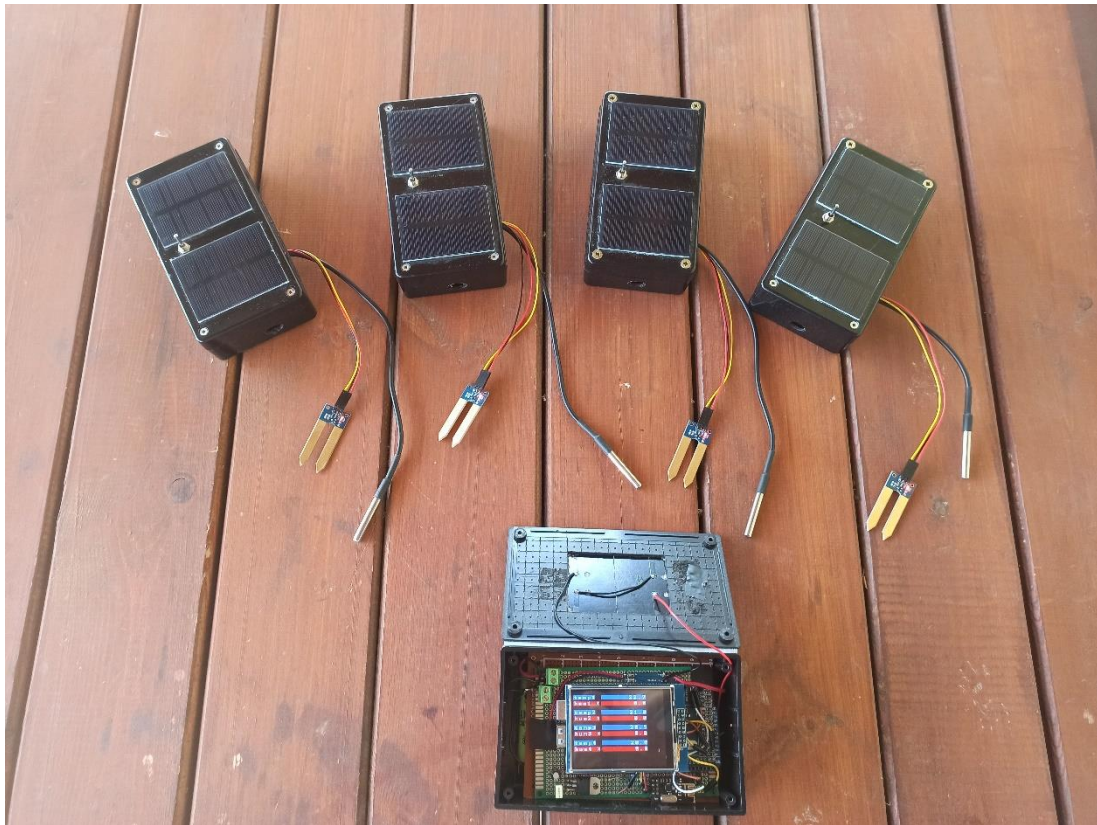


**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΧΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ»**



**Του φοιτητή
Μιχάλογλου Καλλισθενή.
Αρ. Μητρώου: 516087**

**Επιβλέπων
Σπάσος Μιχαήλ
Αναπληρωτής καθηγητής**

Ημερομηνία 10/6/2022

Τίτλος Δ.Ε.: Σύστημα μέτρησης υγρασίας και θερμοκρασίας χώματος για γεωργία ακριβείας

Κωδικός Δ.Ε. 21933

Όνοματεπώνυμο φοιτητή/τών: Μιχάλογλου Καλλισθένης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή : Σπάσος Μιχαήλ

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. : 6/11/2021

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 9/6/2022

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Μιχάλογλου Καλλισθένη που την εκπόνησε/αν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οποιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Γεωργία Ακριβείας είναι μία μέθοδος γεωργίας, στο πλαίσιο της οποίας γίνεται χρήση νέων τεχνολογικών λύσεων, για την υλοποίηση μετρήσεων στοιχείων των φυτών και του εδάφους, αλλά και του περιβάλλοντος χώρου.

Η διαδικασία ξεκινά με την χαρτογράφηση των χωραφιών, όπου αποκτάται μία εικόνα της καλλιεργήσιμης γης. Στη συνέχεια, συλλέγονται πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα και την δομή του εδάφους, καθώς και οι ελλείψεις και τα πλεονάσματα σε ιχνοστοιχεία, έτσι ώστε να συμπληρώνονται και να αφαιρούνται στοιχεία, όπως λίπασμα, φυτοφάρμακα κ.λπ., ανάλογα με τις ανάγκες. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονίσουμε πως όλες οι καλλιέργειες, για να λειτουργήσουν, προκειμένου να έχουμε το μέγιστο δυνατό κέρδος, χρειάζονται νερό και κατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος και χώματος.

Στόχος αυτών των μετρήσεων είναι η καταγραφή των ακριβέστερων αναγκών του κάθε χωραφιού, προκειμένου ο καλλιεργητής να μπορέσει να τις αξιολογήσει και να τις ικανοποιήσει με περισσότερη ακρίβεια.

Αποτέλεσμα αυτής της μεθόδου είναι η μείωση των παγίων, όπως φυτοφάρμακα, πόσιμο νερό κ.ά., ενώ ο απώτερος σκοπός είναι η βελτιστοποίηση της ποιότητας και ποσότητας της σοδειάς, παράγοντας ταυτόχρονα ένα οικολογικό προϊόν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ αποτελείται από πέντε ξεχωριστά και ανεξάρτητα συστήματα, όπου, στο σύνολο τους, λειτουργούν ως μια ενιαία οντότητα. Το σύστημα χωρίζεται στους τέσσερις κόμβους και σε μια κεντρική μονάδα απεικόνισης δεδομένων. Οι κόμβοι είναι υπεύθυνοι για να μετρούν την θερμοκρασία και την υγρασία του χώματος της καλλιέργειας ενός αγρότη. Η μετρήσεις αποστέλλονται ασύρματα με απόλυτη ακρίβεια, αλλά όχι πολύ μεγάλη εμβέλεια, στην κεντρική μονάδα απεικόνισης δεδομένων, όπου σε μια οθόνη φαίνονται οι τιμές των μετρήσεων. Στις μέρες μας, όμως, υπάρχει μια τάση προς την online απεικόνιση και έκθεση διαφόρων δεδομένων. Με γνώμονα αυτό, η κατασκευή περιέχει και ένα ESP8266, το οποίο είναι ένα wifi module, που μας επιτρέπει να εκθέσουμε και να απεικονίσουμε στο internet τα δεδομένα, τα οποία λάβαμε από τους κόμβους. Έτσι, ο καλλιεργητής θα μπορεί να βλέπει της συνθήκες της καλλιέργειάς του, όπου κι αν είναι, μέσω internet, το λεγόμενο internet of things (IOT).

ABSTRACT

Precision Agriculture is a method of agriculture, in the framework of which new technological solutions are used for the implementation of measurements of plant and soil elements and the surrounding area.

The process begins with the mapping of the fields, where an image of the arable land is obtained. Information on soil quality and structure is then collected, as well as deficiencies and surpluses in trace elements, so that elements such as fertilizer, pesticides, etc. are supplemented and removed. depending on the needs, in this series it is important to emphasize that all crops in order to function and have the maximum possible profit need water and suitable environmental and soil conditions.

The purpose of these measurements is to record the most accurate needs of each field, so that the grower can evaluate them and satisfy them more accurately.

The result of this method is the reduction of fixed assets, such as pesticides, drinking water, etc., while the ultimate goal is to optimize the quality and quantity of the crop, while producing an ecological product.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, **Μιχαήλ Σπάσο**, που είναι αναπληρωτής καθηγητής, για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους **τους καθηγητές του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων** για τη συμβολή τους στην επιστημονική και τεχνολογική μου συγκρότηση στα χρόνια της φοίτησής μου στο Τμήμα.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον πατέρα μου, **Νικόλαο**, στην μητέρα μου, **Ευτυχία**, και στην αδερφή μου, **Άννα**, για την οικονομική τους υποστήριξη, καθώς και τους συγγενείς και τους φίλους **Φίλιππο, Δημήτρη, Άγγελο, Τάσο**, για την ηθική

και ψυχολογική υποστήριξη σε όλο το διάστημα των σπουδών μου. Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στην **Τάνια**, που διόρθωσε τα τυχόντα συντακτικά λάθη και τις ατέλειες τις εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΠΡΕΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΕΙΕΣ.....	4
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΙΑΣ.....	7
1.2 ΙΟΤ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΙΑΣ.....	10
1.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	11
1.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	12
1.5 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ.....	15
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΟΥ.....	17
2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΟΜΒΩΝ.....	19
2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ(ΒΑΣΗ)...	21
2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	24
2.3.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	24
2.3.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	25
2.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ - ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ, ARDUINO NANO-MEGA.....	26
2.5 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, NRF24L01.....	28
2.6 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ, ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΑΣΗΣ.....	30
2.7 Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	34

2.8	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ WIFI ΚΑΙ SERVER.....	36
3^ο	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.....	41
3.1	ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	41
3.2	ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.....	41
3.3	ΠΛΗΡΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	43
4^ο	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
4.1	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα η τεχνολογία και η γεωργία έχουν ενώσει τις δυνάμεις τους, για να δώσουν ένα νέο καινοτόμο τρόπο καλλιέργειας, ο οποίος προσφέρει τη δυνατότητα στους παραγωγούς να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους.

Η Γεωργία Ακριβείας επιτρέπει το σύγχρονο καλλιεργητή να διαχειρίζεται το χωράφι του σε σημεία μικρότερης κλίμακας από αυτή του αγροτεμαχίου. Βασίζεται σε τεχνολογίες και μέσα που αρχικά καταγράφουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση του αγροτεμαχίου, στη συνέχεια διαχειρίζονται τα δεδομένα και τελικά εφαρμόζουν τις εισροές, καλύπτοντας χωρικά και χρονικά τις ανάγκες κάθε σημείου του αγροτεμαχίου, ανάλογα με την παραλλακτικότητά του. Χρειάζεται να τονίσουμε επίσης ότι, όσο πιο πολλή τεχνολογία αναπτύσσουμε επάνω στην γεωργία, τόσο λιγότερες ανάγκες σε καλλιεργήσιμη γη απαιτούνται, δηλαδή για να αυξήσουμε θεωρητικά την παραγωγή μας χρειάζεται να καλλιεργούμε και περισσότερο τη γη, ενώ, όταν αυξάνουμε την παραγωγή με τεχνολογία, δεν χρειάζεται να δεσμεύουμε και επιπλέον γη.

Στόχος είναι η ανάπτυξη τεχνολογιών, οι οποίες θα μας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με ορισμένα χαρακτηριστικά του χώματος, της καλλιέργειας και του περιβάλλοντα χώρου.

Με την επιστήμη της ηλεκτρονικής-πληροφορικής μπορούμε να εξετάζουμε και να συλλέγουμε πληροφορίες πολλή μεγάλης ακρίβειας για το χώμα και γενικά διάφορα άλλα χαρακτηριστικά της καλλιέργειάς μας.

1.1 ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΙΑΣ

[1] Η γεωργία ακριβείας έκανε την πρώτη της εμφάνιση το 1929, όταν οι Linsley και Bauer ανέπτυξαν τον πρώτο συντακτικό χάρτη, για τη μελέτη της μεταβλητότητας του pH στο έδαφος, ωστόσο η συστηματική έρευνα αναφορικά με τις εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980. Την περίοδο αυτή, μεταξύ άλλων, δημιουργήθηκε ο πρώτος μετρητής απόδοσης καλλιέργειας σε θεριζοαλωνιστική μηχανή. Κατασκευάστηκαν οι πρώτοι αισθητήρες εδάφους, που θεωρούνται πρόγονοι των σημερινών αισθητήρων του Internet of Things και αναπτύχθηκε το σύστημα εντοπισμού θέσης Global Positioning System, G.P.S., από το Roger Lee Easton. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ειδικά συστήματα ανίχνευσης εδάφους που μετρούσαν την περιεκτικότητα χλωροφύλλης στην καλλιέργεια. Μέχρι το 2002 είχαν λάβει χώρα εδαφικές μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας, δορυφορικές λήψεις εικόνων και τα πρώτα συστήματα ανίχνευσης ζιζανίων σε καλλιέργειες. Τα έτη 1997 και 2005 διοργανώθηκαν για πρώτη φορά ευρωπαϊκά και ασιατικά συνέδρια που αφορούσαν την ευφυή γεωργία, κλάδος που έκτοτε αποτελεί σε παγκόσμια κλίμακα σημείο μεγάλου ενδιαφέροντος και επενδύσεων, τόσο από κρατικούς φορείς, όσο και από επιχειρήσεις. Τέλος, το 2015 έκαναν την εμφάνισή τους τα πρώτα farmbot, όπως πλήρως αυτόνομα συστήματα άρδευσης.

Η γεωργία ακριβείας αποτελεί εξέλιξη της κλασικής γεωργίας, που συνδυάζει σύγχρονες τεχνολογίες, αισθητήρες και δεδομένα για να βελτιστοποιήσει υπάρχουσες αγροτικές δραστηριότητες, μειώνοντας το ρίσκο και παράλληλα αυξάνοντας την ποιότητα και την απόδοση των αγροτικών προϊόντων. Επιπλέον δίνει νέες και καινοτόμες δυνατότητες στους αγρότες, όπως η παρακολούθηση δεδομένων σχετικά με τον αγρό τους σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση των Big Data για την άμεση και αποτελεσματική λήψη αποφάσεων. Αναλυτικότερα, η Έξυπνη Γεωργία προεσβεύει την εφαρμογή των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην γεωργία φέρνοντας την Τρίτη Πράσινη Επανάσταση. Ύστερα από τις επαναστάσεις αναπαραγωγής των φυτών και της γενετικής, η Πράσινη Επανάσταση αρχίζει και επιβάλλεται στο γεωργικό κόσμο με βάση την συνδυασμένη εφαρμογή των λύσεων μέσω Τ.Π.Ε. όπως ο εξοπλισμός ακριβείας, το Internet of Things, οι αισθητήρες και ενεργοποιητές, τα συστήματα γεωεντοπισμού, τα Big Data, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη και η ρομποτική για την υλοποίηση farmbot.

Η γεωργία ακριβείας βελτιστοποιεί την γεωργική παραγωγή, μειώνοντας τα κόστη και χρησιμοποιώντας τους πόρους στο έπακρο. Έρευνες σε παγκόσμια κλίμακα, σχετικά με την εφαρμογή λύσεων της ευφυούς γεωργίας, έδειξαν πως ενώ στις Η.Π.Α. το 20 – 80% των γεωργών χρησιμοποιούν κάποια λύση Έξυπνης Γεωργίας, στην Ευρώπη μόνο το 0% – 24% των γεωργών χρησιμοποιεί κάτι αντίστοιχο. Οι εφαρμογές γεωργία ακριβείας βοηθούν το γεωργό με την χρήση δεδομένων να εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τους πόρους του, όπως το ανθρώπινο δυναμικό, τα μηχανήματα και τον αγρό, με σκοπό να αυξήσει την ποιότητα και την ποσότητα παραγωγής και να ελαχιστοποιήσει την σπατάλη, παίρνοντας το ρίσκο από εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι εφαρμογές της γεωργία ακριβείας δεν στοχεύουν αποκλειστικά σε μεγάλα αγροκτήματα. Τα οφέλη τους μπορούν να εκμεταλλευτούν και μικρές ή μεσαίες αγροτικές επιχειρήσεις, ώστε να αυξήσουν τα κέρδη και την ανταγωνιστικότητά τους, με τη διαδικασία μιας υγιούς ανάπτυξης. Η γεωργία ακριβείας, λοιπόν, ενισχύει τον πρωτογενή τομέα της γεωργίας εμπνέοντας σεβασμό και διαφάνεια στον καταναλωτή με ποιοτικότερα προϊόντα σε μεγαλύτερες ποσότητες και πιο προσιτές τιμές. Πέρα από την οικονομία, σημαντικά οφέλη έχει και προς το περιβάλλον, καθώς μειώνεται η αλόγιστη σπατάλη πόρων, όπως το νερό και βελτιώνονται αγροτικές πρακτικές χρησιμοποιώντας λιγότερα φυτοφάρμακα.

Η γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture) είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροτεμαχίων, σύμφωνα με το οποίο μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικά επίπεδα εισροών σε περιοχές του αγρού, ανάλογα με το δυναμικό παραγωγής και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες (παραλλακτικότητα). Η γεωργία ακριβείας στοχεύει στην αύξηση της παραγωγής και βελτίωση της ποιότητας, όσο και στην μείωση αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Αποτελεί μια νέα μέθοδο γεωργικής πρακτικής, η οποία χρησιμοποιεί πληροφορία με σαφήνεια προσδιορισμένη ως προς το χώρο και το χρόνο, προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα των εισροών και να ελαχιστοποιήσει τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.

Η γεωργία ακριβείας βασίζεται σε τεχνολογίες και μέσα ικανά να καταγράψουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση στον αγρό, στη συνέχεια να διαχειριστούν τη



Εικόνα 1.1.1

συγκεντρωμένη πληροφορία και δεδομένα και τέλος να εφαρμόσουν τις εισροές έτσι, ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες κάθε σημείου και χρονικής στιγμής ξεχωριστά. Στις τεχνολογίες αυτές συμπεριλαμβάνονται:

- Συστήματα και μηχανισμοί καταγραφής δεδομένων, όπως χάρτες αποδόσεων, εργαστηριακές αναλύσεις, Τηλεπισκόπηση, Συστήματα εντοπισμού θέσης και αισθητήρες.
- Συστήματα διαχείρισης και απόδοσης αποτελεσμάτων, όπως Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - Γ.Σ.Π. και Έμπειρα συστήματα.
- Συστήματα μεταβαλλόμενης εφαρμογής (της ροής ή του είδους), όπως λιπασματοδιανομείς, σπορείς, ψεκαστήρες, κ.ά.

Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους αγροτικής παραγωγής, όπου οι εισροές παρέχονται ενιαία στον αγρό, θεωρώντας ότι υπάρχει μια αποδεκτή ομοιογένεια στις εδαφολογικές ιδιότητες και τη γονιμότητα του εδάφους, την εδαφική υγρασία, τους πληθυσμούς των ζιζανίων και των εντόμων, και τα χαρακτηριστικά των φυτών, η γεωργία ακριβείας διαχειρίζεται τον αγρό σε μικρότερες περιοχές ([διαχειριστικές ζώνες](#)) που εμφανίζουν μια σχετική ομοιομορφία που ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα. Με τη γεωργία ακριβείας διαχειριζόμαστε αποτελεσματικότερα την τοπική παραλλακτικότητα ενός αγρού με στόχο :

- Την αύξηση της απόδοσης της παραγωγής.
- Τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Την ορθολογική και αποτελεσματικότερη χρήση των χημικών εισροών.
- Τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας.
- Την προστασία του εδάφους και των υπογείων υδάτων. [1]

1.2 ΙΟΤ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

[2] Το Διαδίκτυο των πραγμάτων-Internet of Things (IoT) είναι ένα καινούριο μοντέλο τεχνολογίας, η οποία στοχεύει στη δημιουργία αυτόνομων δικτύων από «έξυπνους» κόμβους, καθώς και στη δημιουργία αυτοματοποιημένων ενεργειών με τη βοήθεια των παραπάνω δικτύων. Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για το τι είναι το IoT. “Things” είναι συσκευές, οι οποίες έχουν μετατραπεί κατάλληλα, ώστε να μπορούν να γίνουν τμήμα ενός τέτοιου δικτύου π.χ. με την προσθήκη μικρών υπολογιστών.

Οι βάσεις του internet of things (IoT) είναι η τεχνολογία ανίχνευσης της συσκευής. Μέχρι στιγμής η συλλογή πληροφοριών γίνεται μέσα από ηλεκτρονικούς αισθητήρες. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί το IoT είναι ευρέος φάσματος, όπου στέλνουν το σήμα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Η σύνδεση, προσδιορισμός, αναγνώριση των πραγμάτων αποτελεί την ναυαρχίδα της τεχνολογίας του IoT. Μία μορφή τεχνολογίας είναι το RFID. Αποτελείται από ένα μικροσίπ-προμποδέκτη μαζί με ραδιοκύματα. Οι ενεργητικές ετικέτες αποτελούνται από μια μπαταρία, όπου λειτουργεί σαν παροχή ισχύος.

Αναλόγως με τον τύπο της εφαρμογής, οι συχνότητες RFID μοιράζονται σε τέσσερις περιοχές συχνοτήτων. Χαμηλής συχνότητας (135kHz ή λιγότερο), Υψηλής συχνότητας (13.56 MHz), Ultra-High συχνότητα (862 MHz, 928MHz), Συχνότητα μικροκυμάτων (2,4GHz). 6 Στα συστήματα IoT του αγροτικού τομέα, γίνεται χρήση της ML στις διαδικασίες αυτοματοποίησης, που απαιτούνται για την εκτέλεση αυτοματοποιημένων ενεργειών, βάσει των δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες ή άλλες πηγές δεδομένων.

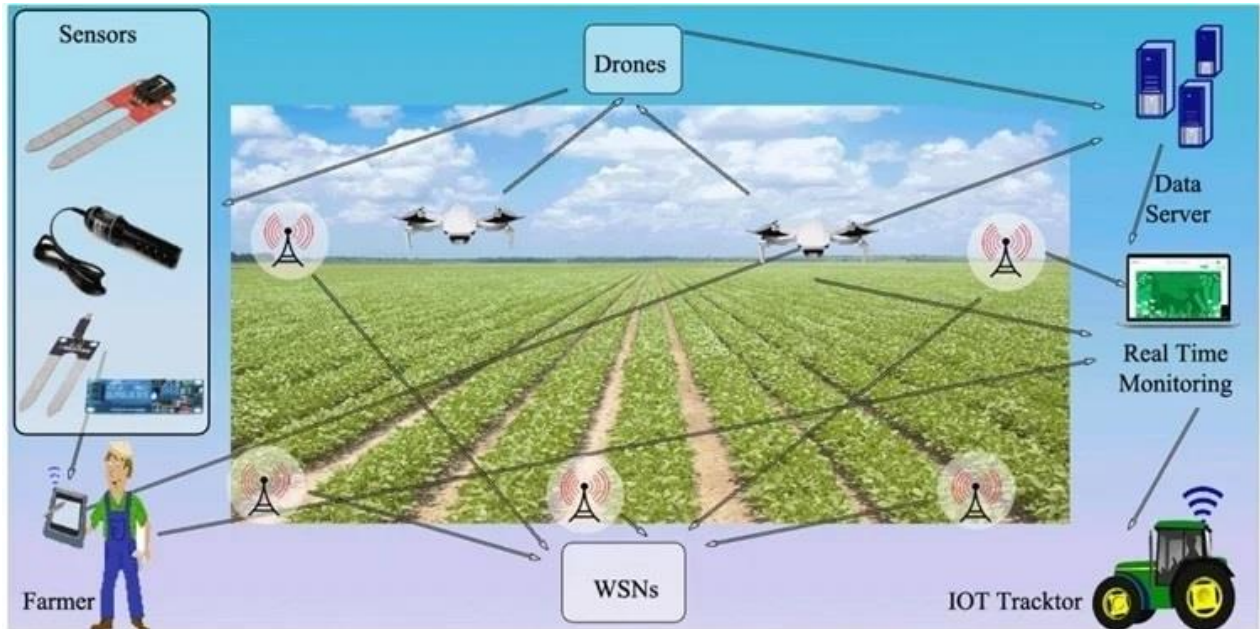
Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) επηρεάζει τον κόσμο, στον οποίο ζούμε. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αγγίξει τα 9,6 δισεκατομμύρια μέχρι το έτος του 2050. Για να τραφεί ο επερχόμενος πληθυσμός της γης, η γεωργία πρέπει να συνδεθεί με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT). Αυτό πρέπει να πραγματοποιηθεί, για να καλυφθεί η ζήτηση για περισσότερα τρόφιμα. Η ευφυής γεωργία βασίζεται στις τεχνολογίες IoT και επιτρέπει στους αγρότες να αυξήσουν την παραγωγικότητα.

Το διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχει φέρει επανάσταση σε ολόκληρη την γεωργία. Η χρήση των έξυπνων συσκευών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) αυξάνεται με όλες τις βιομηχανίες που επενδύουν πάνω στο IoT. Οι βασικοί στόχοι των επενδύσεων σε αυτό είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων, η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και η μείωση του κόστους παραγωγής.

Πολλά είναι τα πλεονεκτήματα από την βοήθεια του IoT στην γεωργία. Ο βασικός στόχος του IoT είναι να εκσυγχρονίσει την δουλειά των αγροτών. Ένα πλεονέκτημα του IoT είναι η επικοινωνία. Αυτό πραγματοποιείται, επειδή έχει αναβαθμιστεί το μοντέλο επικοινωνίας μεταξύ δύο ή περισσότερων μηχανών. Το σύστημα αυτό ονομάζεται M2M (machine to machine). Λόγω του συστήματος αυτού, οι φυσικές συσκευές διατηρούν 10 28 επαφή μεταξύ τους. Έτσι, γίνονται πιο ισχυρές και ενισχύουν την ποιότητα τους.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι το IoT είναι αυτοματοποιημένο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι έξυπνες συσκευές να διαθέτουν συνολικά ασύρματη υποδομή, το οποίο απαιτεί σχεδόν καθόλου την ανθρώπινη παρέμβαση, καθώς είναι σε θέση να λειτουργούν αυτόματα. Επίσης το IoT βελτιώνει την ολική αποτελεσματικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Αυτό έχει την δυνατότητα να παρέχει δεδομένα που επιτρέπουν τη λειτουργία κάθε εργασίας. Ακόμη με την ευφυή γεωργία υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης της παραγωγής, όπου επιτρέπει στις αγροτικές επιχειρήσεις να κάνουν σωστότερη κατανομή αγαθών. Παράλληλα, υπάρχει αύξηση της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων μέσω της αυτοματοποιημένης διαδικασίας.

Η αυτοματοποιημένες διεργασίες, με την βοήθεια των έξυπνων συσκευών, βοηθούν στον κύκλο παραγωγής, όπως στην άρδευση, λίπανση, ελεγχο παρασίτων. Υπάρχει και η συλλογή των δεδομένων, μέσω αισθητήρων, στην έξυπνη γεωργία, όπως στις κλιματικές συνθήκες, ποιότητα εδάφους, υγεία των ζωντανών. Όλα αυτά τα δεδομένα μπορεί να τα χρησιμοποιήσει μια επιχείρηση, ώστε να αυξήσει την αποδοτικότητα των εργαζομένων, αλλά και των οικονομικών της. [2]



Εικόνα 1.1.2

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Θερμοκρασία: είναι το φυσικό μέγεθος που μετρά τη μέση κινητική ενέργεια από μεταφορά, ταλάντωση ή περιστροφή των δομικών λίθων (ατόμων, μορίων, ιόντων) της ύλης. Η μεταφορά της ενέργειας αυτής (θερμότητας), όταν πιάνουμε κάτι με το χέρι για παράδειγμα, μας δίνει την αίσθηση του ζεστού και του κρύου με την κατάσταση αύξησης ενέργειας να αντιστοιχεί στο «ζεστό» ή «θερμό», όταν συνολικά παίρνουμε ενέργεια, και της κατάστασης μείωσης ενέργειας, κατά την οποία αντιλαμβανόμαστε να χάνουμε συνολικά ενέργεια, να αντιστοιχεί στο «κρύο». Η θερμοκρασία στη πράξη είναι ακριβώς το μέτρο εκείνο με το οποίο προσδιορίζεται η "θερμική κατάσταση" των διαφόρων σωμάτων, είναι δηλαδή ένα φυσικό μέγεθος που συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων ενός συστατικού, το οποίο και χαρακτηρίζει πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι αυτό.

Υγρασία: είναι η παρουσία ενός υγρού, κυρίως νερού, συχνά σε ίχνη. Λέγεται και ποσοστό υγρασίας (%). Μικρές ποσότητες νερού μπορούν να βρεθούν, παραδείγματος χάριν, στην (υγρασία της ατμόσφαιρας) του αέρα, στις τροφές και σε ατμούς σε εμπορικά προϊόντα. Λανθασμένα υγρασία επίσης αναφέρεται στην

1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Τα δεδομένα των αισθητήρων μπορούν να βοηθούν τους καλλιεργητές να διακρίνουν εύκολα συσχετισμούς (σχέσεις) μεταξύ της υγρασίας του εδάφους, της θερμοκρασίας και της έντασης του φωτός. Μπορεί μάλιστα οι αισθητήρες να μην είναι απαραίτητοι για τη διάκριση της σύνδεσης μεταξύ των τριών αυτών στοιχείων ανάπτυξης, ωστόσο το επιπλέον πλεονέκτημα των δεδομένων των αισθητήρων είναι ότι μας προσφέρουν τη δυνατότητα εύκολης πρόσβασης σε αυτές τις μετρήσεις καθόλη τη διάρκεια των εποχών του έτους. Οι καλλιεργητές μπορούν να ανακτούν ιστορικά αρχεία και να τα συσχετίζουν με τις καιρικές συνθήκες ή τα γεγονότα διαχείρισης του εδάφους, όπως η άρδευση, και η προσθήκη φυσικών ή τεχνητών λιπασμάτων. [5] Τα δεδομένα αισθητήρων λειτουργούν ως οδηγός με γενικά όρια για τις βέλτιστες τιμές, ωστόσο για να ερμηνεύσει σωστά τις μετρήσεις, ο καλλιεργητής πρέπει να γνωρίζει καλά τα χαρακτηριστικά της έκτασής του. Οι καλλιεργητές ενθαρρύνονται να μελετούν από κοινού όλες τις μετρούμενες ιδιότητες, επειδή αυτές σχετίζονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η σκίαση μειώνει την απώλεια νερού από την εξάτμιση.

Υγρασία εδάφους: παρακολουθήση για την εκτίμηση του φυτικού στρες και των αρδευτικών αναγκών. Τα δεδομένα των αισθητήρων βοηθούν τους καλλιεργητές να εντοπίζουν τη βέλτιστη τιμή της υγρασίας εδάφους για συγκεκριμένη τοποθεσία, τύπο εδάφους και καλλιέργεια.

Λίπασμα: ορισμένοι αισθητήρες εδάφους μετρούν τη γονιμότητα του εδάφους χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρά πόσο εύκολα μετακινείται το ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω μιας ουσίας. Τα λιπάσματα εισάγουν στο έδαφος θρεπτικά συστατικά και άλατα και ενισχύουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μπορεί επίσης να επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, μεταξύ άλλων από το pH, το βάθος του εδάφους, τη θερμοκρασία, τον τύπο εδάφους και την υγρασία. Η αξιοπιστία των αισθητήρων Flower Power, όσον αφορά στη μέτρηση της γονιμότητας του εδάφους, δεν έχει δοκιμαστεί από το Παρατηρητήριο GROW και δεν καλύπτεται από τον παρόντα οδηγό.

Θερμοκρασία: επηρεάζει τη βλάστηση, την ανάπτυξη των φυτών και τη ζωή του εδάφους, καθώς και την ένταση της εξάτμισης. Οι αισθητήρες Flower Power μετρούν τη θερμοκρασία του αέρα και όχι τη θερμοκρασία του εδάφους, η οποία μπορεί να είναι 10-15 °C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα. Αισθητήρες, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι και εκτεθειμένοι στο άμεσο ηλιακό φως, δείχνουν υψηλότερες ενδείξεις θερμοκρασίας από εκείνους, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε σκιερό έδαφος.

Φως: επηρεάζει τη βλάστηση και την ανάπτυξη των φυτών. Παράλληλα δείχνει τις αλλαγές στην ένταση του φωτός με την πάροδο των ημερών και των εποχών. Τυχούσα μείωση της έντασης του φωτός μπορεί να αποτελεί ένδειξη ότι τα φυτά υπερκαλύπτουν τον αισθητήρα και αυξάνουν τη σκίαση.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι ηλεκτρονικές συσκευές χρησιμοποιούνται για την παρακολουθήση και τον έλεγχο (δηλαδή την καθοδήγηση) φυσικών, χημικών, μηχανικών και γενικότερα τεχνολογικών διαδικασιών, από το αυτόματο άναμμα ενός λαμπτήρα, όταν νυχτώνει, μέχρι την αυτόματη ανάμειξη και επεξεργασία χημικών

ουσιών σε ένα εργοστάσιο. Αυτή είναι και η ουσία της έννοιας του αυτοματισμού, η καθοδήγηση συστημάτων από ηλεκτρονικά συστήματα χωρίς την απαίτηση ανθρώπινης παρέμβασης. Η πορεία μίας διαδικασίας μπορεί να γίνει γνωστή από κάποιο φυσικό μέγεθος που σχετίζεται με το αποτέλεσμα της. Για παράδειγμα, μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη διαδικασία θέρμανσης ενός προϊόντος μετρώντας τη θερμοκρασία του. Οι μετρήσεις των φυσικών μεγεθών γίνονται με τη βοήθεια αισθητήρων ή αλλιώς αισθητηρίων (sensors). Αυτά είναι διατάξεις που διαθέτουν κάποια κατάλληλη ιδιότητα, η οποία μεταβάλλεται ως συνάρτηση του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Έτσι, η μέτρηση της ιδιότητας του αισθητήρα επιτρέπει τον άμεσο ποσοτικό υπολογισμό της τιμής του φυσικού μεγέθους. Η μελέτη και εφαρμογή στην πράξη των αισθητήρων αποτελεί αντικείμενο της Οργανολογίας (Instrumentation). Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται τα κυριότερα είδη αισθητήρων που μπορούν να συνεργαστούν με ένα Η/Υ, ανάλογα με το φυσικό μέγεθος που μετρούν. Έτσι, περιγράφονται αισθητήρες θερμοκρασίας, φωτεινής στάθμης, πίεσης και βάρους, στάθμης, όγκου, μετατόπισης και κίνησης. Σε κάθε είδος αισθητήρα περιγράφεται κατ' αρχάς η αρχή λειτουργίας του και στη συνέχεια δίνονται αναλυτικά παραδείγματα προϊόντων του εμπορίου, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν οικονομικές επιλογές γενικής χρήσης.

Συχνά οι αισθητήρες δεν δίδουν στην έξοδό τους κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα. Τότε απαιτείται η χρήση ενός επιπρόσθετου ηλεκτρονικού κυκλώματος, το οποίο να λαμβάνει την έξοδο του αισθητήρα και να τη μετατρέπει σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των επόμενων βαθμίδων. Το κύκλωμα αυτό ονομάζεται κύκλωμα ρύθμισης σήματος (signal conditioning circuit), κύκλωμα ελέγχου (control circuit) ή εξωτερική μονάδα (outer ή external module). Για παράδειγμα, υπάρχουν αισθητήρες στάθμης που μετρούν το χρόνο που απαιτείται, για να ανακλαστεί ένα υπερηχητικό κύμα από τη μετρούμενη επιφάνεια και να επιστρέψει στο σημείο από όπου εκπέμφθηκε. Σε αυτούς πρέπει να υπάρχει κατάλληλο κύκλωμα για τη μετατροπή των τιμών χρόνου σε ανάλογες τιμές τάσης. Οι αισθητήρες που απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία, για να λειτουργήσουν, ονομάζονται ενεργοί. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας γραμμικής μετατόπισης LVDT πρέπει να τροφοδοτείται από κατάλληλη εναλλασσόμενη τάση. Οι αισθητήρες που δημιουργούν μόνοι τους μία τάση και δε χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία ονομάζονται παθητικοί. Τέτοιοι είναι για παράδειγμα οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι, που, όταν πιεστούν, αναπτύσσουν στα άκρα τους ηλεκτρική τάση. Τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων συγκροτούν τις προδιαγραφές τους (specifications) και είναι πολλά. Παρότι οι ποικίλοι αισθητήρες που υπάρχουν σήμερα στηρίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας, έχουν κοινά τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ

Ο κάθε αισθητήρας διαθέτει ένα χαρακτηριστικό ή ιδιότητα, του οποίου η τιμή μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται η φυσική ποσότητα που μετρά ο αισθητήρας. Είναι επιθυμητό οι μεταβολές της φυσικής ποσότητας να προκαλούν αυστηρά ανάλογες μεταβολές της ιδιότητας του αισθητήρα. Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται γραμμικότητα (linearity) και είναι ιδιαίτερης σημασίας. Εάν ο αισθητήρας δεν είναι γραμμικός, τότε η αντιστοίχιση των τιμών του μετρούμενου μεγέθους με τις τιμές εξόδου του αισθητήρα γίνεται με βάση την καμπύλη «βαθμονόμησης». Η μη-γραμμικότητα είναι συχνά εγγενής ιδιότητα του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αισθητήρας και εν γένει είναι αδύνατο να μηδενιστεί.

ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ

Η ευαισθησία (sensitivity) εκφράζει πόσο υψηλό σήμα εξόδου αποδίδει ο αισθητήρας για κάθε μονάδα του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Έτσι, εάν ένας αισθητήρας θερμοκρασίας έχει ευαισθησία 1 mV/oC, συνεπάγεται ότι παράγει έξοδο ίση με 1 mV για κάθε βαθμό της μετρούμενης θερμοκρασίας και προφανώς είναι πιο ευαίσθητος από έναν άλλο αισθητήρα με ευαισθησία 0.5 mV/oC, ο οποίος για κάθε θερμοκρασία παράγει ως έξοδο τη μισή τάση.

ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Η διακριτική ικανότητα (resolution) εκφράζει τη μικρότερη μεταβολή του φυσικού μεγέθους που μπορεί να ανιχνεύσει ο αισθητήρας και να μεταβάλλει την έξοδό του ανάλογα. Για παράδειγμα, ένα θερμόμετρο με διακριτική ικανότητα 0.1 oC σημαίνει ότι μπορεί να διακρίνει μεταξύ δύο θερμοκρασιών που απέχουν 0.1 oC, δηλαδή να παράγει εξόδους ελαφρά διαφορετικής τιμής.

ΑΚΡΙΒΕΙΑ

Η ακρίβεια (accuracy) ισούται με το σφάλμα, που εγγενώς περιέχει η τιμή που αποδίδει ο αισθητήρας στην έξοδο, δηλώνει δηλαδή την αβεβαιότητα που υπάρχει στην τιμή της εξόδου. Μπορεί να εκφράζεται σε απόλυτες τιμές (για παράδειγμα ± 0.05 oC) ή επί τοις εκατό (για παράδειγμα 1%). Στην πρώτη περίπτωση, η ανακρίβεια είναι σταθερή και ανεξάρτητη της τιμής του μετρούμενου φυσικού μεγέθους, ενώ στην άλλη περίπτωση η ανακρίβεια είναι ανάλογη της παραπάνω τιμής.

ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ

Το εύρος τιμών εισόδου (full-scale input, FSI) ορίζει σε ποια πλαίσια του μετρούμενου φυσικού μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας. Για παράδειγμα, υπάρχουν πολλοί αισθητήρες θερμοκρασίας (θερμοζεύγη, θερμίστορ, θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις), αλλά δεν ενδείκνυνται όλοι για τη μέτρηση θερμοκρασιών της τάξης των 1000 oC. Η γνώση του εύρους τιμών εισόδου μάς επιτρέπει να επιλέξουμε τον κατάλληλο αισθητήρα που ταιριάζει στις ανάγκες της εφαρμογής.

ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΕΞΟΔΟΥ

Το εύρος τιμών εξόδου (full-scale output, FSO) ορίζει τη μορφή (δηλαδή τις τιμές) που μπορεί να λαμβάνει η τάση ή το ρεύμα εξόδου ενός αισθητήρα. Οι αισθητήρες διατίθενται, εν γένει, σε παραλλαγές με διάφορα εύρη τιμών εξόδου, 15 ώστε να μπορεί ο χρήστης να επιλέξει τη μορφή που ταιριάζει περισσότερο στα κυκλώματα που θα παραλάβουν το σήμα εξόδου (για παράδειγμα σε ένα μετατροπέα A/D). Το εύρος τιμών εξόδου καθορίζεται συχνά από ένα κύκλωμα ρύθμισης σήματος, το οποίο συνδέεται μόνιμα με τον αισθητήρα. Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι η θερμοκρασία αποτελεί τον συνηθέστερο παράγοντα που αλλοιώνει τις προδιαγραφές των αισθητήρων. Η επίδραση της θερμοκρασίας στους αισθητήρες μπορεί να είναι γνωστή και συχνά υπάρχει τρόπος αντιστάθμισής της (compensation) με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα ρύθμισης σήματος. Για την περιγραφή της επίδρασης αυτής, ορίζονται διάφορα μεγέθη, όπως η ολίσθηση του σημείου μηδενός λόγω θερμοκρασίας (temperature zero shift), η ευαισθησία στη θερμοκρασία (temperature sensitivity) και η μεταβολή της ευαισθησίας, λόγω θερμοκρασίας (thermal sensitivity shift. [5]

1.5 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

[6] Ο μικροελεγκτής (αγγλικά, 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.

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (π.χ. 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.^{[1][2]}

Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων, όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι, πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα 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 τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.
- Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους απαντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard, η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (π.χ. οι σειρές AVR από την

Atmel και PIC από την Microchip). Στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου φον Νόιμαν. [6]

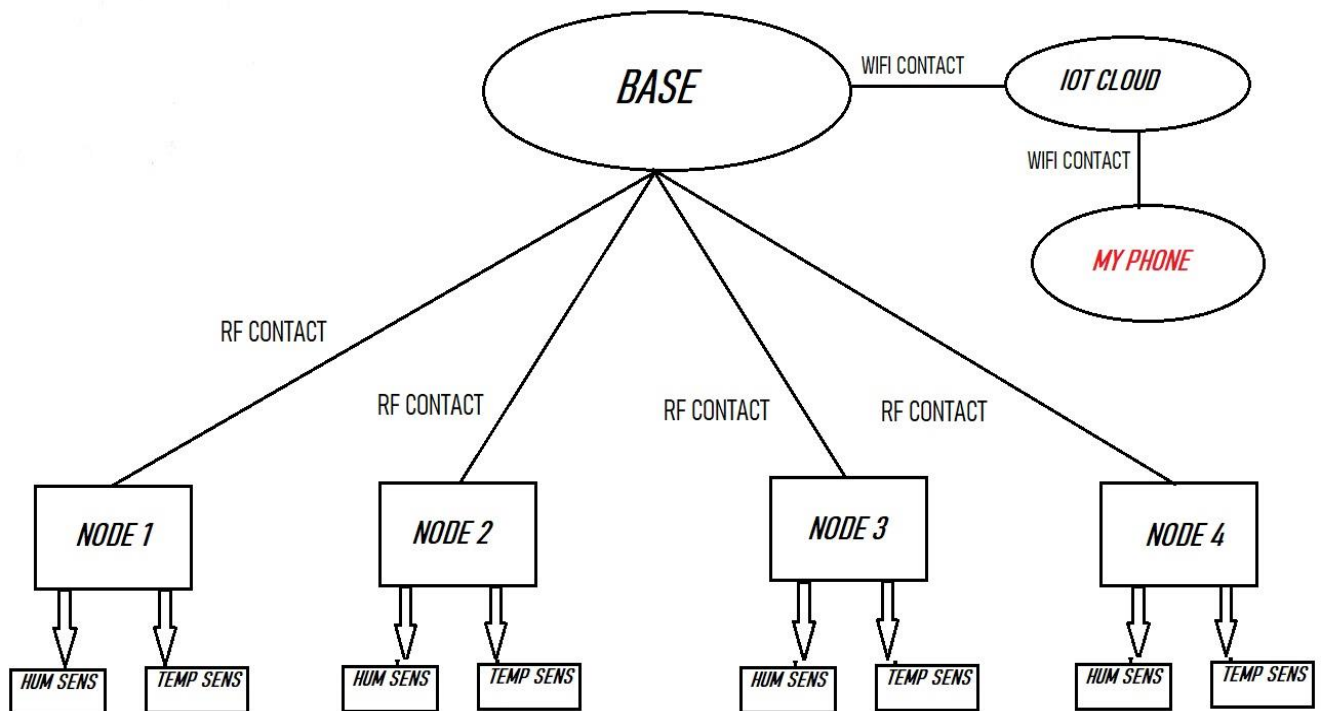
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΟΥ

Η παρούσα εργασία είναι ένα πρακτικό κομμάτι για όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Είναι ένα σύστημα, το οποίο θα μπορούσε με ευκολία ένας καλλιεργητής να χρησιμοποιήσει στην καλλιέργειά του. Η εργασία αποτελείται από μία κατασκευή που έχει την δυνατότητα μέσω αισθητήρων και μικροελεγκτών να μετράει και να συλλέγει δεδομένα, που έχουν να κάνουν με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώμα της καλλιέργειας. Η κατασκευή που υλοποιήθηκε περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Ως απώτερο σκοπό έχει να διευκολύνει τον καλλιεργητή να μειώσει τα πάγια της καλλιέργειας και να αυξηθεί η ποσότητα και η ποιότητα των φυτών.

Η κατασκευή μου αποτελείται, στο σύνολό της, από τέσσερις (4) κόμβους και μία (1) βάση. **Οι κόμβοι** αποτελούνται από τους αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, από έναν μικροελεγκτή Arduino nano, έναν σταθεροποιητή τάσης, δύο μπαταρίες 18650, έναν φορτιστή μπαταριών, δύο φωτοβολταϊκά πάνελ και τέλος μια διάταξη ασύρματης μεταφοράς δεδομένων (NRF24I01).

Η βάση αποτελείται από έναν μικροελεγκτή arduinomega, έναν σταθεροποιητή τάσης, δύο μπαταρίες 18650, έναν φορτιστή, δύο ενδεικτικά led, μια οθόνη αφής TFT LCD 2.8", ESP8266 και τέλος μια διάταξη ασύρματης μεταφοράς δεδομένων (NRF24I01).



Σχεδιο 2.1.1 μπλόκ διάγραμμα της εργασίας

Η λειτουργία της κατασκευής πραγματοποιείται ως εξής:

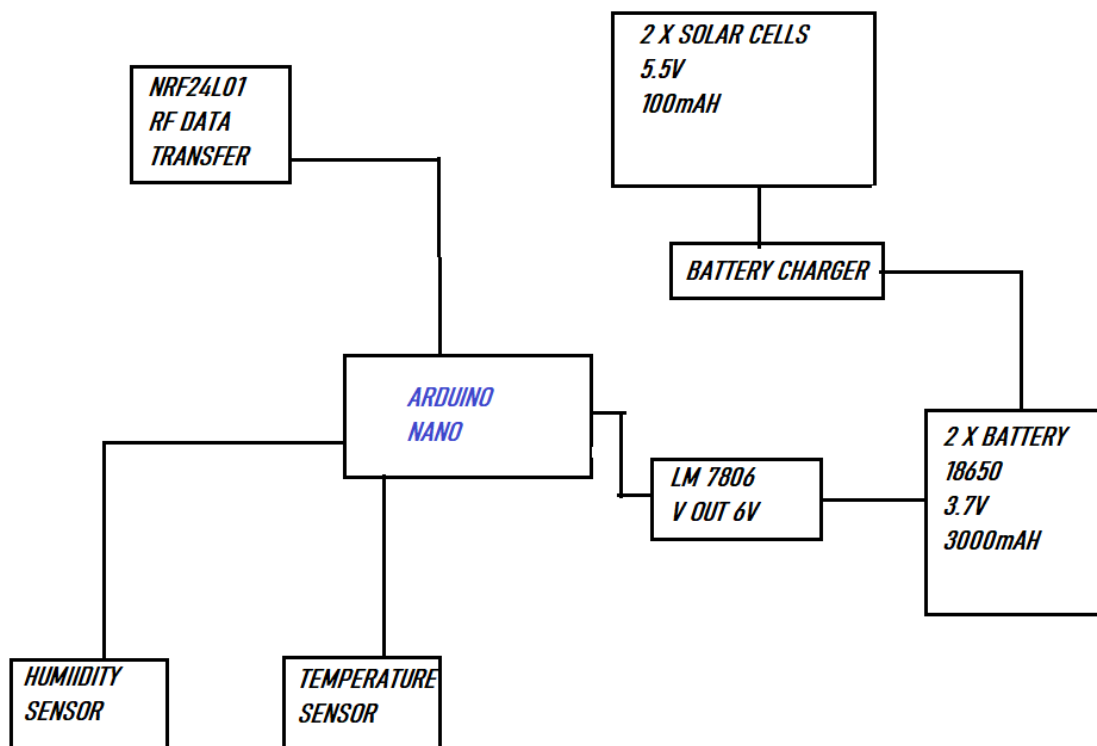
ο χρήστης τοποθετεί σε τυχαία διάταξη τους τέσσερις κόμβους μέσα στην καλλιέργεια σε διάφορα σημεία, «καρφώνει» τους αισθητήρες στο χώμα και έπειτα ενεργοποιεί τους κόμβους και αυτοί, με τη σειρά τους, ξεκινούν να εκπέμπουν δεδομένα στην βάση. Ο χρήστης από την άλλη κρατάει στα χέρια του την βάση οπού τα δεδομένα από τους κόμβους φαίνονται στην οθόνη και μέσω του ESP8266 τα δεδομένα ανεβενου online στο internet. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να έχει μια εικόνα των βασικών συνθηκών που επικρατούν στην καλλιέργειά του. Η βάση, όπως και οι κόμβοι, είναι πλήρως αυτόνομοι από ρεύμα και η μέση απόσταση βάσης κόμβων που μπορεί να έχει ο χρήστης είναι περίπου 60-50 μετρά.



Εικόνα 2.1.1 το εσωτερικό της κατασκευής

2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΟΜΒΩΝ

Οι κόμβοι είναι τα βασικότερα πράγματα όλης της κατασκευής. Η φιλοσοφία είναι ότι ο χρήστης μπορεί να τοποθετήσει τους τέσσερις κόμβους μέσα στην καλλιέργειά του σε διάφορα σημεία, ώστε να ελέγχεται η θερμοκρασία και η υγρασία του χώματος με ακρίβεια. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης θα μπορεί να βλέπει πώς μεταβάλλονται οι συνθήκες της καλλιέργειάς του.

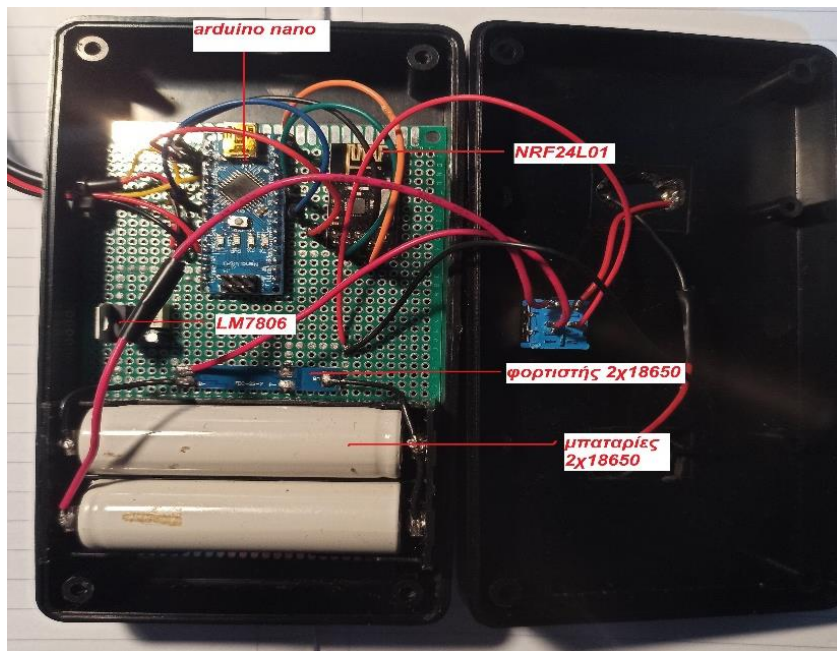


Εικόνα 2.1.1 μπλόκ διάγραμμα λειτουργίας του κόμβου

Οι αισθητήρες παίρνουν μετρήσεις περίπου 6εκ. κάτω από την επιφάνεια του χώματος. Στο βάθος αυτό είναι απαραίτητη η παρουσία υγρασίας για την ανάπτυξη των φυτών, σχεδόν για όλες τις καλλιέργειες.

Στο εσωτερικό ενός κόμβου υπάρχουν δύο μπαταρίες 18650 συνδεδεμένες σε σειρά, όπου φορτίζουν από δύο φωτοβολταϊκά πάνελ. Στο κεφάλαιο τροφοδοσία συστήματος αναφέρεται η αναληκτική λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας.

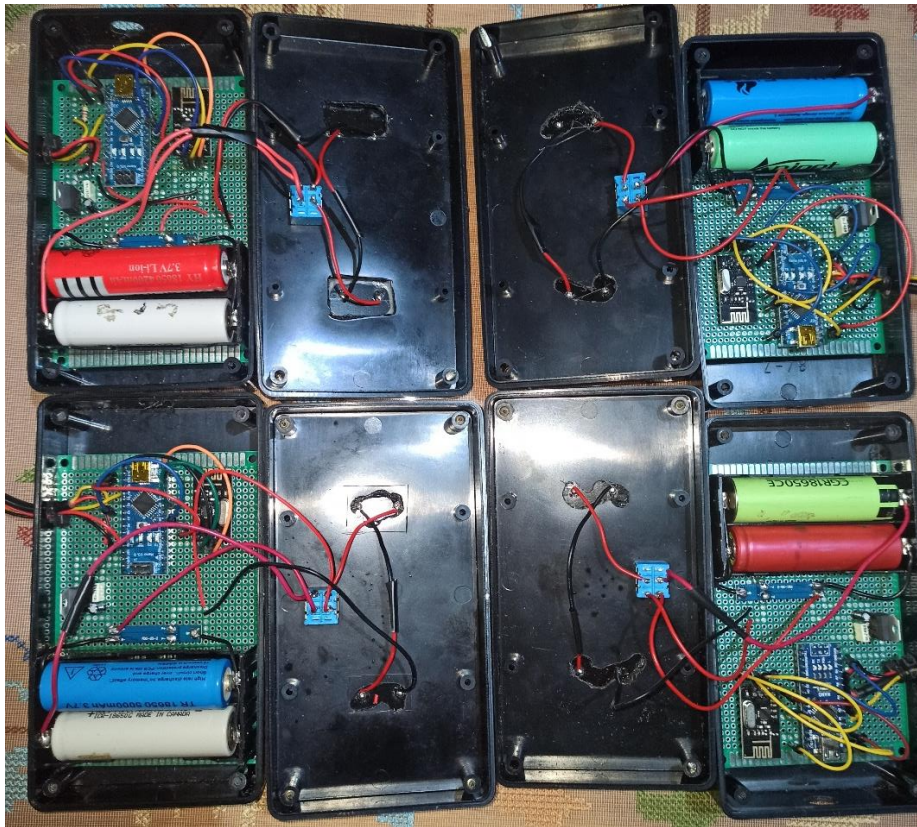
Το βασικότερο κομμάτι ενός κόμβου είναι ο μικροελεγκτής (Arduino nano). Είναι υπεύθυνος για την συλλογή μετρήσεων των δύο αισθητηρίων (θερμοκρασίας, υγρασίας).



Σχεδιο 2.1.1 το εσωτερικό ενός κόμβου.

Οι μετρήσεις καταγράφονται για μερικά δευτερόλεπτα στην εσωτερική μνήμη του μικροελεγκτή. Έπειτα μεταβαίνουν στο NRF24L01, για να γίνουν οι κατάλληλες μορφοποιήσεις, ώστε να μπορούν οι τιμές των μετρήσεων να αποσταλούν ασύρματα στην κεντρική μονάδα απεικόνισης δεδομένων.

Όλοι οι κόμβοι μπορούν να στείλουν ασύρματα τα δεδομένα, χωρίς να υπάρχουν παρεμβολές και ανεπιθύμητα φαινόμενα, που θα μας δημιουργούν προβλήματα στην ανάκτηση και στην απεικόνιση των τιμών των μετρήσεων. Στο κεφάλαιο μεταφορά δεδομένων αναφέρονται αναλυτικά όλη η διαδικασία τις μεταφορας των δεδομένων.

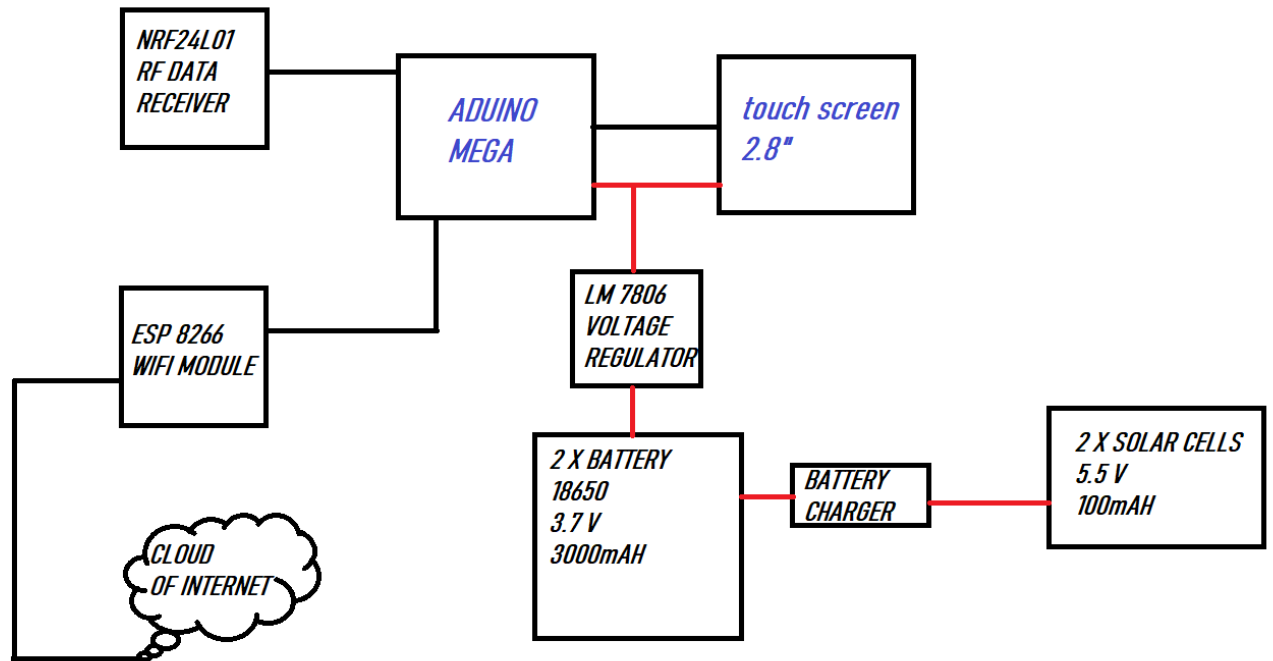


Εικόνα 2.1.2 το εσωτερικό όλων των κόμβων

2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΒΑΣΗ)

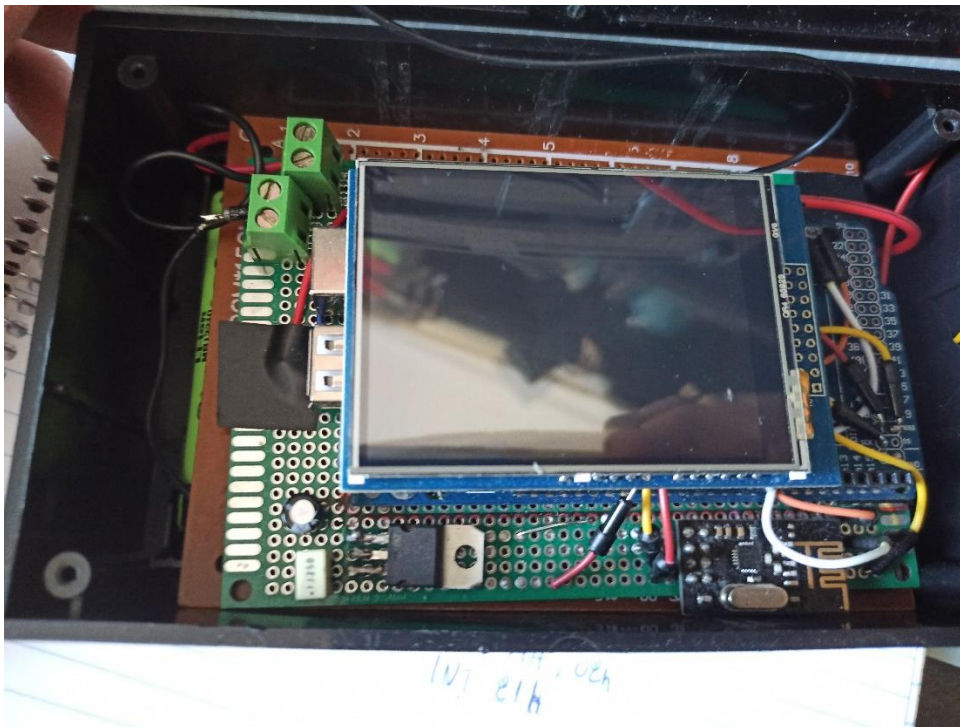
Όπως αναφέραμε παραπάνω, η εργασία αποτελείται από τέσσερις κόμβους και μια κεντρική μονάδα απεικόνισης δεδομένων (βάση). Η βάση αποτελείται από έναν Arduino mega, μια οθόνη αφής 2.8 ιντσών, τα δυο φωτοβολταϊκά, δυο μπαταρίες, φορτιστής, το NRF24L01, το esp8266, έναν σταθεροποιητή τάσης και τέλος, δυο ενδεικτικές λυχνίες.

Η κύρια δουλειά της βάσης είναι, να μπορεί ο χρήστης να βλέπει τα δεδομένα, τα οποία αποστέλλουν οι κόμβοι. Οι κόμβοι αποστέλλουν στην βάση (8) τιμές δεδομένων, οι (4) είναι οι τιμές τις υγρασίας απο κάθε κόμβο και (4) οι τιμες της θερμοκρασίας και τις απεικονίζει στην οθόνη. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε στην εικόνα 2.2.1, υπάρχει και ένας ESP8266, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τον ARDUINO MEGA. Ο ARDUINO MEGA υπολογίζει το μέσο όρο απο τις τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας και αποστέλλει το αποτέλεσμα στον ESP8266. Ο ESP8266 λαμβάνει το αποτέλεσμα και με wifi το στέλνει ασύρματα στην ιστοσελίδα μας, κι έτσι ο χρήστης έχει μια ολοκληρωμένη εικόνα από τις συνθήκες της καλλιέργειάς του.



Εικόνα 2.2.1 εσωτερικό της κεντρικής μονάδας απεικόνισης δεδομένων.

Η απεικόνιση των δεδομένων γίνεται ως εξής: Ενεργοποιώντας την βάση στην οθόνη, παρατηρούμε οκτώ μπάρες. Οι αριστερά μπάρες είναι οι ονομασίες των δεδομένων κι ο αριθμός των κόμβων και στα δεξιά είναι οι τιμές της θερμοκρασίας και υγρασίας που αποστέλλονται από τους κόμβους.



Εικόνα 2.2.1 το εσωτερικό της κεντρικής μονάδας απεικόνισης δεδομένων (βάση)

Παρατηρούμε ότι οι μπάρες της υγρασίας σε όλους τους κόμβους είναι κόκκινες, ενώ οι μπάρες της θερμοκρασίας είναι μπλε. Ο λόγος που γίνεται αυτό, είναι για να μπορεί ο χρήστης να δει με μια ματιά πού υπάρχει πρόβλημα. Δηλαδή, όπου υπάρχει κόκκινο, σημαίνει ότι υπάρχει πρόβλημα, ενώ όπου υπάρχει μπλε, είναι όλα καλά. Τα χρώματα αυτά ορίζονται μέσα από το πρόγραμμα, όπου θα εξηγήσουμε παρακάτω. Αν για κάποιο λόγο η υγρασία της καλλιέργειάς πέσει κάτω από 20%, τότε η ένδειξη hum x γίνεται κόκκινη. Εάν τώρα η θερμοκρασία ανέβει πάνω από 50°C, τότε η ένδειξη temp x γίνεται κόκκινη. Παρακάτω βλέπουμε πώς περίπου ορίσαμε τα όρια κόκκινου και μπλε, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στην καλλιέργειά μας.



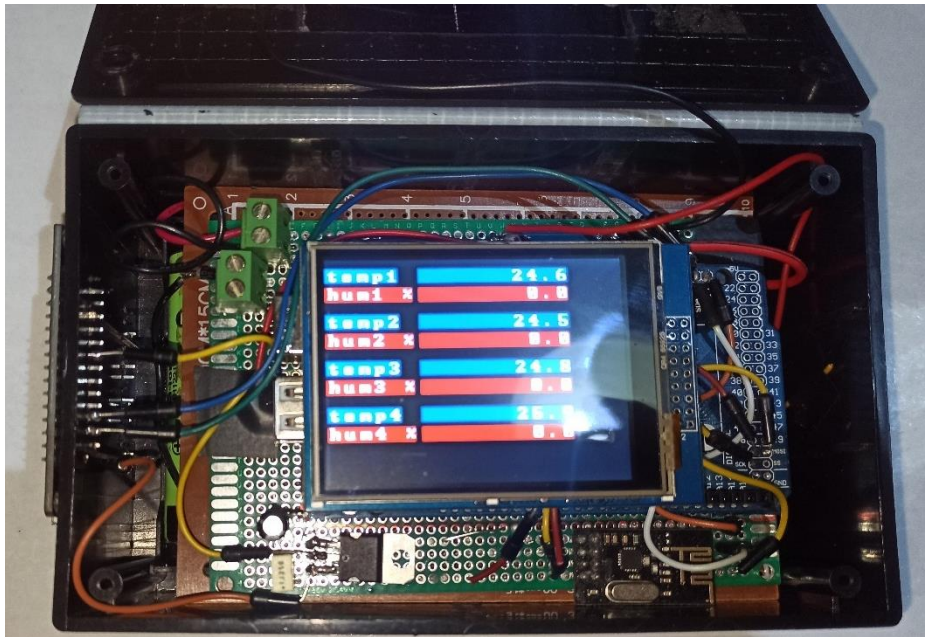
Εικόνα 2.2.2 η απεικόνιση των δεδομένων.

```

If(temp x > 50°C)
{ κόκκινη όλη η ένδειξη της θερμοκρασίας στον x κόμβο }
Else()
{ μπλε όλη η ένδειξη της θερμοκρασίας στον x κόμβο }
If(hum x < 20%)
{ κόκκινη όλη η ένδειξη της υγρασίας στον x κόμβο }
Else()
{ μπλε όλη η ένδειξη της υγρασίας στον x κόμβο }

```

Η τροφοδοσία της βάσης γίνεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο με τους κόμβους, με την μόνη διαφορά ότι υπάρχει ένας διακόπτης, όπου αν ενεργοποιηθεί, τότε η βάση φορτίζει από τα φωτοβολταϊκά χωρίς να είναι ενεργοποιημένη η οθόνη.



Εικόνα 2.2.3 η κεντρική μονάδα αποικόνησης δεδομένων σε λειτουργία

2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΥΓΡΑΣΙΑΣ

2.3.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ. Το ψηφιακό θερμόμετρο DS18B20 παρέχει μετρήσεις θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου με ακρίβεια 9 έως 12-bit και παρέχει λειτουργία συναγερμού με προγραμματιζόμενα από το χρήστη πάνω και κάτω όρια που διατηρούνται και με την μη τροφοδότηση με τάση του αισθητήρα. Το DS18B20 επικοινωνεί σειριακά, μέσω ενός 1-Wire bus, το οποίο απαιτεί μια γραμμή δεδομένων (και τη γείωση) για την επικοινωνία με τον μικροελεγκτή. Μπορεί να λειτουργήσει στην περιοχή θερμοκρασιών από -55°C έως 125°C , αλλά παρέχει ακρίβεια $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ για την περιοχή θερμοκρασιών -10°C έως 85°C . Το DS18B20 μπορεί να τροφοδοτηθεί από εξωτερική τάση ή μπορεί να λειτουργήσει σε κατάσταση "parasite mode", στην οποία το DS18B20 μπορεί και αντλεί ισχύ από την γραμμή δεδομένων. Σε αυτή την κατάσταση, παίρνει ισχύ διαμέσου μιας 1-Wire pull-up αντίστασης διαμέσου του ακροδέκτη DQ, όταν ο δίαυλος δεδομένων είναι σε high κατάσταση. Όταν ο δίαυλος δεδομένων είναι high, φορτίζει ένα εσωτερικό πυκνωτή (C_{pp}) που παρέχει ισχύ στον αισθητήρα, όταν ο δίαυλος δεδομένων είναι σε low κατάσταση (για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στο DS18B20 datasheet). Κάθε ένα DS18B20 έχει ενσωματωμένο ένα 64-bit σειριακό κωδικό που επιτρέπει την σύνδεση πολλαπλών DS18B20 στο ίδιο 1-Wire δίαυλο δεδομένων και διευκολύνει στην χρήση ενός μικροελεγκτή για τον έλεγχο πολλών DS18B20 καταμεμημένα σε μια μεγάλη περιοχή.[7]

Η βασική λειτουργία του DS18B20 είναι η κατευθείαν ψηφιακή μέτρηση της θερμοκρασίας του αισθητήρα. Η ανάλυση του θερμοκρασιακού αισθητήρα ορίζεται από το χρήστη και μπορεί να είναι στα 9, 10, 11 ή 12 bits, που αντιστοιχούν στα βήματα θερμοκρασίας $0,5^{\circ}\text{C}$, $0,25^{\circ}\text{C}$, $0,125^{\circ}\text{C}$ και $0,0625^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Η προκαθορισμένη ανάλυση με την εφαρμογή της τροφοδοσίας είναι 12-bit. Το DS18B20 με την εφαρμογή της τροφοδοσίας μπαίνει σε χαμηλή κατανάλωση και σε

αδρανή κατάσταση. Για να προκαλέσουμε μια μέτρηση θερμοκρασίας και μια αναλογική σε ψηφιακή μετατροπή, ο αφέντης (μικροελεγκτής) πρέπει να προκαλέσει την εντολή: Convert T [44h]. Αποτέλεσμα αυτής της εντολής είναι η θερμοκρασιακή τιμή να αποθηκευτεί στο 2-byte καταχωρητή θερμοκρασίας, στην περιοχή της μνήμης και έπειτα το DS18B20 επιστρέφει σε αδρανή κατάσταση. Εάν ο αισθητήρας DS28B20 τροφοδοτείται από εξωτερική πηγή, ο αφέντης μπορεί να ζητήσει “read time slots” μετά την αποστολή της εντολής Convert T και το DS18B20 θα ανταποκριθεί μεταδίδοντας 0, όταν είναι σε κατάσταση μέτρησης και 1, όταν η μετατροπή μέτρησης έχει ολοκληρωθεί. Αυτό δεν εφαρμόζεται στη τροφοδοσία τύπου “parasite power”, γι’ αυτό ο δίαυλος δεδομένων πρέπει να τραβηχτεί σε high με ισχυρή pull-up, καθόλη τη διάρκεια της μέτρησης και μετατροπής της θερμοκρασίας.

.Οι διασυνδέσεις που απαιτούνται είναι η τροφοδοσία (5v), μέσω του κόκκινου ακροδέκτη, η γείωση (gnd), μέσω του μαύρου ακροδέκτη, και το σήμα (κίτρινος ακροδέκτης) στην ακίδα D5 του arduino nano. Τέλος, πρέπει να συνδέσουμε μια αντίσταση 4,7kΩ μεταξύ σήματος και τροφοδοσίας.



Εικόνα 2.3.1 ηλεκτρονικό θερμομέτρο και μέρος των συνδέσεων.

2.3.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ. Ο σχεδιασμός του αισθητήρα υγρασίας εδάφους αποτελείται από δύο αγωγούς που συνδέονται με μια ασθενή πηγή ενέργειας· πρέπει να υπάρχει αντίσταση στο κύκλωμα. Μόλις αυξηθεί η ποσότητα υγρασίας στο χώρο μεταξύ των ηλεκτροδίων, η αντίσταση μειώνεται και το ρεύμα αυξάνεται.

Η υγρασία στεγνώνει - η αντίσταση αυξάνεται, το ρεύμα μειώνεται.

Δεδομένου ότι τα ηλεκτρόδια θα βρίσκονται σε υγρό περιβάλλον, συνιστάται η ενεργοποίησή τους μέσω ενός κλειδιού για τη μείωση των καταστροφικών επιπτώσεων της διάβρωσης. Σε κανονικούς χρόνους, το σύστημα είναι απενεργοποιημένο και ξεκινά μόνο για να ελέγξει την υγρασία με το πάτημα ενός κουμπιού.

Αισθητήρες υγρασίας εδάφους αυτού του τύπου μπορούν να εγκατασταθούν σε θερμοκήπια - παρέχουν έλεγχο της αυτόματης άρδευσης, ώστε το σύστημα να μπορεί να λειτουργεί χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση. Σε αυτή την περίπτωση,

το σύστημα θα είναι συνεχώς σε κατάσταση λειτουργίας, αλλά η κατάσταση των ηλεκτροδίων θα πρέπει να παρακολουθείται έτσι ώστε να μην καταστούν άχρηστα υπό την επίδραση της διάβρωσης. Παρόμοιες συσκευές μπορούν να εγκατασταθούν σε υπαίθρια κρεβάτια και γρασίδι - θα λάβουν αμέσως τις πληροφορίες που χρειάζεστε.

Η υγρασία μετρείται με ένα υγρασιόμετρο εδάφους, το οποίο μετράει τα ποσοστά υγρασίας του χώματος της καλλιέργειας μας. Ο αισθητήρας μετράει από 0% έως 100% υγρασία με ακρίβεια $\pm 0.2\%$, η τάση λειτουργίας του είναι από 3.3v έως 5V. Οι διασυνδέσεις που απαιτούνται είναι η τροφοδοσία (5v), μέσω του κόκκινου ακροδέκτη, η γείωση(gnd), μέσω του μαύρου ακροδέκτη, και το σήμα (κίτρινος ακροδέκτης) στην ακίδα A0 του arduinonano,



Εικόνα 2.3.2 ηλεκτρονικό υγρασιόμετρο

2.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ - ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των κόμβων είναι ο **Arduinonano**. Επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος, καθώς είναι πολύ εύκολος ως προς την χρήση του, ενώ επιπλέον καλύπτει το 100% των απαιτήσεων της κατασκευής μας. Παρέχει ακόμη πολλαπλές εισόδους-εξόδους μερικές από αυτές είναι και αναλογικές με ανάλυση 10 bits. Επίσης έχει έξοδο 5v και 3.3v για τροφοδοσία αισθητήρων κυρίως και εξόδους pwm.

[3] **Ο Arduino** είναι μια υπολογιστική πλατφόρμα βασισμένη σε 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. Το 2005, ένα σχέδιο κίνησε, προκειμένου να φτιαχτεί μία συσκευή για τον έλεγχο προγραμμάτων διαδραστικών σχεδίων από μαθητές, η οποία θα ήταν πιο φθηνή από άλλα πρωτότυπα συστήματα διαθέσιμα εκείνη την περίοδο. Οι ιδρυτές Massimo Banzì και David Cueartielles ονόμασαν το σχέδιο από τον Arduino της Ivrea και ξεκίνησαν να παράγουν πλακέτες σε ένα μικρό εργοστάσιο στην Ιβρέα, κωμόπολη

της επαρχίας Τορίνο στην περιοχή Πεδεμόντιο της βορειοδυτικής Ιταλίας - την ίδια περιοχή στην οποία στεγαζόταν η εταιρία υπολογιστών Olivetti.

Το σχέδιο Arduino είναι μία διακλάδωση της πλατφόρμας Wiring για λογισμικό ανοικτού κώδικα και προγραμματίζεται χρησιμοποιώντας μια γλώσσα βασισμένη στο Wiring (σύνταξη και βιβλιοθήκες), παρόμοια με την C++ με απλοποιήσεις και αλλαγές, καθώς και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE).

Πλατφόρμα Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωση του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V κι έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz (ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές). Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής.

Σε εννοιολογικό επίπεδο, στην χρήση του Arduino software stack, όλα τα boards προγραμματίζονται με μία RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτό διαφέρει σε κάθε hardware εκδοχή. Οι σειριακές πλάκες Arduino περιέχουν ένα απλό level shifter κύκλωμα, για να μετατρέπει μεταξύ σήματος επιπέδου RS-232 και TTL. Τα τωρινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB. Αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της εφαρμογής προσαρμοστικών chip USB-to-Serial, όπως το FTDI FT232. Κάποιες παραλλαγές, όπως το Arduino mini και το ανεπίσημο Boarduino, χρησιμοποιούν ένα αφαιρούμενο USB-to-Serial καλώδιο ή board, Bluetooth ή άλλες μεθόδους. (Όταν χρησιμοποιείτε με παραδοσιακά εργαλεία microcontroller αντί για το Arduino IDE, πρότυπος προγραμματισμός AVR ISP χρησιμοποιείτε)

Λογισμικό Στιγμιότυπο του λογισμικού του Arduino. 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)[16].

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.

Ένα τυπικό πρώτο πρόγραμμα για έναν μικροελεγκτή αναβοσβήνει απλά ένα LED. Στο περιβάλλον του Arduino ο χρήστης μπορεί να γράψει ένα πρόγραμμα σαν αυτό:

Το Arduino είναι υλισμικό ανοικτού λογισμικού: τα σχέδια αναφοράς του υλισμικού του Arduino διανέμονται υπό την Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 άδεια και είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα του Arduino. Ο σχεδιασμός και η

παραγωγή αρχείων για κάποιες εκδόσεις του υλισμικού Arduino είναι επίσης διαθέσιμοι. Ο πηγαίος κώδικας για το IDE είναι διαθέσιμος και διανέμεται υπό την GNU General Public License, έκδοση 2. Παρά το γεγονός ότι το υλισμικό και τα σχέδια του λογισμικού είναι διαθέσιμα ελεύθερα, υπό άδειες πνευματικών δικαιωμάτων, οι προγραμματιστές έχουν ζητήσει η ονομασία "Arduino" να είναι αποκλειστική για το επίσημο προϊόν και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για τις εργασίες χωρίς άδεια. Το επίσημο έγγραφο πολιτικής σχετικά με τη χρήση του ονόματος Arduino τονίζει ότι το πρόγραμμα είναι ανοιχτό στη συνεργασία με άλλους στο επίσημο προϊόν. Αρκετά προϊόντα, συμβατά με Arduino, που κυκλοφορούν στο εμπόριο έχουν αποφύγει το όνομα "Arduino", χρησιμοποιώντας την κατάληξη "-duino" με παραλλαγές στο όνομα.[3]



Εικόνα 2.4.1 σήμα arduino

[4] Το NodeMCU (Node MicroController Unit) είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού και υλικού, το οποίο είναι κατασκευασμένο γύρω από ένα οικονομικό σύστημα βασισμένο σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (SoC), το οποίο αποκαλείται ESP8266. Το **ESP8266**, σχεδιασμένο και κατασκευασμένο από την Espressif Systems, περιλαμβάνει όλα τα κρίσιμα στοιχεία ενός σύγχρονου ηλεκτρονικού υπολογιστή: CPU, RAM, δικτύωση (WiFi) κι ακόμη κι ένα μοντέρνο λειτουργικό σύστημα και SDK. Σε μεγάλες ποσότητες, το ESP8266 τσιπάκι κοστίζει μόνο \$2 ανά μονάδα. Όλα αυτά το κάνουν μία εξαιρετική επιλογή για έργα IoT κάθε είδους.

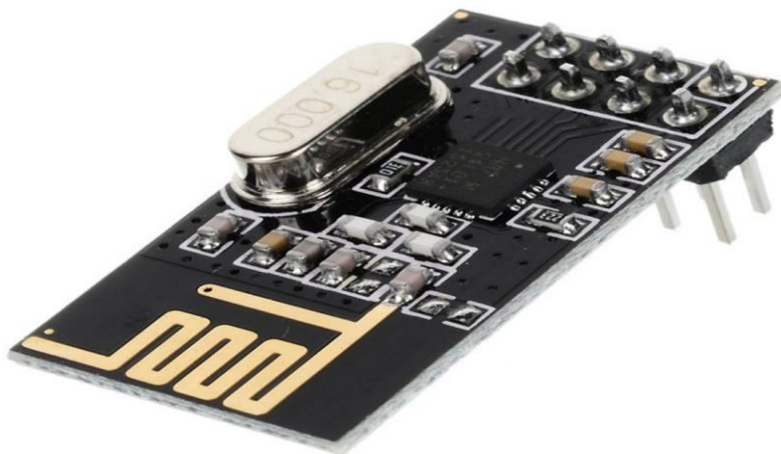
Μέσω των επαφών του μπορούμε να διαβάσουμε εισόδους - όπως το φως μέσω ενός αισθητήρα, το πάτημα ενός κουμπιού, ή κάποιο μήνυμα από το Twitter - και να τις μετατρέψουν σε εξόδους - ενεργοποιώντας έναν κινητήρα, ανάβοντας ένα LED, δημοσιεύοντας κάτι στο Διαδίκτυο.

Έχει επίσης δυνατότητες ασύρματης δικτύωσης WiFi, έτσι ώστε να μπορούμε να ελέγχουμε και να κάνουμε να δουλεύει μία εγκατάσταση εξ αποστάσεως εύκολα! Μπορούμε να ρυθμίσουμε τη συμπεριφορά της πλακέτας μας, στέλνοντας ένα σύνολο εντολών στον μικρο-ελεγκτή της πλακέτας. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιούμε το λογισμικό Arduino Software (IDE). [4]

2.5 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η μεταφορά των δεδομένων σε τέτοιου είδους συστήματα είναι ένα από τα βασικότερα προβλήματα, κυρίως η ασύρματη μεταφορά. Λύση στο πρόβλημα

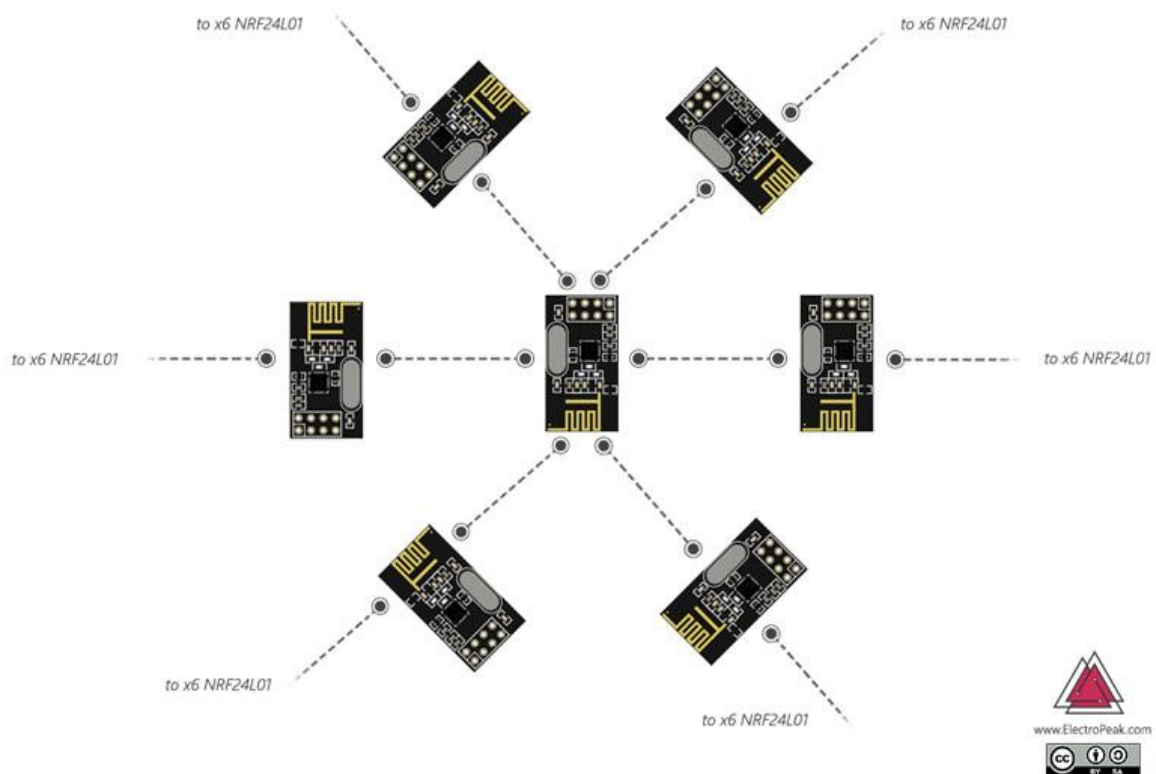
έρχονται να δώσουν διάφορα συστήματα, όπως Bluetooth, wifi κ.α. Το δεύτερο πρόβλημα με αυτά τα συστήματα είναι ότι δεν μπορούν να συνδεθούν εύκολα σε δίκτυο, δηλαδή, να επικοινωνούν όλοι οι κόμβοι μεταξύ τους και συγχρόνως με την βάση. Ψάχνοντας να βρω ένα σύστημα επικοινωνίας εύκολο στην χρήση του με καλή εμβέλεια και χωρίς να κάνει πολλά σφάλματα κατά την μεταφορά των δεδομένων, κατέληξα στο **NRF24L01**. Το ασύρματο module (NRF24L01) είναι, θα λέγαμε, ένας πομποδέκτης, ο οποίος εκπέμπει περίπου στα 2.4Ghz. Είναι επίσης πολύ φθηνός και δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε ρεύμα κατά την εκπομπή. Πιο συγκεκριμένα, η τάση τροφοδοσίας κυμαίνεται από 1.9V έως 3.6V, υψηλός ρυθμός: 2 Mbps, ο χρόνος μετάδοσης αέρα είναι πολύ μικρός, μειώνοντας σημαντικά την ασύρματη μετάδοση φαινομένων σύγκρουσης (ρυθμίσεις λογισμικού 1Mbps ή 2Mbps ταχύτητα μετάδοσης αέρα). **Σημεία πολλαπλών συχνοτήτων: 125 σημεία συχνότητας**, για την κάλυψη των αναγκών επικοινωνίας πολλαπλών σημείων και αναπήδησης συχνότητας. Επίσης διαθέτει ενσωματωμένη κεραία 2,4 GHz, συμπαγής 15x29 mm. Επιπλέον, **έχει λειτουργία αυτόματης αναμετάδοσης**, αυτόματης ανίχνευσης και αναμετάδοσης χαμένων πακέτων. Ο χρόνος αναμετάδοσης και ο αριθμός αναμετάδοσης μπορεί να είναι ελεγχόμενοι από λογισμικό. Στην αυτόματη αποθήκευση δεν λαμβάνεται το πακέτο του σήματος απάντησης, αυτόματη απάντηση μετά τη λήψη έγκυρων δεδομένων.



Εικόνα 2.5.1 ο nrf24l01

Όπως αναφέραμε παραπάνω, το πρόβλημα εντοπιζόταν στο να κάνουμε τους κόμβους να επικοινωνούν μεταξύ τους και με την βάση. Αυτό γίνεται μέσω του κώδικα εύκολα και γρήγορα. **Αρχικά, πρέπει να δώσουμε «ονόματα» στους κόμβους μας και στην βάση, οπότε ο πρώτος κόμβος ονομάζεται (node01), ο δεύτερος (node02), ο τρίτος (node03), ο τέταρτος (node04) και η βάση (base00)**. Αφού δώσαμε «ονόματα» σε όλες μας τις συσκευές, πρέπει να ορίσουμε τα δεδομένα, να τα ονοματίσουμε και να τα μορφοποιήσουμε κατάλληλα, για να αποσταλούν σωστά στην βάση. Στην συνέχεια, ορίζουμε σε κάθε κόμβο το όνομα της υγρασίας και της θερμοκρασίας. Την θερμοκρασία **στον κόμβο node01 την ορίζουμε ως temp1 και την υγρασία ως hum1**. Ακριβώς το ίδιο γίνεται με τους άλλους κόμβους, με την μόνη διαφορά ότι ο αριθμός αλλάζει πχ για τον κόμβο node02 τα δεδομένα θα γίνουν **temp2, hum2**. Σε αυτό το σημείο έχουμε δώσει μια

ταυτότητα στα δεδομένα μας και στους κόμβους μαζί με την βάση. Στόχος είναι να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο τύπου αστέρα, όπως στην παρακάτω φωτογραφία.



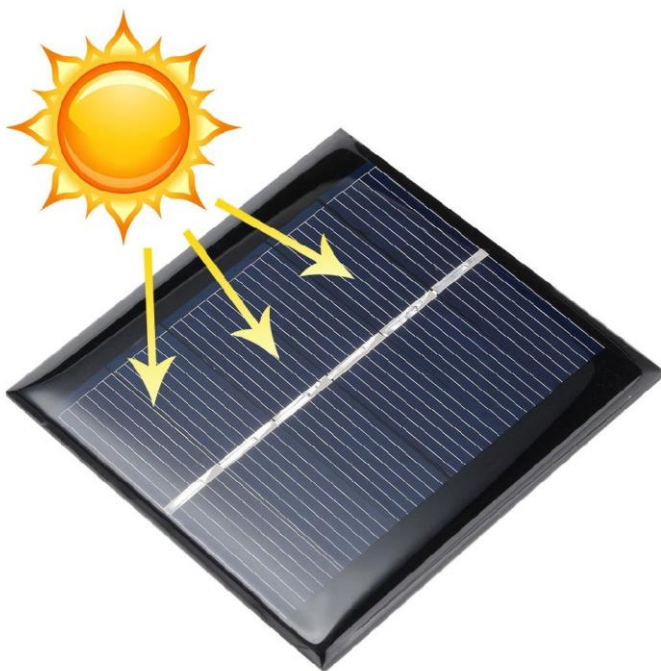
Εικόνα 2.5.2 δίκτυο από πολλαπλά nrf24l01

Ένα άλλο βασικό θέμα είναι η **εμβέλεια εκπομπής**, δηλαδή, η απόσταση σε μέτρα που μπορούμε να στείλουμε δεδομένα από ένα κόμβο στη βάση. Η απόσταση αυτή, μέσω μετρήσεων που έκανα, εκτιμάται από **40 μέχρι 60 μετρά**, ανάλογα με τις συνθήκες.

Οπότε, αν ο χρήστης επιλέξει να τοποθετήσει την βάση στο κέντρο της καλλιέργειας, τότε το μπορεί να κάλυψη ένα χώρο **80m x 80m με βάση την χαμηλότερη εμβέλεια** που είναι τα 40m. Αν ο χρήστης επιλέξει να είναι σε μια άκρη της καλλιέργειας του, τότε μπορεί να κάλυψη έναν χώρο **40m x 40m**, ιδανικό για θερμοκήπια.

2.6 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Η τροφοδοσία της βάσης και των κόμβων γίνεται **μέσω δύο μπαταριών, τύπου 18650, χωρητικότητας 3000mah, συνδεδεμένες σε σειρά**. Υπάρχουν και δυο φωτοβολταϊκά πάνελ για την τροφοδοσία και την φόρτιση των μπαταριών. Το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τέτοιου είδους συστήματα είναι η ισοστάθμιση της κατανάλωσης ρεύματος σε σχέση με την παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών πάνελ. **Με λίγα λόγια, το σύστημα καταναλώνει περισσότερα από όσα παράγει** και αυτό θα έχει ως



Εικόνα 2.6.1 φωτοβολταϊκό πάνελ

συνέπεια το σύστημα κάποια στιγμή να μείνει από ρεύμα, πράγμα το οποίο είναι ανεπιθύμητο. Η λύση στο πρόβλημα αυτό είναι η σωστή μελέτη και μέτρηση της ισχύος παραγωγής και κατανάλωσης. Οπότε, πρέπει να ισχύει:

ενέργεια παραγωγής > ενέργεια κατανάλωσης

Με βάση τις μετρήσεις ρεύματος και τάσης στους κόμβους, βγαίνει συμπέρασμα ότι η **κατανάλωση του κάθε κόμβου είναι περίπου στα 0.33 W**. Οι μετρήσεις που κάναμε ήταν ανάμεσα στο θετικό άκρο των μπαταριών και στο κύκλωμα. Έτσι, βρήκαμε ότι **το ρεύμα που τραβάει η διάταξή μας είναι περίπου 0.044 A = 44 mA με την τάση να είναι στα 7.6 V**.

Οπότε $0.044 \text{ A} * 7.6 \text{ V} = 0.33 \text{ W}$

Η τάση, όμως, των μπαταριών πέφτει σταδιακά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το σύστημα να τραβάει παραπάνω ρεύμα, ώστε η κατανάλωση να είναι στα 0.33 W.



Εικόνα 2.6.2 μπαταρίες 18650

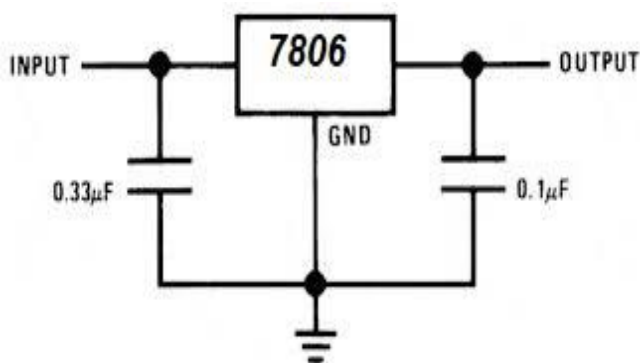
Μέσα σε κάθε κόμβο υπάρχει ένας διπλός φορτιστής, ο οποίος παίρνει ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά και την κατανέμει ομοιόμορφα στις δυο μπαταρίες. Ο φορτιστής επίσης επιτηρεί την τάση των μπαταριών. Εάν η τάση πέσει κάτω από **3.7 V**, τότε ξεκινάει η φόρτιση κι αν η τάση φτάσει στα **4.2 V**, τότε η φορτίσει σταματάει. Με αυτόν των τρόπο αυξάνουμε την ζωή των μπαταριών και εξασφαλίζουμε την ομοιόμορφη φόρτιση τους.

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τώρα, έχουν μια τάση και ένα ρεύμα εξόδου, η οποία είναι ανάλογη της ηλιακής ενεργείας. Η τάση αυτή κυμαίνεται από **0 V** (χωρίς καθόλου ήλιο) έως **5.5 V** (με ηλιοφάνεια) στο κάθε φωτοβολταϊκό. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι χρησιμοποιούμε δύο πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά, οπότε η συνολική τάση είναι από **0 V** έως **11 V**. Όπως είναι λογικό, το ρεύμα των πάνελ είναι ανάλογο της τάσης. Έτσι, το μέγιστο ρεύμα που μπορούν να δώσουν τα πάνελ είναι περίπου **200mA**. Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι **$11V * 200mA = 2.2w$** = μέγιστη ισχύ εξόδου των φωτοβολταϊκών, που σημαίνει ότι έχει μεγάλη ηλιοφάνεια. Για να μην έχουμε πρόβλημα, λαμβάνουμε υπόψη ότι δεν θα έχει πάντα πολύ ήλιο, οπότε την ισχύ που βρήκαμε την διαιρούμε δια δύο και έχουμε **1.1W**. Οπότε, πετύχαμε (ενέργεια παραγωγής > ενέργεια κατανάλωσης). Αν λάβουμε υπόψη και τον κύκλο μέρας και νύχτας, δηλαδή, **12 ώρες νύχτας και 12 ώρες ημέρας**, τότε μπορούμε να ξανά διαιρέσουμε το **1.1W** δια δυο και να βρούμε **0.55W**. Οπότε, το τελικό συμπέρασμα είναι ότι οι κόμβοι μπορούν να λειτουργούν στο μέγιστο της ισχύος τους μέρα – νύχτα, χωρίς να μείνουν από ενέργεια.



Εικόνα 2.6.3 το εξωτερικό ενός κόμβου.

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι τις κατασκευής είναι να παρέχουμε στο κύκλωμα μια σταθερή πηγή τάσης. Ο λόγος είναι ότι και οι μπαταρίες και τα φωτοβολταϊκά έχουν μια πολλή ασταθή τάση. Αν τροφοδοτήσουμε με αυτήν την τάση το κύκλωμά μας, τότε θα έχουμε πρόβλημα με τον μικροελεγκτή, με τους αισθητήρες και γενικά δεν θα δουλεύει ομαλά. Γι' αυτό, τοποθετήσαμε έναν σταθεροποιητή τάσης τον **LM7806**, ο οποίος παίρνει τάση εισόδου από **6.5V έως 35V** και στην έξοδό του βγάζει **σταθερά 6V** με δυνατότητα **1 A** ρεύμα εξόδου. Ο λόγος που επιλέξαμε ο σταθεροποιητής να βγάζει 6V στην έξοδό του, είναι για την τροφοδοσία του Arduino. **Ο Arduino έχει ένα pin, στο οποίο μας επιτρέπει να συνδέουμε εξωτερική τροφοδοσία από 6v έως 12v.** Επιλέξαμε την χαμηλότερη τάση, διότι ο **arduino** εσωτερικά έχει και αυτός έναν ρυθμιστή τάσης, ο οποίος κρατάει την τάση στα **5V**. Επομένως, χρειάζεται εμείς να βάλουμε μια λίγο μεγαλύτερη τάση από αυτήν που βγάζει ο εσωτερικός ρυθμιστής του Arduino για **εσωτερικές λειτουργίες, οι οποίες καταναλώνουν περίπου 0.8V.** Αν βάλουμε μεγάλη τάση εισόδου στον **arduino**, θα έχουμε ως αποτέλεσμα επιπλέον σπατάλη ενέργειας υπό την μορφή θερμοκρασίας.

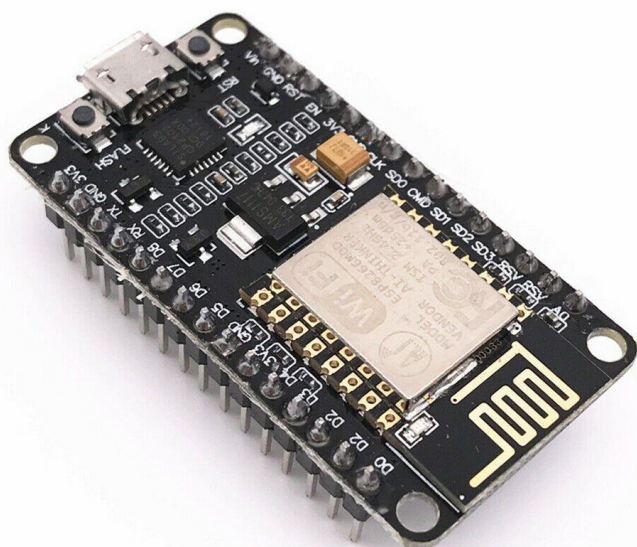


Σχέδιο 2.6.4 το κύκλωμα του σταθεροποιητή όπως είναι μέσα στους κόμβους και στην βάση.

2.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ WIFI ΚΑΙ SERVER

Ένα άλλο μεγάλο κομμάτι της όλης κατασκευής είναι η προσθήκη wifi, για την online καταγραφή και έκθεση των τιμών των μετρήσεων στο internet. Για να το καταφέρουμε αυτό, προστέθηκε στην κατασκευή ένας ESP8266, ο οποίος έχει πάνω του wifi.

Ο ESP8266 λαμβάνει σειριακά τα δεδομένα από την κεντρική μονάδα απεικόνισης δεδομένων και, με την σειρά του, τα καταχωρεί σε έναν ασύγχρονο web server, όπου ο χρήστης μπορεί να βλέπει τα δεδομένα του online κάθε στιγμή και από οπουδήποτε υπάρχει internet.



Εικόνα 2.7.1 ο ESP8266

Για να γίνουν όλα αυτά που αναφέραμε παραπάνω, πρώτα απ' όλα πρέπει να μπορέσουμε να αποστείλουμε σειριακά τα δεδομένα μας στο ESP8266. Αυτό γίνεται συνδέοντας τα pin του ESP8266 tx και rx με τα ποδαράκια 17 και 18 του ARDUINO MEGA που βρίσκεται μέσα στη βάση. Οπότε, **εχουμε tx-17 και rx-18**. Μέσω του προγράμματος της βάσης παίρνουμε το γενικό μέσο όρο και από τους τέσσερις κόμβους και αποστέλλουμε δυο τιμές στο ESP8266. **Η πρώτη τιμή είναι ο μέσος όρος της θερμοκρασίας και η δεύτερη είναι ο μέσος όρος της υγρασίας.**

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία μιας ιστοσελίδας στην εσωτερική μνήμη του **ESP8266**. Αυτό γίνεται μέσω του **ARDUINO IDE σε κείμενο HTML**, μέσα στο πρόγραμμα φροντίζουμε να βάλουμε τα διαπιστευτήρια (ssid,wifi key) wifi που θέλουμε να συνδεθούμε.

Όταν όλα αυτά γίνουν τότε θα πρέπει να γράψουμε ένα κομμάτι κωδικα στο οποίο ο ESP8266 θα μας επιστρέφει την ip που θα μας δίνει πρόσβαση στα δεδομένα, οι εντολές αυτές αναγράφονται παρακάτω.

```
WiFi.begin(ssid, password);  
Serial.println("Connecting to WiFi");
```

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(1000);
  Serial.println(".");
}
```

```
// Print ESP8266 Local IP Address
Serial.println(WiFi.localIP());
```

Παρακάτω είναι το κομμάτι του κώδικα, όπου βάζουμε τα διαπιστευτήρια του δικτύου μας

```
const char* ssid = "REPLACE_WITH_YOUR_SSID";
const char* password = "REPLACE_WITH_YOUR_PASSWORD";
```

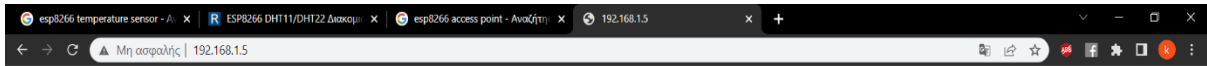
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η IP διεύθυνση, την οποία πληκτρολογούμε σε έναν B. Φαίνονται οι τιμές των δεδομένων, όπως ακριβώς στάλθηκαν από το ARDUINO MEGA στην σειριακή πύλη του ESP8266.



Εικόνα 2.7.2 στοιχεία στην σειριακή θύρα του ESP8266

Αφού τα δεδομένα είναι καταχωρημένα μέσα στο ESP8266, μένει μόνο η online αναπαράσταση τους. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα δεδομένα online στην ιστοσελίδα που φτιάξαμε. **Συνοψίζοντας**, οι τέσσερις κόμβοι πήραν τις μετρήσεις, τις έστειλαν ασύρματα στη βάση, όπου αθροίζοντας και διαιρώντας δια το πλήθος των τιμών, βγάλαμε το μέσο όρο της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Η βάση έστειλε τα δεδομένα σειριακά στον ESP8266 και αυτόν, με την σειρά του, μάς τα εμφάνισε σε μια ιστοσελίδα.

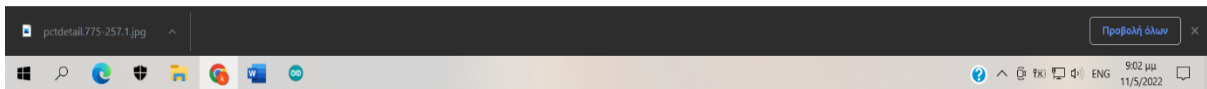
Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι **ο χρήστης μπορεί να δει τις μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας online** και να εκτιμήσει, αν η καλλιέργειά του θέλει πότισμα ή όχι. Όταν ο χρήστης είναι κοντά στην καλλιέργειά του, βλέπει στην κεντρική μονάδα απεικονίσεις δεδομένων για τις τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας για τον κάθε έναν κόμβο ξεχωριστά.



KALLISTHENIS station Server

Temperature 21.50 °C

Humidity 59.80 %



Εικόνα 2.7.3 αναπαράσταση των δεδομένων στην ιστοσελίδα

2.8 Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Εκτός από το κομμάτι του hardware, που είναι πολύ σημαντικό, υπάρχει και το κομμάτι του software, το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με το hardware. **Ο προγραμματισμός γίνεται μέσω του προγράμματος Arduino IDE σε γλώσσα προγραμματισμού c++.** Μέσω του προγραμματισμού, γίνεται η μετατροπή ενός σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό. **Επίσης γίνονται κάποιες μαθηματικές πράξεις, ώστε το αποτέλεσμα να συμβαδίζει, όσο το δυνατόν περισσότερο, με το φυσικό αποτέλεσμα.** Μια άλλη πολύ σημαντική διαδικασία που κάνουμε στην παρούσα κατασκευή, μέσω του προγραμματισμού, είναι η **ασύρματη μεταφορά των δεδομένων που λαμβάνουμε από τους αισθητήρες.** Η διαδικασία της μεταφοράς των δεδομένων είναι από τις πιο δύσκολες. Το δύσκολο είναι ότι, μέσα σε ένα χρονικό όριο, η ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΒΑΣΗ) πρέπει να λάβει από **τέσσερις κόμβους** δυο τιμές, οπότε στο **σύνολο οκτώ τιμές, με τις ανάλογες διευθύνσεις,** για να μην μπερδευτούν μεταξύ τους.

Κόμβος 1 αποστολή	Temp 1	Hum 1
Βάση λήψη	Απεικόνιση temp 1	Απεικόνιση hum 1
Κόμβος 2 αποστολή	Temp 2	Hum 2
Βάση λήψη	Απεικόνιση temp 2	Απεικόνιση hum 2
Κόμβος 3 αποστολή	Temp 3	Hum 3
Βάση λήψη	Απεικόνιση temp 3	Απεικόνιση hum 3
Κόμβος 4 αποστολή	Temp 4	Hum 4

Βάση λήψη	Απεικόνιση temp 4	Απεικόνιση hum 4
-----------	-------------------	------------------

Πίνακας 2.8.1 συνοπτική λειτουργία μεταφοράς δεδομένων

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε θεωρητικά πώς γίνεται η επικοινωνία και η κατανομή των δεδομένων. Τα δεδομένα στέλνονται από τους κόμβους με την εξής μορφή.

```
RF24NetworkHeader header7(base00);
bool ok =network.write(header7, &data, sizeof(data));
```

Το header 7 είναι μια διεύθυνση, στην οποία στέλνει δεδομένα ο κόμβος 1 στην βάση, οπότε είναι ένας ανοικτός διάυλος μεταξύ βάσης και κόμβου 1.

Header 7	Κόμβος 1
Header 8	Κόμβος 2
Header 9	Κόμβος 3
Header 10	Κόμβος 4

Πίνακας 2.8.2 αντιστοιχία ονομασίας των κόμβων

Στον παραπάνω πίνακα είναι οι διευθύνσεις σε αντιστοιχία με τους κόμβους. Η αντιστοιχία αυτή γίνεται μέσω προγράμματος και ορίζεται από τον προγραμματιστή.

Με την εντολή `bool ok=xxxxx` ξεκινάει η αποστολή των δεδομένων. Πρέπει να τονίσουμε ότι τα δεδομένα στέλνονται από κάθε κόμβο όλα μαζί με την εντολή `network.write(header7, &data, sizeof(data));`

Αυτό κατευθείαν παρουσιάζει πρόβλημα στην βάση, διότι δεν μπορεί να ξέρει ποια τιμή αντιστοιχεί στο temp 1 και ποια στον hum 1. Η λύση στο πρόβλημα λύνεται με τις παρακάτω εντολές:

```
data[0] = temp1;
data[1] = hum1;
```

Αυτές οι εντολές σπάνε ουσιαστικά τα δεδομένα σε δύο τιμές: Στο πρώτο κομμάτι, `data[0]`, όπου είναι η θερμοκρασία και `data[1]`, όπου είναι η υγρασία. Οπότε, η πρώτη τιμή που φτάνει στην βάση, με διεύθυνση header 7, ξέρει η βάση ότι είναι η τιμή για το temp 1 και αντίστοιχα η δεύτερη τιμή. Με λίγα λογία ορίσαμε μια σειρά προτεραιότητας στις τιμές, οι οποίες θα αποσταλούν στην βάση.

Η ίδια διαδικασία υλοποιείται σε όλους τους κόμβους, με την μόνη διαφορά ότι αλλάζουν οι διευθύνσεις.

Η ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΒΑΣΗ) πρέπει κι αυτή να προγραμματιστεί κατάλληλα, για να μπορεί να δέχεται τα δεδομένα. Μια άλλη παράμετρος είναι ο χρωματισμός των τιμών αν υπερβούν κάποια όρια, τα οποία ορίσαμε. Παρακάτω θα δούμε ένα κομμάτι του κώδικα της βάσης σχετικά με την λήψη των δεδομένων.

Βασικό κομμάτι του κώδικα της ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΒΑΣΗ) είναι ο ορισμός των τιμών που λαμβάνονται, καθώς επίσης και η διεύθυνση της βάσης, όπως και ο ορισμός των `pin ce,csn`.

```
RF24 radio(20, 21); // nRF24L01 (CE,CSN)
RF24Network network(radio);
const uint16_t this_base00 = 00;
float data1;
float data2;
```

Αφού ορίσαμε τα βασικά πράγματα, τώρα θα πρέπει να δημιουργήσουμε μία **συνθήκη, κατά την οποία να ανοίγει ο δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ βάσης και κόμβων**. Επίσης πρέπει η **βάση να καταλαβαίνει πότε υπάρχει εκπομπή από τους κόμβους προς αυτήν** και να συνεχίσει να λαμβάνει δεδομένα, για όση ώρα στέλνουν οι κόμβοι. Παρακάτω βλέπουμε πως γίνεται αυτό μέσω κώδικα.

```
network.update();           // start contact
  while(network.available()){ // network is occupied
    RF24NetworkHeader header;
    network.read(header, &data, sizeof(data)); // data start coming in base
```

Σε αυτό το σημείο, τα πρώτα δεδομένα αποστάλθηκαν στην βάση. Τώρα **η βάση θα πρέπει να ξεχωρίσει από ποιόν κόμβο ήρθαν κι αν είναι δεδομένα για την τιμή της θερμοκρασίας ή της υγρασίας**. Το παρακάτω κομμάτι κώδικα υλοποιεί αυτά τα πράγματα.

```
if (header.from_node == 1) { // If data comes from Node 01
  data1 = data[0];
  data2 = data[1];
```

Μέσα στην συνθήκη IF γράφουμε (**header.from_node == και τον αριθμό του κόμβου 1.2.3.4 αναλόγως**) δημιουργούμε τέσσερις if-else και για τους τέσσερις κόμβους.

Η απεικόνιση των δεδομένων στην οθόνη απαιτεί να έχουμε την βιβλιοθήκη.

```
#include <UTFTGLUE.h>
UTFTGLUE myGLCD(0, A2, A1, A3, A4, A0);
```

Αυτή η βιβλιοθήκη μας δίνει την δυνατότητα να γράφουμε εύκολα πάνω στην οθόνη, καθώς και να χρωματίζουμε γράμματα και σημεία επάνω στην οθόνη.

Σχετικά με το ESP8266 αναφέραμε κάποια πράγματα στο κεφάλαιο 2.7. Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήσαμε είναι οι παρακάτω.

```
#include <Arduino.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Hash.h>
#include <ESPAsyncTCP.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>
```

Το HTML κείμενο, που γράψαμε, είναι για να μπορέσει ο ESP8266 να κάνει το περιβάλλον πιο φιλικό προς τον χρήστη. Επίσης στο HTML κείμενο μπορείς να αλλάξεις την γραμματοσειρά, το χρώμα της, καθώς και να προσθέσεις εικονίδια. Παρακάτω είναι το HTML κείμενο, όπου έχει τις μεταβλητές temperature και humidity, οι οποίες αλλάζουν και παίρνουν τις καινούργιες τιμές, που μετρούν οι αισθητήρες.

```
<!DOCTYPE HTML><html>
<head>
```

```

<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<link rel="stylesheet" href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.7.2/css/all.css"
integrity="sha384-
fnmOCqbTlWIlj8LyTjo7mOUStjsKC4pOpQbqyi7RrhN7udi9RwhKkMHpvLbHG9Sr"
crossorigin="anonymous">
<style>
  html {
    font-family: Arial;
    display: inline-block;
    margin: 0px auto;
    text-align: center;
  }
  h2 { font-size: 3.0rem; }
  p { font-size: 3.0rem; }
  .units { font-size: 1.2rem; }
  .dht-labels{
    font-size: 1.5rem;
    vertical-align:middle;
    padding-bottom: 15px;
  }
</style>
</head>
<body>
  <h2>KALLISTHENIS station Server</h2>
  <p>
    <i class="fas fa-thermometer-half" style="color:#059e8a;"></i>
    <span class="dht-labels">Temperature</span>
    <span id="temperature">%TEMPERATURE%</span>
    <sup class="units">&deg;C</sup>
  </p>
  <p>
    <i class="fas fa-tint" style="color:#00add6;"></i>
    <span class="dht-labels">Humidity</span>
    <span id="humidity">%HUMIDITY%</span>
    <sup class="units">%</sup>
  </p>
</body>
<script>
setInterval(function ( ) {
  var xhttp = new XMLHttpRequest();
  xhttp.onreadystatechange = function() {
    if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {
      document.getElementById("temperature").innerHTML = this.responseText;
    }
  };
  xhttp.open("GET", "/temperature", true);
  xhttp.send();
}

```

```
}, 10000 );

setInterval(function ( ) {
  var xhttp = new XMLHttpRequest();
  xhttp.onreadystatechange = function() {
    if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {
      document.getElementById("humidity").innerHTML = this.responseText;
    }
  };
  xhttp.open("GET", "/humidity", true);
  xhttp.send();
}, 10000 );
</script>
</html>rawliteral";
```

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 **ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ**

Στην παρούσα κατασκευή θα μπορούσαν να γίνουν αρκετές βελτιώσεις. Μ' αυτόν τον τρόπο, βέβαια, θα αυξανόταν πάρα πολύ το κόστος της κατασκευής. Παρακάτω θα αναφέρουμε μερικές βελτιώσεις, χωρίς να αλλάξουμε το κεντρικό σύστημα. Δεν θα πειράξουμε, δηλαδή, καθόλου το κύκλωμα.

3.1 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η αδιαβροχοποίηση είναι μια βασική βελτίωση που γίνεται αλλάζοντας τα κουτάκια, στα οποία περιλαμβάνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα. Υπάρχουν αδιάβροχα κουτάκια στο εμπόριο. Η αδιαβροχοποίηση μας εξασφαλίζει ότι το κύκλωμα θα παραμείνει καθαρό από νερό, καθώς επίσης κι από σκόνες του περιβάλλοντος, διότι το σύστημα ουσιαστικά δουλεύει σε αντίξοες συνθήκες.

Μια ακόμη βελτίωση είναι στον προγραμματισμό. **Θα μπορούσαμε εύκολα να βάλουμε τις μετρήσεις σε ένα γράφημα**, για να μπορεί ο χρήστης να βλέπει τις μεταβολές των φαινομένων στην οθόνη. Μπορούμε να λάβουμε επίσης **πρόσθετες πληροφορίες από τους κόμβους για την στάθμη που έχουν οι μπαταρίες** και για τον ρυθμό φόρτισης.

Μπορούμε επίσης να μεγαλώσουμε τα καλώδια των αισθητήρων, για να μπορεί ο χρήστης να τοποθετήσει τους κόμβους σε σταθερά σημεία και να μετακινεί τους αισθητήρες.

Όλα τα παραπάνω γίνονται χωρίς να πειράξουμε καθόλου το ηλεκτρονικό κύκλωμα. Στο κεφάλαιο 3.2 παρακάτω θα δούμε βελτιώσεις πολύ πιο συνθέτες.

3.2 ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

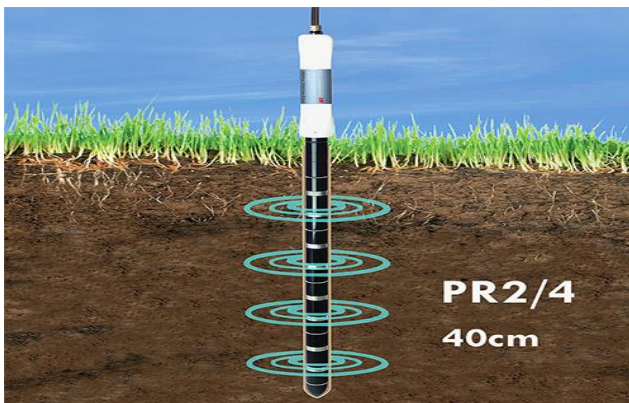
Οι σύνθετες βελτιώσεις αφορούν κυρίως τους αισθητήρες και το μέρος της τηλεπικοινωνίας. Τα υπόλοιπα μέρη του συστήματός μας, δηλαδή η τροφοδοσία και ο μικροελεγκτής, θα παραμείνουν ως έχουν.

Πρώτα από όλα, πρέπει να βάλουμε αισθητήρες, οι οποίοι θα διεισδύουν πιο βαθιά στο χώμα για να παίρνουν δεδομένα σε πιο βαθιά σημεία. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να γίνουν και χειροποίητοι. Παρακάτω βλέπουμε έναν αισθητήρα θερμοκρασίας βιομηχανικού τύπου, ο οποίος είναι αδιάβροχος και αντέχει σε αντίξοες συνθήκες και είναι ιδανικός για την κατασκευή.



Εικόνα 3.2.1 αισθητήρας θερμοκρασίας

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε έναν αισθητήρα υγρασίας, ο οποίος **μετράει υγρασία σε διάφορα βάθη του χώματος**. Το βάθος, στο οποίο θα παίρνει μετρήσεις ο χρήστης, θα ρυθμίζεται μέσω της ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΒΑΣΗ)



Εικόνα 3.2.2 Αισθητήρας υγρασίας

Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης θα μπορεί να βλέπει τις συνθήκες που επικρατούν στην καλλιέργειά του με πιο πολλή ακρίβεια και σε διάφορα βάθη.

Μια άλλη βελτίωση που μπορούμε να κάνουμε, είναι **στην τηλεπικοινωνία, η οποία θα είναι μέσω internet**. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσω ενός **gsm module**, στο οποίο τοποθετούμε μια κάρτα sim, η οποία φροντίζουμε να έχει αρκετά δεδομένα κινητής τηλεφωνίας, κοινώς internet. **Το internet θα μας βοηθήσει να αποστείλουμε δεδομένα κυριολεκτικά παντού**. Μέσω εφαρμογής, από το κινητό ή από τον υπολογιστή, θα μπορεί ο χρήστης να βλέπει τις συνθήκες της καλλιέργειάς του. Αν γίνει αυτό, τότε μέσω της εφαρμογής θα μπορεί ο χρήστης να αποθηκεύει δεδομένα, καθώς επίσης και να βλέπει μέσω γραφημάτων τις μεταβολές των τιμών της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Στην παρακάτω εικόνα θα δούμε ένα **gsm module**, το οποίο μπορεί να συνδεθεί πολύ εύκολα με τον μικροελεγκτή **Arduino**.



Εικόνα 3.2.3 gsm module

Οπότε, στο σύνολό της, η κατασκευή θα αλλάξει αρκετά και θα προκύψει μια νέα κατασκευή, απλά η αρχή της θα είναι η ίδια με την αρχική κατασκευή. **Το κόστος της κατασκευής θα είναι σχετικά χαμηλό για τις δυνατότητες του.**

Αυτές είναι μερικές από τις βελτιώσεις, τις οποίες μπορούμε να κάνουμε για να γίνει ακόμη πιο εύχρηστο προς τον χρήστη, και φυσικά, να είναι αξιόπιστο ως προς την ακρίβεια των μετρήσεων και την αξιοπιστία στο κύκλωμα.

3.3 ΠΛΗΡΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Με βάση το παρόν σύστημα, μπορούμε να προσθέσουμε κάποια ακόμη αντικείμενα και η καλλιέργεια του αγρότη να γίνει πλήρως αυτόνομη και ελεγχόμενη από μακριά. **Πρώτα απ' όλα, για τον πλήρη έλεγχο της καλλιέργειας, χρειάζεται το gsm module, καθώς σε κανένα χωράφι δεν έχει internet, οπότε, με το gsm module, θα έχουμε internet. Αυτό θα μας επιτρέψει τον εξ αποστάσεως έλεγχο και την αποστολή των συνθηκών που επικρατούν στην καλλιέργεια του αγρότη.**

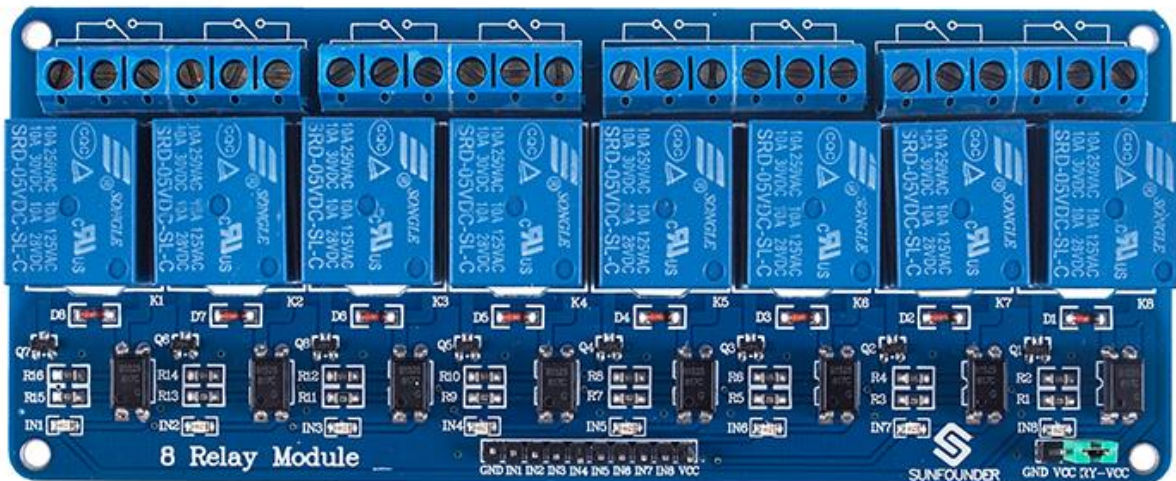
Υπάρχει και **μία άκρως ανορθόδοξη λύση**, που είναι να έχουμε **ένα κινητό τηλέφωνο, με ανοιχτό το hot spot**, ώστε να παρέχει internet στο σύστημά μας, να παίζει, δηλαδή, το ρόλο του modem router που έχουμε όλοι στα σπίτια μας. Αυτή είναι μία λύση εύκολη και γρήγορη, αλλά έχει πολλά **μειονεκτήματα, όπως το ότι τα δεδομένα κινητής τηλεφωνίας θα μένουν πάντα ανοιχτά**, με αποτέλεσμα να μας τρώει α δεδομένα και να αναγκάζεται ο αγρότης να πληρώνει επιπλέον τέλη.

Αν υποθέσουμε ότι το πρόβλημα του internet έχει επιλυθεί με μία από τις δυο λύσεις, που αναφέραμε παραπάνω, τότε θα πρέπει να γίνει μια μελέτη στην καλλιέργεια. **Η μελέτη αυτή έχει να κάνει με το τι είδους καλλιέργεια είναι.** Π.χ. (βαμβάκι, καλαμπόκι, θερμοκήπιο, δέντρα). Αν είναι ένα απλό χωράφι, τότε ο αγρότης θα χρειαστεί μια ηλεκτροβάννα, διαμέτρου ανάλογης με το δύκτιο νερού που είναι στο χωράφι, έτσι ώστε να μπορεί να ελέγχει το πότε θα ποτίσει, ανάλογα και με τις μετρήσεις που παίρνουν οι αισθητήρες.



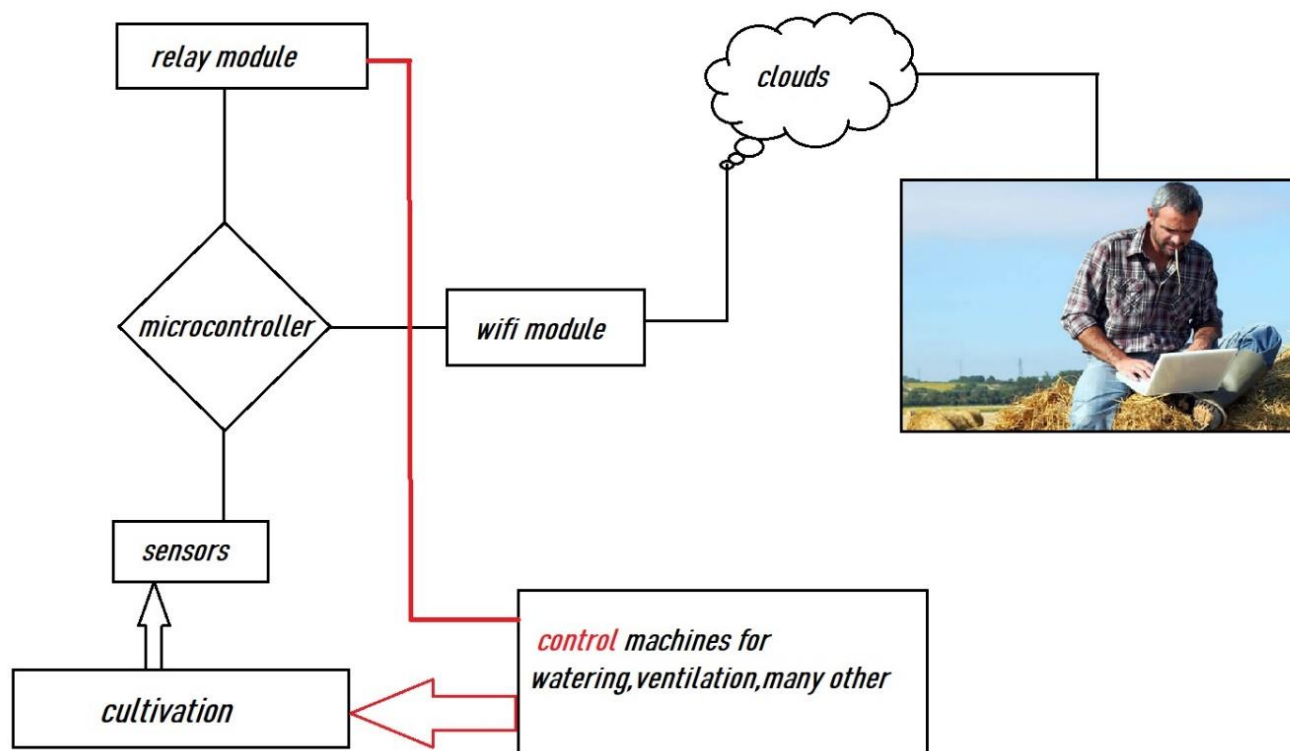
Εικόνα 3.3.1 ηλεκτοβάνα νερού

Ο έλεγχος τέτοιων αντικειμένων (π.χ. ηλεκτροβάνες, ανεμιστήρες, φώτα) είναι λίγο απαιτητικός σχετικά με την ισχύ τους. Αν, δηλαδή, σε ένα θερμοκήπιο χρειάζεται να ελέγχουμε τη ροή του νερού σε κάθε σειρά ή την θερμοκρασία του θερμοκηπίου ή τον φωτισμό, καταλαβαίνουμε ότι χρειαζόμαστε μια κατασκευή, η οποία να μπορεί να ελέγξει ένα μεγάλο ρεύμα με ένα μικρό ρεύμα, το οποίο θα στέλνει ο χρήστης από μακριά. Λύση στο παραπάνω πρόβλημα έρχεται να δώσει το παρακάτω σύστημα.



Εικόνα 3.3.2 σύστημα ελέγχου με οκτώ ρελέ

Αυτό το σύστημα με 8 relay μας επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο οκτώ συσκευών μεγάλης ισχύος. Το μόνο που κάνουμε, είναι να ονοματίσουμε μέσα στο πρόγραμμα μας το “όνομα” του κάθε relay, για να ξέρουμε ποια συσκευή θα πάρει μπρος. Μπορεί επίσης, μέσω εντολών, να γίνεται και επιτήρηση των συνθηκών της καλλιέργειας και να ελέγχονται αυτόματα τα relay.



Μπλοκ διάγραμμα 3.3.1 λειτουργία του συστήματος μετά τις βελτιώσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα όσα εκτέθηκαν, είναι φανερό ότι στη χώρα μας έχει αναπτυχθεί σημαντική έρευνα, τα αποτελέσματα της οποίας θα μπορούσαν να εφαρμοστούν από τους Έλληνες αγρότες, με σημαντική ωφέλεια για τους ίδιους και τη γεωργία της χώρας. Απεδείχθη ότι ακόμα και μικρά αγροκτήματα θα μπορούσαν να ωφεληθούν από τις νέες τεχνολογίες. Χρειάζεται μια προώθηση από την πλευρά της πολιτείας (Κεντρική Διοίκηση, Περιφέρειες, Αγροτικοί Δήμοι), μέσω των προγραμμάτων που εφαρμόζονται, πχ στα σχέδια βελτίωσης, να προωθείται η προμήθεια εξοπλισμού για νέες τεχνολογίες, που θα εύρισκε ανταπόκριση κυρίως στους νέους αγρότες. Δεν αρκεί το πολιτικό σύστημα της χώρας να λέει ότι ο πρωτογενής τομέας μπορεί να οδηγήσει την ανάπτυξη της χώρας, αλλά και να κάνει κάτι για αυτό.

Γενικά, σε τέτοιου είδους κατασκευές, **το βασικότερο είναι η αξιοπιστία στην αποστολή δεδομένων, και συγκεκριμένα στην ασύρματη αποστολή.** Ένα άλλο συμπέρασμα που βγήκε από την κατασκευή είναι ότι, **ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, προσαρμόζεις ανάλογα και την κατασκευή,** καθώς και τα ηλεκτρονικά στοιχεία που χρειαζόμαστε για την κατασκευή.

Το κόστος μιας τέτοιας κατασκευής είναι σχετικά χαμηλό, αν όμως επιλέξουμε να κάνουμε τις βελτιώσεις που αναφέρονται παραπάνω, τότε το κόστος γίνεται σχεδόν διπλάσιο, αλλά, με όλες τις παραπάνω βελτιώσεις, θα έχει ο χρήστης μια κατασκευή αξιόπιστη, κατά το μέγιστο, και εύχρηστη και θα καλύπτει πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Η μελέτη που απαιτήθηκε ήταν αρκετή, ο λόγος είναι ότι επέλεξα υλικά τα οποία δεν είχα ξαναχρησιμοποιήσει πχ (nrf24l01). **Επίσης έδωσα αρκετό βάρος στην αυτονομία της όλης κατασκευής, καθώς και την ασφάλεια από τυχόν βραχυκυκλώματα.**

Ένα άλλο πολύ μεγάλο, δύσκολο, μα απαραίτητο κομμάτι της κατασκευής είναι το wifi module ή esp8266.

Κλείνοντας θα ήθελα να τονίσω για ακόμη μια φορά την ανάγκη τέτοιων κατασκευών, οι οποίες θα μπορούν να κάνουν ελέγχους και επιτηρήσεις στην απλή γεωργία και στις γεωργίες ακριβείας. Η επιστήμη τις γεωργίας ακόμη δεν χρησιμοποιεί καθόλου τεχνικές καταγραφής και ελέγχου στον καλλιεργήσιμο χώρο πχ. (χωράφια, θερμοκήπια).

Πιστεύω, λοιπόν, ότι σε λίγα χρόνια από τώρα η επιστήμη των ηλεκτρονικών θα μπει δυναμικά στον χώρο της γεωργίας κι αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα, οι καλλιέργειες να γίνονται πιο αποδοτικές και να μειωθούν ακόμη περισσότερο τα πάγια της καλλιέργειας.

4.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1_%CE%B1%CE%BA%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82

[2]

<https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2018/10/Fardapaper-Internet-of-Things-A-Survey-on-Enabling-Technologies-Protocols-and-Applications.pdf>

[2] <http://sce.carleton.ca/faculty/yanikomeroğlu/Pub/ComMag-Aug2016-saogapjhpmhyyk.pdf>

[3] <https://4dimkal-robot.weebly.com/tiota-epsilon943nualphaiota-tauomicron-arduino.html>

[3] <https://opensource.com/resources/what-arduino>

[4] <https://elearn.ellak.gr/mod/book/view.php?id=3822>

[5]

http://meleththrio.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/26/Kef2_Sensors_PetaI_Kalom.pdf;jsessionid=5A71110798112348AC4D4A49CCF872BD?sequence=2

[6]

El.wikipedia.org. 2022. *Μικροελεγκτής - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <<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>> [Accessed 16 May 2022].

[7] <https://elearn.ellak.gr/mod/book/view.php?id=3822>