδίκτυο, και αλλαγή των παραμέτρων σύνδεσης. Ο λόγος που προτιμήθηκε αυτός ο τρόπος επικοινωνίας της GSM Shield με το διαδίκτυο και το κινητό τηλέφωνο, είναι η κοινή αποδοχή και συμβατότητα με όλες τις GSM/GPRS ασπίδες του εμπορίου και το γεγονός ότι είναι πιο «ελαφρύς» τρόπος επικοινωνίας από την άποψη ότι δεν δεσμεύει τόσο μεγάλο όγκο των πόρων του μικροελεγκτή, όσο οι συναρτήσεις της βιβλιοθήκης της.

```

void sendHttp()
{
  Serial1.println("AT+CSQ"); //GET THE SIGNAL QUALITY
  delay(100); //WAIT 0.1 SECOND
  Serial1.println("AT+CGATT?"); //ATTACH OR DETACH THE GSM SHIELD TO PACKET DOMANE SERVICE
  delay(100); //WAIT 0.1 SECOND
  Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"); //SETTING THE SAPBR, THE CONNECTION TYPE IS USING GPRS
  delay(1000); //WAIT 1 SECOND
  Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet.vodafone.gr\"); //SETTING THE APN, FILL THE SECOND PARAMETER WITH LOCAL APN SERVER
  delay(4000); //WAIT 4 SECONDS
  Serial1.println("AT+SAPBR=1,1"); //ENABLE THE GPRS
  delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
  Serial1.println("AT+HTTPIPINIT"); //INITIALIZE THE HTTP REQUEST
  delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
  Serial1.print(F("AT+HTTTPARA=\"URL\",\"http://arduinowateringsystem.com/sensor_values.php?temp=")); //PART OF URL USIN GET METHOD TO SEND THE DATA IN DB
  Serial1.print(data.temperature); //PART OF URL USIN GET METHOD TO SEND THE DATA IN DB
  Serial1.print(F("shum=")); //PART OF URL USIN GET METHOD TO SEND THE DATA IN DB
  Serial1.print(data.humidity); //PART OF URL USIN GET METHOD TO SEND THE DATA IN DB
  Serial1.print(F("soil=")); //PART OF URL USIN GET METHOD TO SEND THE DATA IN DB
  Serial1.print(data.soil); //PART OF URL USIN GET METHOD TO SEND THE DATA IN DB
  Serial1.println(F("slast=NOW()\\")); //PART OF URL USIN GET METHOD TO SEND THE DATA IN DB
  delay(1000); //WAIT 1 SECOND
  Serial1.println("AT+HTTTPACTION=0"); //SUBMIT THE REQUEST
  delay(10000); //THIS DELAY IS VERY IMPORTANT. IS BASED ON THE RETURN FROM THE WEBSITE. IF THE RETURN DATAS ARE VERY LARGE THE DELAY HAS TO BE LONGER.
  Serial1.println("AT+HTTTPREAD"); //READ THE DATA FROM THE WEBSITE
  delay(300); //WAIT 0.3 SECOND
  Serial1.println("");
  delay(100);
}

```

Εικόνα 59: Συνάρτηση sendHttp() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Κάτι άλλο που πρέπει να σημειωθεί, είναι ότι ο τρόπος αποστολής των μετρήσεων στη βάση δεδομένων γίνεται με την μέθοδο GET. Εν συντομία, αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα στέλνονται μέσω του URL σε μια συγκεκριμένη σελίδα στην εφαρμογή και από εκεί μέσω κατάλληλου PHP προγραμματισμού στέλνονται στο πίνακα της βάσης δεδομένων, κάθε φορά που το Arduino εκτελεί τις παραπάνω εντολές.

Όλα τα παραπάνω γίνονται στη περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει να στείλει τα δεδομένα στην ιστοσελίδα. Εάν επιθυμεί να του σταλούν με SMS στο κινητό τηλέφωνό του, τότε θα πρέπει να πληκτρολογήσει το 2, και τότε εκτελείται η sendSms() συνάρτηση. Όπως και η sendHttp(), η sendSms() χρησιμοποιεί για την επικοινωνία της, τις AT Commands. Ένα χαρακτηριστικό της συνάρτησης αυτής που πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης είναι ο καθορισμός του κινητού τηλεφώνου από πριν. Δηλαδή θα πρέπει το νούμερο να δηλωθεί πριν τη μεταγλώττιση του προγράμματος.

Λίγο πριν τελειώσει η λειτουργία της sendSms(), καλείται άλλη μια συνάρτηση η οποία περιμένει απάντηση με SMS από τον χρήστη για το χειρισμό του ρελέ. Η συνάρτηση διαβάζει όλα τα δεδομένα της σειριακής επικοινωνίας και μόλις συναντήσει έναν ειδικό χαρακτήρα (που ορίζει ο χρήστης και πρέπει να τον στέλνει πάντα σε κάθε μήνυμα), τότε η συνάρτηση ξέρει ότι έχει λάβει ένα μήνυμα το οποίο υιοθετεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο. Έτσι προχωράει στην αποκωδικοποίηση του μηνύματος και πράττει ανάλογα του περιεχομένου. Πιθανά ενδεχόμενα είναι να ανοίξει/κλίσει το πρώτο ή το δεύτερο κανάλι του ρελέ, ή να ανοίξουν/κλίσουν και τα δύο κανάλια.

```

void sendSms()
{
  Serial1.print("AT+CMGF=1\r");           //SEND THE SMS IN TEXT MODE
  delay(100);                             //WAIT 0.1 SECOND
  Serial1.println("AT + CMGS = \""+306973278999"+""); //SEND SMS, NEED TO ADD COUNTRY CODE BEFORE THE CELLPHONE NUMBER
  delay(100);                             //WAIT 0.1 SECOND
  Serial1.println("New Data:");           //CONTENT OF THE MESSAGE
  Serial1.println(data.temperature);     //CONTENT OF THE MESSAGE
  Serial1.println(data.humidity);        //CONTENT OF THE MESSAGE
  Serial1.print(data.soil);              //CONTENT OF THE MESSAGE
  delay(100);                             //WAIT 0.1 SECOND
  Serial1.println((char)26);             //THE ASCII CODE OF THE ctrl+z is 26. IT IS USED AS THE ENTER TO KNOW WHEN TO SEND THE MESSAGE
  delay(100);                             //WAIT 0.1 SECOND
  Serial1.println();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Please wait");
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("For Answer");
  waitForAnswer();
}

```

Εικόνα 60: Συνάρτηση sendSms() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

```

void waitForAnswer() {
  char serialdata[80];                    //CREATE A BUFFER FOR READING THE SERIAL DATA
  char x ;                               //THE CHARACTER WHICH IS USED TO KNOW THE FUNCTION WHERE THE SMS STOPS
  if (Serial1.readBytesUntil(x, serialdata, 80)); { //SERIAL FUNCTION. IT READS DATA FROM SERIAL PORT UNTIL IT MEET CHAR 'X'
  delay(10);                             //DELAY
  inchar = Serial1.read();                 //READS THE SERIAL PORT AND STORE THE FIRST CHAR IN INCHAR
  if (inchar == '0') {                    //IF THE FIRST CHAR IS 0
    inchar = Serial1.read();              //READS THE SECOND CHAR FROM SERIAL PORT
  }
  if (inchar == '#') {                    //IF SECOND CHAR IS #
    inchar = Serial1.read();              //READS THIRD CHART FROM SERIAL PORT
  }
  if (inchar == 'a') {                    //IF THIRD CHAR IS a
    digitalWrite(relay_1, LOW);           //SET RELAY 1 LOW
  }
  else if (inchar == 'A') {                //IF THIRD CHAR IS A
    digitalWrite(relay_1, HIGH);          //SET RELAY 1 HIGH
  }
  else if (inchar == 'b') {                //IF THIRD CHAR IS b
    digitalWrite(relay_2, LOW);           //SET RELAY 1 LOW
  }
  else if (inchar == 'B') {                //IF THIRD CHAR IS B
    digitalWrite(relay_2, HIGH);          //SET RELAY 1 HIGH
  }
  else if (inchar == '0') {                //IF THIRD CHAR IS 0
    digitalWrite(relay_1, LOW);           //SET RELAY 1 LOW
    digitalWrite(relay_2, LOW);           //SET RELAY 2 LOW
  }
  else if (inchar == '1') {                //IF THIRD CHAR IS 1
    digitalWrite(relay_1, HIGH);          //SET RELAY 1 HIGH
    digitalWrite(relay_2, HIGH);          //SET RELAY 2 HIGH
  }
  Serial1.println("AT+CMGD=1,4");         //DELETE ALL PREVIOUS SMS
  digitalWrite(5, HIGH);                  //RESTART SIM900
  digitalWrite(5, LOW);                   //RESTART SIM900
}
}
}

```

Εικόνα 61: Συνάρτηση waitForAnswer() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Η τελευταία επιλογή του χρήστη για τη τοπική διαχείριση του συστήματος είναι η δυνατότητα αλλαγής της κατάστασης του ρελέ. Αμέσως μετά την πληκτρολόγηση του κατάλληλου πλήκτρου στο αρχικό μενού, το σύστημα παραπέμπει το χρήστη να ξανα επιλέξει μεταξύ της πρώτης ηλεκτροβάνας (πρώτο κανάλι του ρελέ) και της δεύτερης (δεύτερο κανάλι ρελέ).

```

void changeStateOfValves() {
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("PRESS 1 OR 2 TO "); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("CHOOSE THE VALVE"); //PRINT TO LCD
  delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("YOU WANT TO "); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("OPEN OR CLOSE!"); //PRINT TO LCD
  char key = kpd.waitForKey(); //FUNCTION OF KEYPAD LIBRARY, WAITS FOR USER TO PRESS A KEY
  if (int(key) != 0) { //IF VALUE OF KEY IS NOT BLANK

    if(int(key) == '1') { //IF VALUE OF KEY IS 1
      lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
      lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
      lcd.print("YOU SELECTED"); //PRINT TO LCD
      lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
      lcd.print("THE FIRST VALVE"); //PRINT TO LCD
      delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
      lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
    } else if (int(key) == '2') { //IF VALUE OF KEY IS 2
      lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
      lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
      lcd.print("YOU SELECTED"); //PRINT TO LCD
      lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
      lcd.print("THE SECOND VALVE"); //PRINT TO LCD
      delay(2000); //WAIT 2 SECONDS
      lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
    } else {
      lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
      lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
      lcd.print("YOU PRESSED: "); //PRINT TO LCD
      lcd.setCursor(14,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE 14TH CHARACTER
      lcd.print(key); //PRINT TO LCD
      lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
      lcd.print("PLEASE PRESS #"); //PRINT TO LCD
      lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
      lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
      lcd.print("AND TRY AGAIN"); //PRINT TO LCD
      return; //RETURN TO changeStateOfValves FUNCTION AND EXECUTE IT
    }
  }
}

```

Εικόνα 62: Συνάρτηση changeStateOfValves() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

```

if (int(key) == '1') { //IF VALUE OF KEY IS 1
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("PRESS 1 TO OPEN"); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("OR 0 TO CLOSE"); //PRINT TO LCD
  valveOne(); //GO TO valveOne FUNCTION AND EXECUTE IT
} else if (int(key) == '2'){ //IF VALUE OF KEY IS 2
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("PRESS 1 TO OPEN"); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("OR 0 TO CLOSE"); //PRINT TO LCD
  valveTwo(); //GO TO valveTwo FUNCTION AND EXECUTE IT
} else { //IF VALUE OF KEY IS SOMETHING ELSE
  lcd.clear(); //CLEAR THE SCREEN
  lcd.setCursor(0,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("YOU PRESSED: "); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(14,0); //START WRITING IN FIRST ROW AT THE 14TH CHARACTER
  lcd.print(key); //PRINT TO LCD
  lcd.setCursor(0,1); //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
  lcd.print("TRY AGAIN!"); //PRINT TO LCD
  return; //RETURN TO changeStateOfValves FUNCTION AND EXECUTE IT
}

```

Εικόνα 63: Συνέχεια συνάρτησης changeStateOfValves() του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

Αν ο χρήστης δεν πληκτρολογήσει έγκυρο πλήκτρο, υποχρεούται να επιλέξει ξανά μέχρι να καταχωρηθεί μια από τις δύο σωστές επιλογές. Μετά τον καθορισμό της ηλεκτροβάνας, παρατηρήστε ότι καλείτε μια εξωτερική συνάρτηση η οποία ανακατευθύνει το σύστημα και μέσω της οθόνης ζητάει από τον χρήστη να επιλέξει την κατάσταση που θέλει να της δώσει. Αυτές οι συναρτήσεις ονομάζονται `valveOne()` και `valveTwo()`. Είναι πανομοιότυπες με μόνη διαφορά ότι διαχειρίζονται διαφορετικό κανάλι του ρελέ. Ένα πλήκτρο αντιπροσωπεύει την ενεργοποίηση του καναλιού του ρελέ και επομένως το άνοιγμα της ηλεκτροβάνας και ένα δεύτερο πλήκτρο την απενεργοποίηση του καναλιού. Πάλι σε περίπτωση που δεν πατηθεί το σωστό πλήκτρο επαναλαμβάνεται το αρχικό μενού.

```

void valveOne() {
  char key = kpd.waitForKey();           //FUNCTION OF KEYPAD LIBRARY, WAITS FOR USER TO PRESS A KEY
  if(key) {                               // Check for a valid key.
    switch (key) {
      case '1': {                         //IF VALUE OF KEY IS 1 EXECUTE THE COMMANDS INSIDE THE BRACKETS
        lcd.clear();                     //CLEAR THE SCREEN
        lcd.setCursor(0,0);               //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("YOU PRESSED: ");      //PRINT TO LCD
        lcd.setCursor(14,0);             //START WRITING IN FIRST ROW AT THE 14TH CHARACTER
        lcd.print(key);                   //PRINT TO LCD
        delay(1000);
        lcd.clear();                     //CLEAR THE SCREEN
        lcd.setCursor(0,0);               //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("THE FIRST VALVE");    //PRINT TO LCD
        lcd.setCursor(0,1);               //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("IS OPENED!");         //PRINT TO LCD
        digitalWrite(relay_1, HIGH);     //SET THE RELAY_1 ON
        delay(3000);                     //WAIT 3 SECONDS
        backToMenu();
      } break;
      case '0':{                          //IF VALUE OF KEY IS 0 EXECUTE THE COMMANDS INSIDE THE BRACKETS
        lcd.clear();                     //CLEAR THE SCREEN
        lcd.setCursor(0,0);               //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("YOU PRESSED: ");      //PRINT TO LCD
        lcd.setCursor(14,0);             //START WRITING IN FIRST ROW AT THE 14TH CHARACTER
        lcd.print(key);                   //PRINT TO LCD
        delay(1000);
        lcd.clear();                     //CLEAR THE SCREEN
        lcd.setCursor(0,0);               //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("THE FIRST VALVE");    //PRINT TO LCD
        lcd.setCursor(0,1);               //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("IS CLOSED!");         //PRINT TO LCD
        digitalWrite(relay_1, LOW);      //SET THE RELAY_1 OFF
        delay(3000);                     //WAIT 3 SECONDS
        backToMenu();
      } break;
      default: {                          //IF VALUE OF KEY IS SOMETHING ELSE EXECUTE THE COMMANDS INSIDE THE BRACKETS
        lcd.clear();                     //CLEAR THE SCREEN
        lcd.setCursor(0,0);               //START WRITING IN FIRST ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("YOU PRESSED: ");      //PRINT TO LCD
        lcd.setCursor(14,0);             //START WRITING IN FIRST ROW AT THE 14TH CHARACTER
        lcd.print(key);                   //PRINT TO LCD
        lcd.setCursor(0,1);               //START WRITING IN SECOND ROW AT THE FIRST CHARACTER
        lcd.print("TRY AGAIN!");         //PRINT TO LCD
        return;                           //RETURN TO valveOne FUNCTION AND EXECUTE IT
      }
    }
  }
}

```

Εικόνα 64: Συνάρτηση `valveOne()` του προγράμματος του κεντρικού κόμβου

8.3 Δομή δικτυακής εφαρμογής

Η δομή της δικτυακής εφαρμογής στηρίζεται στον προγραμματισμό της HTML και CSS γλώσσας για την απεικόνιση των ιστοσελίδων και στην PHP για την διαχείριση των εισερχόμενων δεδομένων από το Arduino. Η πρώτη επαφή που έχει ο χρήστης με την εφαρμογή είναι μια σελίδα καλωσορίσματος. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι η φόρμα εισόδου χρήστη, η οποία θα πρέπει να συμπληρωθεί και φιλτράροντας τα δεδομένα που στάλθηκαν παραχωρεί πιστοποίηση στον χρήστη για το αν μπορεί να εισέλθει στην εφαρμογή ή όχι. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η POST ενώ τα δεδομένα στέλνονται μέσω της φόρμας στην σελίδα login.php η οποία είναι υπεύθυνη για την διαχείριση και την εισαγωγή τους στην βάση δεδομένων.

```

58 <form name="form1" method="POST" action="login.php">
59     Username: <input name="user" type="text" id="user">
60     Password: <input name="pass" type="password" id="pass"><br>
61     <input type="submit" name="Submit" value="Login">
62 </form>

```

Εικόνα 65: Φόρμα εισόδου χρήστη στην σελίδα index.html

Η σελίδα login.php για να λειτουργήσει χωρίς προβλήματα χρειάζεται την conn.php. Με την εντολή require στην γλώσσα PHP, υπάρχει η δυνατότητα να βρεθεί η συγκεκριμένη σελίδα (εάν είναι αποθηκευμένη στο ίδιο κατάλογο με την τρέχουσα σελίδα), και να εκτελεστεί προτού εκτελεστεί ο κώδικας της login.php. Αυτή η εκτέλεση της conn.php είναι σημαντική για το λόγο ότι περιέχονται όλες οι πληροφορίες για τη σύνδεση στη βάση δεδομένων σε αυτή τη σελίδα. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 61, μέσω της POST περνάνε τα δεδομένα της φόρμας από την index.html σε τοπικές μεταβλητές στην login.php. Έπειτα εκτελείται ένα query (όπως λέγεται στην SQL γλώσσα προγραμματισμού) για να προσκομιστούν όλα τα δεδομένα του πίνακα members όπου η στήλες username και password περιέχουν το username και password που εισήγαγε ο χρήστης στην φόρμα. Αν βρεθεί μια εγγραφή με αυτά τα στοιχεία, τότε ο χρήστης θεωρείται πιστοποιημένος και μπορεί να εισέλθει στην εφαρμογή. Διαφορετικά μέσω ενός κώδικα JavaScript ο χρήστης ειδοποιείται ότι πληκτρολόγησε λάθος όνομα χρήστη ή κωδικό.

```

1 <?php
2 require "conn.php";
3
4 if($_SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST")
5 {
6     $myusername= ($_POST['user']);
7     $mypassword= ($_POST['pass']);
8
9     $mysql_qry = "select * from members where username like '$myusername' and password like '$mypassword'";
10    $result = mysqli_query($conn,$mysql_qry);
11    if(mysqli_num_rows($result) == 1) {
12        header("location: home.html");
13    } else {
14        echo "<script>
15        alert('Your Login Name or Password is invalid! Please try again. ');
16        window.location.href='index.html';
17        </script>";
18    }
19 }
20 ?>

```

Εικόνα 66: Κώδικας σελίδας login.php

9 Οδηγίες Χρήσης

Μετά την ολοκλήρωση οποιουδήποτε προϊόντος ο κατασκευαστής προκειμένου να το προωθήσει στην αγορά και να κάνει περισσότερο κατανοητές τις λειτουργίες του στους πελάτες προβαίνει στην συγγραφή ενός εγχειριδίου χρήσης. Έτσι και στην περίπτωση αυτής της εργασίας, είναι απαραίτητη η παράθεση αυτών των οδηγιών, προκειμένου να προειδοποιήσουν τον χρήστη για τυχόν ιδιαιτερότητες του συστήματος, να τον αποτρέψει από κρίσιμα λάθη και να κατανοήσει τις λειτουργίες του.

9.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Οι δυο κόμβοι του συστήματος, αν και συνεργάζονται έχουν διαφορετικές λειτουργίες και επομένως διαφορετικά χαρακτηριστικά. Στους πίνακες 14 και 15 θα αναγραφούν συνοπτικά αυτά τα τεχνικά χαρακτηριστικά.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	
Αισθητήρια	1 ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας-υγρασίας, 1 υγρασίας χώματος
Μέσω επικοινωνίας	Ασύρματος ραδιοπομπός 2,4GHz
Εμβέλεια Επικοινωνίας	≈30μ σε εσωτερικό χώρο, ≈80μ σε εξωτερικό
Δυνατότητα προσθήκης περιφερειακών συσκευών	Ναι
Τροφοδοσία	USB, μετασχηματιστής ρεύματος σε 5-12V, χρήση μπαταρίας 9V,
Αυτονομία μπαταρίας	6 ώρες συνεχείς λειτουργίας
Διαστάσεις	7cmX5,5cmX10cm
Επιπλέον Χαρακτηριστικά	Μικρός, φορητός, ελαφρύς

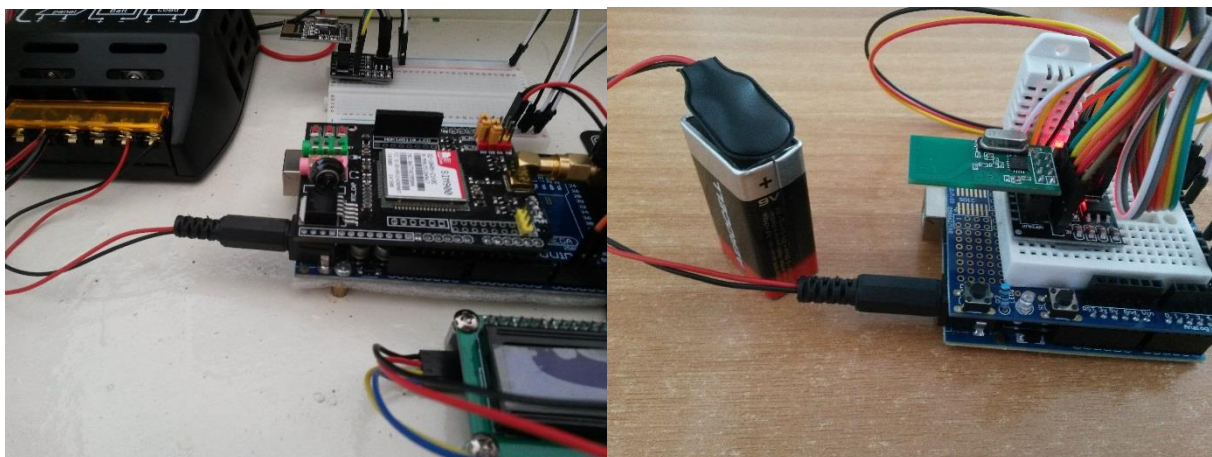
Πίνακας 14: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήριου κόμβου

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	
Μονάδες Εισόδου	Αριθμητικό πληκτρολόγιο
Μονάδες Εξόδου	Οθόνη LCD, 2-καναλιών ρελέ
Μέσω επικοινωνίας	Ασύρματος ραδιοπομπός 2,4GHz, 4 συχνοτήτων GSM/GPRS ασπίδα
Εμβέλεια Επικοινωνίας	≈30μ σε εσωτερικό χώρο, ≈80μ σε εξωτερικό
Ονομαστικό φορτίο ρελέ	AC: 125-250V/10A, DC:28-30V/10A
Ονομαστικό ρεύμα ρελέ	10A(NO), 5A(NC)
Δυνατότητα προσθήκης περιφερειακών συσκευών	Ναι
Τροφοδοσία	Φωτοβολταϊκό σύστημα με μπαταρία μόλυβδου 12V, μετασχηματιστής ρεύματος σε 5-12V
Αυτονομία μπαταρίας	11 ώρες συνεχείς λειτουργίας (σε απόλυτο σκοτάδι), την ημέρα φορτίζει
Διαστάσεις	38cmX10cmX37cm
Επιπλέον χαρακτηριστικά	Φορητός, ανοχή σε καιρικά φαινόμενα, επαναφορτιζόμενος, Χρησιμοποιεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Πίνακας 15: Τεχνικά χαρακτηριστικά κεντρικού κόμβου

9.2 Οδηγίες Έναρξης

Η πρώτη ενέργεια που πρέπει να γίνει είναι να συνδεθούν και οι δύο κόμβοι με μια πηγή ενέργειας. Στην περίπτωση του αισθητήριου κόμβου το στρογγυλό φισ 2.1mm να συνδεθεί με την 9V μπαταρία ενώ στον κεντρικό κόμβο το φισ από τον ρυθμιστή φόρτισης στο Arduino Mega.



Εικόνα 72: εφαρμογή ρεύματος στον κεντρικό κόμβο, Εικόνα 73: εφαρμογή ρεύματος στον αισθητήριο κόμβο

Αμέσως μετά θα πρέπει να ενεργοποιηθεί η GSM/GPRS Shield πατώντας παρατεταμένα για τουλάχιστον 3 δευτερόλεπτα το S_PWR κουμπί όπως φαίνεται στην εικόνα 74 . Μόλις το .NET LED αναβοσβήνει κάθε 3 δευτερόλεπτα σημαίνει ότι έχει εδραιωθεί πλέον η σύνδεση με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και ο χρήστης θα είναι σε θέση να διαχειριστεί το σύστημα.



Εικόνα74 : Σε μαρκαρισμένο κόκκινο παραλληλόγραμμο διακρίνεται το κουμπί εκκίνησης της ασπίδας

9.3 Λειτουργία Ιστοσελίδας

Για να αποκτήσει πρόσβαση ο χρήστης στη δικτυακή εφαρμογή του συστήματος θα πρέπει να πληκτρολογήσει σε κάποιον φυλλομετρητή (browser) την διεύθυνση <http://www.arduinowateringsystem.com/>. Εκεί έρχεται σε επαφή με την πρώτη σελίδα της εφαρμογής (Εικόνα 75), η οποία τον καλωσορίζει και του ζητάει να εισάγει τα στοιχεία του για να συνδεθεί.


TEI Κρήτης
 Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Username:
 Password:

Καλώς Ορίσατε στην δικτυακή εφαρμογή του συστήματος!

Κάντε Login στην φόρμα που βρίσκεται αριστερά για να συνδεθείτε στο σύστημα.

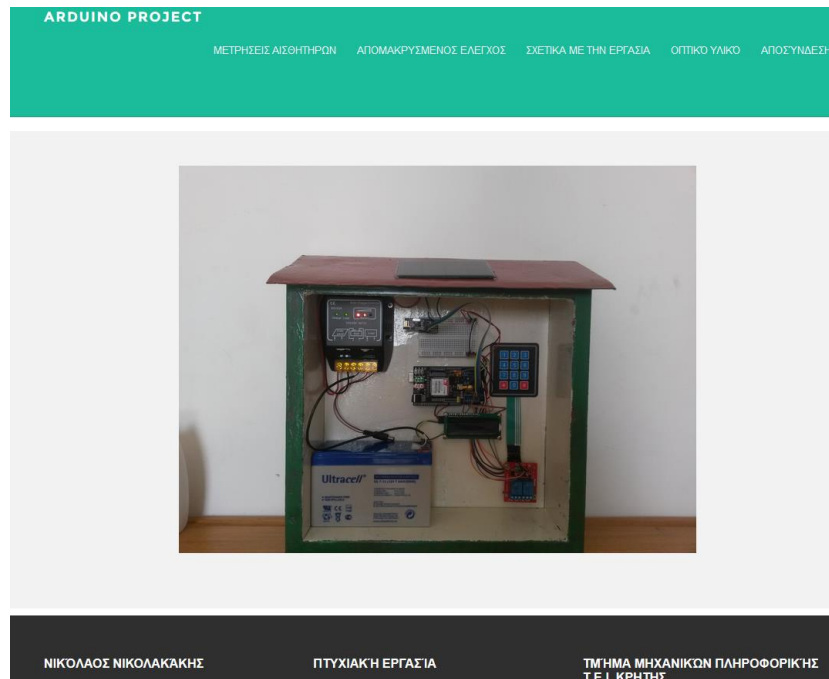
Κάνοντας Login θα μπορείτε να λάβετε δυναμικά δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας πειβάλλοντος καθώς και μετρήσεις υγρασίας χώματος.

Επίσης θα έχετε τη δυνατότητα να αλλάζετε την κατάσταση του ηλεκτρονόμου και κατα συνέπεια των ηλεκτροβανών!

Πτυχιακή Εργασία Του Νικόλαου Νικολακάκη
 TEI Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Εικόνα 75: σελίδα εισόδου στη web εφαρμογή

Εάν τα στοιχεία που στάλθηκαν στη βάση δεδομένων είναι σωστά, ο χρήστης μεταφέρεται αυτόματα στη αρχική (home.html) σελίδα, της οποίας μια απεικόνιση φαίνεται στην εικόνα 76.



Εικόνα 76 : η αρχική οθόνη της web εφαρμογής

Προχωρώντας στην δεύτερη σελίδα της εφαρμογής, την «Μετρήσεις Αισθητήρων», συναντάμε έναν πίνακα με 4 στήλες όπου εμφανίζει η βάση δεδομένων τις μετρήσεις των αισθητήρων.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΧΩΜΑΤΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ/ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
26.1°C	60.4%	0/950	0000-00-00 00:00:00
25.6°C	47.6%	0/950	0000-00-00 00:00:00
24.1°C	45.1%	408/950	0000-00-00 00:00:00
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 06:14:08
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 06:18:22
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 06:27:26
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 06:29:47
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 07:13:28
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 07:18:40
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 07:24:09
23.8°C	46.2%	0/950	2016-10-19 07:33:19

Εικόνα 77 : Δεύτερη σελίδα της εφαρμογής, «Μετρήσεις Αισθητήρων»

Στον Απομακρυσμένο Έλεγχο υπάρχει μια φόρμα που ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει προκειμένου να αλλάξει την κατάσταση του ρελέ από την ιστοσελίδα.

Απομακρυσμένος έλεγχος του συστήματος

Σε αυτή τη σελίδα μπορείτε να ελέγξετε την κατάσταση λειτουργίας της κάθε ηλεκτροβάνας.

Παρακαλώ επιλέξτε την ηλεκτροβάνα που θέλετε να χειριστείτε και έπειτα την κατάσταση λειτουργίας που θέλετε να τεθεί

Ηλεκτροβάνα 1 Ηλεκτροβάνα 2

Ανοιχτή:
Κλειστή:

Αποστολή

Εικόνα 78: Τρίτη σελίδα της εφαρμογής, «Απομακρυσμένος Έλεγχος»

Ακολουθεί η σελίδα «Σχετικά με την Εργασία». Όπως φαίνεται στην φωτογραφία εκεί υπάρχει η περίληψη της πτυχιακής και δίνεται η δυνατότητα λήψης της.

ARDUINO PROJECT

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ ΟΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ

Περίληψη

Σε αυτή τη πτυχιακή εργασία θα αναπτυχθεί ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου και διαχείρισης ενός αμπελώνα με σκοπό το πότισμα αυτού χωρίς την παρουσία του ανθρώπου. Το σύστημα θα μαζεύει πληροφορίες από ειδικούς αισθητήρες και θα αναλύει τα δεδομένα με βάση κάποιες παραμέτρους που θα έχει ορίσει ο χρήστης. Έπειτα θα ειδοποιεί τον χρήστη για τα αποτελέσματα μέσω σύντομων γραπτών μηνυμάτων (SMS), αλλά και μιας εφαρμογής Web. Για την κατασκευή αυτής της διάταξης χρησιμοποιήθηκε υπολογιστική πλατφόρμα της οικογένειας Arduino. Μια GSM Shield απαραίτητη για την δικτύωση της πλατφόρμας με το διαδίκτυο (καθώς συνήθως δεν υπάρχει δυνατότητα Wi-Fi στους καλλιεργήσιμους χώρους), ένα πλήθος αισθητήρων, ένα ηλιακό πάνελ για την παροχή ενέργειας και άλλα πολλά εξαρτήματα που θα αποκαλύπτονται σιγά σιγά στη πορεία της πτυχιακής. Αυτό γιατί εκτός από το οικονομικό όφελος το Arduino είναι μια πλατφόρμα ευρέως διαδεδομένη με αρκετές υποστηρικτικές εφαρμογές και μία μεγάλη κοινότητα να την υποστηρίζει. Αυτό καθιστά την παρούσα εργασία να είναι επεκτάσιμη ακόμα και από τρίτους. Ο προγραμματισμός του Arduino έγινε χρησιμοποιώντας το Arduino IDE, ένα Open-Source λογισμικό της εταιρίας σε γλώσσα C/C++ ενώ η δικτυακή εφαρμογή γράφτηκε σε HTML, PHP και SQL. Τέλος η εργασία αυτή όπως θα παρουσιαστεί και στη συνέχεια αποτελείται από τρεις βασικές ενότητες οι οποίες αναφέρονται σε όλους τους τεχνολογικούς και επιστημονικούς τομείς που είναι απαραίτητοι προκειμένου ο μη εξειδικευμένος αναγνώστης να έχει τη δυνατότητα να αντιληφθεί, να παρακολουθήσει και να αξιολογήσει όλο το περιεχόμενο του αυτοματοποιημένου συστήματος καθώς να κατανοήσει και τα πεδία εφαρμογής του.

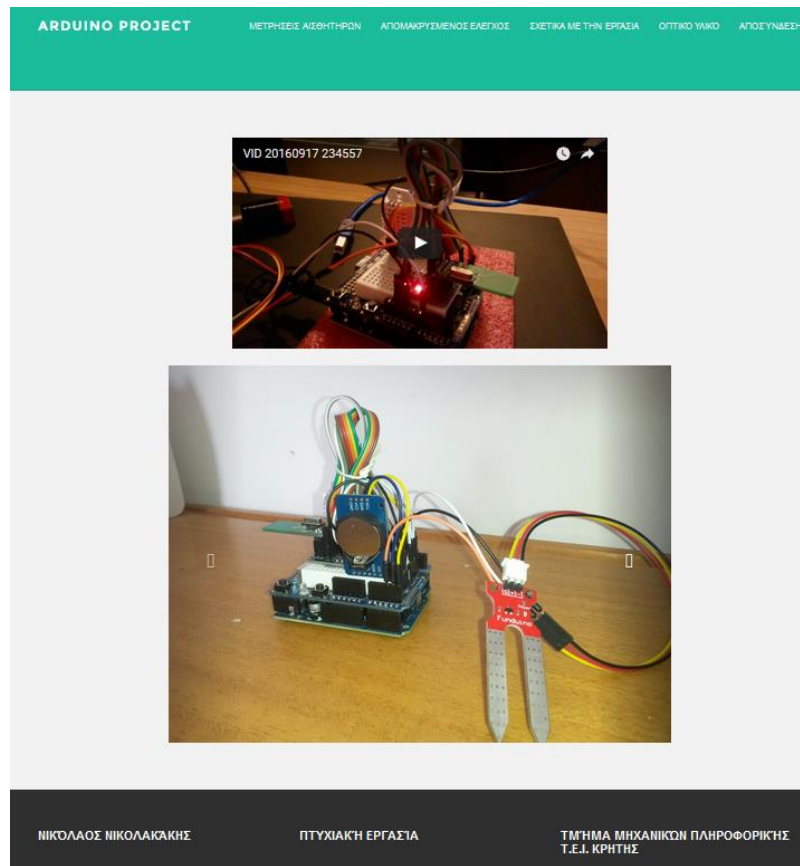
Λήψεις

Μπορείτε να κατεβάσετε ολόκληρη την εργασία σε ηλεκτρονική μορφή (PDF) [ΕΔΩ](#) ή την συντομευμένη παρουσίαση της (PowerPoint) [ΕΔΩ](#).

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΝΙΚΟΛΑΚΑΚΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

Εικόνα 79: Τέταρτη σελίδα της εφαρμογής, «Σχετικά με την Εργασία»

Τελευταία σελίδα της Web εφαρμογής είναι η «Οπτικό Υλικό». Σε αυτή τη σελίδα παρουσιάζονται ένα βίντεο λειτουργίας του συστήματος και ένα slideshow.



Εικόνα 80 : πέμπτη σελίδα της εφαρμογής, «Οπτικό Υλικό»

10 Αποτελέσματα

Το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας συνοψίζεται σε μια πρόταση. Παρουσίαση των απομακρυσμένων μετρήσεων των αισθητήρων, σε δυο διαφορετικά μέσα χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνολογίες απεικόνισής τους και δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το σύστημα τοπικά και εξ' αποστάσεως μέσω σύντομων μηνυμάτων (SMS).

Το Arduino έχει ένα μεγάλο εύρος δυνατοτήτων που εφαρμόζονται σε εκατομμύρια διαφορετικά πρότζεκτ. Το γεγονός αυτό δίνει την ευκαιρία στον δημιουργό της εργασίας να επεκτείνει τις γνώσεις του σε συγκεκριμένες τεχνολογίες καθώς και να κατανοήσει καλύτερα τις λειτουργίες τους. Για παράδειγμα η παρούσα πτυχιακή επεκτάθηκε σε συστήματα μέτρησης, ασύρματες ράδιο-εκπομπές, χρήση πρωτοκόλλων κινητής τηλεφωνίας για σύνδεση στο διαδίκτυο και για αποστολή μηνυμάτων και στην ανάπτυξη σύγχρονων ιστοσελίδων.

Η αρχική ιδέα ήταν να προσαρμόζεται το σύστημα στις διαφορετικές ανάγκες του κάθε καλλιεργήσιμου χώρου και να εγκαθίστανται με ευκολία σε αυτούς λόγω τις φορητότητας που το χαρακτηρίζει. Γενικά η ανάπτυξη τέτοιου είδους συστήματος για κάποιον αρχάριο είναι αρκετά πολύπλοκη και χρονοβόρα πράγμα που γεννά την ερώτηση αν τελικά άξιζε η εκπόνηση μιας τέτοιας εργασίας. Το παραπάνω ερώτημα θα απαντηθεί στη συνέχεια εφόσον αναλυθούν μερικοί ακόμα παράγοντες, όπως το κόστος υλοποίησης, τις δυνατότητες επέκτασης που έχει κ.α.

10.1 Κόστος Υλοποίησης

Κόστος είναι η θυσία που συνεπάγεται για την απόκτηση ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας και αποτελείται από το εμφανές και το αφανές κόστος. Το σύνολο του εμφανούς και του αφανούς κόστους αποτελεί το οικονομικό κόστος (economic cost) που είναι ουσιαστικά το κόστος ευκαιρίας για την παραγωγή του προϊόντος. Άρα, πέρα από τα χρηματικό ποσό που χρειάστηκε για να υλοποιηθεί αυτή η εργασία, χρειάστηκε διάβασμα, δουλειά και πολύ χρόνο, προκειμένου να έρθει εις πέρας το πρότζεκτ. Όλοι αυτοί οι παράμετροι συμβάλουν στο κόστος υλοποίησης της εργασίας.

Σύμφωνα με την επιστήμη των οικονομικών για να είναι θετικό το αποτέλεσμα όλης αυτής της προσπάθειας πρέπει το οικονομικό κόστος να είναι μικρότερο από την ανάγκη που έχει ο δημιουργός του για την υλοποίηση του. Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψιν, θα πρέπει ο κατασκευαστής του πρότζεκτ να αναλογιστεί αν το διάβασμα που έκανε για την απόκτηση των απαραίτητων γνώσεων πριν την υλοποίηση, ο συνολικός χρόνος που διέθεσε στην εργασία και τα χρήματα που ξόδεψε, άξιζαν και είχαν θετικό αντίκτυπο στον στόχο που είχε.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο σκοπός και η ανάγκη για τη δημιουργία αυτής της εργασίας είναι καθαρά ακαδημαϊκοί. Είναι δηλαδή μέσα στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών προκειμένου ο σπουδαστής να πάρει το πτυχίο του. Γι' αυτό το λόγο θα θεωρηθεί ότι τα κόστη διαβάσματος, χρόνου και δουλειάς είναι μέσα στις αρμοδιότητες του κάθε σπουδαστή του τμήματος. Στον πίνακα 14 αναγράφονται όλο το υλικό που χρειάστηκε και το αντίστοιχο κόστος του:

Προϊόν	Τιμή
Arduino Uno	8.21 €
Arduino Mega	12.48 €
Prototype shield	4.93 €
Gsm shield	40.89 €
DHT22	6.66 €
Soil moisture	3.31 €
2-channel relay	2.85 €
LCD	4.65 €
RTC	2.24 €
Keypad	2.25 €
nRF24L01+	3.71 €
Base module για nRF	4.79 €
Breadboard	2.82 €
Jumper wires	2.43 €
Τροφοδοτικό	3,51 €
Ηλιακό πάνελ	4,51 €
Ρυθμιστής φόρτισης	4,58 €
Μπαταρία 12V	11.09 €
Μπαταρία 9V	1,70 €
9V battery connector	0.50 €
	Σύνολο: 128,11 €

Πίνακας 16: προϊόντα που χρειάστηκαν και οι τιμές τους στο διαδίκτυο

Σημείωση: όλα τα παραπάνω προϊόντα αγοράστηκαν από το εξωτερικό μέσω του διαδικτύου με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους.

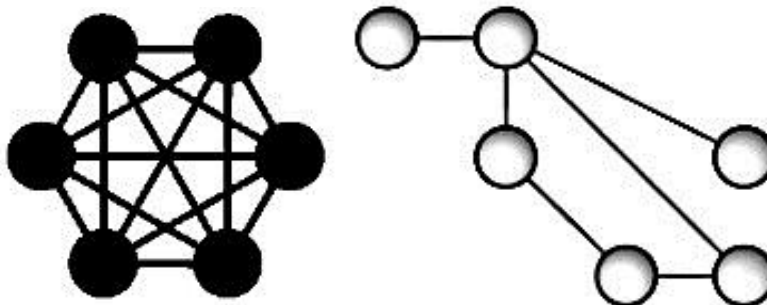
10.2 Μελλοντική Επέκταση

Το σύστημα σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει δυνατότητα (ανάλογα τις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη), επέκτασης στο μέλλον. Αυτό γιατί τόσο το υλικό που χρησιμοποιήθηκε όσο και οι τεχνολογίες, του επιτρέπουν να προστεθούν για παράδειγμα επιπλέον ασπίδες για να κάνει κάτι παραπάνω ή περισσότεροι κόμβοι για μεγαλύτερη δειγματοληψία στις μετρήσεις κ.λπ.

Ο κόμβος αισθητήρων έχει περιορισμένες δυνατότητες γι' αυτό και είναι λιγότερο πιθανό να του προστεθούν καινούριες λειτουργίες. Αυτό είναι όμως και το πλεονέκτημά του. Το γεγονός ότι είναι ένας πολύ απλός στην υλοποίηση και ανεξάρτητος κόμβος, με πλήρη φορητότητα στην εγκατάστασή του και ελάχιστες απαιτήσεις. Το λογισμικό που είναι υπεύθυνο για την οδήγηση και την επικοινωνία των περιφερειακών του συσκευών είναι ευέλικτο ως προς τη προσθήκη πανομοιότυπων κόμβων με απώτερο σκοπό την συγκέντρωση περισσότερων μετρήσεων από διαφορετικά σημεία του χώρου. Έτσι ο χρήστης θα έχει μια καλύτερη και πιο ακριβή εικόνα για τις πραγματικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν στο χωράφι του. Επίσης θα μπορούσαν να εγκατασταθούν επιπλέον αισθητήρες αν κάποιος θελήσει να έχει πρόσβαση και σε άλλα μετεωρολογικά φαινόμενα. Υπάρχει πληθώρα τέτοιου είδους αισθητήρων όπως βροχής, ηλιοφάνειας, βαρομετρικής πίεσης, ανέμου κ.α. καθώς υπάρχουν στο εμπόριο και ασπίδες που ενσωματώνουν όλους τους παραπάνω αισθητήρες.

Ο κεντρικός κόμβος είναι πιο πολύπλοκος στην υλοποίηση τόσο του υλικού που χρησιμοποιεί όσο και του λογισμικού που το συνοδεύει. Παρόλα αυτά χάρη στην ειδική κατασκευή που φιλοξενεί όλο το απαραίτητο υλικό γίνεται και αυτός εύκολος στην μεταφορά και στην εγκατάσταση σε διάφορους χώρους. Όλα τα εξαρτήματα στεγάζονται στο ίδιο χώρο ο οποίος είναι κατασκευασμένος ώστε να αντέχει τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε καλλιεργήσιμους χώρους. Ο κεντρικός κόμβος διαθέτει το nRF24L01+ module το οποίο επιτρέπει την ταυτόχρονη σύνδεση με έξι αισθητήριους κόμβους. Αν για οποιοδήποτε λόγο ο χρήστης θέλει να προσθέσει παραπάνω από 6, πολύ απλά πρέπει να εγκαταστήσει και δεύτερο module στον κεντρικό κόμβο και να τον ρυθμίσει σε διαφορετικό κανάλι επικοινωνίας με τους επιπλέον 6 κόμβους. Η σύνδεση του είναι αρκετά απλή καθώς αυτά τα modules όπως έχει προαναφερθεί χρησιμοποιούν την SPI επικοινωνία. Ένα αρκετά θετικό στοιχείο αυτής της επικοινωνίας είναι ότι δεν χρειάζεται να υπάρχουν αποκλειστικές συνδέσεις της κάθε συσκευής που χρησιμοποιεί το SPI bus για να λειτουργήσουν. Ο μόνος περιορισμός που θέτει αυτό το μοντέλο επικοινωνίας είναι η κάθε συσκευή να έχει μια μοναδική σύνδεση SS (Slave Select).

Όσον αφορά την εμβέλεια των nRF modules, εκτός από εξωτερικές κεραίες ενίσχυσης που θα μπορούσαν εύκολα να τοποθετηθούν, μια δοκιμασμένη και αξιόπιστη εναλλακτική λύση είναι η σύνδεση των modules σε τοπολογία δικτύου Mesh. Ένα δίκτυο πλέγματος (Mesh Network) είναι ένα τοπικό δίκτυο (LAN), ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN) ή εικονικό LAN (VLAN) που χρησιμοποιεί μια από τις δύο αποκεντρωμένες παραμέτρους σύνδεσης: την πλήρη τοπολογία πλέγματος (Full Mesh Topology) ή την μερική τοπολογία πλέγματος (Partial Mesh Topology). Σε μια πλήρες τοπολογία mesh, κάθε κόμβος του δικτύου (σταθμός εργασίας ή άλλη συσκευή) συνδέεται απευθείας με κάθε έναν από τους άλλους. Σε μια μερική τοπολογία πλέγματος, κάποιοι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι με όλους τους άλλους, ενώ άλλοι συνδέονται μόνο σε κόμβους με τους οποίους ανταλλάσσουν τα περισσότερα δεδομένα. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται μια πλήρες (αριστερά) και μια μερική (δεξιά) τοπολογία mesh. Να σημειωθεί ότι ανεξάρτητα των παραμέτρων σύνδεσης (πλήρης ή μερική) η τοπολογία mesh μπορεί να λειτουργήσει είτε ενσύρματα είτε ασύρματα.



Εικόνα 81: πλήρη τοπολογία πλέγματος (αριστερά), Εικόνα 82: μερική τοπολογία πλέγματος (δεξιά)

Η τοπολογία mesh αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Σε αντίθεση με τους κόμβους σε μια τοπολογία αστέρα, οι οποίοι απαιτούν ένα δρομολογητή (Router) για την παροχή υπηρεσιών διαδικτύου, οι κόμβοι του δικτύου μπορούν να "μιλήσουν" άμεσα ο ένας στον άλλο χωρίς να απαιτείται η συνδρομή μιας σύνδεσης στο Internet. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της αποκεντρωμένης τοπολογίας είναι ότι δεν μπορεί να υπάρξει ένα ενιαίο σημείο αποτυχίας (Single Point of Failure, SPoF). Εάν ένας κόμβος δεν μπορεί πλέον να λειτουργήσει, οι υπόλοιποι μπορούν να εξακολουθούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, άμεσα ή μέσω ενός ή περισσότερων ενδιάμεσων κόμβων.

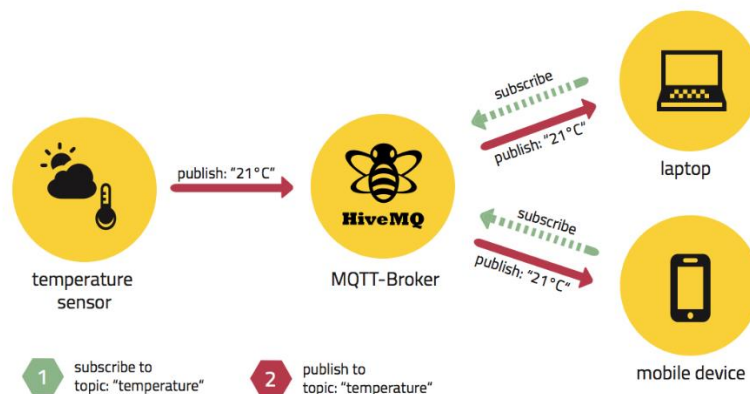
Ένα ασύρματο δίκτυο mesh (Wireless Mesh Network, WMN), είναι ένα δίκτυο αποτελούμενο από ραδιοπομπούς (στην συγκεκριμένη περίπτωση nRF24L01+), οργανωμένο σε τοπολογία mesh. Τα WMN συνήθως αποτελούνται από mesh clients, mesh routers και gateways. Οι mesh clients είναι οι συνδεδεμένες συσκευές που θέλουμε να επικοινωνήσουν, ενώ οι mesh routers δρομολογούν τα δεδομένα από και προς τον κεντρικό κόμβο (Server), που μπορεί, (χωρίς να είναι

απαραίτητο) να είναι συνδεδεμένος στο Internet. Η περιοχή κάλυψης των ραδιοπομπών καλείται mesh cloud, των οποίων η πρόσβαση εξαρτάται αποκλειστικά από τους ραδιοπομπούς και την ικανότητά τους να δουλεύουν με αρμονία.

Η τοπολογία mesh ταιριάζει αρκετά στις ανάγκες του συστήματος αυτής της εργασίας και είναι απαραίτητος παράγοντας προκειμένου να αυξηθεί η εμβέλεια του δικτύου των αισθητήριων κόμβων.

Από την μεριά του δικτυακού μέρους του συστήματος μπορούν να γίνουν αρκετές αναβαθμίσεις και βελτιώσεις που δυστυχώς δεν έγιναν σε αυτή την εργασία λόγω έλλειψης χρόνου. Έχει γίνει η προεργασία για τον έλεγχο του ρελέ μέσω της ιστοσελίδας. Προκειμένου να ολοκληρωθεί όμως θα πρέπει η GSM/GPRS shield να οριστεί σαν TCP/IP Server ώστε να μπορεί να «ακούει» τα αιτήματα που της στέλνουν διάφοροι Clients ή Servers. Υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές για να πραγματοποιηθεί αυτό αλλά αλλάζουν τη δομή του προγράμματος.

Ίσως η καλύτερη λύση για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι η αλλαγή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας σε MQTT (MQ Telemetry Transport). Το MQTT είναι ένα Publish/Subscribe, εξαιρετικά απλό και ελαφρύ πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων, σχεδιασμένο για περιορισμένων δυνατοτήτων συσκευές, χαμηλού εύρους ζώνης, ή για χρήση σε αναξιόπιστα δίκτυα. Οι αρχές του σχεδιασμού του είναι να ελαχιστοποιήσει το εύρος ζώνης του δικτύου και τις απαιτήσεις των πόρων της συσκευής, ενώ ταυτόχρονα, να διασφαλίσει αξιοπιστία και κάποιο βαθμό εγγύησης της παράδοσης των μηνυμάτων. Οι αρχές αυτές όπως αποδεικνύεται καθιστούν το πρωτόκολλο ιδανικό για M2M (machine-to-machine) ή IoT (Internet of Things) χρήση, καθώς και για κινητές εφαρμογές όπου το εύρος ζώνης και η ισχύς της μπαταρίας είναι μείζων ζήτημα.



Εικόνα 83: το πρωτόκολλο MQTT

Το πρωτόκολλο MQTT επιτρέπει στις έξυπνες συσκευές να στέλνουν (publish) πληροφορίες σχετικά με ένα συγκεκριμένο θέμα (topic), σε έναν Server (Broker). Ο Broker στη συνέχεια ωθεί (pushes) τις πληροφορίες αυτές στους πελάτες (συσκευές), που έχουν εγγραφεί (subscribed) στο συγκεκριμένο θέμα του Broker. Για τον άνθρωπο, ένα θέμα μοιάζει με μια ιεραρχική διαδρομή αρχείου. Οι πελάτες μπορούν να εγγραφούν σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο της ιεραρχίας ενός θέματος ή να χρησιμοποιήσουν ένα χαρακτήρα μπαλαντέρ (wildcard character) για να εγγραφούν σε πολλαπλά επίπεδα. Το MQTT είναι μια καλή επιλογή για ασύρματα δίκτυα που χαρακτηρίζονται από μεγάλο latency (καθυστέρηση αποστολής πακέτων από τον ένα κόμβο στον άλλον), περιορισμένο bandwidth (εύρος ζώνης) και γενικά από αναξιόπιστες συνδέσεις. Σε περίπτωση που η σύνδεση από μια εγγραφή πελάτη με το εξυπηρετητή σπάσει, ο εξυπηρετητής θα αποθηκεύσει τα μηνύματα σε έναν buffer και θα τα ωθήσει στον πελάτη όταν όταν αποκατασταθεί η σύνδεσή του. Σε περίπτωση που η σύνδεση από τον πελάτη στο Server αποσυνδεθεί χωρίς προειδοποίηση, ο Server μπορεί να κλείσει τη σύνδεση και να στείλει στους υπόλοιπους συνδρομητές ένα προσωρινά αποθηκευμένο μήνυμα με οδηγίες από τον πελάτη.

Γενικά το πρωτόκολλο αυτό δημιουργήθηκε για περιπτώσεις άμεσης, ελαφριάς επικοινωνίας χωρίς να έχει μεγάλες απαιτήσεις από το δίκτυο. Αυτό το καθιστά ένα άψογο πρωτόκολλο για την επικοινωνία των κόμβων στη συγκεκριμένη εργασία και γενικά στο Internet of Things .

Δεύτερον μια από τις σελίδες της εφαρμογής (Μετρήσεις αισθητήρων), θα μπορούσε να παραμετροποιηθεί ώστε ο χρήστης να ζητάει δυναμικά τα δεδομένα από τους αισθητήρες και όχι μετά από εντολή του κεντρικού κόμβου. Τρίτον, για την καλύτερη κατανόηση των δεδομένων, η ιστοσελίδα θα μπορούσε να επεξεργάζεται τα δεδομένα και να φτιάχνει διαγράμματα με αυτά, όπως σύγκριση των τελευταίων 10 μετρήσεων της θερμοκρασίας ή ποιες ώρες της ημέρας είναι μεγαλύτερη η ατμοσφαιρική υγρασία κ.λπ. Επιπλέον ένα χρήσιμο στοιχείο της εφαρμογής θα ήταν η συντήρηση ιστορικού όπου ο χρήστης θα μπορεί να βλέπει την κατάσταση του ρελέ το τελευταίο διάστημα. Τέλος αν ο χρήστης το επιθυμεί θα μπορεί να προσθέσει και άλλους χρήστες στη βάση δεδομένων που θα έχουν εξουσιοδότηση βλέπουν τα δεδομένα των αισθητήρων και να διαχειρίζονται τις καταστάσεις του ρελέ. Γενικά η δικτυακή εφαρμογή μπορεί να στηθεί ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Έχει αναπτυχθεί με ανοιχτού κώδικα εργαλεία και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί έχουν πολλές δυνατότητες και είναι αρκετά διαδεδομένες.

Συνοψίζοντας, όλη η εργασία στηρίζεται σε πλατφόρμες, εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού και τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα και αυτός είναι ο κυριότερος παράγοντας που την κάνει επεκτάσιμη σε πολλούς τομείς. Ακόμα, είναι πιθανό να ασχοληθεί με τέτοιου είδους πρότζεκτ και η ακαδημαϊκή κοινότητα καθώς η αναπτυξιακή πλακέτα Arduino είναι μια πολύ καλή αρχή για κάποιον που δεν έχει αρκετή εμπειρία με τον προγραμματισμό αλλά και με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

10.3 Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση του συστήματος έγιναν πολλές δοκιμές για να διαπιστωθεί η αξιοπιστία του, η ακεραιότητα των αποτελεσμάτων, η σωστή επικοινωνία με την βάση δεδομένων και το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, η μέγιστη απόσταση που μπορούν να απέχουν οι δύο κόμβοι μεταξύ τους και γενικότερα η ορθή λειτουργία όλων των συνεργαζόμενων συσκευών συνδεδεμένων μεταξύ τους. Δεν παρουσιάστηκε κάποια δυσλειτουργία στο σύστημα, αλλά σίγουρα χρειάζεται και κάποιες βελτιώσεις. Σε πραγματικές συνθήκες εγκατάστασης η εμβέλεια των NRF24L01+ παίζει σημαντικό ρόλο και θα ήταν καλό να αυξηθεί, αντικαθιστώντας τα ήδη υπάρχοντα modules με άλλα τα οποία διαθέτουν εξωτερική κεραία ενίσχυσης. Επιπλέον σίγουρα θα πρέπει να γίνει η παραμετροποίηση στο λογισμικό προκειμένου να γίνεται ο έλεγχος του συστήματος από την Web εφαρμογή. Τέλος ίσως θα έπρεπε να εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά συστήματα και στους αισθητήριους κόμβους. Αν και δεν χρειάζονται πολύ ρεύμα, η αυτονομία τους σε αυτό είναι σημαντική.

Εν κατακλείδα, η πρώτη επαφή που έχει κάποιος με το Arduino είναι αρκετά ενθαρρυντική. Οι αρχικές εντυπώσεις μιλούν για έναν επαναστατικό μικροελεγκτή με τον οποίο μπορεί κάποιος να υλοποιήσει αρκετές πολύπλοκες και απαιτητικές εργασίες. Και η αλήθεια είναι ότι, όντως αυτή η μικρή πλακέτα διαθέτει πάρα πολλά θετικά στοιχεία ιδανικά για κάποιον που δεν έχει μεγάλη εμπειρία στον προγραμματισμό. Δεν γίνεται όμως όλα να είναι τόσο απλά. Σίγουρα απαιτεί από τον χειριστή-προγραμματιστή του χρόνο, υπομονή και μεγάλη αφοσίωση στην εργασία που αναλαμβάνει.

Βιβλιογραφία

- [1] Ανάπτυξη εφαρμογών με το Arduino, Π. Παπάζογλου-Σπ. Λιωνής, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
- [2] Σημειώσεις εργαστηρίου «Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί»
- [3] Arduino Official: <https://www.arduino.cc>
- [4] Αυτοματοποίηση βιομηχανίας: http://www.theseis.com/index.php?option=com_content&task=view&id=58
- [5] Επεξεργαστής: <http://pacific.jour.auth.gr/hardware/cpu.htm>
- [6] Μικροεπεξεργαστής:
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B5%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%82>
- [7] Μικροελεγκτής:
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CF%84%CE%AE%CF%82>
- [8] Ιστορία μικροεπεξεργαστών: <http://cgi.di.uoa.gr/~std06100/Welcome.html>
- [9] Διαφορές μικροεπεξεργαστή, μικροελεγκτή: <http://www.circuitstoday.com/microprocessor-and-microcontroller>
- [10] Γλώσσα προγρ/μου:
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%BB%CF%8E%CF%83%CF%83%CE%B1%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D>
- [11] Arduino: <https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [12] Ιστορία μικροεπεξεργαστών: <http://cgi.di.uoa.gr/~std04013/>
- [13] Arduino Uno: <http://learning.grobotronics.com/getting-started/arduino-uno/>
- [14] I²C BUS: <https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [15] GSM: <https://en.wikipedia.org/wiki/GSM>
- [16] GPRS: https://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service
- [17] Arduino Mega Official: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [18] Τροφοδοσία Arduino: <http://www.homautomation.org/2014/04/03/best-ways-to-power-a-arduino-according-to-your-need/>
- [19] Arduino με 9V μπαταριά: <http://www.instructables.com/id/Powering-Arduino-with-a-Battery/>
- [20] Arduino με 12V μπαταριά: <http://playground.arduino.cc/Learning/LeadAcidBatteryAdapter>
- [21] Internet of Things https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
- [22] Understanding IoT <http://internetofthingswiki.com/internet-of-things-definition/>
- [23] How IoT will change our life <http://internetofthingswiki.com/how-iot-is-changing-our-lives/812/>
- [24] Requirements of IoT <http://internetofthingswiki.com/requirements-internet-of-things/236/>
- [25] IoT myths and facts <http://internetofthingswiki.com/iot-myths-and-facts/602/>
- [26] MQTT <http://mqtt.org/>
- [27] What is MQTT <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport>
- [28] MQTT essentials <http://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-3-client-broker-connection-establishment>
- [29] MQTT wiki <https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki>
- [30] Mesh Networking https://en.wikipedia.org/wiki/Mesh_networking
- [31] Wireless mesh network https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_mesh_network
- [32] What is mesh net <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/mesh-network-topology-mesh-network>
- [33] Arduino Cookbook <https://juniorfall.files.wordpress.com/2011/11/arduino-cookbook.pdf>
- [34] EFCOM GSM shield datasheet http://www.fut-electronics.com/wp-content/plugins/fe_downloads/Uploads/GSM-shield-datasheet-Arduino-tutorial.pdf
- [35] Arduino SPI <https://www.arduino.cc/en/Reference/SPI>
- [36] Serial Communication <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication>
- [37] nRF24L01+ documentation <https://tmrh20.github.io/RF24/classRF24.html>
- [38] nRF24L01+ How to <https://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>
- [39] nRF24L01+ Arduino <http://playground.arduino.cc/InterfacingWithHardware/Nrf24L01>
- [40] nRF24L01+ Wireless Network <https://maniacbug.wordpress.com/2012/03/30/rf24network/>
- [41] nRF24L01+ Library <http://www.airspayce.com/mikem/arduino/NRF24/>
- [42] DHTT22 Guide <http://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-dht11-dht22-humidity-and-temperature-sensor-with-arduino/>
- [43] Soil Moisture Guide http://www.fut-electronics.com/wp-content/plugins/fe_downloads/Uploads/moisture-sensor-arduino.pdf
- [44] LCD 1602 How To <https://arduino-info.wikispaces.com/LCD-Blue-I2C>
- [45] Arduino LCD <http://playground.arduino.cc/Code/LCD>