

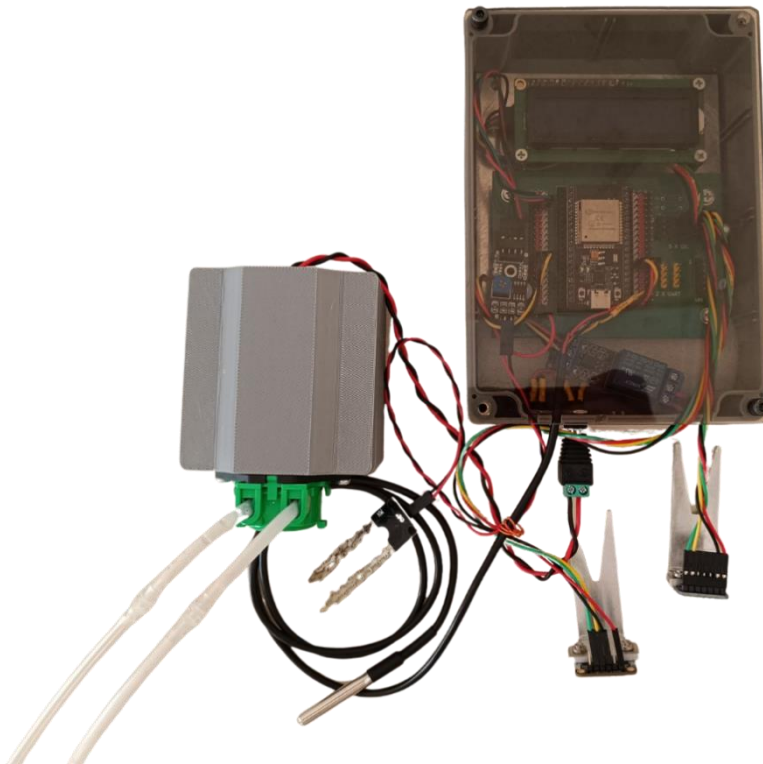


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Μελέτη και σχεδίαση αισθητήρων, για την απομακρυσμένη ανίχνευση
και παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών ενός σπορίου**



Συγγραφέας

Μακρή Αικατερίνη

ΑΜ: 18389037

Επιβλέπων:

Δρόσος Χρήστος

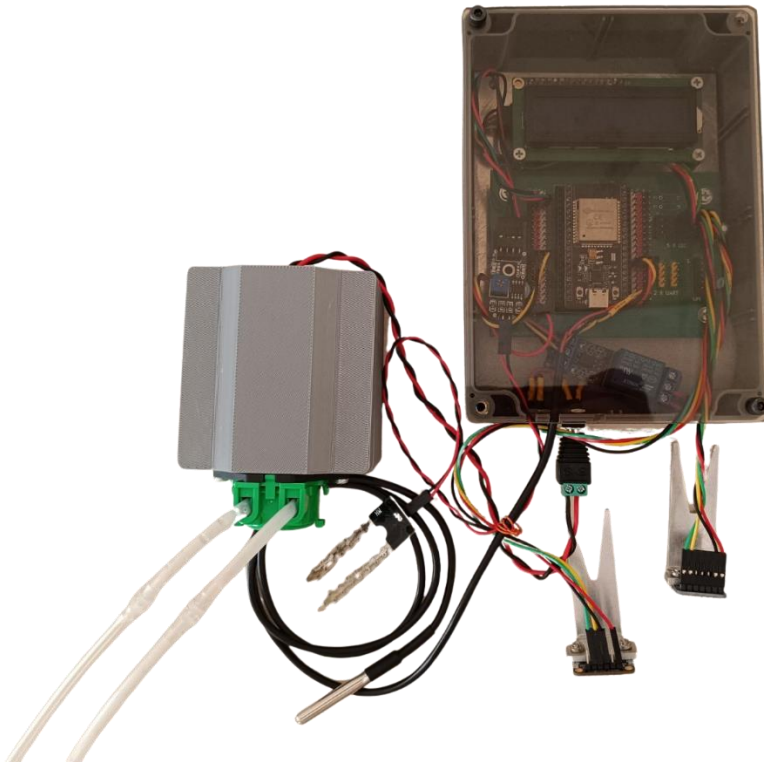
Αθήνα, Μάρτιος 2024



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF MECHANICS
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN & PRODUCTION
ENGINEERING**

Diploma Thesis

**Study and design of sensors for the remote detection and monitoring
of the environmental conditions of a spore**



Student name and surname:

Makri Aikaterini

Registration Number: 18389037

Supervisor name and surname:

Drosos Christos

Athens, March 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Μελέτη και σχεδίαση αισθητήρων, για την απομακρυσμένη ανίχνευση και παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών ενός σπορίου

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΔΡΟΣΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ	Ε.ΔΙ.Π. Α ΒΑΘΜΙΑΔΑΣ	
2	ΛΑΣΚΑΡΗΣ ΝΙΚΟΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΠΑΠΑΚΙΤΣΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ	Ε.ΔΙ.Π. Α ΒΑΘΜΙΑΔΑΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Μακρή Αικατερίνη** του **Γεώργιου**, με αριθμό μητρώου **18389037** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Μακρή Αικατερίνη

(Υπογραφή)



ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Αυτή η αφιέρωση αποτελεί έναν τρόπο να εκφράσω την ευγνωμοσύνη και την αγάπη μου προς την οικογένειά μου και σε όλους εκείνους που με υποστήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια της δημιουργίας της. Ειδικά, θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς την γιαγιά μου, την Άννα Συρίγου, που πάντα με στήριζε με κάθε δυνατό τρόπο και με βοηθούσε να επικεντρώνομαι στους στόχους και τις προτεραιότητές μου.

Αγαπητή μου γιαγιά σε ευχαριστώ για όλα όσα μου προσέφερες.

**Η Τροφή να είναι το φάρμακο σου
και το φάρμακο σου να είναι η τροφή σου.**

~Ιπποκράτης

460-370ΠΧ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς το εκπαιδευτικό προσωπικό του τμήματος για την πολύτιμη γνώση και τις εμπειρίες που απέκτησα κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου. Θέλω ιδιαίτερος να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς τον κύριο Δρόσο Χρήστο, τον επιβλέποντα καθηγητή μου, για την εποπτεία και την συνεισφορά του, στην επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου, τους φίλους συμφοιτητές μου και ιδιαίτερος την γιαγιά μου Άννα που είχε πάντα έννοια την περάτωση των σπουδών μου, με βοήθησε σταθερά και έμπρακτα με οποιοδήποτε μέσο και τρόπο μπόρεσε και αποτέλεσε για μένα ως προσωπικότητα, παράδειγμα προς μίμηση.

Περίληψη

Η Παρούσα Διπλωματική επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός έξυπνου συστήματος το οποίο δια μέσου των αισθητήρων συμβάλλει στην παρακολούθηση των τιμών και την συνεχή συλλογή δεδομένων όπως οι κλιματικές μεταβλητές της υγρασίας, θερμοκρασίας, φωτεινότητας και UV ακτινοβολίας.

Οι μετρήσεις αυτές συμβάλλουν στην αυτοματοποίηση και μέσω του ελέγχου σε πραγματικό χρόνο, μπορούμε να διασφαλίσουμε βελτιώσεις, καθιστώντας πιο κατάλληλες τις συνθήκες για τη σωστή ανάπτυξη των καλλιεργειών από το αρχικό τους στάδιο (σπόρος) έως την ανάπτυξη και την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Με γνώμονα την επίτευξη βιωσιμότητας, διατηρώντας ταυτόχρονα υψηλή ποιότητα στην καλλιέργεια, χωρίς καταστροφικές απώλειες και ζημίες. Επιπλέον, με βάση τις συνθήκες καταγραφής των τιμών τις απαιτήσεις και το είδος της συγκεκριμένης καλλιέργειας, οι μικροί ελεγκτές του συστήματος μπορούν να θέσουν σε λειτουργία την αυτόματη παροχή ποτίσματος.

Στην συνέχεια, δια μέσου των τεχνολογιών και του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), επιτυγχάνεται η ασύρματη σύνδεση των συσκευών, με την οποία οι αισθητήρες του συστήματος θα αποστέλλουν τα δεδομένα στην αντίστοιχη βάση δεδομένων, η οποία με την δική της σειρά θα στέλνει τα δεδομένα, τα οποία θα απεικονίζονται γραφικά σε πραγματικό χρόνο, στον υπολογιστή ή το έξυπνο τηλέφωνο, επιτυγχάνοντας απομακρυσμένη πρόσβαση στο περιβάλλον.

Τέλος, παρουσιάζεται το σύστημα και απεικονίζεται η υλοποίηση και η εφαρμογή του.

Λέξεις - Κλειδιά :

Internet of Things (IoT), έξυπνη γεωργία, καλλιέργεια, βιωσιμότητα, βελτιστοποίηση, cloud, ψηφιακή μεταμόρφωση, πρωτόκολλο TCP/IP, MQTT, ασύρματες τεχνολογίες, SPI, I2C, επικοινωνία UART, τεχνικές προδιαγραφές, μικρο ελεγκτές, αισθητήρες, σχεδίαση, εκτύπωση.

Abstract

The present study focuses on the design and implementation of an intelligent system which through sensors contributes to the monitoring of values and the continuous collection of data such as climate variables of humidity, temperature, brightness and UV radiation.

These measurements contribute to automation and through real time control, we can ensure improvements, making the conditions more suitable for the proper growth of crops from their initial stage (seed) to growth and the achievement of the desired results. With a goal of achieving sustainability, while maintaining high quality in the plantation, without catastrophic losses and damage. In addition, based on the conditions recorded of the required values and the type of the specific crop, the small micro controllers of the system, can set the automatic irrigation supply in operation.

Then, through the media technologies and the Internet of Things (IoT), the wireless connection of the devices is achieved, by which the sensors of the system will send the data to the corresponding database, which in turn will send the data, which will be displayed graphically in real time on the computer or smart phone, achieving remote access to the environment.

Finally, the system is presented and its implementation and application is illustrated.

Keywords :

Internet of Things (IoT), smart agriculture, farming, sustainability, optimization, cloud, digital transformation, TCP/IP protocol, MQTT, wireless technologies, SPI, I2C, UART communication, technical specifications, micro controllers, sensors, design, printing.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στην Καθημερινή Ζωή.....	5
Εικόνα 2 Έξυπνη γεωργία.....	7
Εικόνα 3 Αειφόρος.....	9
Εικόνα 4 Τα στάδια της ανάπτυξης του φυτού	14
Εικόνα 5 Η Ενσωμάτωση των Έξυπνων Αισθητήρων IoT για την Βελτίωση της Γεωργικής Παραγωγής.....	17
Εικόνα 6 Ηλιοτρόπια σε φωτεινό περιβάλλον	21
Εικόνα 7 Φυτό που Ανθίζει στο Φυσικό Περιβάλλον	24
Εικόνα 8 Συνδεδεμένο οικοσύστημα Θερμοκηπίων με τη χρήση του IoT.....	26
Εικόνα 9 Σύγχρονο Θερμοκήπιο με Αισθητήρες και Ελεγκτές.....	28
Εικόνα 10 Η δομή του Internet of Things.....	30
Εικόνα 11 Πώς λειτουργεί η εξισορρόπηση φορτίου TCP στο διαδίκτυο.....	33
Εικόνα 12 Λειτουργία του MQTT στο IoT.....	35
Εικόνα 13 Πίνακας Σύγκρισης Δικτύων Ασύρματης Επικοινωνίας	37
Εικόνα 14 Η διαδικασία επικοινωνίας ανάμεσα σε ένα Arduino και τις περιφερειακές συσκευές μέσω του πρωτοκόλλου SPI	38
Εικόνα 15 Παρουσίαση της εικονογραφικής αναπαράστασης του πρωτοκόλλου επικοινωνίας I2C.....	40
Εικόνα 16 Επικοινωνία UART Μεταξύ Δύο Συσκευών	42
Εικόνα 17 Μικροελεγκτές.....	44
Εικόνα 18 Ανατομία του Raspberry Pi 5.....	45
Εικόνα 19 Επιπλέον χαρακτηριστικά και πληροφορίες για το Raspberry Pi 5.....	46
Εικόνα 20 Πυκνωτές	47
Εικόνα 21 Καλώδια.....	48
Εικόνα 22 Αντίσταση	48
Εικόνα 23 Μονάδα ρελέ.....	50

Εικόνα 24 Διάγραμμα οθόνης LCD-16x2.....	52
Εικόνα 25 Μονάδα διασύνδεσης	53
Εικόνα 26 Το NodeMCU-32S και οι δυνατότητες σύνδεσής του.....	55
Εικόνα 27 Περισταλτική αντλία υγρών	56
Εικόνα 28 Αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20	57
Εικόνα 29 Αισθητήρας υν	59
Εικόνα 30 Αισθητήρας φωτεινότητας.....	60
Εικόνα 31 Αισθητήρας υγρασίας	61
Εικόνα 32 Προσομοίωση Λειτουργίας Mosquitto MQTT.....	64
Εικόνα 33 Το Περιβάλλον PUTTY στον υπολογιστή μου	65
Εικόνα 34 Η Δύναμη της συνδεσιμότητας.....	67
Εικόνα 35 Συνδεσιμότητα με WiFi.....	69
Εικόνα 36 Λογικό διάγραμμα επικοινωνίας του συστήματος.....	71
Εικόνα 37 Διάγραμμα απεικόνισης λειτουργίας του συστήματος	73
Εικόνα 38 Σχεδιάγραμμα λογικής απεικόνισης του προγραμματισμού	75
Εικόνα 39 Προεπισκόπηση 3D Εκτύπωσης.....	81
Εικόνα 40 Καπάκι Βάσης Αντλίας	82
Εικόνα 41 Βάση Αντλίας.....	82
Εικόνα 42 Βάσεις Αισθητήρων και Λάστιχου.....	83
Εικόνα 43 Παρουσίαση του συστήματος.....	84
Εικόνα 44 Σπορείο	85
Εικόνα 45 Παρακολούθηση Θερμοκρασίας	86
Εικόνα 46 Παρακολούθηση Υγρασίας	86
Εικόνα 47 Ανενεργή κατάσταση της αντλίας.....	87
Εικόνα 48 Παρακολούθηση UV	87
Εικόνα 49 Παρακολούθηση Φωτεινότητας	88

Εικόνα 50 Παρακολούθηση Θερμοκρασίας	89
Εικόνα 51 Παρακολούθηση Υγρασίας	89
Εικόνα 52 Ενεργή κατάσταση της αντλίας	90
Εικόνα 53 Παρακολούθηση UV	90
Εικόνα 54 Παρακολούθηση Φωτεινότητας	91

Συντομογραφίες

WSN	Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων	Wireless Sensor Networks
RF	Ραδιοσυχνότητα	Radio Frequency
CPU	Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας	Central Processing Unit
JSON	Κοινό Αντικειμενικό Σημείωμα	JavaScript Object Notation
TLS	Επίπεδο Μεταφοράς Επίπεδο Ασφαλείας	Transport Layer Security
API	Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογής	Application Programming Interface)
PuTTY	Πελάτης Τερματικού Απομακρυσμένης Πρόσβασης	PuTTY
I2C	Διαδικασία Διαδικτύωσης Σειριακής Επικοινωνίας	Inter-Integrated Circuit
SPI	Σειριακή Περιφερειακή Διεπαφή	Serial Peripheral Interface
UART	Τυπική Σειριακή Παρεμβολή	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)
LCD	Οθόνη Υγρών Κρυστάλλων	Liquid Crystal Display
MCU	Μικροελεγκτής	Microcontroller Unit
MQTT	Πρωτόκολλο Μηνυμάτων Ουράς Ελαφρύτερο από το Στρώμα Μεταφοράς	Message Queuing Telemetry Transport
TCP/IP	Πρωτόκολλα Ελέγχου Μεταφοράς/Πρωτόκολλα Διαδικτύου	Transmission Control Protocol/Internet Protocol

Πίνακας Περιεχομένων

<i>Εισαγωγή</i>	1
<i>Στόχος</i>	2
<i>Κεφάλαιο 1^ο Η Δυναμική εξέλιξη του Internet of Things (IoT) και η καινοτομική επίδραση στη Γεωργία</i>	3
1.1 Ο Ορισμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT).....	3
1.2 Το IoT στην Βιομηχανία 4.0 και η τροποποίηση της παραγωγής μέσα από το έξυπνο εργοστάσιο.....	3
1.3 Το IoT στην εξέλιξη της βιομηχανίας	4
1.4 Η σημαντική συμβολή του IoT στην έξυπνη γεωργία.....	5
1.5 Η καθοριστική επιρροή του IoT στη γεωργία.....	6
1.6 Η Έξυπνη Γεωργία και η θετική συμβολή της στις κλιματικές αλλαγές και την αειφορία	7
1.7 Η Εφαρμογή του IoT σε έξυπνα θερμοκήπια-σπορεία	9
1.8 Καλλιέργεια με Ακρίβεια σε Θερμοκήπια με Εφαρμογές Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT).....	10
<i>Κεφάλαιο 2^ο Η Σημαντικότητα της χρήσης των αισθητήρων στις καλλιέργειες</i>	12
2.1 Βασικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των σπόρων	12
2.2 Η Αναδιαμόρφωση της καθημερινής ζωής με ηθική καθοδήγηση και ολοκληρωμένη συστημική σκέψη	14
2.3 Η Καλλιέργεια Υψηλής Ποιότητας είναι Βασικός Πυλώνας για την Υγιεινή Διατροφή και την Βιώσιμη Γεωργία.....	15
2.4 Παράγοντες Καταστροφής των Φυτών προκαλώντας προκλήσεις βελτιστοποίησης σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον.....	15
2.5 Η θετική συμβολή της χρήσης νέων τεχνολογιών και αισθητήρων στην κοινωνία .	16
2.6 Ο Κρίσιμος Ρόλος των Αισθητήρων Θερμοκρασίας στη Γεωργία.....	17
2.7 Η Καθοριστική σημασία της Παρακολούθησης της Υγρασίας του Εδάφους στην Υγεία των Φυτών και την Αποτελεσματική Διαχείριση των Πόρων.....	19

2.8 Η Σημασία των Αισθητήρων Φωτεινότητας και η Ορθή Διαχείριση του Φωτός για τη Βέλτιστη Ανάπτυξη των Φυτών	20
2.9 Η Ηλιακή Ακτινοβολία και ο Ρόλος της στη Φυτική Παραγωγή	22
2.10 Ο ρόλος χρήσης του αυτόματου ποτίσματος στις καλλιέργειες	23
2.11 Τι είναι σπορείο	24
2.12 Τι είναι θερμοκήπιο και η Λειτουργία του	24
2.13 Η πορεία της ανάπτυξης του φυτού με τη χρήση της Τεχνολογίας IoT.....	26
Κεφάλαιο 3^ο Από το Internet of Things στο Cloud με Εστίαση στα Πρωτόκολλα Επικοινωνίας.....	29
3.1 Το Internet of Things και ο ρόλος του cloud στην ψηφιακή μεταμόρφωση.....	29
3.2 Τι είναι το πρωτόκολλο TCP/IP	31
3.3 Πώς λειτουργεί το TCP/IP.....	32
3.4 Λόγοι σημαντικότητας του πρωτόκολλου TCP/IP	33
3.5 Τι είναι το MQTT	33
3.6 Ασύρματη επικοινωνία.....	36
3.7 Περιγραφή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας SPI	37
3.8 Πώς λειτουργεί το SPI	38
3.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του SPI :.....	39
3.10 Περιγραφή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας I2C	39
3.11 Τα βασικά χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου I2C	40
3.12 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του I2C.....	40
3.13 Βασικά στοιχεία της επικοινωνίας UART	41
3.14 Πώς λειτουργεί η UART.....	42
3.15 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του UART	42
Κεφάλαιο 4^ο Ανάλυση των Εξαρτημάτων και Αισθητήρων στην Υλοποίηση του Έργου	44
4.1 Μικροελεγκτής.....	44

4.2 Περιγραφή Raspberry Pi 5	45
4.3 Ηλεκτρολυτικός Πυκνωτής.....	47
4.4 Καλώδια	48
4.5 Αντιστάσεις.....	48
4.6 Μονάδα ρελέ 1 καναλιού με ελαφριά ζεύξη, σχεδιασμένη για λειτουργία στα 24V	49
4.7 Οθόνη LCD 16x2	50
4.8 Μονάδα διασύνδεσης I2C στην οθόνη LCD	52
4.9 Περιγραφή του ESP32.....	53
4.10 Peristaltic Liquid Pump 12V DC - Tube 3x5mm Flow 80ml/min	55
4.11 Αδιάβροχος αισθητήρας θερμοκρασίας (DS18B20)	56
4.12 Αισθητήρας UV Si1145/46/47	58
4.13 Αισθητήρας φωτεινότητας TSL2591	59
4.14 Αισθητήρας καταμέτρησης υγρασίας εδάφους	60
4.15 Επεξηγηματικός πίνακας ηλεκτρολογικών συνδέσεων πάνω στο Esp32	62
Κεφάλαιο 5^ο Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του συστήματος	63
5.1 Περιγραφή Mosquitto	63
5.2 Λόγοι που επιλέχθηκε το πρωτόκολλο MQTT.....	63
5.3 Περιγραφή PuTTY	65
5.4 Περιγραφή Node-RED	66
5.5 Λόγοι που επιλέχθηκε το Node-RED.....	66
5.6 Περιγραφή JSON	67
5.7 Προγραμματισμός του ESP με την πλατφόρμα Arduino.....	67
5.8 Γλώσσα προγραμματισμού C ++	68
5.9 Wi-Fi στο Internet of Things	68
5.10 Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου ανάπτυξης φυτών μέσω διαδικτύου	69

5.11 Η Μεταφορά του πρωτόκολλου από την περιφερειακή συσκευή στο κεντρικό σύστημα	70
5.12 Hardware/Software υλοποίησης MQTT server – MQTT client	71
5.13 Εξήγηση της Λειτουργίας του Συστήματος IoT σε C++	74
Κεφάλαιο 6^ο 3D Σχεδίαση & Εκτύπωση	76
6.1 Διαστάσεις της Βάσης.....	76
6.2 Μετατροπή του σχεδίου από 2D σε 3D	77
6.3 Τελικό σχέδιο της Βάσης.....	77
6.4 Διαστάσεις του καπακιού	78
6.5 Μετατροπή του σχεδίου από 2D σε 3D	78
6.6 Τελικό σχέδιο του καπακιού	79
6.7 Πρόγραμμα εκτύπωσης Simplify 3D και εκτυπωτής Replica Prusa Mk1	79
6.8 Τελικό Αποτελέσματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης	82
6.9 Λειτουργικότητα Βάσης Αντλίας	83
6.10 Βάσεις Αισθητήρων και Λάστιχου Ποτίσματος	83
Κεφάλαιο 7^ο Παρουσίαση της λειτουργίας και παρακολούθηση τιμών	84
Κεφάλαιο 8^ο Ο κώδικας της εφαρμογής και τα σχέδια του συστήματος.....	92
Κεφάλαιο 9^ο Συμπεράσματα.....	93
Κεφάλαιο 10^ο Επίλογος	94
Κεφάλαιο 11^ο Βιβλιογραφία.....	95

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύει εκτενώς τον ρόλο του Internet of Things (IoT) στη βιομηχανία και ειδικότερα στο τομέα της γεωργίας. Ένα βασικό θέμα αναλύσεως αποτελεί ο τρόπος με τον οποίο το IoT επαναπροσδιορίζει τη βιομηχανία και συμβάλλει στη γεωργία.

Αρχικά, δίνεται έμφαση στον ορισμό του IoT καθώς και στο πώς αυτό ανοίγει νέους ορίζοντες στην τεχνολογική εξέλιξη, αναδεικνύοντας το θετικό αποτέλεσμα του IoT στη γεωργία και εστιάζοντας στην έξυπνη γεωργία και τον ρόλο της τεχνολογίας στην αιεφόρο παραγωγή τροφίμων υψηλής ποιότητας.

Μια σημαντική πτυχή της εργασίας είναι η ανάλυση των τεχνολογιών που ενσωματώθηκαν στο πλαίσιο του IoT, εξερευνώντας τον ρόλο του cloud και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως το TCP/IP και το MQTT. Αναδεικνύοντας τις ασύρματες τεχνολογίες SPI και I2C, καθώς και την ευελιξία της επικοινωνίας UART.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται λεπτομερώς η τεχνικές προδιαγραφές των μικροελεγκτών και των αισθητήρων που επιλέχθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος. Αναλύοντας την ηλεκτρολογική σύνδεση των αισθητήρων, προσφέροντας μια σαφή εικόνα των επιλογών και των συνδέσεων για την ορθή λειτουργία του συστήματος.

Η εργασία ολοκληρώνετε με την παρουσίαση της διαδικασίας σχεδίασης και εκτύπωσης, επισημαίνοντας τη σημασία της πρακτικότητας στην υλοποίηση του συστήματος. Εν κατακλείδι, παρέχετε μια ολοκληρωμένη παρουσίαση, για την κατανόηση της δομής και απόδοσης του συστήματος που αναπτύχθηκε.

Στόχος

Το σύστημα επίβλεψης και διαχείρισης των καλλιεργειών στοχεύει στην αυτοματοποίηση και απλούστευση της γεωργικής διαδικασίας καθιστώντας ευκολότερη την δουλειά των αγροτών εξοικονομώντας χρόνο και κόστους καθώς οι αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες για πιθανούς κινδύνους, όπως ακατάλληλες συνθήκες ή προβλήματα που εμποδίζουν την υγιή ανάπτυξη των φυτών, επιτρέποντας την άμεση αντίδραση και την πρόληψη με βελτιώνοντας έτσι την ανθεκτικότητα των φυτών συμβάλλοντας θετικά στην Αυξημένη Παραγωγικότητα. Επίσης, επιτυγχάνεται η αποτελεσματική χρήση των φυσικών πόρων όπως νερό, ενέργεια, μείωση της χρήσης χημικών και τη βελτίωση της διαχείρισης των φυσικών πόρων, με σκοπό τη μείωση της σπατάλης και της περιβαλλοντικής επίπτωσης και την διασφάλιση της βιωσιμότητας.

Κεφάλαιο 1^ο Η Δυναμική εξέλιξη του Internet of Things (IoT) και η καινοτομική επίδραση στη Γεωργία

Στο κεφάλαιο αναλύεται ο ρόλος που διαδραματίζει το Internet of Things (IoT) και πώς διαμορφώνει την σύγχρονη κοινωνία. Η πορεία ξεκινά με τον ορισμό του IoT και εξερευνά πώς επαναπροσδιορίζει τη βιομηχανία μέσα από έξυπνα εργοστάσια και συνεχίζει στην επίδρασή του στη γεωργία. Επιπλέον, παρουσιάζετε η θετική συμβολή του IoT στην έξυπνη γεωργία, αναδεικνύοντας παράλληλα τον ρόλο της τεχνολογίας στην καλλιέργεια υψηλής ποιότητας και τη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων.

1.1 Ο Ορισμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ή Internet of Things (IoT) αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας αντικειμένων για την ανταλλαγή δεδομένων. Η οποία επιτυγχάνεται σε αντικείμενα οπου έχουν την ευχέρεια να ενσωματωθούν με ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικού, αισθητήρων και συνδεσιμότητας σε δίκτυο.

Στην ουσία το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι η αλληλεπίδραση με μηχανικά ή ψηφιακά μηχανήματα οπου βασίζεται σε ένα σύστημα υπολογιστών, με απώτερο σκοπό τη δυνατότητα του χρήστη να τα ελέγχει από έναν υπολογιστή ή κινητό.

Ο όρος Internet of Things επινοήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από τον επιχειρηματία Kevin Ashton. [1],[2]

1.2 Το IoT στην Βιομηχανία 4.0 και η τροποποίηση της παραγωγής μέσα από το έξυπνο εργοστάσιο

Το έξυπνο εργοστάσιο αντιπροσωπεύει την εξέλιξη της βιομηχανίας προς έναν πιο ψηφιακό και συνδεδεμένο κόσμο παραγωγής. Με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων, το cloud computing και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα έξυπνα εργοστάσια δημιουργούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής που παρέχει συνεχή συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων για τη βελτίωση της απόδοσης.

Στο πλαίσιο αυτό, η χρήση του Internet of Things (IoT) αναδεικνύεται ως κρίσιμη. Με την ενσωμάτωση αισθητήρων και τεχνολογιών υπολογιστικού νέφους, το IoT

αυτοματοποιεί διάφορες λειτουργίες και προσφέρει εξελιγμένη παρακολούθηση και διαχείριση της παραγωγής. Αυτή η προσέγγιση, που αποτελεί μέρος της "Βιομηχανίας 4.0," αναδιαμορφώνει τις παραδοσιακές βιομηχανίες, ενσωματώνοντας την αναδιοργάνωση στις διαδικασίες παραγωγής.

Το έξυπνο εργοστάσιο προσφέρει αξιόλογα πλεονεκτήματα, όχι μόνο για τους χειριστές αλλά και για την ίδια τη διαδικασία παραγωγής. Η δυνατότητα προσαρμογής και βελτιστοποίησης των λειτουργιών δίνει τη δυνατότητα για ευέλικτη παραγωγή, ενώ η συνεχής παρακολούθηση εξασφαλίζει την άμεση αντίδραση σε πιθανά προβλήματα.

Το IoT, συνδυασμένο με τη χρήση αναλυτικών δεδομένων, επιτρέπει την ανίχνευση βλαβών και την προληπτική συντήρηση. Επιπλέον, η χρήση μηχανικής μάθησης συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας και συνεισφέροντας στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Συνολικά, το έξυπνο εργοστάσιο αντιπροσωπεύει έναν κατεξοχήν εξελιγμένο τρόπο παραγωγής που επωφελή την επιχείρηση και το περιβάλλον. [3]

1.3 Το IoT στην εξέλιξη της βιομηχανίας

Η Βιομηχανία 5.0 προσδοκά να επιτύχει μια ενισχυμένη και αποδοτική συνεργασία μεταξύ ανθρώπων, μηχανών και συστημάτων εντός του ψηφιακού οικοσυστήματος της. Το Internet of Things (IoT) αποτελεί κρίσιμο συστατικό αυτής της εξέλιξης, επιτρέποντας τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως μηχανισμοί ανίχνευσης και ηλεκτρονικές συσκευές, καθώς και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ συστημάτων. Η τεχνολογία IoT δυναμώνει την ανάπτυξη έξυπνων και αποδοτικών συστημάτων παραγωγής, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει την ασφάλεια και την παρακολούθηση των εργαζομένων.

Παράλληλα, μπορεί να ενισχύσει την παρακολούθηση της απόδοσης των μηχανών και να προβλέπει πιθανές βλάβες, επιτρέποντας προληπτικά μέτρα για τη συντήρηση του εξοπλισμού. Συνεπώς, η τεχνολογία IoT διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της Βιομηχανίας 5.0, επιτρέποντας στους ανθρώπους να επικεντρωθούν σε δημιουργικές και καινοτόμες δραστηριότητες, ενώ οι μηχανές αναλαμβάνουν τις ανιαρές και επαναλαμβανόμενες διαδικασίες. [4]

Από την πλευρά των γεωργών, η Έξυπνη Γεωργία πρέπει να προσφέρει επιπρόσθετη αξία μέσω βελτιωμένης αποφασιστικότητας και της αποτελεσματικής λειτουργίας και διαχείρισης της γεωργικής επιχείρησης. [5]

1.5 Η καθοριστική επιρροή του IoT στη γεωργία

Με την χρήση συσκευών IoT, είναι δυνατόν να συγκεντρώσουμε εκτενή σύνολα δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα επηρεάζουν πτυχές όπως ο καιρός, η ποιότητα του εδάφους, η πρόοδος στην ανάπτυξη των καλλιεργειών κ.ά. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων και τον προγραμματισμό, λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη της κατάστασης της επιχείρησης για την επίτευξη οικονομικών κερδών και εσόδων.

Ο καλύτερος έλεγχος μέσω του IoT επιτρέπει την πλήρη κατανόηση της ποσότητας παραγωγής κατά τη διάρκεια ενός έτους. Η πρόγνωση της πραγματικής ποσότητας των καλλιεργειών πριν από τη συγκομιδή συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη διανομή των προϊόντων και στον σχεδιασμό προσαρμοσμένο στην κατάσταση.

Η Διαχείριση κόστους και η μείωση αποβλήτων αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους τομείς επέμβασης που προσφέρει το IoT στη γεωργική βιομηχανία. Έτσι, η εντοπιστική ανάλυση ανωμαλιών και η αντιμετώπιση ασυνεπειών, οδηγεί στην αποτελεσματική διαχείριση του κόστους και την μείωση των απόβλητων, προκειμένου να αυξηθεί η γενική παραγωγή.

Η Αυτοματοποίηση Διαδικασίας επιτρέπει την απελευθέρωση από την εξάρτηση από ανθρώπινη εργασία σε διάφορες διαδικασίες. Έξυπνοι αισθητήρες και συσκευές IoT διαχειρίζονται αυτές τις διαδικασίες καθ' όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, συμβάλλοντας στην αύξηση της παραγωγικότητας.

Τέλος, μέσω του IoT, διατηρούμε υψηλά επίπεδα ποιότητας στα προϊόντα μας και αυξάνουμε τους όγκους των καλλιεργειών για ανταπόκριση στη ζήτηση. Συνεπώς, ως έθνος, η ανάγκη για εισαγωγές θα μειωθεί, ενώ οι πιθανότητες εξαγωγής θα αυξηθούν. [6]



Εικόνα 2 Έξυπνη γεωργία

1.6 Η Έξυπνη Γεωργία και η θετική συμβολή της στις κλιματικές αλλαγές και την αειφορία

Με τον όρο αειφόρος (ή βιώσιμη) ανάπτυξη εννοούμε τον συνδυασμό οικονομικής ανάπτυξης με την προστασία του περιβάλλοντος. Με αυτόν τον τρόπο η αειφορία μπορεί να εξασφαλίσει τη διαρκή αξιοποίηση των φυσικών πόρων, χωρίς να προκληθούν μόνιμες ζημιογόνες μεταβολές στο περιβάλλον.

Η Έξυπνη Γεωργία εμφανίζεται ως πιθανή λύση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των γεωργικών συστημάτων έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η Έξυπνη Γεωργία αναδεικνύεται ως μια "πράσινη προσέγγιση", καθώς συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος που παράγουν οι συμβατικές μέθοδοι γεωργίας. [7]

Η σημαντική μείωση της ποσότητας των πόρων που χρησιμοποιούνται στη γεωργική παραγωγή αναδεικνύει την Έξυπνη Γεωργία ως κρίσιμο στοιχείο της εξέλιξης στον

τομέα αυτόν. Αυτή η τάση δεν είναι μόνο ένα βήμα προς τη βελτίωση της αποδοτικότητας της γεωργικής διαδικασίας, αλλά αποτελεί επίσης σημαντικό μέσο για τη μείωση της επίδρασης του γεωργικού τομέα στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συνεισφέροντας ενεργά στην παρεμπόδιση της κλιματικής αλλαγής.[7]

Για παράδειγμα, η αυτοματοποίηση της άρδευσης μέσω του IoT συμβάλλει στη μείωση της ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται στη φυτική παραγωγή, προστατεύοντας τους υδάτινους πόρους που γίνονται όλο και πιο σπάνιοι.[8]

Ταυτόχρονα, το IoT συμβάλλει σημαντικά στην ακριβή παρακολούθηση των καλλιεργειών, εντοπίζοντας γρήγορα προβλήματα όπως παράσιτα και ασθένειες. Παράλληλα, οι εξελιγμένοι αισθητήρες με δυνατότητα IoT αναδεικνύουν τη δυνατότητά τους να παρέχουν πραγματικού χρόνου δεδομένα σχετικά με τα επίπεδα λιπασμάτων στο έδαφος. Αυτό δίνει στους αγρότες τη δυνατότητα να προσαρμόζονται με ακρίβεια τις εφαρμογές λιπασμάτων, αποφεύγοντας υπερβολικές χρήσεις και μειώνοντας τη χημική απόρροια στο περιβάλλον. Το αποτέλεσμα είναι η ουσιαστική βελτίωση της ποιότητας των καλλιεργειών, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στην εξοικονόμηση και προστασία του φυσικού περιβάλλοντος εφαρμόζοντας ένα πιο βιώσιμο μοντέλο καλλιέργειας, προωθώντας ταυτόχρονα την οικονομική αποδοτικότητα και την προστασία του περιβάλλοντος.

Συγχρόνως, η χρήση προηγμένων αισθητήρων με δυνατότητα Internet of Things (IoT) δεν περιορίζεται μόνο στην παρακολούθηση των επιπέδων λιπασμάτων στο έδαφος. Επιπλέον, η συνεισφορά στην παρακολούθηση πολλών παραγόντων δυναμικά επιτρέπει στους αγρότες να συμβάλλουν στη βιωσιμότητα της καλλιέργειάς τους, παρέχοντας τους τη δυνατότητα να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα έναντι πιθανών προβλημάτων. Η προανάκριση των πιθανών προβλημάτων με βάση τα παρεχόμενα δεδομένα, συμβάλλει στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων, αποτρέποντας ζημιές και απώλειες στον γεωργικό τομέα.

Τέλος, η Έξυπνη Γεωργία αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας για την υποστήριξη της αειφόρου χρήσης της γης και την προώθηση της βιοποικιλότητας στον γεωργικό τομέα. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας Internet of Things (IoT) στη γεωργία έχει επιφέρει σημαντικές επιδράσεις στη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων, με τη σημαντική μείωση της ανάγκης για χημικά φυτοφάρμακα και λιπάσματα να είναι ένα από τα πρωτοφανή οφέλη. Με αυτόν τον τρόπο, η Έξυπνη Γεωργία διαμορφώνει

ένα προορατικό μοντέλο γεωργίας, συνδυάζοντας την τεχνολογία με την οικολογική βιωσιμότητα. [7],[8]



Εικόνα 3 Αειφόρος

1.7 Η Εφαρμογή του IoT σε έξυπνα θερμοκήπια-σπορεία

Τα κλασικά θερμοκήπια-σπορεία συνιστούν έναν παραδοσιακό τρόπο καλλιέργειας, όμως, παρά τα πλεονεκτήματά τους, αντιμετωπίζουν περιορισμούς στην αποτελεσματικότητα. Η διαχείριση των καλλιεργειών απαιτεί από τους αγρότες να αφιερώνουν άφθονο χρόνο σε χειρωνακτικές εργασίες και συνεχή προσωπική παρακολούθηση. Ωστόσο, η εφαρμογή ενός διαδικτυακού συστήματος παρακολούθησης μέσα στο θερμοκήπιο αντιμετωπίζει αυτά τα προβλήματα με επιστημονική προσέγγιση.

Το διαδικτυακό σύστημα παρακολούθησης του περιβάλλοντος μέσα στο θερμοκήπιο επιτρέπει στον διαχειριστή να παρακολουθεί τις συνθήκες με επιστημονική ακρίβεια. Αυτό εξασφαλίζει τη δημιουργία μιας ιδανικής ατμόσφαιρας για την ανάπτυξη των

φυτών, βελτιώνοντας την απόδοση των καλλιεργειών. Επιπλέον, το διαδικτυακό σύστημα προσαρμόζει δυναμικά το περιβάλλον ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών, επιτρέποντας έτσι την επιτυχημένη καλλιέργεια.

Βασιζόμενο στα δεδομένα περιβάλλοντος και τις πληροφορίες καλλιέργειας, το διαδικτυακό σύστημα παρακολούθησης του θερμοκηπίου χαρακτηρίζεται ως "έξυπνο". Αυτό σημαίνει ότι προσαρμόζει δυναμικά τις καλλιέργειες, βασιζόμενο σε επιστημονικά δεδομένα, προσφέροντας έτσι βέλτιστη διαχείριση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η γεωργία εξελίσσεται προς πιο προηγμένες και αποδοτικές πρακτικές με τη συμβολή της τεχνολογίας. [9]

Μέσω της δημιουργίας ενός ελεγχόμενου περιβάλλοντος, εξασφαλίζεται η ασφάλεια των τροφίμων και επιτυγχάνεται υψηλή απόδοση καλλιεργειών σε περιορισμένο χώρο. Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνολογική πρόοδος μετατρέπει τις καλλιέργειες από συμβατικά θερμοκήπια σε προηγμένα εργοστάσια φυτών υψηλής τεχνολογίας. Αυτά τα συστήματα είναι επίσης γνωστά ως συστήματα φυτικής παραγωγής ελεγχόμενου περιβάλλοντος, γεωργία ελεγχόμενου περιβάλλοντος ή συστήματα φυτογένεσης. Επιπλέον, έχουν κατακτήσει τη δημοφιλία του γεωργικού τομέα λόγω της αυξανόμενης παγκόσμιας ζήτησης για τρόφιμα.

1.8 Καλλιέργεια με Ακρίβεια σε Θερμοκήπια με Εφαρμογές Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)

Η επιχείρηση σε ένα θερμοκήπιο αναπτύσσεται μέσω επενδύσεων κεφαλαίου και εργασίας, με την απαίτηση να είναι συνεπής με τις αρχές της αειφορίας. Αυτό σημαίνει ότι η δραστηριότητα πρέπει να επιδιώκει την ισορροπία μεταξύ κερδοφορίας, σεβασμού προς το περιβάλλον και διασφάλισης της ευημερίας του ανθρώπου.

Τα φυτά αποτελούν ζωντανούς οργανισμούς. Για να επιβιώσουν και να παράγουν, απαιτούν συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος και ρίζας, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η φωτεινή ενέργεια, το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία κ.ά.

Η Καλλιέργεια Ακριβείας αναδεικνύεται ως το κατάλληλο εργαλείο για τη βέλτιστη διαχείριση του θερμοκηπίου, επιτρέποντας την ικανοποίηση όλων των εταίρων που συμμετέχουν στην επιχείρηση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ισορροπίας των

παρακάτω προσεγγίσεων, η οποία αποτελεί τη βασική παράμετρο επιτυχίας μιας θερμοκηπιακής μονάδας :

Ο Παραγωγός (Επενδυτής) επιδιώκει την μέγιστη απόδοση και κέρδος που μπορεί να επιφέρει η επένδυσή του. Ταυτόχρονα, οι έμπορες και οι καταναλωτές επιθυμούν ένα ασφαλές, ποιοτικό και οικονομικό τρόφιμο, με τα κριτήρια της ασφάλειας να καθορίζονται από τη νομοθεσία. Παράλληλα, καθίσταται πλέον ηθική υποχρέωση προς την κοινωνία, η προστασία του Περιβάλλοντος. [10]

Κεφάλαιο 2^ο Η Σημαντικότητα της χρήσης των αισθητήρων στις καλλιέργειες

Σε αυτό το κεφάλαιο, αναδεικνύετε η σημαντικότητα που διαδραματίζουν οι νέες τεχνολογίες και οι προηγμένοι αισθητήρες στην γεωργία. Καθώς, η σύνδεσή τους με τη γεωργία ανοίγει νέους ορίζοντες για τη βιώσιμη καλλιέργεια και την αποτελεσματική διαχείριση των φυτών.

2.1 Βασικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των σπόρων

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες για τη σωστή ανάπτυξη του φυτού είναι η σωστή διαδικασία αναπαραγωγής και ανάπτυξης των σπόρων. Ενώ η αρχική δαπάνη για την προμήθεια καθαρού και υψηλής ποιότητας σπόρου συνδέεται, φυσικά, με τη διαδικασία, υπάρχουν επίσης πολλοί άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη διαδικασία ανάπτυξης.

Οι κύριοι εξωτερικοί παράγοντες περιλαμβάνουν το νερό, το οξυγόνο, την κατάλληλη θερμοκρασία, καθώς και, κατά καιρούς, το φως ή το σκοτάδι. Διάφορα φυτά απαιτούν διάφορες συνθήκες για την επιτυχή βλάστηση των σπόρων. Συχνά, αυτό εξαρτάται από την ποικιλία των σπόρων και συνδέεται στενά με το οικολογικό περιβάλλον όπου αναπτύσσεται το φυτό. Η θερμοκρασία του εδάφους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών.

Ο ρυθμός απορρόφησης νερού, η διάχυση αναπνευστικών αερίων, και ο ρυθμός χημικών αντιδράσεων που συμμετέχουν στο μεταβολισμό του σπόρου εξαρτώνται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Οι σπόροι διαφόρων ποικιλιών έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένου του εύρους θερμοκρασιών μέσα στο οποίο μπορούν να βλαστήσουν. Εκτός αυτού του εύρους, η βλάστηση δεν είναι εφικτή, με ανεπιθύμητες επιπτώσεις όπως χαμηλά ποσοστά επιτυχίας και μεγαλύτερης διάρκειας βλάστησης. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να επιταχύνουν τον ρυθμό βλάστησης μέχρι ένα σημείο, όπου περαιτέρω αύξηση μπορεί να οδηγήσει σε μείωση ή ακόμα και στην αναστολή της βλάστησης. Υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν την αποτελεσματικότητα των ενζύμων, και σε υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας, η κυτταρική πρωτεΐνη μπορεί να υποστεί μετασχηματισμό, με αποτέλεσμα την καταστροφή του σπόρου.

Το νερό αποτελεί βασική προϋπόθεση καθώς οι ώριμοι σπόροι συχνά βρίσκονται σε ιδιαίτερα ξηρή κατάσταση και απαιτούν την απορρόφηση σημαντικών ποσοτήτων νερού μέσω μιας διαδικασίας απορρόφησης, σε σχέση με το αρχικό ξηρό τους βάρος.

Το αέριο περιβάλλον αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη βλάστηση των φυτών, καθώς το οξυγόνο είναι ζωτικής σημασίας για τον βλαστώντα σπόρο, αφού χρησιμοποιείται για την αερόβια αναπνοή, τη βασική πηγή ενέργειας για τα νεαρά φυτά μέχρι την ανάπτυξη φύλλων και την έναρξη της φωτοσύνθεσης. Ο αέρας λοιπόν περιλαμβάνει περίπου 20% οξυγόνο, 0,03% διοξείδιο του άνθρακα και 80% άζωτο, και οι σπόροι πολλών φυτικών ειδών ευδοκιμούν σε περιβάλλον που περιλαμβάνει αυτό το μείγμα αερίων. Σπόροι που φυτεύονται σε περιβάλλοντα χωρίς επαρκή ποσότητα οξυγόνου, όπως νεροκρατούμενα ή σφικτά συμπιεσμένα εδάφη, μπορεί να αντιμετωπίσουν προβλήματα στη βλάστησή τους. Η καθυστέρηση στη βλάστηση λόγω δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών ονομάζεται "ηρεμία των σπόρων" και διαφέρει από την κατάσταση της αδράνειας των σπόρων. [11]

Τέλος, τα φυτά χρειάζονται ορισμένα θρεπτικά συστατικά όπως το άζωτο, φώσφορο, Ασβέστιο, Μαγνήσιο, Θείο, Σίδηρος, Ψευδάργυρος, Μαγγάνιο, Βόριο, Χαλκός, Μολυβδαίνιο και κάλιο για να αναπτυχθούν σωστά. [12],[13]



Εικόνα 4 Τα στάδια της ανάπτυξης του φυτού

2.2 Η Αναδιαμόρφωση της καθημερινής ζωής με ηθική καθοδήγηση και ολοκληρωμένη συστημική σκέψη

Η περμακουλτούρα ενσωματώνει μια ευφάνταστη διαδικασία σχεδιασμού που έχει τις ρίζες της στην ολοκληρωμένη συστημική σκέψη, η οποία καθοδηγείται από ηθικές εκτιμήσεις και έννοιες σχεδιασμού. Η μέθοδος αυτή μας ενθαρρύνει να αναπαράγουμε τα μοτίβα και τις συνδέσεις που συναντάμε στη φύση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης ζωής, από την υιοθέτηση κατάλληλων τεχνολογιών, από τη γεωργία έως τις βιώσιμες κατασκευές, ακόμη και σε οικονομικά συστήματα.

Με την εφαρμογή αυτών των εννοιών και την εσωτερίκευση αυτής της ηθικής στην καθημερινή μας ζωή, μπορούμε να μετατραπούμε από εξαρτημένοι καταναλωτές σε υπεύθυνους παραγωγούς. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται ικανότητες και προσαρμοστικότητα στα νοικοκυριά και τις τοπικές κοινότητες μας, εξοπλίζοντας μας έτσι για να αντιμετωπίσουμε ένα αβέβαιο μέλλον που χαρακτηρίζεται από τη μείωση των ενεργειακών πόρων.

Οι τεχνικές και οι τακτικές που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή αυτών των εννοιών παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις, ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθεσία, το κλίμα και οι διαθέσιμοι πόροι. Ενώ οι ιδιαιτερότητες μπορεί να διαφέρουν, οι θεμελιώδεις αρχές αυτής της συνολικής στρατηγικής παραμένουν σταθερές. Η γνώση αυτών των αρχών παρέχει ανεκτίμητα γνωστικά εργαλεία που ενισχύουν την ανθεκτικότητα σε μια εποχή που χαρακτηρίζεται από συνεχείς αλλαγές. [14]

2.3 Η Καλλιέργεια Υψηλής Ποιότητας είναι Βασικός Πυλώνας για την Υγιεινή Διατροφή και την Βιώσιμη Γεωργία

Η καλλιέργεια υψηλής ποιότητας αποτελεί ουσιαστικό κομμάτι της γεωργίας, επιδιώκοντας την παραγωγή προϊόντων υψηλών προδιαγραφών. Ο στόχος της είναι να εξασφαλίσει πως τα παραγόμενα προϊόντα είναι όχι μόνο υψηλής ποιότητας, αλλά και ασφαλή για την κατανάλωση. Η ποιοτική καλλιέργεια προσανατολίζεται στη χρήση φυσικών μεθόδων, αποφεύγοντας όσο το δυνατόν περισσότερο τη χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Συγχρόνως, περιλαμβάνει την παρακολούθηση της ποιότητας του εδάφους και της υγείας των φυτών, καθώς και την επιλογή κατάλληλων ποικιλιών φυτών για τη συγκεκριμένη περιοχή καλλιέργειας.

Στη συνέχεια, η διατροφή μας υφίσταται την επίδραση ποικίλων παραγόντων, με την ποιότητα των καταναλωθέντων τροφίμων να έχει κρίσιμο ρόλο. Η πρακτική της ποιοτικής καλλιέργειας εξασφαλίζει την παραγωγή τροφίμων υψηλής ποιότητας, τα οποία διακρίνονται για το πλούσιο περιεχόμενο σε θρεπτικά συστατικά και την απουσία υπολειμμάτων χημικών και τοξικών ουσιών. Η κατανάλωση τέτοιων υψηλής ποιότητας τροφίμων συμβάλλει στην πρόληψη ασθενειών και στη βελτίωση της γενικής υγείας μας. [15],[16]

2.4 Παράγοντες Καταστροφής των Φυτών προκαλώντας προκλήσεις βελτιστοποίησης σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον

Οι παράγοντες που επιδρούν στην καταστροφή των φυτών διακρίνονται σε δύο κατηγορίες : βιοτικούς και αβιοτικούς. Οι βιοτικοί παράγοντες περιλαμβάνουν οργανισμούς που είναι υπεύθυνοι για ασθένειες, ζιζάνια, έντομα, φυτοφάγα ζώα και άλλους ανταγωνιστές των φυτών. Από την άλλη πλευρά, οι αβιοτικοί παράγοντες

περιλαμβάνουν στοιχεία του περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, το νερό, το φως, το έδαφος, τα θρεπτικά συστατικά, το pH, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι.

Η καταστροφή των φυτών μπορεί να οφείλεται σε έναν ή περισσότερους από αυτούς τους παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους, επηρεάζοντας την ανάπτυξη, την παραγωγικότητα και την ποιότητα των φυτών. Για να διασφαλίσουμε την προστασία των φυτών μας, απαιτείται γνώση των παραγόντων που τα επηρεάζουν, παρακολούθηση της κατάστασής τους και χρήση κατάλληλων μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης. [17]

2.5 Η θετική συμβολή της χρήσης νέων τεχνολογιών και αισθητήρων στην κοινωνία

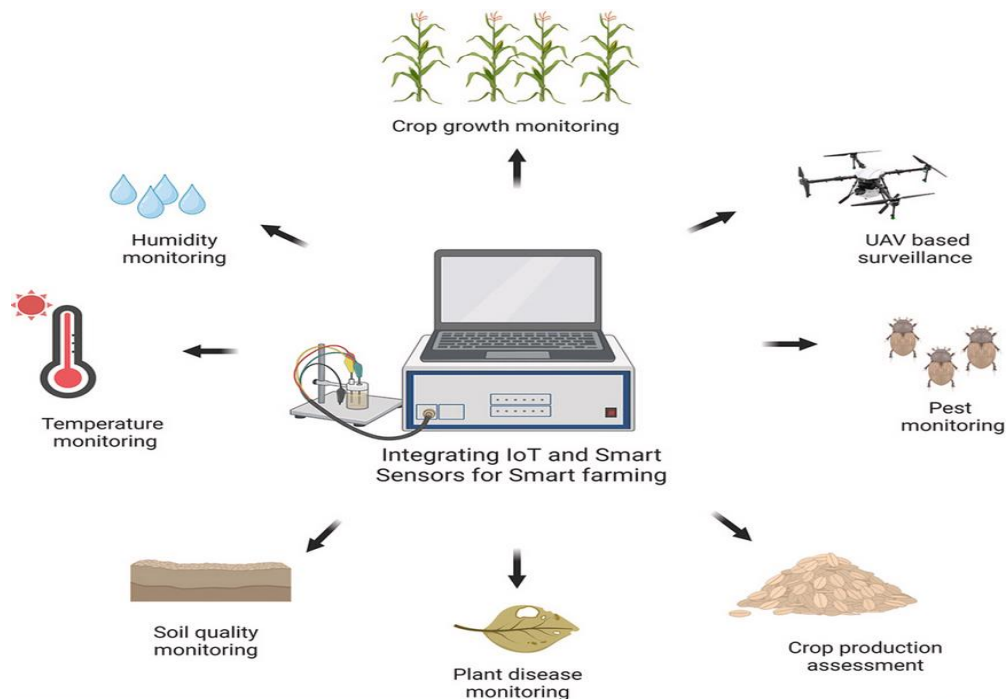
Πολλοί κλάδοι έχουν ήδη υιοθετήσει το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) για τη μείωση του κόστους και την ενίσχυση της παραγωγικότητας και ειδικά στον γεωργικό τομέα παρατηρούνται εξαιρετικά θετικά αποτελέσματα. Η γεωργία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την βιωσιμότητα της ανθρώπινης ζωής, καθώς παρέχει τροφή και απασχολεί πάνω από 1,5 δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως.

Οι εφαρμογές του IoT στη γεωργία περιλαμβάνουν τη γεωργία ακριβείας, τον έλεγχο της άρδευσης, τη χρήση αυτόματων drones, τη χαρτογράφηση αγρών και τα έξυπνα θερμοκήπια. Ο γεωργικός τομέας έχει υποστεί τεχνολογικές αλλαγές, με αποτέλεσμα να έχει γίνει πιο βιομηχανοποιημένος και εξαρτημένος από την τεχνολογία, κάτι το οποίο έχει επιτρέψει στους αγρότες να έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στη διαδικασία καλλιέργειας, καθιστώντας την πιο προβλέψιμη και ενισχύοντας την αποτελεσματικότητά της.

Συνεπώς, προβλέπεται ότι η εξέλιξη της γεωργίας θα οδηγήσει σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα, όπου η γεωργική παραγωγή θα εξαρτάται από την έννοια των ευφών γεωργικών συστημάτων. Τα εν λόγω συστήματα θα ελέγχουν μια πληθώρα διαφόρων υποσυστημάτων, με στόχο την επίτευξη βέλτιστων και ευημερούντων αποτελεσμάτων για τη γεωργική διαδικασία.

Στο πλαίσιο της γεωργίας, η τεχνολογία του IoT αποτελεί ένα δίκτυο αισθητήρων που καταγράφουν διάφορους παράγοντες όπως υγρασία, θρέψη, θερμοκρασία και

επίπεδο φυτοφαρμάκων, στην συνέχεια αυτές οι συσκευές συνδέονται στο Διαδίκτυο για τη συλλογή περιβαλλοντικών και μηχανικών μετρήσεων. [18],[19]



Εικόνα 5 Η Ενσωμάτωση των Έξυπνων Αισθητήρων IoT για την Βελτίωση της Γεωργικής Παραγωγής

2.6 Ο Κρίσιμος Ρόλος των Αισθητήρων Θερμοκρασίας στη Γεωργία

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη βιομηχανία της γεωργίας, βοηθώντας στη διατήρηση των βέλτιστων συνθηκών καλλιέργειας. Η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας, είναι μια από τις πολυτιμότερες πληροφορίες σχετικά με την υγεία των φυτών και συμβάλλει στην παρακολούθηση της θερμοκρασίας κατά την ανάπτυξη των φυτών, έτσι ώστε οι αγρότες και οι καλλιεργητές να μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις για τη βελτιστοποίηση της ανάπτυξης και της απόδοσης τους, βοηθώντας την παραγωγικότητα και την ποιότητα της καλλιέργειας.

Βελτιστοποιώντας τις Συνθήκες Ανάπτυξης : Με την διατήρηση βέλτιστων θερμοκρασιών, τα φυτά μπορούν να φωτοσυνθέσουν αποτελεσματικά, οδηγώντας σε αυξημένες αποδόσεις και στην βελτίωση της ποιότητας των καλλιεργειών,

καθιστώντας αυτές πιο υγιεινές, επηρεάζοντας τα χαρακτηριστικά και τη γεύση των προϊόντων.

Αυξάνοντας την Παραγωγικότητα : Οι αισθητήρες θερμοκρασίας παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, η έγκαιρη ανίχνευση βοηθά στην πρόληψη ζημιών στις καλλιέργειες και διασφαλίζει έγκαιρη παρέμβαση, επιτρέποντας στους αγρότες να αντιμετωπίζουν άμεσα πιθανά προβλήματα, βελτιστοποιώντας τις συνθήκες ανάπτυξης, οδηγώντας σε αυξημένη παραγωγικότητα των φυτών.

Αποτελεσματική Διαχείριση Πόρων : Οι αγρότες μπορούν να βελτιστοποιήσουν την κατανομή των πόρων, όπως η άρδευση και η λίπανση. Αυτό οδηγεί σε αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων, μείωση των απορριμμάτων και βελτίωση της βιωσιμότητας.

Βελτιωμένη ποιότητα καλλιέργειας : Η βελτιωμένη διαχείριση των συνθηκών καλλιέργειας, συμβάλλει στην προώθηση της αειφορίας, συνδυάζοντας την αύξηση της παραγωγής με τη μείωση του αντίκτυπου στο περιβάλλον. [20]

Γι' αυτό, είναι ουσιώδες να παρακολουθούμε και να ρυθμίζουμε συστηματικά τα επίπεδα θερμοκρασίας του εδάφους, προκειμένου να δημιουργούμε τις ιδανικές συνθήκες για την ευημερία και ανάπτυξη των φυτών.

Η θερμοκρασία του εδάφους αναφέρεται στη μέση θερμοκρασία ενός συγκεκριμένου βάθους του εδάφους, κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Αυτή η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη των ριζών, την απορρόφηση νερού και θρεπτικών ουσιών, την αντοχή σε ασθένειες όπως επίσης και στην ανθοφορία, καθώς και στην παραγωγή σπόρων και φρούτων.

Επομένως, η κατάλληλη θερμοκρασία του εδάφους για την ανάπτυξη των φυτών, εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία του φυτού. Ωστόσο, γενικά κυμαίνεται μεταξύ 18 και 24 °C. Υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν στρες, καθυστερήσεις, μείωση ή ακόμη και θάνατο των φυτών.

Επομένως, η συνεχής παρακολούθηση και ρύθμιση της θερμοκρασίας του εδάφους είναι ουσιώδης για τη δημιουργία ιδανικών συνθηκών ανάπτυξης και παραγωγής των φυτών. [21]

2.7 Η Καθοριστική σημασία της Παρακολούθησης της Υγρασίας του Εδάφους στην Υγεία των Φυτών και την Αποτελεσματική Διαχείριση των Πόρων

Η παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους αναδεικνύεται ως ουσιώδης πρακτική στην έξυπνη γεωργία για την αντιμετώπιση πολλών προκλήσεων.

Καθώς η κατανάλωση νερού στον αγροτικό τομέα αποτελεί σημαντικό ποσοστό του παγκόσμιου γλυκού νερού, περίπου το 70% του γλυκού νερού καταναλώνεται στον αγροτικό τομέα, ποσοστό περίπου 60% χάνεται λόγω διαρροών στα συστήματα άρδευσης και μη αποδοτικών μεθόδων χρήσης.

Η υγρασία του εδάφους αναφέρεται στην ποσότητα νερού που βρίσκεται στους πόρους του εδάφους ή στην επιφάνειά του. Έχει σημαντική επίδραση σε πολλούς τομείς, όπως η διαθεσιμότητα και η κινητικότητα του νερού και των θρεπτικών, ο αερισμός και η διαπνοή του εδάφους, η δραστηριότητα και η αντοχή των μικροοργανισμών και των εντόμων, η σύνθεση και η αποσύνθεση της οργανικής ύλης, καθώς και η πυκνότητα και η δομή του εδάφους. [22]

Επιπρόσθετος, η έλλειψη υγρασίας μπορεί να προκαλέσει μαρασμό και ακόμη και θάνατο, ενώ το υπερβολικό πότισμα μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία της καλλιέργειας.

Επομένως, η διατήρηση της κατάλληλης υγρασίας μέσω αποτελεσματικής άρδευσης, είναι ζωτική για την προώθηση της ανάπτυξης των φυτών και την διατήρηση της υγείας τους. Επιπλέον, αποφεύγεται η απώλεια φυτών σε περίπτωση μόλυνσης που προκύπτει από ακατάλληλο συνδυασμό υγρασίας.

Μέσω της υιοθέτησης αποτελεσματικών τεχνικών παρακολούθησης, οι αγρότες μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση του νερού, εξοικονομώντας πόρους και παρέχοντας ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών, με αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων. [23],[24]

Επομένως, η κατάλληλη υγρασία του εδάφους για την ανάπτυξη των φυτών εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία του φυτού, αλλά γενικά κυμαίνεται μεταξύ 50 και 70% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους. Υψηλότερες ή χαμηλότερες υγρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα όπως ξηρασία, πνιγμό, διάβρωση, αλάτωση ή ασθένειες των φυτών. Η σταθερή παρακολούθηση και έλεγχος της

υγρασίας του εδάφους είναι κρίσιμη για τη διατήρηση υγιών συνθηκών ανάπτυξης των φυτών. [22]

2.8 Η Σημασία των Αισθητήρων Φωτεινότητας και η Ορθή Διαχείριση του Φωτός για τη Βέλτιστη Ανάπτυξη των Φυτών

Οι αισθητήρες φωτεινότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών με βάση τη διαθεσιμότητα του φωτός. Συμβάλλοντας στην ορθή τοποθέτηση, αλλά και στη σωστή διαχείριση του χώρου, συνεισφέρουμε στην αποδοτική χρήση του γεωργικού εδάφους και τη βέλτιστη απόδοση της καλλιέργειας.

Ο ακριβής έλεγχος μέσω αισθητήρων φωτεινότητας βοηθά στην προσαρμογή των συνθηκών καλλιέργειας, βελτιώνοντας την παραγωγικότητα. Επιπλέον, συνδράμει στη δυνατότητα παρακολούθησης των καιρικών συνθηκών στο σημείο του αγρού, ακόμη και όταν ο αγρότης βρίσκεται μακριά. Αυτό εξασφαλίζει όχι μόνο την ακρίβεια στην τοποθέτηση των καλλιεργειών αλλά και τη συνεχή παρακολούθηση των συνθηκών που επηρεάζουν την ανάπτυξή τους. Έτσι, επιτυγχάνεται μια εξυπνότερη και πιο αποδοτική χρήση των γεωργικών πόρων.

Σε καλλιέργειες που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους, οι αισθητήρες φωτεινότητας μπορούν να βοηθήσουν στον ακριβή έλεγχο του τεχνητού φωτισμού, προσαρμόζοντας το επίπεδο του φωτός σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών. Στην συνέχεια, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς τα συστήματα φωτισμού ρυθμίζονται αυτόματα, για να παρέχουν μόνο το απαραίτητο φως. Έτσι, επιτυγχάνεται ο ακριβής έλεγχος για την προσαρμογή των συνθηκών καλλιέργειας. [25]

Επιπλέον, η φωτεινότητα επηρεάζει την ανθοφορία, την παραγωγή σπόρων και φρούτων, τη ρύθμιση των ορμονών και την προσαρμογή των φυτών στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Το φως παρουσιάζει διάφορες ιδιότητες, όπως το μήκος κύματος, το φάσμα, η ένταση και η διάρκεια. Κάθε φυτό έχει τις δικές του προτιμήσεις και αντοχές σε διάφορα επίπεδα αυτών των ιδιοτήτων, ανάλογα με την προέλευση, την ποικιλία και τη φάση της ανάπτυξής του.

Για αυτόν τον λόγο, είναι σημαντικό να μετράμε και να ρυθμίζουμε τη φωτεινότητα που λαμβάνουν τα φυτά μας, προκειμένου να δημιουργούμε τις βέλτιστες συνθήκες για την ανάπτυξή τους.

Η φωτεινότητα αναφέρεται στην ποσότητα του φωτός που φτάνει σε μια επιφάνεια ανά μονάδα επιφάνειας. Συνήθως, η μέτρησή της γίνεται σε Lux (lx), που αντιπροσωπεύει τη φωτεινή ένταση ανά τετραγωνικό μέτρο. Η ποσότητα της φωτεινότητας που φτάνει σε ένα φυτό εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η πηγή φωτός, η απόσταση από την πηγή, η γωνία πρόσπτωσης, η διαφάνεια του αέρα και η παρουσία εμποδίων. Η κατάλληλη φωτεινότητα για την ανάπτυξη των φυτών εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία του φυτού. Γενικά, η φωτεινότητα κυμαίνεται μεταξύ 10.000 και 20.000 lx για ηλιόφιλα φυτά, 5.000 και 10.000 lx για ημισκιερά, και 1.000 και 5.000 lx για σκιερά φυτά. Υψηλότερα ή χαμηλότερα επίπεδα φωτεινότητας μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα όπως καψίματα, ξεθώριασμα, επιβράδυνση της ανάπτυξης ή ακόμη και θάνατο των φυτών. [26],[27]



Εικόνα 6 Ηλιοτρόπια σε φωτεινό περιβάλλον

2.9 Η Ηλιακή Ακτινοβολία και ο Ρόλος της στη Φυτική Παραγωγή

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι από τα κύρια συστατικά της φυτικής παραγωγής αφού είναι πηγή ενέργειας που στηρίζει την οργανική ζωή στη γη. Τρεις είναι οι φασματικές περιοχές της ηλιακής ενέργειας, που είναι σημαντικές για τη ζωή των φυτών.

Η πρώτη περιοχή είναι το υπεριώδες (UV) φάσμα, το οποίο είναι χημικά ενεργό, και όταν η έκθεση των φυτών σε αυτή την ακτινοβολία είναι υψηλή, μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις. Η δεύτερη περιοχή είναι η υπέρυθη ακτινοβολία στο υψηλότερο τμήμα του ορατού φάσματος, γνωστό ως υπέρυθρο φως. Αυτή η ακτινοβολία έχει θερμικές επιδράσεις στα φυτά, αλλά λόγω της παρουσίας υδρατμών, δεν προκαλεί βλάβες και παρέχει θερμική ενέργεια για το περιβάλλον. Τέλος, η τρίτη περιοχή είναι το ορατό φως, που εκτείνεται μεταξύ της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αυτό το φως παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης και των φωτοευαίσθητων ρυθμιστικών μηχανισμών.

Η ένταση, η ποιότητα και η διάρκεια του ορατού φωτός είναι ουσιώδεις για τη φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών, επηρεάζοντας την παραγωγή, τη σταθερότητα, τη δύναμη, το μήκος, το βάρος, το μέγεθος των φύλλων και την ανάπτυξη των ριζών. Η διάρκεια της περιόδου του φωτός, επίσης επηρεάζει την άνθηση των φυτών και το περιεχόμενο των υδατανθράκων στα φυτά. [25]

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) ασκεί επιρροή στα φυτά με ποικίλους τρόπους, και το εύρος της ιδανικής ζωής για αυτά, υπό την επίδραση της UV ακτινοβολίας, εξαρτάται από τον τύπο της συγκεκριμένης ακτινοβολίας.

Η UV-A (315 - 400 nm) αποτελεί το περίσσειμα της UV ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης. Αναγκαία για τη φωτοσύνθεση και την ανάπτυξη των φυτών, η ιδανική έκθεση σε αυτήν εξαρτάται από τον τύπο του φυτού, αλλά κατά κανόνα είναι μετριοπαθής.

Η UV-B (280 - 315 nm) αποτελεί λιγότερο ενεργειακή ακτινοβολία σε σχέση με τη UV-A, αλλά εξακολουθεί να επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών. Είναι αναγκαία για την παραγωγή βιταμίνης D, με την υπερβολική έκθεση σε αυτήν να μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα και μεταλλάξεις στο DNA των φυτών.

Η UV-C (< 280 nm) είναι υψηλής ενέργειας, απορροφάτε πλήρως από την ατμόσφαιρα και δεν φθάνει στην επιφάνεια της γης, μη επηρεάζοντας τα φυτά.

Συνολικά, η ιδανική έκθεση στη UV ακτινοβολία εξαρτάται από τον τύπο του φυτού και τις συνθήκες περιβάλλοντος. [28],[29],[30]

2.10 Ο ρόλος χρήσης του αυτόματου ποτίσματος στις καλλιέργειες

Το νερό αποτελεί αναγκαίο συστατικό για τη διατροφή των φυτών, αποτελώντας έως και το 95% των ιστών ενός φυτού και αποτελεί βασική προϋπόθεση για να βλαστήσει ο σπόρος. Για να αναπτυχθεί το φυτό, το νερό μεταφέρει θρεπτικά συστατικά σε όλο το φυτό και είναι υπεύθυνο για διάφορες σημαντικές λειτουργίες στους ιστούς. Επιπλέον, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη φωτοσύνθεση, κατά τη διάρκεια της οποίας, το νερό απορροφάτε μέσω των ριζών και συνεισφέρει στην ανταλλαγή διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου για τη δημιουργία οξυγόνου.

Έτσι, το νερό εξατμίζεται μέσω της διαπνοής στα φύλλα, εμποδίζοντας την υπερθέρμανση. Σε συνδυασμό με τη διαδικασία αυτή, το νερό μεταφέρει θρεπτικά και σάκχαρα προς τα άνθη, τον βλαστό και τα φύλλα για ανάπτυξη και αναπαραγωγή.

Ακόμα, το νερό παίζει ρόλο στη δομική υποστήριξη των κυττάρων με τη στύψη, καθιστώντας το φυτό εύκαμπτο και ισχυρό. Η έλλειψη υγρασίας μπορεί να οδηγήσει σε καφετίωση και κατσάρωμα των φύλλων, με αποτέλεσμα τον θάνατο του φυτού. [31]

Με την χρήση του αυτόματου ποτίσματος, επιτυγχάνεται ο έλεγχος του ποτίσματος από απόσταση, καθώς παραπάνω έγινε αναφορά στην σημαντικότητα του νερού για τα φυτά. Επιπλέον, η βιωσιμότητα ενισχύεται καθώς γίνεται χρήση μόνο της απαραίτητης ποσότητας νερού, επιτρέποντας στους γεωργούς να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τον πόρο του νερού.

Τέλος, με το αυτόματο πότισμα, τα φυτά μας είναι ποτισμένα σωστά καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, αποφεύγοντας έτσι το στρες που παθαίνουν σε περιόδους ξηρασίας. [32]



Εικόνα 7 Φυτό που Ανθίζει στο Φυσικό Περιβάλλον

2.11 Τι είναι σπορείο

Το σπορείο αποτελεί έναν χώρο όπου τα σπόρια των φυτών τοποθετούνται σε ειδικά δοχεία με υπόστρωμα και τοποθετούνται σε ένα θερμαινόμενο περιβάλλον, για να υποστούν τη διαδικασία της φύτευσης. Τα σπορεία αποτελούν σημαντικό στάδιο στην ανάπτυξη των φυτών, διασφαλίζοντας την ανάπτυξη υγιών και αποδοτικών φυτών. [33],[34]

2.12 Τι είναι θερμοκήπιο και η Λειτουργία του

Το θερμοκήπιο αντιπροσωπεύει μια εξειδικευμένη δομή που σχεδιάζεται με σκοπό την προστασία των φυτών από τις ακραίες καιρικές συνθήκες, παρέχοντας έναν κλειστό και περιφραγμένο χώρο. Ο όρος αυτός περιγράφει ένα περιβάλλον όπου η θερμοκρασία και η υγρασία παρακολουθούνται προσεκτικά, δημιουργώντας τις ιδανικές συνθήκες για την ευνοϊκή ανάπτυξη των φυτών, χάρη στη φωτεινότητα και τη θερμότητα. [35]

Η φωτεινότητα εισέρχεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, επιτρέποντας στα φυτά να απορροφήσουν την ενέργεια από το ηλιακό φως. Οι ακτίνες του ηλίου, αφού τις απορροφήσουν τα φυτά και άλλα αντικείμενα, μετατρέπονται σε θερμότητα. Καθώς

τα φυτά απελευθερώνουν σταδιακά την ενέργεια, ο αέρας γύρω τους θερμαίνεται. Η θερμότητα παγιδεύεται μέσα στο θερμοκήπιο, διατηρώντας το εσωτερικό του σε υψηλή θερμοκρασία.

Παρά το γεγονός ότι μια μικρή ποσότητα θερμότητας μπορεί να διαφεύγει, τα θερμοκήπια συνήθως διατηρούν υψηλή θερμοκρασία, αναγκάζοντας ωστόσο τη χρήση εναλλακτικών πηγών θέρμανσης, ιδίως κατά τους ψυχρούς μήνες και τη νύχτα. Η διασφάλιση ενός αποτελεσματικού αερισμού είναι κρίσιμη για την κυκλοφορία του αέρα και την εισαγωγή φρέσκου διοξειδίου του άνθρακα από το εξωτερικό.

Επιπλέον, η διαδικασία της φωτοσύνθεσης αποτελεί σημαντικό κομμάτι του θερμοκηπίου, καθώς παρέχει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται και αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη και την επιβίωση τη θρέψη των φυτών. [36],[37]

Υπάρχουν διάφοροι τύποι θερμοκηπίων, αλλά όλα διαθέτουν εκτεταμένες επιφάνειες που είναι επικαλυμμένες με διαφανή υλικά, παγιδεύοντας το ηλιακό φως και τη θερμότητα. Συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για τους τοίχους και τις οροφές των σύγχρονων θερμοκηπίων περιλαμβάνουν άκαμπτο πλαστικό από πολυκαρβονικό, πλαστική μεμβράνη από πολυαιθυλένιο ή υαλοπίνακες.

Η κατασκευή των θερμοκηπίων εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν τους χειμωνιάτικους μήνες σε μια περιοχή και από το είδος των φυτών που πρόκειται να καλλιεργηθούν. Τα σύγχρονα θερμοκήπια κατασκευάζονται συχνά με υλικά όπως ξύλο και πλαστικό πολυαιθυλένιο, σε αντίθεση με τα θερμοκήπια παραδοσιακού τύπου, που αποτελούνται μόνο από υαλοπίνακες για την είσοδο του φωτός.

Τα θερμοκήπια μπορούν να ποικίλουν σε μέγεθος, αρχίζοντας από μικρά υπόστεγα έως βιομηχανικού μεγέθους. Ένα από τα μικρότερα παραδείγματα είναι το ψυχρό πλαίσιο, ένα μικροσκοπικό θερμοκήπιο συνήθως χρησιμοποιούμενο στο σπίτι. [35]



Εικόνα 8 Συνδεδεμένο οικοσύστημα Θερμοκηπίων με τη χρήση του IoT

2.13 Η πορεία της ανάπτυξης του φυτού με τη χρήση της Τεχνολογίας IoT

Η διαδικασία ανάπτυξης του σπόρου στο σπορείο, ξεκινά με την τοποθέτηση των σπόρων σε ειδικά δοχεία με υπόστρωμα, ακολουθούμενη από την τοποθέτησή τους σε ένα θερμαινόμενο περιβάλλον για να φυτρώσουν, στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί η συνεχής παρακολούθηση θερμοκρασίας, υγρασίας, διοξειδίου του άνθρακα και φωτεινότητας. [34]

Στη συνέχεια, τα φυτά μεταφέρονται σε ένα θερμοκήπιο, η συνεχής παρακολούθηση των συνθηκών επιπλέον του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων παραμέτρων καθ' όλη την διάρκεια ανάπτυξης τους, διασφαλίζει ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Επιπλέον, τα θερμοκήπια παρέχουν προστασία από τις ακραίες καιρικές συνθήκες. Συνεπώς, τα σπορεία και τα θερμοκήπια αναδεικνύονται ως κρίσιμα στοιχεία στην ανάπτυξη των φυτών, διασφαλίζοντας την ανάπτυξη υγιών και αποδοτικών φυτών.

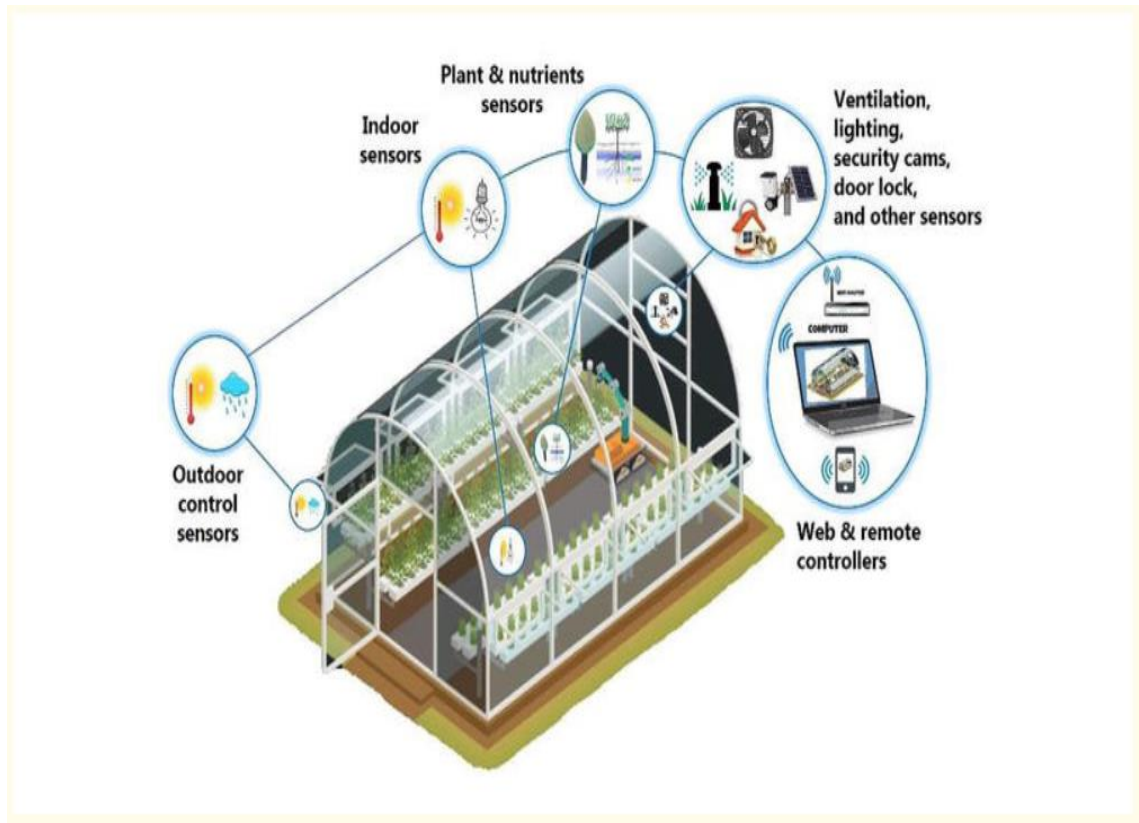
Σε αυτό το σημείο, η τεχνολογία IoT έχει τον ρόλο να παρακολουθεί την απόδοση των μηχανών και να προβλέπει πιθανές βλάβες, επιτρέποντας στους εργαζόμενους να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για τη συντήρηση του εξοπλισμού. Συνεπώς, τα σπορεία και τα θερμοκήπια αναδεικνύονται ως κρίσιμα στοιχεία στην ανάπτυξη των φυτών, διασφαλίζοντας την ανάπτυξη υγιών και αποδοτικών φυτών. [34],[38]

Η προσαρμογή των ρυθμίσεων φωτισμού είναι αποτελεσματική για τη διατήρηση ιδανικών συνθηκών ανάπτυξης των φυτών, ενισχύοντας την ενεργειακή απόδοση του θερμοκηπίου. Ταυτόχρονα, οι αισθητήρες κίνησης/επιτάχυνσης προσφέρουν αξιόπιστο έλεγχο των θυρών, εμποδίζοντας τυχόν απώλειες ενέργειας και διατηρώντας σταθερό το περιβάλλον.

Οι μετρήσεις ογκομετρικής περιεκτικότητας σε νερό και αλατότητας του εδάφους προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για τις ανάγκες ποτίσματος και λίπανσης των καλλιεργειών. Τα δεδομένα αυτά επιτρέπουν την αυτοματοποίηση των συστημάτων καταιονισμού και ψεκασμού, προσαρμόζοντας δυναμικά την επεξεργασία στις πραγματικές ανάγκες των καλλιεργειών, μειώνοντας την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση.

Η χρήση νέων τεχνολογιών μπορεί να αποτρέψει τη μόλυνση και τη διασπορά ασθενειών στις καλλιέργειες. Εκμεταλλευόμενοι δεδομένα για το περιβάλλον του θερμοκηπίου, τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά και την κατάσταση του εδάφους, οι αγρότες μπορούν να εφαρμόσουν αποτελεσματικές θεραπείες κατάλληλες για τις συγκεκριμένες συνθήκες, διασφαλίζοντας υγιείς καλλιέργειες με ελάχιστη χημική επιβάρυνση.

Τέλος, οι αισθητήρες IoT συμβάλλουν στην ασφάλεια των καλλιεργειών, προειδοποιώντας αυτόματα για οποιαδήποτε απειλή και προστατεύοντας τα θερμοκήπια από κλοπές. Αυτές οι τεχνολογίες συνεισφέρουν όχι μόνο στην αύξηση της παραγωγικότητας αλλά και στην οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα του αγροκτήματος. [39]



Εικόνα 9 Σύγχρονο Θερμοκήπιο με Αισθητήρες και Ελεγκτές

Κεφάλαιο 3^ο Από το Internet of Things στο Cloud με Εστίαση στα Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Σε αυτήν την ενότητα εξερευνάται το συναρπαστικό πεδίο του Internet of Things (IoT) και ο ρόλος του cloud στην ψηφιακή μεταμόρφωση. Εστιάζεται στη σημαντικότητα του πρωτοκόλλου TCP/IP ως πυλώνα για την αξιόπιστη επικοινωνία, ενώ εξερευνά το MQTT ως κλειδί για την αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων στο πλαίσιο του IoT.

Αναλύονται οι ασύρματες τεχνολογίες SPI και I2C, καθώς και η ευελιξία της επικοινωνίας UART, παρέχοντας ολοκληρωμένες λύσεις για τις διάφορες απαιτήσεις της σύγχρονης τεχνολογικής εποχής. Αυτό το κεφάλαιο λειτουργεί ως εισαγωγή στο πολυδιάστατο πεδίο του IoT, αναδεικνύοντας τον κρίσιμο ρόλο του cloud και τις τεχνολογικές πτυχές που διαμορφώνουν τη σύγχρονη εποχή.

3.1 Το Internet of Things και ο ρόλος του cloud στην ψηφιακή μεταμόρφωση

Το Internet of Things (IoT) υλοποιεί συνδέσεις στο Διαδίκτυο για να μεταδίδουμε δεδομένα από μικρές συσκευές - όπως διακόπτες και αισθητήρες - στο cloud, σε κεντρικούς υπολογιστές ή σε μεγάλες πλατφόρμες δεδομένων, προκειμένου να μοντελοποιήσουμε τον κόσμο με μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό το μοντέλο αποτελεί τη βάση για νέες κατηγορίες εφαρμογών, αναλύσεων, καθώς και επιπλέον επιπέδων αποτελεσματικότητας και βελτιστοποίησης.

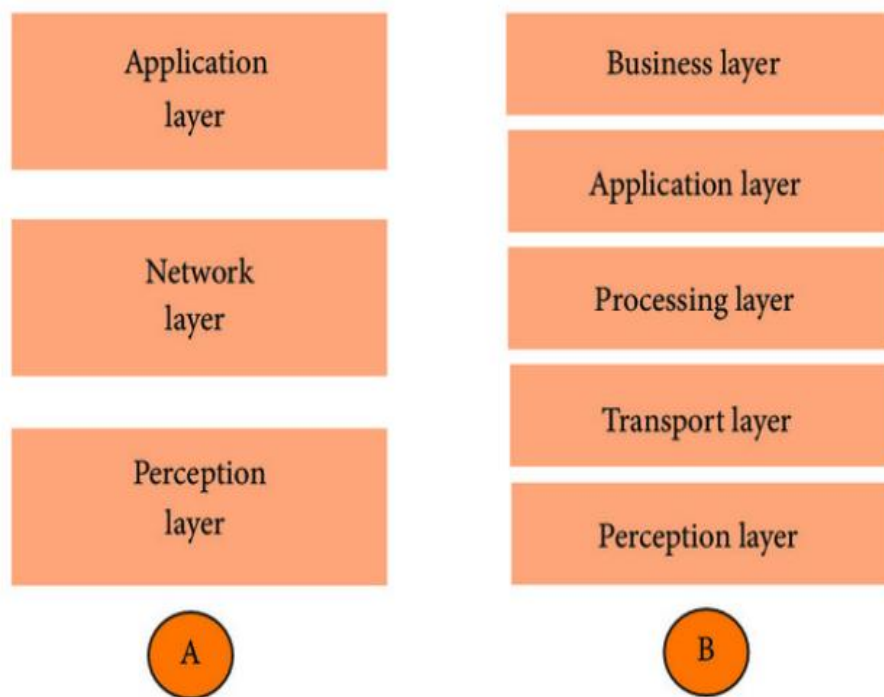
Η παγκόσμια άνθηση των εφαρμογών που βασίζονται στο IoT καθιστά το cloud εξαιρετικά σημαντικό, τόσο από την άποψη των τεχνολογικών καινοτομιών όσο και της κοινωνικής σημασίας. Το IoT έχει επιφέρει αυτοματοποιημένες βιομηχανικές λειτουργίες και έχει συμβάλει σημαντικά στην σύγχρονη κοινωνία καθώς και στην γεωργία και σε μεγάλη πληθώρα εφαρμογών οπού συνεχώς αυξάνεται.

Μια από τις βασικές αρχιτεκτονικές του Internet of Things (IoT), είναι η τριών επιπέδων και αποτελείται από :

Επίπεδο Αντίληψης : Αντιπροσωπεύει το φυσικό επίπεδο με αισθητήρες που ανιχνεύουν και συλλέγουν πληροφορίες για το περιβάλλον. Αυτό το επίπεδο αναγνωρίζει φυσικές παραμέτρους ή έξυπνα αντικείμενα στο περιβάλλον.

Επίπεδο Δικτύου : Ευθύνεται για τη σύνδεση με άλλες έξυπνες συσκευές, δίκτυα και διακομιστές. Χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση και επεξεργασία δεδομένων από τους αισθητήρες

Επίπεδο Εφαρμογής : Υπεύθυνο για την παροχή υπηρεσιών συγκεκριμένης εφαρμογής στον χρήστη. Ορίζει διάφορες εφαρμογές όπως έξυπνα σπίτια, γεωργία κλπ. που μπορούν να αναπτυχθούν με τη χρήση του Internet of Things.



Εικόνα 10 Η δομή του Internet of Things

Τα πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής στο πλαίσιο του IoT αντιμετωπίζουν ουσιαστικές προκλήσεις στον τομέα των επικοινωνιών στο δίκτυο του IoT. Τα δεδομένα στο πλαίσιο του IoT είναι πιο πολύπλοκα σε σύγκριση με την καθιερωμένη δικτύωση. Σε ένα απλό σενάριο, ένας αισθητήρας αναφέρει μια θερμοκρασία σε ένα τοπικό δίκτυο, το οποίο στη συνέχεια μεταδίδει τα δεδομένα σε ένα νέφος μέσω του διαδικτύου. Υπάρχουν και τα πολύπλοκα σενάρια, τα οποία μπορεί να είναι τόσο περίπλοκα, όσο η αλληλεπίδραση πολλαπλών μηχανών σε ένα εργοστάσιο που

απενεργοποιούνται επιλεκτικά όταν περιβαλλοντικοί αισθητήρες ανιχνεύουν πυρκαγιά, ενώ ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης στο νέφος παρακολουθεί την απενεργοποίηση και αναφέρει το συμβάν σε πολλαπλά εξωτερικά συστήματα.

Το πολύπλοκο σενάριο περιλαμβάνει πολλούς τύπους δεδομένων και πολλά μηνύματα ανάμεσα σε πολλές συσκευές που πρέπει να ανταλλάσσουν αποτελεσματικά τα δεδομένα. Σε αντίθεση, το απλό σενάριο περιλαμβάνει έναν απλό τύπο δεδομένων και ένα απλό μήνυμα που κινείται προς μία κατεύθυνση. [40],[41]

3.2 Τι είναι το πρωτόκολλο TCP/IP

Το TCP/IP, που αποτελεί τα αρχικά των λέξεων Transmission Control Protocol/Internet Protocol, αναφέρεται σε μια σειρά πρωτόκολλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση δικτυακών συσκευών στο Διαδίκτυο. Επίσης, εφαρμόζεται ως πρωτόκολλο επικοινωνίας σε εταιρικά ή ιδιωτικά δίκτυα υπολογιστών, όπως Intranet.

Η συνολική σουίτα πρωτόκολλων, γνωστή και ως TCP/IP, περιλαμβάνει κανόνες και διαδικασίες που διαχειρίζονται την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εφαρμογών Διαδικτύου και δικτύου δρομολόγησης και μεταγωγής. Τα βασικά πρωτόκολλα είναι τα TCP και IP, αλλά η σουίτα περιλαμβάνει και άλλα.

Το TCP/IP σχεδιάστηκε για αξιοπιστία και αυτόματη ανάκαμψη από αποτυχίες συσκευών στο δίκτυο, απαιτώντας ελάχιστη κεντρική διαχείριση, λειτουργεί ως επίπεδο αφαίρεσης, συνδέοντας τις εφαρμογές με το δίκτυο, ενώ παρέχει επικοινωνίες από άκρο σε άκρο, καθορίζοντας τη διαδικασία διάσπασης, διευθυνσιοδότησης, μετάδοσης, δρομολόγησης και παραλαβής δεδομένων στον προορισμό.

Τα δύο βασικά πρωτόκολλα της σουίτας εξυπηρετούν διάφορες λειτουργίες. Το IP πρωτόκολλο καθορίζει τον τρόπο διεύθυνσης και δρομολόγησης κάθε πακέτου, εξασφαλίζοντας ότι φτάνει στον σωστό προορισμό. Κάθε υπολογιστής πύλης στο δίκτυο χρησιμοποιεί τη διεύθυνση IP για να αποφασίσει πού θα προωθήσει το μήνυμα. Επιπλέον, μια μάσκα υποδικτύου ορίζει ποιο τμήμα της διεύθυνσης IP χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση του δικτύου και ποιο τμήμα για την αναπαράσταση των συγκεκριμένων υπολογιστών ή άλλων συσκευών στο δίκτυο.

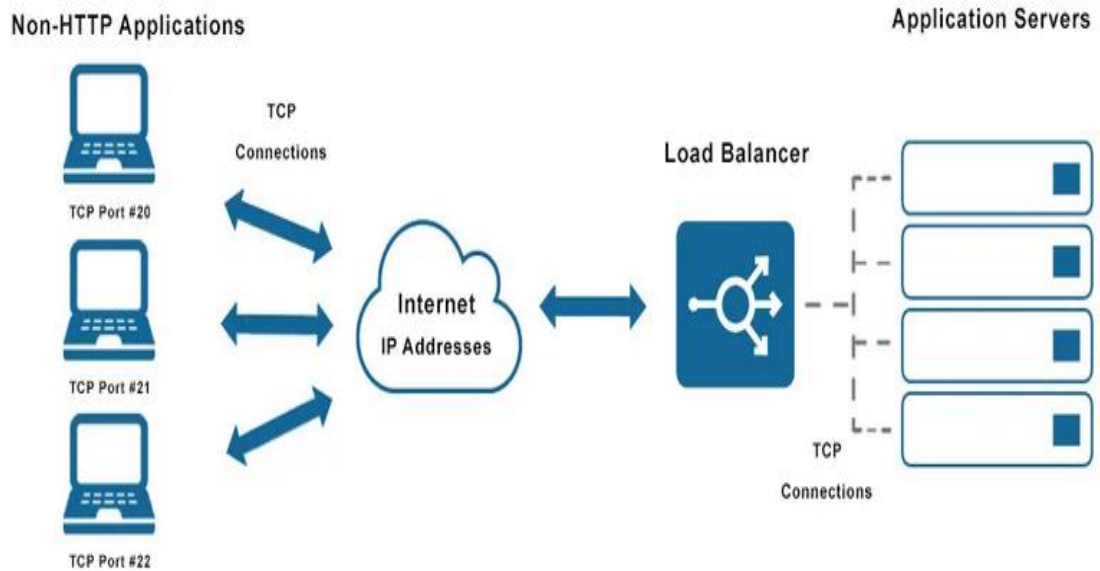
Αυτό επιτρέπει σε έναν υπολογιστή ή άλλη συσκευή δικτύου να κατανοήσει πώς να διαχωρίσει τις διευθύνσεις IP για την αποτελεσματική διαχείριση του δικτύου. Από την άλλη, το πρωτόκολλο TCP καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι εφαρμογές δημιουργούν κανάλια επικοινωνίας σε ένα δίκτυο και διαχειρίζεται τη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση των μηνυμάτων σε μικρότερα πακέτα πριν αυτά μεταδοθούν και επανασυναρμολογηθούν στον προορισμό.

3.3 Πώς λειτουργεί το TCP/IP

Το μοντέλο TCP/IP αποτελεί την προεπιλεγμένη μέθοδο επικοινωνίας δεδομένων στο Διαδίκτυο. Δημιουργήθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών για να εξασφαλίσει την ακριβή και αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων μεταξύ συσκευών. Η λειτουργία του περιλαμβάνει τον διαχωρισμό μηνυμάτων σε πακέτα, προκειμένου να αποφεύγεται η επαναποστολή ολόκληρου του μηνύματος σε περίπτωση προβλήματος κατά τη μετάδοση. Τα πακέτα αυτά επανασυναρμολογούνται αυτόματα κατά την άφιξή τους στον προορισμό τους. Κάθε πακέτο μπορεί να ακολουθήσει διαφορετική διαδρομή ανάλογα με τη διαθεσιμότητα και το φόρτο του δικτύου.

Το TCP/IP δομεί τις εργασίες επικοινωνίας σε επίπεδα, διατηρώντας τη διαδικασία τυποποιημένη, χωρίς τους πάροχους υλικού και λογισμικού να αναλαμβάνουν τη διαχείριση αυτής. Τα δεδομένα προσπερνούν τέσσερα επίπεδα προτού φτάσουν στη συσκευή προορισμού, και έπειτα το TCP/IP πραγματοποιεί την αντίστροφη διαδρομή μέσα από τα επίπεδα για να αποκαταστήσει το αρχικό μήνυμα στη μορφή του.

Το TCP/IP χρησιμοποιεί το μοντέλο επικοινωνίας πελάτη-εξυπηρετητή, στο οποίο ένας χρήστης ή ένα μηχάνημα (πελάτης) λαμβάνει μια υπηρεσία, όπως η αποστολή μιας ιστοσελίδας, από έναν άλλο υπολογιστή (εξυπηρετητή) στο δίκτυο. Συλλογικά, η σουίτα πρωτοκόλλων TCP/IP ταξινομείται ως stateless, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε αίτημα του πελάτη θεωρείται νέο επειδή δεν σχετίζεται με προηγούμενα αιτήματα. Το γεγονός ότι είναι απρόσωπο απελευθερώνει διαδρομές δικτύου, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται συνεχώς. Το ίδιο το επίπεδο μεταφοράς, ωστόσο, είναι stateful, μεταδίδει ένα μόνο μήνυμα και η σύνδεσή του παραμένει στη θέση της έως ότου όλα τα πακέτα ενός μηνύματος ληφθούν και επανασυναρμολογηθούν στον προορισμό. [42]



Εικόνα 11 Πώς λειτουργεί η εξισορρόπηση φορτίου TCP στο διαδίκτυο

3.4 Λόγοι σημαντικότητας του πρωτόκολλου TCP/IP

Το TCP/IP είναι σημαντικό για πολλούς λόγους. Καταρχάς, το TCP/IP δεν ανήκει σε καμία συγκεκριμένη εταιρεία, είναι ανοιχτό και δεν υπόκειται σε περιορισμούς ιδιοκτησίας. Αυτό το καθιστά ευέλικτο και προσαρμόσιμο σε διάφορα περιβάλλοντα.

Επιπλέον, η σουίτα πρωτοκόλλων IP είναι συμβατή με όλα τα λειτουργικά συστήματα, επιτρέποντας την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Επίσης, είναι συμβατή με διάφορους τύπους υλικού και δικτύων υπολογιστών, επιτρέποντας την ανταλλαγή πληροφοριών ανεξάρτητα από την υποδομή.

Ακόμα, το TCP/IP είναι εξαιρετικά επεκτάσιμο και μπορεί να προσαρμοστεί για να διαχειρίζεται αποτελεσματικά τη δρομολόγηση σε ένα δίκτυο και εφαρμόζεται ευρέως στη σημερινή αρχιτεκτονική του διαδικτύου, εξασφαλίζοντας αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συσκευών και δικτύων. [43]

3.5 Τι είναι το MQTT

Τα έξυπνα αισθητήρια και οι συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) συνήθως χρειάζεται να μεταφέρουν και να λαμβάνουν πληροφορίες σε ένα δίκτυο με περιορισμένους πόρους και περιορισμένο εύρος ζώνης. Αυτές οι συσκευές IoT

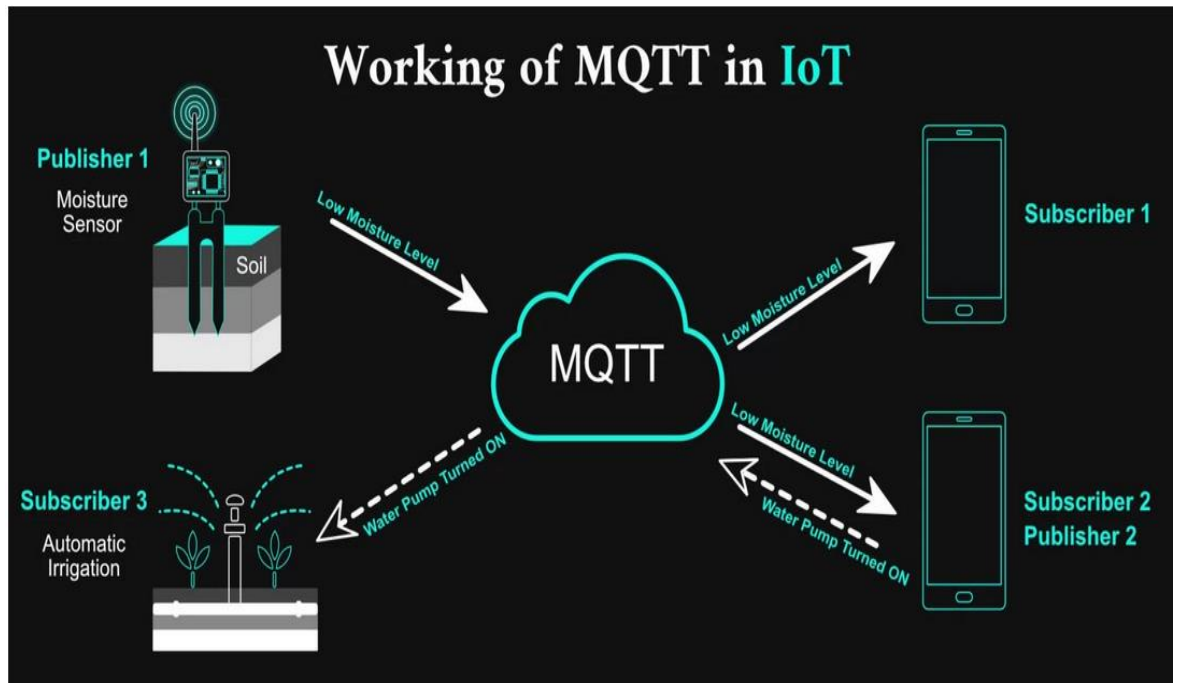
χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο MQTT για τη μεταφορά των δεδομένων, καθώς είναι εύκολο στην υλοποίηση και επιτρέπει αποτελεσματική επικοινωνία δεδομένων του IoT. Το MQTT είναι ένα πρωτόκολλο που υποστηρίζει την ανταλλαγή μηνυμάτων βασισμένη σε πρότυπα ή σύνολα κανόνων και χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ μηχανών. Το MQTT, ή Message Queuing Telemetry Transport, αποτελεί ένα ελαφρύ πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων. Χρησιμοποιεί το μοντέλο επικοινωνίας publish-subscribe και εφαρμόζεται ειδικά στην επικοινωνία M2M (machine to machine). Βασίζεται στο πρωτόκολλο TCP/IP και έχει σχεδιαστεί με σκοπό να λειτουργεί αποδοτικά σε περιορισμένο εύρος ζώνης.

Οι αισθητήρες συνδέονται με έναν μεσίτη, ο οποίος μπορεί να είναι μια συσκευή ή ένας διακομιστής IoT, υπεύθυνος για την ανάγνωση και δημοσίευση των δεδομένων που παράγονται από τους αισθητήρες. Οι άλλες συσκευές που εγγράφονται και ζητούν δεδομένα αισθητήρων ονομάζονται πελάτες. Οι αισθητήρες, από την πλευρά τους, αναφέρονται ως εκδότες στο δίκτυο.

Ο πελάτης μπορεί να είναι μια φορητή συσκευή, όπως φορητός υπολογιστής, έξυπνο τηλέφωνο, tablet, ή οποιαδήποτε άλλη φορητή συσκευή. Για να λάβει δεδομένα, μια συσκευή-πελάτης πρέπει να εγγραφεί στον μεσίτη στο δίκτυο. Στη συνέχεια, δημιουργεί μια σύνδεση με τον μεσίτη και ζητά τα επιθυμητά δεδομένα αισθητήρων. Ο μεσίτης παίρνει τα δεδομένα από τον εκδότη (στην περίπτωση ασύρματων αισθητήρων) και τα προωθεί στη συσκευή-πελάτη που τα ζήτησε.

Ακόμα και εάν η σύνδεση με τη συσκευή-πελάτη διακοπεί μετά την υποβολή του αιτήματος, ο μεσίτης αποθηκεύει τα δεδομένα σε μια προσωρινή μνήμη. Έτσι, όταν η συσκευή-πελάτης συνδεθεί ξανά, μπορεί να λάβει τα ζητούμενα δεδομένα αισθητήρα.

Επίσης, αν η σύνδεση μεταξύ του εκδότη και του μεσίτη διακοπεί μετά την υποβολή του αιτήματος, ο μεσίτης προωθεί τις κατάλληλες οδηγίες που αποστέλλονται από τον εκδότη, επιτρέποντας στη συσκευή-πελάτη να επανασυνδεθεί και να λάβει τα ζητούμενα δεδομένα. [44],[45]



Εικόνα 12 Λειτουργία του MQTT στο IoT

Για την δημιουργία ενός δικτύου MQTT, είναι σημαντική η κατανόηση ορισμένων βασικών όρων και αλληλεπιδράσεων για τη δημιουργία του δικτύου:

Μεσίτης (Broker): Ο μεσίτης αποτελεί τον διακομιστή που διαχειρίζεται και διανέμει πληροφορίες στους συνδεδεμένους πελάτες.

Πελάτης (Client): Ο πελάτης αναφέρεται στη συσκευή που συνδέεται στον μεσίτη για να αποστείλει ή να λάβει πληροφορίες.

Θέμα (Topic): Το θέμα αντιστοιχεί στο όνομα που σχετίζεται με ένα μήνυμα. Οι πελάτες μπορούν να δημοσιεύσουν, να εγγραφούν ή να κάνουν και τα δύο σε ένα θέμα.

Δημοσίευση (Publish): Οι πελάτες χρησιμοποιούν τη δημοσίευση για να στείλουν πληροφορίες στον μεσίτη, ο οποίος τις διανέμει στους ενδιαφερόμενους πελάτες βάσει του ονόματος του θέματος.

Εγγραφή (Subscribe): Οι πελάτες χρησιμοποιούν την εγγραφή για να ενημερώσουν τον μεσίτη για τα θέματα που τους ενδιαφέρουν. Όταν ένας πελάτης εγγράφεται σε ένα θέμα, κάθε μήνυμα που δημοσιεύεται σε αυτό το θέμα διανέμεται σε όλους τους εγγεγραμμένους.

Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) - Είναι ένας τρόπος καθορισμού με τον οποίο τα μηνύματα διαχειρίζονται μεταξύ των πελατών MQTT και του μεσίτη (broker).

Υπάρχουν τρία διαθέσιμα επίπεδα QoS:

Το επίπεδο QoS που επιλέγετε εξαρτάται από την κρισιμότητα των μηνυμάτων και την ανάγκη για επιβεβαίωση παράδοσης.

- 1) QoS 0 : Προσφέρει ταχεία αποστολή χωρίς εγγύηση
- 2) QoS 1 : Παρέχει αξιόπιστη παράδοση τουλάχιστον μία φορά
- 3) QoS 2 : Παρέχει ακριβή παράδοση χωρίς διπλότυπα. [46]

3.6 Ασύρματη επικοινωνία

Οι ασύρματες τεχνολογίες αποτελούν έναν ευρύ χώρο στον τομέα των επικοινωνιών, προσφέροντας διάφορες λύσεις για διαφορετικές ανάγκες. Ας εξετάσουμε πιο αναλυτικά τις κυριότερες ασύρματες τεχνολογίες. Το Zigbee, για παράδειγμα, διακρίνεται για την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και την αξιόπιστη ασύρματη επικοινωνία σε μικρές αποστάσεις, και συνήθως εφαρμόζεται σε έξυπνα σπίτια, βιομηχανικές εφαρμογές και αισθητήρες. Αντίστοιχα, το Classic Bluetooth προσφέρει υψηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων και χρησιμοποιείται ευρέως σε συσκευές όπως ακουστικά, πληκτρολόγια και ποντίκια.

Η εκδοχή Bluetooth Low Energy (BLE) εξελίσσεται για να προσφέρει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και χρησιμοποιείται ευρέως σε συσκευές χαμηλής κατανάλωσης, όπως αισθητήρες. Το WiFi, από την άλλη, προσφέρει υψηλή ταχύτητα σε συνδυασμό με μεγάλη εμβέλεια και χρησιμοποιείται κυρίως για πρόσβαση στο διαδίκτυο, σε σπίτια και γραφεία.

Οι τεχνολογίες Cypress είναι γνωστές για την ευελιξία και την υψηλή απόδοση τους, ιδίως σε εφαρμογές Internet of Things (IoT). Τέλος, τα LoRa και Sigfox ξεχωρίζουν για τη μεγάλη εμβέλεια και τη δυνατότητα επικοινωνίας σε μεγάλες αποστάσεις. [47]

Parameters	ZigBee	Classic BT	BLE	WiFi	GPRS	LoRa	SigFox
Standard	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.1	IEEE 802.11a,b,g,n	N/A	IEEE 802.15.4g	IEEE 802.15.4g
Frequency band	868/915 MHz and 2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	900-1800 MHz	869/915 MHz	868/915 MHz
Modulation type	BPSK/OQPSK	GFSK, DPSK, and DQPSK	GMSK	BPSK/OQPSK	GMSK/8PSK	GFSK	DBPSK(UL), GFSK(DL)
Spreading	DSSS	FHSS	FHSS	MC-DSSS, CCK	TDMA, DSSS	CSS	N/A
Number of RF channels	1, 10, and 16	79	40	11	124	10 in EU, 8 in US	360
Channel bandwidth	2 MHz	1 MHz	1 MHz	22 MHz	200 kHz	<500 KHz	<100 Hz
Power consumption in Tx mode [5,40,56,59-61]	Low 36.9 mW	Medium 215 mW	Ultra-low 10 mW	High 835 mW	Medium 560 mW	Low 100 mW	Low 122 mW
Data rate	20, 40, and 250 kbps	1-3 Mbps	1 Mbps	11-54 and 150 Mbps	Up to 170 kbps	50 kbps	100 bps
Latency [62-65]	(20-30) ms	100 ms	6 ms	50 ms	<1 s	N/A	N/A
Communication range [48,66]	100 m	10-50 m	10 m	100 m	1-10 km	5 km	10 km
Network size	65,000	8	Limited by the application	32	1000	10,000 (nodes per BS)	1,000,000 (nodes per BS)
Cost [5]	Low	Low	Low	High	Medium	Low Cost	Low Cost
Security capability	128 bits AES	64 or 128 bits AES	64 or 128 bits AES	128 bits AES	GEA, MS-SGSN, MS-host	AES 128b	Encryption not supported
Network Topologies	P2P, tree, star, mesh	Scatternet	Star-bus	Point-to-hub	Cellular system	Star-of-stars	Star
Application	WPANs, WSNs, and Agriculture	WPANs	WPANs	WLANs	AMI, demand response, HAN	Agriculture, Smart grid, environment control, and lighting control	Agriculture and environment, automotive, buildings, and consumer electronics
Limitations	line-of-sight (LOS) between the sensor node and the coordinator node must be available	Short communication range	Short communication range	High power consumption and long access time [13,74 α]	Power consumption problem	Network size (scalability), data rate, and message capacity	Low data rates

Εικόνα 13 Πίνακας Σύγκρισης Δικτύων Ασύρματης Επικοινωνίας

3.7 Περιγραφή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας SPI

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας SPI είναι ένα σύγχρονο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ ενός κεντρικού ελεγκτή (master) και ενός ή περισσότερων δευτερευόντων ελεγκτών (slaves). Το SPI διακρίνεται από το γεγονός ότι δεν υπόκειται σε περιορισμούς, αντίθετα με τα πρωτόκολλα I2C και UART, όπου τα δεδομένα αποστέλλονται σε πακέτα που περιορίζονται σε συγκεκριμένο αριθμό bit. Το πρωτόκολλο SPI χαρακτηρίζεται ως απλό, γρήγορο, ευέλικτο και ευρέως διαδεδομένο σε πολλές εφαρμογές, όπως αισθητήρες, μνήμες, οθόνες, κάρτες SD και άλλες.

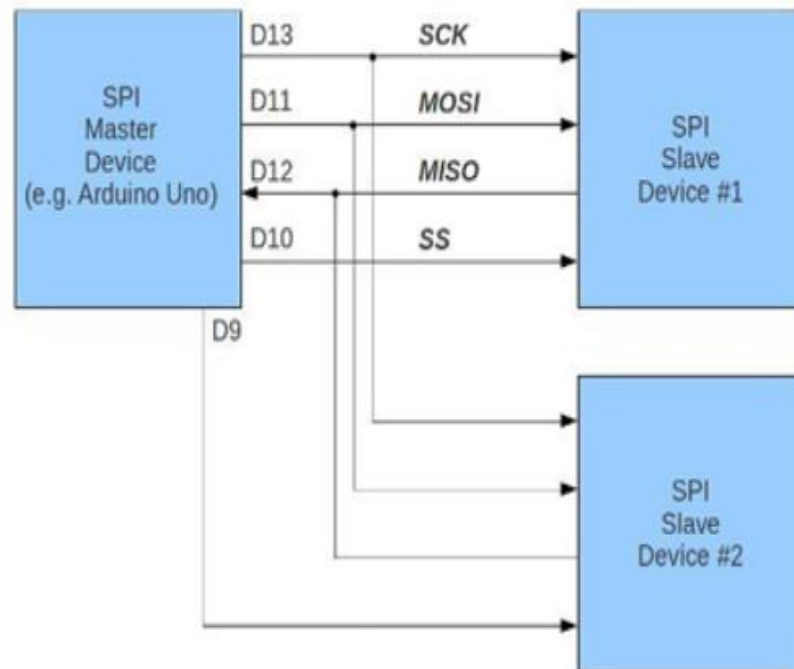
Επιπλέον, τα βασικά στοιχεία των γραμμών επικοινωνίας SPI περιλαμβάνουν:

- SCLK (Serial Clock): Η γραμμή που μεταφέρει το σήμα ρολογιού από τον master στους slaves.
- MOSI (Master Out Slave In): Η γραμμή που μεταφέρει τα δεδομένα από τον master στους slaves.
- MISO (Master In Slave Out): Η γραμμή που μεταφέρει τα δεδομένα από τους slaves στον master.

- SS (Slave Select): Η γραμμή που επιλέγει ποιος slave θα επικοινωνήσει με τον master. [48]

3.8 Πώς λειτουργεί το SPI

1. Ο κεντρικός ελεγκτής (master) επιλέγει τον (slave) με τη χρήση της γραμμής SS (Slave Select).
2. Ο κεντρικός master παράγει το σήμα ρολογιού μέσω της γραμμής SCLK (Serial Clock).
3. Ο κεντρικός master και ο slave ανταλλάσσουν δεδομένα με τις γραμμές MOSI (Master Out Slave In) και MISO (Master In Slave Out).
4. Κάθε φορά που το σήμα ρολογιού αλλάζει κατάσταση, ένα bit δεδομένων μεταδίδεται από τον κεντρικό master προς τον slave, ενώ ένα άλλο bit δεδομένων μεταδίδεται από τον slave προς τον κεντρικό ελεγκτή.
5. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να μεταφερθούν όλα τα δεδομένα που απαιτούνται. [49]



Εικόνα 14 Η διαδικασία επικοινωνίας ανάμεσα σε ένα Arduino και τις περιφερειακές συσκευές μέσω του πρωτοκόλλου SPI

3.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του SPI :

Πλεονεκτήματα :

1. **Απλό, Γρήγορο και Ευέλικτο:** Το SPI είναι ένα απλό, γρήγορο και ευέλικτο πρωτόκολλο που δεν απαιτεί υψηλούς πόρους ή πολύπλοκο υλικό.
2. **Ταυτόχρονη Μετάδοση και Λήψη Δεδομένων:** Επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση και λήψη δεδομένων μεταξύ του master και του slave.
3. **Επικοινωνία με Πολλούς Slaves:** Επιτρέπει την επικοινωνία με πολλούς slaves, χρησιμοποιώντας μια γραμμή επιλογής για κάθε έναν.
4. **Ρύθμιση Ταχύτητας και Χρονισμού:** Παρέχει τη δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας και του χρονισμού μετάδοσης των δεδομένων από τον master.

Μειονεκτήματα :

1. **Περισσότερες Γραμμές Επικοινωνίας:** Χρειάζεται περισσότερες γραμμές επικοινωνίας σε σχέση με άλλα πρωτόκολλα, όπως το I2C ή το UART.
2. **Μη Υποστήριξη Επικοινωνίας με Πολλούς Masters:** Δεν υποστηρίζει την επικοινωνία μεταξύ πολλών masters ή την ανταλλαγή ρόλων μεταξύ του master και του slave.
3. **Έλλειψη Μηχανισμού Επιβεβαίωσης/Διόρθωσης Δεδομένων:** Δεν διαθέτει μηχανισμό επιβεβαίωσης ή διόρθωσης των δεδομένων, οπότε μπορεί να προκύψουν σφάλματα ή απώλειες.
4. **Ανυπαρξία Καθορισμένου Προτύπου:** Δεν έχει καθορισμένο πρότυπο, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε ασυμβατότητες μεταξύ διαφορετικών συσκευών ή κατασκευαστών. [50]

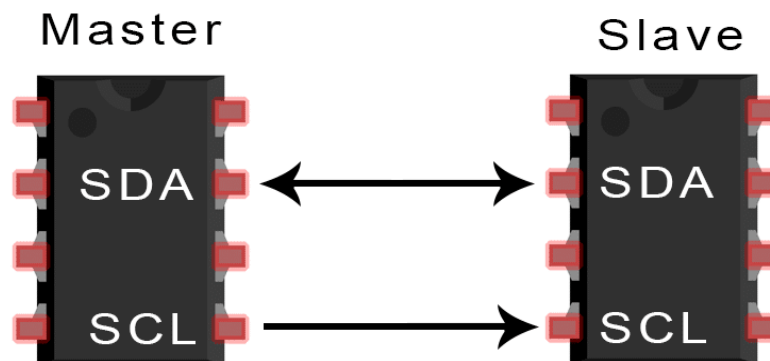
3.10 Περιγραφή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας I2C

Το I2C αναπαριστά μια ένωση των βέλτιστων χαρακτηριστικών των πρωτοκόλλων SPI και UART. Αυτή η σύνδεση επιτρέπει την ανάπτυξη συστημάτων όπου πολλοί μικροελεγκτές μπορούν να καταγράφουν δεδομένα σε μια κοινή κάρτα μνήμης ή να εμφανίζουν κείμενο σε μια κοινή οθόνη LCD. Το πρωτόκολλο I2C είναι ένα σειριακό πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιεί δύο γραμμές σήματος : μία για το ρολόι (SCL) και μία για τα δεδομένα (SDA).

3.11 Τα βασικά χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου I2C

1. **Επικοινωνία Με Πολλές Συσκευές:** Επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ πολλών συσκευών που συνδέονται σε ένα κοινό δίαυλο, όπως μικροελεγκτές, αισθητήρες, EEPROM, RTC και άλλα.
2. **Είδη Μηνυμάτων (START και STOP):** Χρησιμοποιεί δύο είδη μηνυμάτων, το START και το STOP, για να ξεκινήσει και να τερματίσει μια επικοινωνία.
3. **Σύστημα Διευθύνσεων:** Χρησιμοποιεί ένα σύστημα διευθύνσεων, όπου κάθε συσκευή έχει ένα μοναδικό αριθμό που την αναγνωρίζει.

Το I2C είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο πρωτόκολλο για εφαρμογές όπου απαιτείται σύνδεση και επικοινωνία με πολλές συσκευές με διαφορετικά χαρακτηριστικά. [51]



Εικόνα 15 Παρουσίαση της εικονογραφικής αναπαράστασης του πρωτοκόλλου επικοινωνίας I2C

3.12 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του I2C

Πλεονεκτήματα :

1. **Απλό και Ευέλικτο:** Η χρήση μόνο δύο καλωδίων καθιστά το πρωτόκολλο απλό και ευέλικτο, χωρίς την ανάγκη για επιπλέον καλώδια ή συνδέσεις.
2. **Πολλαπλές Συσκευές και Ταχύτητες:** Επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ πολλών συσκευών με διαφορετικές ταχύτητες και λειτουργίες χωρίς συγκρούσεις ή απώλεια δεδομένων.

3. **Οικονομικό και Αξιόπιστο:** Μειώνει το κόστος και τον χώρο των κυκλωμάτων, προσφέροντας αξιόπιστη λειτουργία και αποφεύγοντας παρεμβολές και σφάλματα.

Μειονεκτήματα :

1. **Περιορισμένο Εύρος Ζώνης και Απόσταση:** Δεν υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες ή μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των συσκευών.
2. **Εξάρτηση από την Ποιότητα των Γραμμών Σήματος:** Η ποιότητα και η αντίσταση των γραμμών σήματος επηρεάζουν την απόδοση, με χαμηλές τιμές που μπορούν να προκαλέσουν απώλεια ή παραμόρφωση του σήματος.
3. **Επιπλέον Λογισμικό και Υλικό:** Χρειάζεται επιπλέον λογισμικό και υλικό για την εφαρμογή και τον έλεγχο του πρωτοκόλλου, συμπεριλαμβανομένων των διευθύνσεων, των μηχανισμών εκκίνησης και διακοπής, των μηχανισμών αναγνώρισης και επιβεβαίωσης και των μηχανισμών ανάκτησης σφαλμάτων.

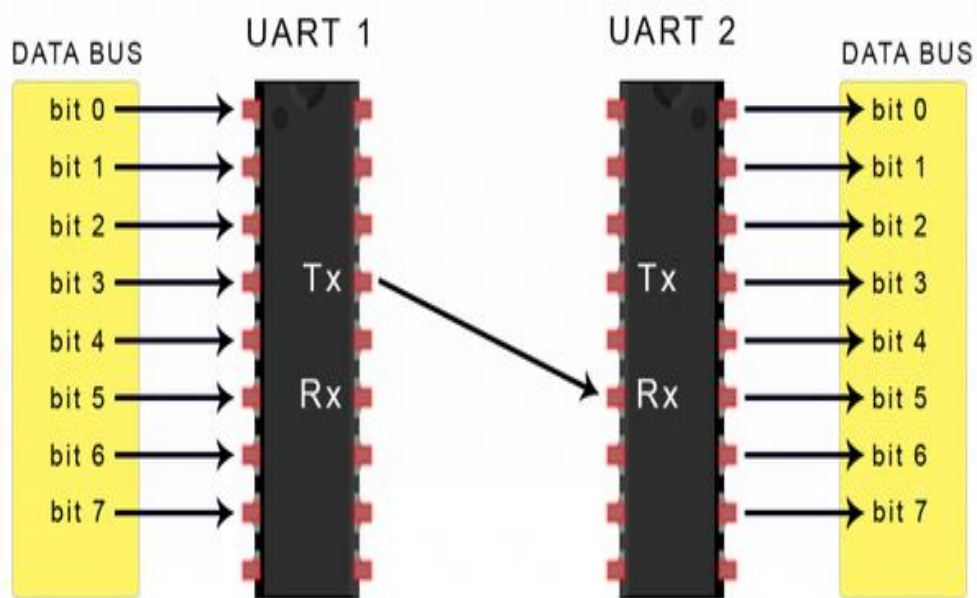
3.13 Βασικά στοιχεία της επικοινωνίας UART

Η UART αποτελεί ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που ενισχύει τη μη ασύγχρονη επικοινωνία δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών. Τα βασικά στοιχεία της επικοινωνίας UART περιλαμβάνουν:

1. **Ο Πομπός (Transmitter):** Αποστέλλει τα δεδομένα σε σειριακή μορφή, προσδίδοντας ένα bit κάθε φορά, με συγκεκριμένο ρυθμό (baud rate).
2. **Ο Δέκτης (Receiver):** Λαμβάνει τα δεδομένα σε σειριακή μορφή και τα μετατρέπει σε παράλληλη, δηλαδή πολλά bit ταυτόχρονα, προκειμένου να τα επεξεργαστεί η συσκευή.
3. **Πρωτόκολλο Επικοινωνίας:** Καθορίζει τη μορφή και την ακολουθία των bit που σχηματίζουν το μήνυμα. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει :
 - Το "start bit," που σηματοδοτεί την έναρξη του μηνύματος.
 - Τα "data bit," που μεταφέρουν την πληροφορία του μηνύματος.
 - Το "parity bit," χρησιμοποιούμενο για έλεγχο σφαλμάτων.
 - Τα "stop bit," που σηματοδοτούν το τέλος του μηνύματος. [52]

3.14 Πώς λειτουργεί η UART

Η UART αναπαριστά ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που επιτρέπει τη μη ασύγχρονη επικοινωνία δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών. Για να επιτύχει λειτουργία, απαιτείται ομοιότητα στη ρύθμιση του baud rate (ταχύτητα μετάδοσης), τη μορφή των δεδομένων (data bits, parity bit, stop bits) και το πρωτόκολλο επικοινωνίας (simplex, half duplex, full duplex) μεταξύ των δύο συσκευών. Η UART μεταβιβάζει και λαμβάνει δεδομένα σε σειριακή μορφή, δηλαδή ένα bit κάθε φορά, προσθέτοντας start και stop bits. Σημαντικό είναι ότι η UART δεν αλληλοεπιδρά απευθείας με τα εξωτερικά σήματα που χρησιμοποιούνται μεταξύ των συσκευών, αλλά απαιτεί ειδικά κυκλώματα διασύνδεσης (drivers) που μετατρέπουν τα σήματα σε κατάλληλα επίπεδα τάσης ή ρεύματος. [52]



Εικόνα 16 Επικοινωνία UART Μεταξύ Δύο Συσκευών

3.15 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του UART

Πλεονεκτήματα :

1. **Απλή και Φθηνή Μέθοδος Επικοινωνίας:** Η UART αποτελεί μια απλή και οικονομική μέθοδο επικοινωνίας, χωρίς την ανάγκη για πολλά καλώδια ή εξαρτήματα.

2. **Ευελιξία και Συμβατότητα:** Είναι ευέλικτη και συμβατή με πολλές συσκευές και πρωτόκολλα, όπως USB, Bluetooth κ.ά.
3. **Προσαρμογή Ταχύτητας και Ελέγχου Σφαλμάτων:** Επιτρέπει την προσαρμογή της ταχύτητας μετάδοσης, της μορφής δεδομένων και του ελέγχου σφαλμάτων, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής.

Μειονεκτήματα :

1. **Αργή Ταχύτητα Μετάδοσης:** Είναι αργή σε σύγκριση με άλλες μεθόδους επικοινωνίας, όπως οι SPI και I2C, καθώς μεταδίδει ένα bit κάθε φορά.
2. **Επιρρεπής σε Σφάλματα:** Είναι επιρρεπής σε σφάλματα λόγω θορύβου, παρεμβολών ή μη συγχρονισμού, ιδίως σε μεγάλες αποστάσεις ή υψηλές ταχύτητες.
3. **Απαιτεί Συμφωνία Συσκευών:** Απαιτείται η συμφωνία των δύο συσκευών σχετικά με την ταχύτητα μετάδοσης, τη μορφή δεδομένων και το πρωτόκολλο επικοινωνίας, διαφορετικά η επικοινωνία είναι αδύνατη ή ενδέχεται να είναι εσφαλμένη. [53]

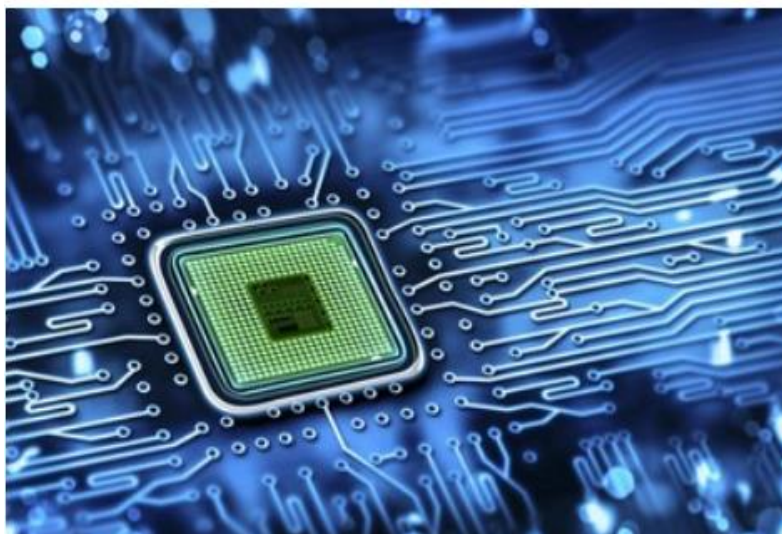
Κεφάλαιο 4^ο Ανάλυση των Εξαρτημάτων και Αισθητήρων στην Υλοποίηση του Έργου

Στο πλαίσιο του εν λόγω κεφαλαίου, αναλύουμε εκτενώς τις τεχνικές προδιαγραφές των εξαρτημάτων μικροελεγκτών και αισθητήρων, όπως οι αισθητήρες θερμοκρασίας, φωτεινότητας και άλλων, όπου επιλέχθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος.

Επίσης παρουσιάζεται και η ηλεκτρολογική σύνδεση των αισθητήρων, επιδιώκοντας την λεπτομερή και κατανοητή εικόνα των επιλογών και των συνδέσεων που πραγματοποιούνται για την ορθή λειτουργία του συστήματος.

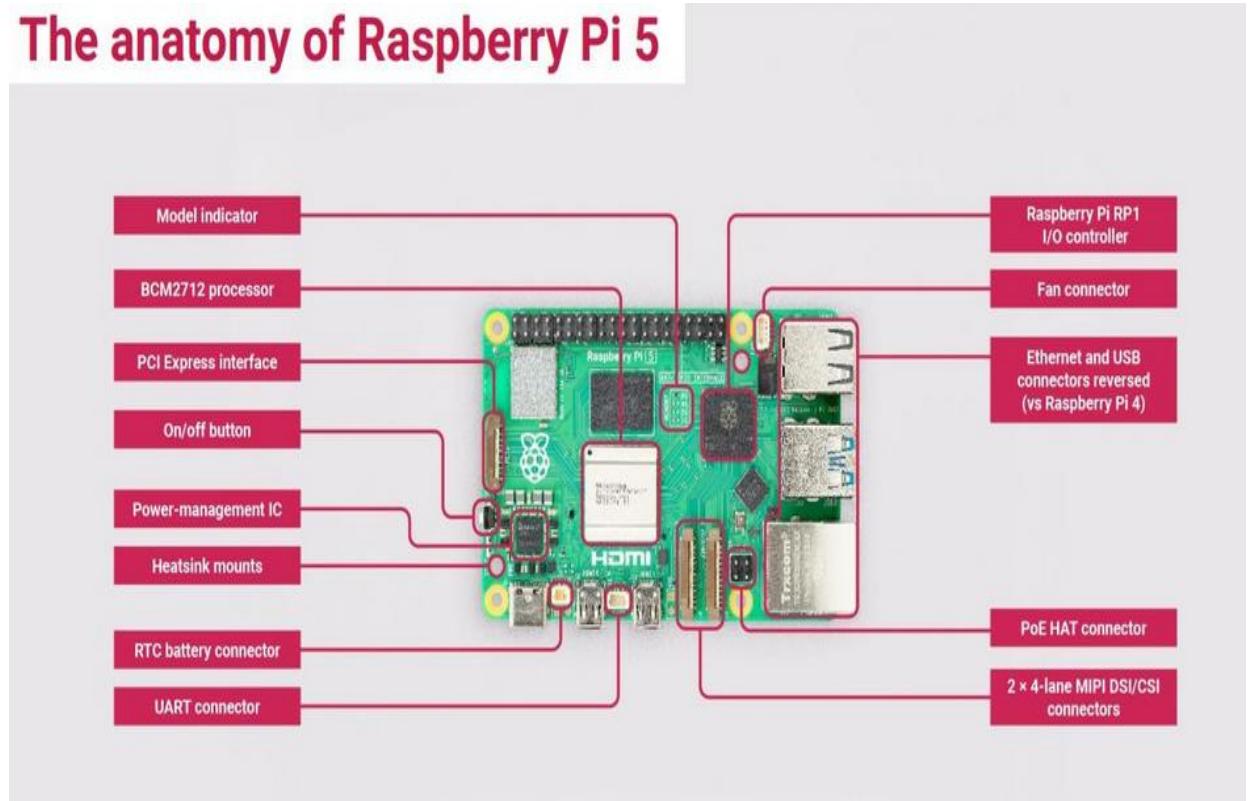
4.1 Μικροελεγκτής

Ένας μικροελεγκτής είναι ένα προγραμματιζόμενο ολοκληρωμένο κύκλωμα που περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή, μνήμη, διάφορα περιφερειακά κυκλώματα, καθώς επίσης και θύρες εισόδου/εξόδου για την επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς. [54],[55]



Εικόνα 17 Μικροελεγκτές

4.2 Περιγραφή Raspberry Pi 5



Εικόνα 18 Ανατομία του Raspberry Pi 5

Το Raspberry Pi 5 προσφέρει μια νέα γενιά επεξεργαστή με σχεδιασμό τετραπύρηνου, 64-bit Arm Cortex A76, λειτουργώντας στα 2,4 GHz. Καθώς το νέο μοντέλο "5" διαθέτει διπλάσια επεξεργαστική ισχύ σε σχέση με τον επεξεργαστή των 1,5 GHz που είχε το Raspberry Pi 4 το 2019. Επιπλέον, ο νέος επεξεργαστής προσφέρει αυξημένη ταχύτητα, καταναλώνοντας λιγότερη ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να λειτουργεί πιο αποδοτικά από άποψη κόστους ανά watt και να διατηρεί χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η CPU υποστηρίζει μια GPU VIDEOCORE VII για βελτιωμένη απόδοση γραφικών, καθώς και δύο πομποδέκτες MIPI τεσσάρων λωρίδων 1,5 Gbps. Αυτό επιτρέπει, στο Pi 5 να υποστηρίξει δύο εξόδους οθόνης 4K60 (με υποστήριξη HDR) και έως και δύο κάμερες. Η μνήμη της νέας έκδοσης προσφέρει έως 8GB LPDDR4X-4267 SDRAM. Επιπλέον, διαθέτει ενσωματωμένο κουμπί τροφοδοσίας και το εσωτερικό Southbridge RP1. Αυτό τροφοδοτεί τη θύρα PCIe μίας λωρίδας, επιτρέποντας τη σύνδεση συσκευών PCIe και NVMe. [56]

EXTRA SPECS

- Broadcom BCM2712 2.4GHz quad-core 64-bit Arm Cortex-A76 CPU, with cryptography extensions, 512KB per-core L2 caches and 2MB shared L3 cache
- VideoCore VII GPU, supporting OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.2
- Dual 4Kp60 HDMI® display output with HDR support
- 4Kp60 HEVC decoder
- LPDDR4X-4267 SDRAM (4GB and 8GB SKUs available at launch)
- Dual-band 802.11ac Wi-Fi®
- Bluetooth 5.0 / Bluetooth Low Energy (BLE)
- microSD card slot, with support for high-speed SDR104 mode
- 2 × USB 3.0 ports, supporting simultaneous 5Gbps operation
- 2 × USB 2.0 ports
- Gigabit Ethernet, with PoE+ support (requires separate PoE+ HAT)
- 2 × 4-lane MIPI camera/display transceivers
- PCIe 2.0 x1 interface for fast peripherals (requires separate M.2 HAT or other adapter)
- 5V/5A DC power via USB-C, with Power Delivery support
- Raspberry Pi standard 40-pin header
- Real-time clock (RTC), powered from external battery
- Power button

Processor

- 2.4GHz quad-core 64-bit Arm Cortex-A76 CPU, with cryptography extensions
- 512KB per-core L2 caches
- 2MB shared L3 cache

Εικόνα 19 Επιπλέον χαρακτηριστικά και πληροφορίες για το Raspberry Pi 5

4.3 Ηλεκτρολυτικός Πυκνωτής



Εικόνα 20 Πυκνωτές

Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές αποτελούν ένα αναπόσπαστο στοιχείο των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, παρέχοντας τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας και λειτουργώντας ως μέσα φιλτραρίσματος και σταθεροποίησης τάσεων, χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρολύτη ως ένα από τα βασικά τους συστατικά.

Καθώς ο ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιείται σε αυτούς τους πυκνωτές είναι συνήθως ένα αγώγιμο υγρό ή γέλη, αυτός ο ηλεκτρολύτης επιτρέπει τη ροή του ηλεκτρικού φορτίου μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων του πυκνωτή, επιτρέποντας την αποθήκευση και αποδέσμευση ενέργειας κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Σε αντίθεση με άλλους τύπους πυκνωτών οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα καθιστώντας τα κατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν μεγάλες ποσότητες αποθήκευσης φόρτισης, όπως τροφοδοσία κυκλωμάτων, φίλτρα και σταθεροποιητές τάσης. [57]

Χαρακτηρίστηκα ηλεκτρολυτικών πυκνωτών που χρησιμοποιήθηκαν :

- Τύπος : Ηλεκτρολυτικός
- Τάση : 50 V
- Ηλεκτρική Χωρητικότητα : 10 μF

4.4 Καλώδια



Εικόνα 21 Καλώδια

Τα καλώδια δοκιμών, επίσης γνωστά ως "jumper cables", προσφέρουν υψηλή ποιότητα και αποτελούν ιδανική επιλογή για τη δημιουργία γεφυρώσεων μεταξύ του Esp32 και των υπολοίπων υποσυστημάτων. Τα καλώδια διαθέτουν θηλυκά pins στις δύο άκρες τους και εφαρμόζουν σε όλα τα pins, παρέχοντας έτσι ευελιξία στη σύνδεση, καθώς μπορούμε να βάλουμε πινάκια πάνω στα καλώδια και να μετατραπούν σε αρσενικά. [58]

4.5 Αντιστάσεις



Εικόνα 22 Αντίσταση

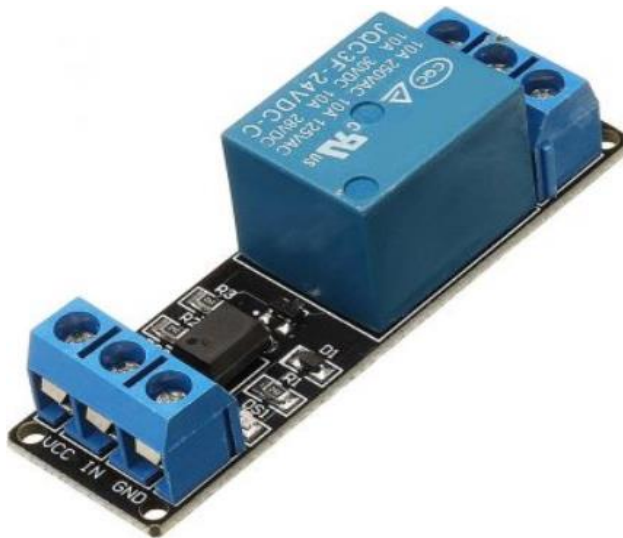
Ο αντιστάτης αποτελεί ένα ηλεκτρολογικό/ηλεκτρονικό εξάρτημα που χρησιμοποιείται σε διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα για τον έλεγχο και τη ρύθμιση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος. Ο αντιστάτης εμποδίζει ή περιορίζει το ρεύμα που διακινείται μέσω του κυκλώματος, μειώνοντας την τάση ή δημιουργώντας αντίσταση στην ροή του ρεύματος.

Χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς, όπως η προσαρμογή της τάσης, ο έλεγχος του ηλεκτρικού ρεύματος, η προστασία των συσκευών από υπερβολικό ρεύμα, και η δημιουργία υψηλών τιμών αντίστασης στα κυκλώματα. Η τιμή της αντίστασης μετριέται σε ohms (Ω), και οι αντιστάτες κατασκευάζονται σε διάφορες τιμές αντίστασης ανάλογα με την εφαρμογή τους. Στην εργασία έχει χρησιμοποιηθεί Αντίσταση Carbon 4.7Kohm. [59],[60]

4.6 Μονάδα ρελέ 1 καναλιού με ελαφριά ζεύξη, σχεδιασμένη για λειτουργία στα 24V

Χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματα της μονάδας :

- 1) Ασφάλεια: Προσφέρει απομόνωση μεταξύ των περιοχών ελέγχου και φορτίου, το οποίο είναι σημαντικό για την προστασία τυχόν ευαίσθητων κυκλωμάτων.
- 2) Αξιοπιστία : Η ενεργοποίηση της μονάδας ρελέ είναι αξιόπιστη και σταθερή.
- 3) Μονάδα απομόνωσης οπτικής ζεύξης : Η μονάδα χρησιμοποιεί οπτική ζεύξη για τη μεταφορά σήματος μεταξύ των εισόδων και των εξόδων.
- 4) Εύκολη εγκατάσταση : Οι ακροδέκτες των (C, NC, NO) είναι προσβάσιμοι μέσω βιδωτών ακροδεκτών, πράγμα που διευκολύνει την καλωδίωση.
- 5) Απομονωμένες εισοδοί : Οι εισοδοί της μονάδας ρελέ ενός καναλιού 24V είναι απομονωμένες, προστατεύοντας έτσι τυχόν ευαίσθητα κυκλώματα ελέγχου από πιθανές προβληματικές καταστάσεις.
- 6) Συμβατότητα με διάφορους μικροελεγκτές : Η μονάδα μπορεί να ελεγχθεί από μια ευρεία γκάμα μικροελεγκτών.
- 7) Κατανάλωση ρεύματος χαμηλή : Η χρήση ρελέ υψηλής τάσης εξαλείφει τον κίνδυνο θέρμανσης του ρελέ, καθώς περιορίζει την κατανάλωση ρεύματος σύμφωνα με την ονομαστική τάση, προσφέροντας οικονομία ενέργειας και αποφεύγοντας τυχόν προβλήματα θέρμανσης.



Εικόνα 23 Μονάδα ρελέ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ :

- Μικτό Βάρος : 0.001kg
- Τάση Πηνίου : 24VDC
- Μέγιστο Φορτίο : 10A
- Τύπος / Διαμόρφωση Επαφών : SPDT [61]

4.7 Οθόνη LCD 16x2

Ο όρος LCD σημαίνει οθόνη υγρών κρυστάλλων. Είναι ένα είδος ηλεκτρονικής μονάδας απεικόνισης που χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές, όπως διάφορα ηλεκτρονικά κυκλώματα και συσκευές, π.χ. κινητά τηλέφωνα, αριθμομηχανές, υπολογιστές, τηλεοράσεις και άλλες. Μια οθόνη LCD 16x2 σημαίνει ότι μπορεί να εμφανίσει 16 χαρακτήρες ανά γραμμή και διαθέτει 2 γραμμές. Κάθε χαρακτήρας σε αυτή την οθόνη απεικονίζεται χρησιμοποιώντας έναν πίνακα pixel με διαστάσεις 5x7, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε χαρακτήρας απαιτεί 5 pixels σε πλάτος και 7 pixels σε ύψος για να απεικονιστεί σωστά. Η έξυπνη αλφαριθμητική οθόνη 16x2 dot matrix μπορεί να εμφανίσει συνολικά 224 διαφορετικούς χαρακτήρες και σύμβολα, καθώς η οθόνη διαθέτει τη δυνατότητα προσαρμογής των χαρακτήρων και των συμβόλων που εμφανίζονται σε αυτήν. Αυτή η οθόνη LCD διαθέτει δύο καταχωρητές, δηλαδή εντολή και δεδομένα.

Ο καταχωρητής εντολών αποθηκεύει τα δεδομένα που πρόκειται να εμφανιστούν. Στην συνέχεια ακολουθεί ο έλεγχος της οθόνης όπου τα δεδομένα τοποθετούνται και σχηματίζουν την εικόνα αυτού που θέλετε να εμφανίσετε στους καταχωρητές δεδομένων και στη συνέχεια οι εντολές τοποθετούνται στον καταχωρητή εντολών.

Διάταξη ακροδεκτών σε μια οθόνη LCD-16x2 :

- Pin1 - Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του ακροδέκτη GND στην γείωση
- Pin2- Αυτός είναι ο ακροδέκτης τροφοδοσίας της οθόνης VCC/πηγή τάσης
- Pin3 - Ακροδέκτης 3 (V0/VEE/Control Pin) : Ρυθμίζει την αντίθεση της οθόνης και συνδέεται συνήθως με ένα μεταβλητό ποτενσιόμετρο που μπορεί να παρέχει τάση από 0 έως 5V.
- Pin4 – Ο Ακροδέκτης επιλέγει αν η οθόνη λαμβάνει εντολές ή δεδομένα. Συνδέεται σε έναν ακροδέκτη της μονάδας ελέγχου του μικροελεγκτή και λαμβάνει τιμές 0 ή 1 (0 = λειτουργία δεδομένων, 1 = λειτουργία εντολών).
- Pin5 – Ο Ακροδέκτης επιλέγει αν η οθόνη βρίσκεται σε λειτουργία ανάγνωσης ή εγγραφής και συνδέεται σε έναν ακροδέκτη της μονάδας ελέγχου του μικροελεγκτή για να λάβει τιμές 0 ή 1 (0 = λειτουργία εγγραφής, 1 = λειτουργία ανάγνωσης).
- Pin6 - Πρέπει να διατηρείται σε υψηλή τάση για την εκτέλεση της διαδικασίας ανάγνωσης/εγγραφής και συνδέεται με τη μονάδα ελέγχου του μικροελεγκτή και διατηρείται συνεχώς υψηλός.
- Pin7 – Χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων στην οθόνη. Συνδέονται με τη μονάδα ελέγχου του μικροελεγκτή και χρησιμοποιούνται συνήθως σε λειτουργίες δύο καλωδίων, όπως λειτουργία 4 καλωδίων και λειτουργία 8 καλωδίων.



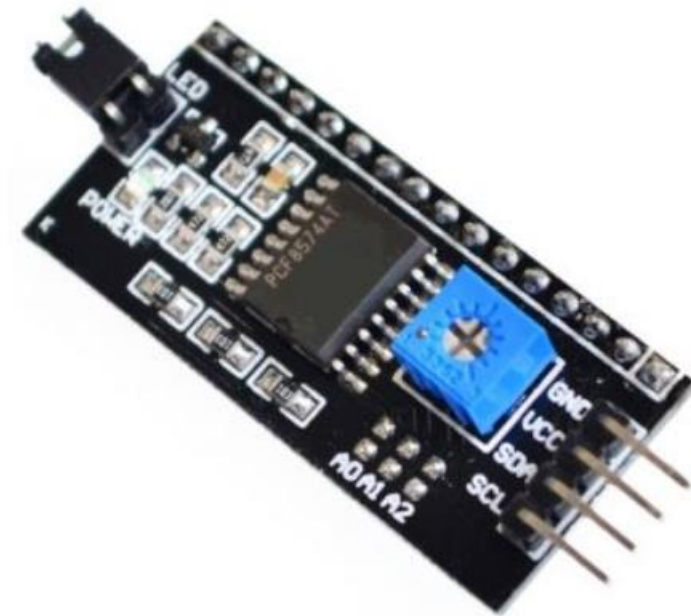
Εικόνα 24 Διάγραμμα οθόνης LCD-16x2

Χαρακτηριστικά του LCD16x2 :

- Η τάση λειτουργίας αυτής της LCD είναι 4,7V-5,3V.
 - Η χρήση ρεύματος είναι 1mA .
 - Περιλαμβάνει δύο σειρές όπου κάθε σειρά μπορεί να παράγει 16 χαρακτήρες.
- [62],[63]

4.8 Μονάδα διασύνδεσης I2C στην οθόνη LCD

Αυτή η μονάδα διασύνδεσης I2C για οθόνη LCD χρησιμοποιείται για τη σύνδεση και τον έλεγχο οθονών LCD μέσω του πρωτοκόλλου I2C, επιτρέποντας τον έλεγχο πολλών οθονών LCD με ελάχιστα καλώδια. Η μονάδα διασύνδεσης παρέχει ρύθμιση αντίθεσης για τη συνδεδεμένη οθόνη LCD μέσω ενός μπλε ποτενσιόμετρου. Ένα τσιπ στο κέντρο μετατρέπει τις εντολές και τα δεδομένα από το πρωτόκολλο I2C σε σήματα που καταλαβαίνει η οθόνη LCD. Επιπλέον, διαθέτει σημεία συγκόλλησης και ετικέτες χρησιμοποιούνται για την ευκολία σύνδεσης, περιλαμβάνοντας σημεία όπως GND, VCC, SDA και SCL για τροφοδοσία και μετάδοση δεδομένων, καθώς και 4-ακροδέκτες σύνδεσης στην αριστερή πλευρά, επιτρέπουν την διασύνδεση με άλλες συσκευές ή πλακέτες. [64]



Εικόνα 25 Μονάδα διασύνδεσης

4.9 Περιγραφή του ESP32

Το ESP32 έχει κερδίσει τη δημοφιλία του λόγω μιας σειράς εξαιρετικών χαρακτηριστικών που το καθιστούν ελκυστικό για πολλές εφαρμογές.

Η αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU που βασίζεται στο ESP32 παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά : διαθέτει συνδεσιμότητα WiFi και Bluetooth, ενσωματωμένο CH340 για την αντιμετώπιση των θεμάτων σειριακής σύνδεσης, καθώς και ενσωματωμένα πλήκτρα. Επιπλέον, όλες οι ακίδες I/O της μονάδας ESP-WROOM-32 είναι προσβάσιμες μέσω των κεφαλίδων επέκτασης, προσφέροντας ευκολία στη σύνδεση και ανάπτυξη προγραμμάτων.

Το ESP32 υποστηρίζει πολλαπλούς τρόπους προγραμματισμού, παρέχοντας ευελιξία στους χρήστες. Ανάλογα με τις προτιμήσεις και τις απαιτήσεις σας, μπορείτε να επιλέξετε από διάφορα περιβάλλοντα προγραμματισμού. Ορισμένοι από αυτούς περιλαμβάνουν :

1. Arduino IDE
2. PlatformIO IDE (VS Code)
3. LUA
4. MicroPython

5. Espressif IDF (Πλαίσιο ανάπτυξης IoT)

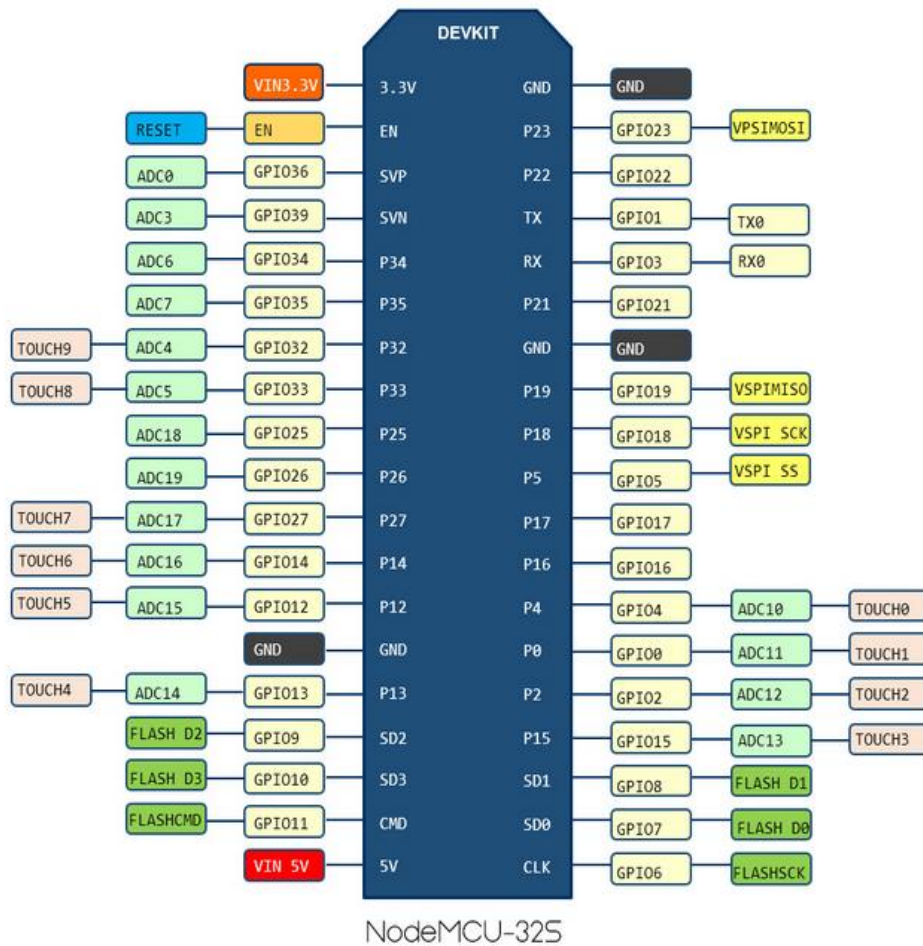
6. JavaScript

Προδιαγραφές :

- Μονάδα WIFI: ESP-WROOM-32
- Επεξεργαστής: ESP32-D0WDQ6
- Ενσωματωμένο φλας: 32Mbit
- Κεραία: Ενσωματωμένη κεραία PCB
- Διασύνδεση περιφερειακών: UART/GPIO/ADC/DAC /SDIO/PWM/I2C/I2S
- Πρωτόκολλο WiFi: 802.11 b/g/n
- Bluetooth: Bluetooth 4.2
- Εύρος συχνοτήτων: 2.4G ~ 2.5G (2400M ~ 2483.5M)
- Λειτουργία WIFI: Σταθμός / SoftAP / SoftAP+σταθμός
- Τροφοδοσία ρεύματος: 5V
- Λογικό επίπεδο: 3.3V
- Διαστάσεις: 48.26x25.4mm

Χαρακτηριστικά :

- Ενσωματωμένη μονάδα ESP-WROOM-32
- Ενσωματωμένο CH340, μετατροπέας USB σε UART
- 2x19pin headers επέκτασης, breakout όλων των ακροδεκτών I/O της μονάδας
- 2x πλήκτρα, που χρησιμοποιούνται ως reset ή ως καθορισμένα από τον χρήστη
- Θύρα USB για :
 1. Είσοδος ισχύος
 2. Προγραμματισμό υλικολογισμικού
 3. Αποσφαλμάτωση UART. [65],[66]



Εικόνα 26 Το NodeMCU-32S και οι δυνατότητες σύνδεσής του

4.10 Peristaltic Liquid Pump 12V DC - Tube 3x5mm Flow 80ml/min

Η αντλία ποτίσματος χρησιμοποιεί κινητήρα συνεχούς ρεύματος και όχι βηματικό κινητήρα. Η παροχή ρεύματος με θετικό και αρνητικό πόλο επιτρέπει την περιστροφή δεξιόστροφα (CW) και αριστερόστροφα (CCW) της κεφαλής της αντλίας.



Εικόνα 27 Περισταλτική αντλία υγρών

Τρόποι χρήσης :

1. Χημική μηχανική : Ανάλυση δειγμάτων και διανομή υγρών.
2. Εργαστηριακή χρήση : Διανομή υγρών και εξαγωγή υγρών.
3. Αγροτική χρήση : Πότισμα καλλιιεργειών και άρδευση κήπων.
4. Περιβαλλοντική χρήση : Μεταφορά και δειγματοληψία λυμάτων.
5. Εργοστασιακή χρήση : Διανομή υγρών.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

- Τάση: 12V
- Ρεύμα: 1A
- Ισχύς: 5W
- Επίπεδο θορύβου: 40 dB
- Εύρος ροής: 90ml/min [67]

4.11 Αδιάβροχος αισθητήρας θερμοκρασίας (DS18B20)

Το ψηφιακό θερμόμετρο DS18B20 προσφέρει μετρήσεις θερμοκρασίας σε μονάδες Κελσίου με ανάλυση που κυμαίνεται από 9-bit έως 12-bit. Επιπλέον, διαθέτει

λειτουργία συναγερμού, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί από τον χρήστη με ανώτερα και κατώτερα όρια ενεργοποίησης.

Η επικοινωνία με το DS18B20 γίνεται μέσω ενός διαύλου 1-Wire, ο οποίος απαιτεί μόνο μία γραμμή δεδομένων και γείωση για την επικοινωνία με έναν κεντρικό μικροεπεξεργαστή. Επιπλέον, το DS18B20 μπορεί να τροφοδοτηθεί από τη γραμμή δεδομένων με την τεχνική της "παρασιτικής ισχύς", εξαλείφοντας την ανάγκη για εξωτερική τροφοδοσία. Κάθε DS18B20 διαθέτει ένα μοναδικό σειριακό κωδικό 64-bit, ο οποίος επιτρέπει την χρήση πολλαπλών DS18B20 στον ίδιο 1-Wire δίαυλο. Έτσι επιτυγχάνεται πιο εύκολα ο έλεγχος πολλών κατανεμημένων DS18B20 σε μια εκτεταμένη περιοχή.

Κυρίως μπορούν να επωφεληθούν από αυτό το χαρακτηριστικό εφαρμογές που περιλαμβάνουν ελέγχους περιβάλλοντος και άλλες παρόμοιες εφαρμογές.



Εικόνα 28 Αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα :

- Ο αισθητήρας μπορεί να μετρά θερμοκρασίες από -55°C έως $+125^{\circ}\text{C}$, με ακρίβεια $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ στο εύρος από -10°C έως $+85^{\circ}\text{C}$.
- Παρέχει προγραμματιζόμενη ανάλυση από 9 bit έως 12 bit.

- Μειώνετε τον αριθμό των στοιχείων με τον ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας και την μνήμη EEPROM.
- Το μοναδικό σύστημα διεπαφής 1-Wire απαιτεί μόνο μια θύρα σύνδεσης.
- Δεν απαιτούνται εξωτερικά εξαρτήματα για τη λειτουργία του.
- Απλοποιεί τη διανομή θερμοκρασίας σε κατανεμημένες εφαρμογές Multidrop.
- Προσφέρει ευέλικτες ρυθμίσεις συναγερμού που καθορίζονται από τον χρήστη, με δυνατότητα ανίχνευσης συσκευών με θερμοκρασίες εκτός προγραμματισμένων ορίων.
- Διατίθεται σε πακέτα 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μSOP και 3-Pin TO-92 [68]

4.12 Αισθητήρας UV Si1145/46/47

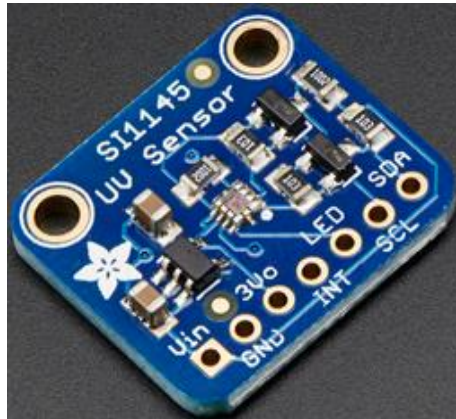
Ο Αισθητήρας Si1145/46/47 μετρά την υπέρυθη ακτινοβολία (UV) και την κοντινή υπέρυθη εγγύτητα, είναι ένας αισθητήρας περιβάλλοντος που λειτουργεί με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας καθώς βασίζεται στην ανάκλαση των υπέρυθρων. Διαθέτει ψηφιακή διασύνδεση I2C και προγραμματιζόμενη έξοδο διακοπής για επιλεγμένα συμβάντα.

Ο Si1145/46/47 παρουσιάζει εξαιρετική απόδοση σε διάφορες συνθήκες φωτισμού, συμπεριλαμβανομένου του άμεσου ηλιακού φωτός και μπορεί να λειτουργήσει ακόμη και υπό γυαλί. Ο αισθητήρας και το ψηφιακό κύκλωμα μετατροπής παρέχουν εξαιρετική αντοχή στο θόρυβο που προέρχεται από τρεμοπαίγματα του τεχνητού φωτός και από ανεπιθύμητες παρεμβολές φυσικού φωτός

Επιπλέον, με δύο ή περισσότερες λυχνίες LED, μπορεί να ανιχνεύσει κίνηση σε πολλούς άξονες εγγύτητας.

Το ενσωματωμένο κύκλωμα αισθητήρα δεν χρειάζεται επαφή και περιλαμβάνει μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, φωτοδιόδους υψηλής ευαισθησίας για ορατό και υπέρυθρο φως, καθώς και ενσωματωμένους οδηγούς υπέρυθρων LED με επιλέξιμα επίπεδα οδήγησης.

Ο Si1145/46/47 μπορεί να λειτουργήσει με τάση από 1,71 έως 3,6 V σε εύρος θερμοκρασιών από -40 έως +85 °C και διατίθεται σε συσκευασία QFN με 10 ακροδέκτες διαστάσεων 2x2 χιλιοστών. [69]



Εικόνα 29 Αισθητήρας υν

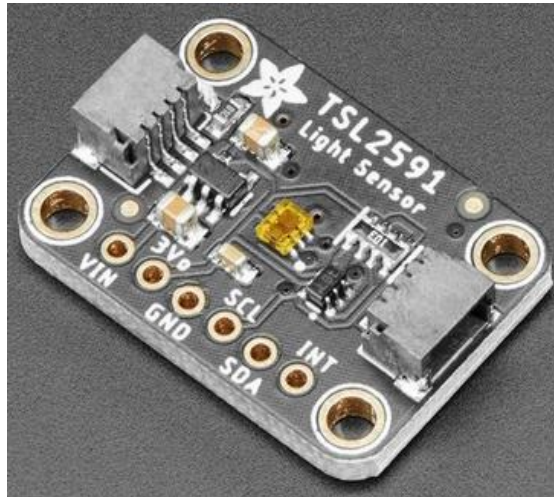
Χαρακτηριστικά αισθητήρα :

- Φάσμα αισθητήρα IR : (με κέντρο το 800)
- Φάσμα αισθητήρα ορατού φωτός : 800nm (με κέντρο το 530)
- Τάση τροφοδοσίας : 3-5VDC
- Τύπος εξόδου : (7-bit)
- Θερμοκρασία λειτουργίας : -40°C ~ 85°C [70]

4.13 Αισθητήρας φωτεινότητας TSL2591

Ο αισθητήρας φωτεινότητας Adafruit TSL2591 αντιπροσωπεύει έναν εξελιγμένο ψηφιακό αισθητήρα φωτός, κατάλληλο για χρήση σε διάφορες συνθήκες φωτισμού. Σε σύγκριση με τους πιο οικονομικούς αισθητήρες CdS, ο TSL2591 προσφέρει υψηλή ακρίβεια, επιτρέποντας τον ακριβή υπολογισμό των μονάδων lux. Είναι προσαρμόσιμος σε διάφορα εύρη κέρδους και χρονισμούς για την ανίχνευση φωτεινών συνθηκών από 188 uLux έως 88.000 Lux κατά τη λειτουργία. [71]

Ο αισθητήρας περιλαμβάνει τόσο υπέρυθρες όσο και πλήρες διόδους φάσματος. Αυτό επιτρέπει τη μέτρηση ξεχωριστά του υπέρυθρου, του πλήρους φάσματος ή του ανθρώπινα ορατού φωτός. Σε αντίθεση με πολλούς άλλους αισθητήρες που μπορούν να ανιχνεύσουν μόνο ένα από αυτά, ο TSL2591 παρέχει ακριβή αναπαράσταση του φωτισμού, καλύπτοντας έτσι το φάσμα που αντιλαμβάνονται τα ανθρώπινα μάτια.



Εικόνα 30 Αισθητήρας φωτεινότητας

4.14 Αισθητήρας καταμέτρησης υγρασίας εδάφους

Ο Αισθητήρας μετρά μέσω των δύο μεταλλικών ανιχνευτών που εισάγονται στο έδαφος, προσδιορίζοντας την ποσότητα της εδαφικής υγρασίας. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε ένα αυτόματο σύστημα ποτίσματος φυτών, είτε για να εκδηλώσει μια ειδοποίηση όταν ένα φυτό χρειάζεται να ποτιστεί. Έτσι βοηθά στην υγιή ανάπτυξη των φυτών.

Βασικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα υγρασίας :

Οι αισθητήρες αυτοί μετράν την αντίσταση η οποία εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία, η μέτρηση της αντίστασης επιτυγχάνεται μεταξύ των δύο ανιχνευτών που βρίσκονται μέσα στο πιρούνι και εισάγονται στο έδαφος.

Η αυξομείωση της αντίστασης επηρεάζει έναν διαιρέτη τάσης και ως αποτέλεσμα δημιουργείται μια αναλογική τάση εξόδου που μπορεί να αναγνωστεί από μια αναλογική είσοδο σε μια MCU.

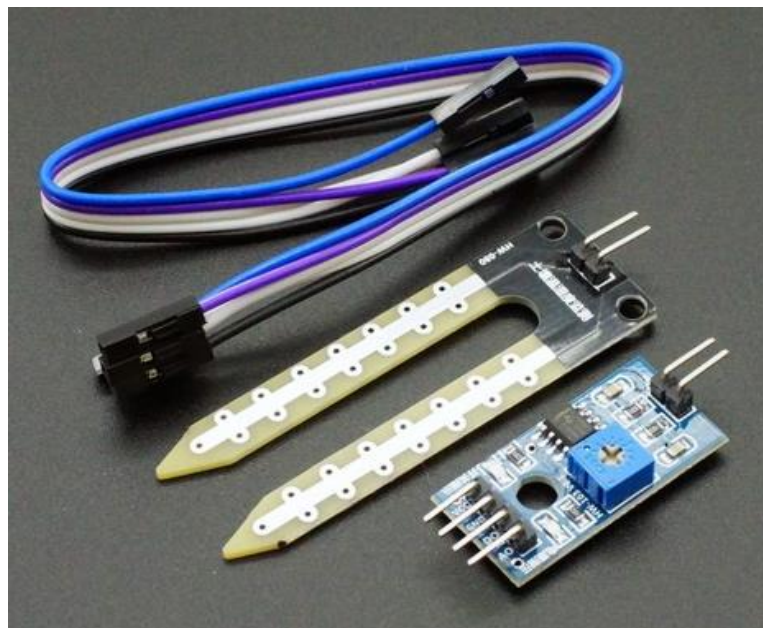
Αυτή η τάση αντιστοιχεί περίπου στο επίπεδο υγρασίας στο έδαφος. Όσο αυξάνεται η υγρασία στο έδαφος, τόσο μειώνεται η αντίσταση, ενώ όταν το έδαφος στεγνώνει, η αντίσταση αυξάνεται. Επομένως, μια χαμηλή αντίσταση οδηγεί σε χαμηλή τάση ανάγνωσης ενώ αντίθετος όσο υψηλότερη είναι η αντίσταση (όσο πιο ξηρό είναι το έδαφος), τόσο υψηλότερη είναι και η τάση.

Εκτός από την αναλογική έξοδο, υπάρχει επίσης ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα συγκριτή, το LM393, το οποίο παράγει μια έξοδο σε υψηλό επίπεδο (HIGH) όταν η αναλογική τάση υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο όριο. Ένα ποτενσιόμετρο στη μονάδα επιτρέπει τη ρύθμιση του σημείου αυτού του ψηφιακού κυκλώματος εξόδου.

Αυτή η ψηφιακή έξοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση ενός ρελέ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση μιας μικρής αντλίας νερού προκειμένου να ποτίσει το φυτό.

Καθώς υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την αντίσταση των πιρουινιών, συμπεριλαμβανομένων ανόργανων συστατικών που είναι διαλυμένα στο νερό π.χ. λιπάσματα. Για να διασφαλιστεί η ακρίβεια των μετρήσεων, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η παρουσία αυτών των παραγόντων κατά την ανάλυση των δεδομένων.

Όσον αφορά την τοποθέτηση των πιρουινιών στο έδαφος, είναι σημαντικό όλο το μήκος τους να εισάγεται στο έδαφος, αλλά το πάνω μέρος με τις ηλεκτρικές συνδέσεις πρέπει να παραμένει στεγνό για να αποτρέψει τη διάβρωση. Επίσης, το βάθος στο οποίο εισάγονται τα πιρούνια επηρεάζει τις τιμές, και επομένως πρέπει να διατηρείται σχετικά σταθερό για τη σωστή λειτουργία του συστήματος μέτρησης.



Εικόνα 31 Αισθητήρας υγρασίας

Συνδέσεις αισθητήρα :

- VCC = 5V ή 3,3V
- GND = Γείωση,
- D0 = Ψηφιακή έξοδος του κυκλώματος συγκριτή
- A0 = Αναλογική έξοδος [72],[73]

4.15 Επεξηγηματικός πίνακας ηλεκτρολογικών συνδέσεων πάνω στο Esp32

Αισθητήρας	Τύπος	Esp32-Pin	Διασυνδέσεις
Θερμοκρασία	DS18B20	gpio04	VCC / GND / AO (Analog- Output)
Υγρασία	Soil Humidity	gpio36	VCC / GND / AO (Analog- Output)
Φωτεινότητας	Si1145/46/47	I2C	VCC / GND / SCL / SDA
UV	TSL2591	I2C	VCC / GND / SCL / SDA
Οθόνη-	LCD-16*2	I2C	VCC / GND / SCL / SDA
Αντλία - ρελέ	12V DC – Tube 3x5mm Flow 80ml/min	gpio14	VCC-5V / GND / AO (Analog- Output)

Πίνακας 1 Παρουσίαση ηλεκτρολογικών συνδέσεων

Κεφάλαιο 5^ο Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του συστήματος

Για να αναλυθεί εμπράκτως η λειτουργία του συστήματος, είναι ουσιώδες να καθοριστούν προσεκτικά οι τεχνολογίες που ενσωματώθηκαν στο σύστημα.

Η παρακάτω περιγραφή αναλύει λεπτομερώς τις τεχνολογίες που επιλέχθηκαν και παράλληλα δίνει ενδεικτικά στοιχεία για τον τρόπο υλοποίησης της λειτουργίας του συστήματος. Αυτός ο προσεκτικός καθορισμός και η λεπτομερής ανάλυση των τεχνολογιών αποτελούν βασικό βήμα προς την καλύτερη κατανόηση της συνολικής δομής και απόδοσης του συστήματος.

5.1 Περιγραφή Mosquitto

Το Eclipse Mosquitto παρέχει μια ελαφριά υλοποίηση διακομιστή του πρωτοκόλλου MQTT που καλύπτει ευρύ φάσμα περιπτώσεων, από μηχανήματα πλήρους ισχύος έως ενσωματωμένα μηχανήματα και μηχανήματα χαμηλής ισχύος. Αυτό καθιστά το Mosquitto κατάλληλο για χρήση στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), όπως σε αισθητήρες χαμηλής ισχύος ή σε κινητές συσκευές όπως τηλέφωνα, ενσωματωμένους υπολογιστές ή μικροελεγκτές.

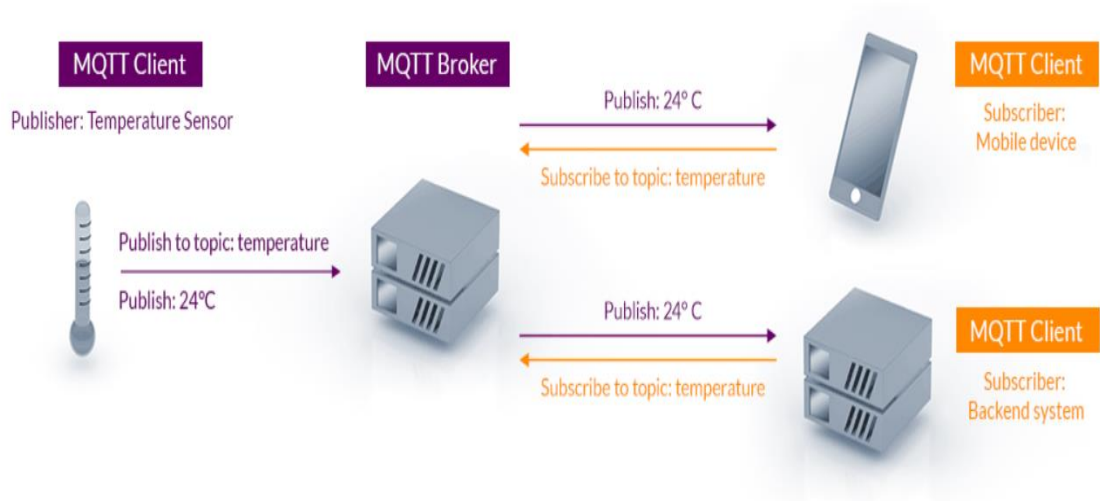
Η υλοποίηση του Mosquitto είναι ελαφριά, με ένα εκτελέσιμο αρχείο περίπου 120kB, καταναλώνοντας περίπου 3MB RAM με 1000 συνδεδεμένους πελάτες.

Το Mosquitto, δέχεται συνδέσεις από εφαρμογές-πελάτες MQTT και διαθέτει μια γέφυρα που επιτρέπει τη σύνδεση του με άλλους διακομιστές MQTT. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει τη δημιουργία δικτύων διακομιστών MQTT, επιτρέποντας τη μεταφορά μηνυμάτων από οπουδήποτε στο δίκτυο. Επιπλέον, επιτρέπει την επεξεργασία εισερχομένων δεδομένων από πολλά πρωτόκολλα, συμπεριλαμβανομένων MQTT, OPC-UA, REST, χωρίς την ανάγκη για προγραμματισμό από τους χρήστες. [74],[75]

5.2 Λόγοι που επιλέχθηκε το πρωτόκολλο MQTT

- 1) Είναι ελαφρύ και αποδοτικό. Οι πελάτες MQTT διακρίνονται για τον μικρό τους όγκο, την ελάχιστη απαίτηση πόρων, και τη δυνατότητα λειτουργίας σε μικροελεγκτές. Οι επικεφαλίδες μηνυμάτων MQTT είναι σχεδιασμένες με μικρές διαστάσεις, συμβάλλοντας στη βελτιστοποίηση του εύρους ζώνης του δικτύου.

- 2) Αξιόπιστη παράδοση μηνυμάτων. Η αξιοπιστία κατά την παράδοση μηνυμάτων αποτελεί ζωτικό παράγοντα για πολλές περιπτώσεις χρήσης του Internet of Things (IoT).
- 3) Αμφίδρομη επικοινωνία. Παρέχει την δυνατότητα για την ανταλλαγή μηνυμάτων τόσο μεταξύ μιας συσκευής και του cloud, όσο και αντίστροφα, προσφέροντας έτσι ευελιξία στη μεταφορά μηνυμάτων σε ομάδες συσκευών.
- 4) Υποστήριξη για αναξιόπιστα δίκτυα. Πολλές συσκευές IoT συνδέονται μέσω μη αξιόπιστων δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Η υποστήριξη του MQTT για μόνιμες συνόδους μειώνει το χρόνο επανασύνδεσης του πελάτη με τον διαμεσολαβητή.
- 5) Κλιμάκωση σε εκατομμύρια συσκευές. Το MQTT διαθέτει τη δυνατότητα να επεκταθεί και να συνδεθεί με εκατομμύρια συσκευές IoT.
- 6) Ενεργοποιημένη ασφάλεια. Το MQTT επιτρέπει την κρυπτογράφηση μηνυμάτων μέσω του πρωτοκόλλου TLS και ενισχύει την ασφάλεια με την αυθεντικοποίηση των πελατών, χρησιμοποιώντας σύγχρονα πρωτόκολλα όπως το OAuth. [76]



Εικόνα 32 Προσομοίωση Λειτουργίας Mosquitto MQTT

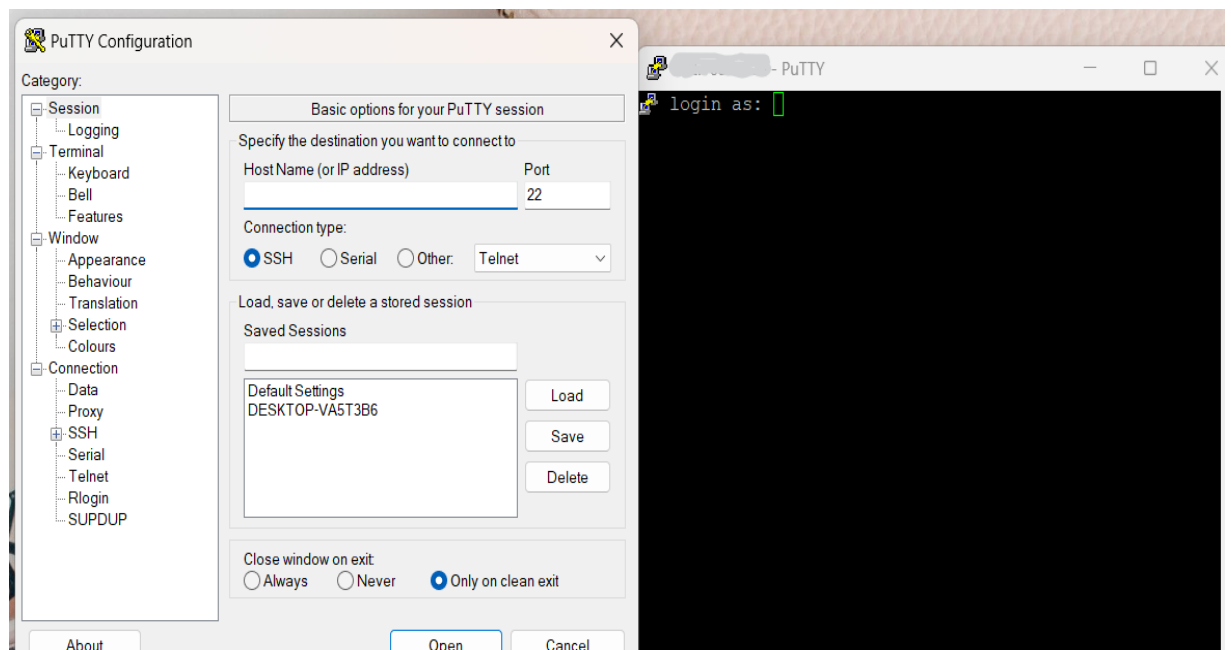
5.3 Περιγραφή PuTTY

Το PuTTY είναι ένα εργαλείο προσομοίωσης τερματικού με ανοικτό κώδικα που παρέχεται δωρεάν. Υποστηρίζει διάφορα πρωτόκολλα δικτύου, όπως SCP, SSH και Telnet.

Το PuTTY επιτρέπει επίσης, τη σύνδεση σε θύρες σειριακής μορφής. Επιπλέον, λειτουργεί ως σειριακή κονσόλα και επιτρέπει τη μεταφορά αρχείων μέσω δικτύου.

Αρχικά δημιουργήθηκαν για τα Microsoft Windows, αλλά έχουν μεταφερθεί και σε άλλα λειτουργικά συστήματα. Επίσημες θύρες υπάρχουν για ορισμένες πλατφόρμες τύπου Unix, και υπάρχουν εκδόσεις εργασίας για Classic Mac OS και macOS.

Επιπλέον, υπάρχουν ανεπίσημες εκδόσεις για πλατφόρμες όπως Symbian, Windows Mobile και Windows Phone.



Εικόνα 33 Το Περιβάλλον PUTTY στον υπολογιστή μου

Ως πρόγραμμα με πολλές λειτουργίες, παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να μπορούν να κάνουν αντιγραφή αρχείων με χρήση κρυπτογράφησης ενεργοποιώντας συγκεκριμένα εργαλεία γραμμής εντολών. Στην συνέχεια το PuTTY συνοδεύεται από υπολογιστές πελάτες SCP και SFTP στη γραμμή εντολών. Επιπλέον, το

πρόγραμμα διαθέτη ένα ξεχωριστό σύστημα ασφαλείας μέσω του ενσωματωμένου "πελάτη" Telnet. [77]

5.4 Περιγραφή Node-RED

Το Node-RED αναδεικνύεται ως εργαλείο ανάπτυξης χαμηλού κώδικα που εφαρμόζει οπτικό προγραμματισμό, βασισμένο σε ροές, όπου διευκολύνει τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ διαφόρων στοιχείων, API και υπηρεσιών στο πλαίσιο του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Διαθέτη επεξεργαστή ροής βασισμένο σε πρόγραμμα περιήγησης ιστού, ο οποίος επιτρέπει τη δημιουργία συναρτήσεων JavaScript. Τα στοιχεία εφαρμογών μπορούν να αποθηκευτούν και να διαμοιραστούν για επαναχρησιμοποίηση, ενώ ο χρόνος εκτέλεσης βασίζεται στο Node.js. Οι δημιουργημένες ροές αποθηκεύονται σε μορφή JSON καθώς οι κόμβοι MQTT υποστηρίζουν σωστά διαμορφωμένες συνδέσεις TLS. Έτσι, οι ροές μπορούν να δημιουργηθούν και να εξελιχθούν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, προσφέροντας ένα ευέλικτο περιβάλλον προγραμματισμού.

Ο όρος "ροή" στο Node-RED αναφέρεται στη σύνδεση και την ακολουθία διαφόρων κόμβων εισόδου, εξόδου και επεξεργασίας μέσα στην πλατφόρμα. Όταν τα δεδομένα μεταδίδονται σε έναν κόμβο μιας ροής όπου εκτελεί μια μοναδική και καθορισμένη εργασία, επεξεργάζεται τα δεδομένα πριν τα μεταβιβάσει στον επόμενο κόμβο της ροής. Αυτό το σύστημα επιτρέπει τον έλεγχο και τη ρύθμιση των λειτουργιών, προσφέροντας ευελιξία στη δημιουργία εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Οι ροές είναι η βάση του κύριου μηχανισμού του οπτικού προγραμματισμού στο Node-RED. [78],[79]

5.5 Λόγοι που επιλέχθηκε το Node-RED

- 1) Με τη χρήση του JSON, το Node-RED προσφέρει ευανάγνωστη και ευέλικτη περιγραφή δεδομένων, αντί για το πιο πολύπλοκο XML.
- 2) Η μέθοδος προγραμματισμού βασισμένη στη ροή επιτρέπει την εντυπωσιακή οπτικοποίηση της λειτουργικότητας της εφαρμογής, δημιουργώντας ροές δεδομένων και συνδέοντας κόμβους.
- 3) Χρησιμοποιεί το Node.js, ένα JavaScript runtime με μεγάλη κοινότητα. Η ευελιξία και η ισχύς της JavaScript το καθιστούν εξαιρετικά αποτελεσματικό.
- 4) Είναι δημοφιλές για συσκευές IoT, το Node-RED είναι ευέλικτο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς. [79]

5.6 Περιγραφή JSON

Στον τομέα της πληροφορικής, το JavaScript Object Notation, ή αλλιώς JSON, είναι ένα ανοικτό μορφότυπο που χρησιμοποιεί κείμενο, ευανάγνωστο από ανθρώπους, για τη μεταφορά δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά αποτελούνται από ζεύγη χαρακτηριστικών-τιμών και τύπους δεδομένων συστοιχιών, ή οποιασδήποτε άλλης σειριοποιήσιμης τιμής. Πρόκειται για ένα δημοφιλές μορφότυπο δεδομένων που χρησιμοποιείται ευρέως για την ασύγχρονη επικοινωνία μεταξύ περιηγητή και διακομιστή, συμπεριλαμβανομένης της αντικατάστασης του XML σε ορισμένα συστήματα τύπου AJAX. [80]



Εικόνα 34 Η Δύναμη της συνδεσιμότητας

5.7 Προγραμματισμός του ESP με την πλατφόρμα Arduino

Το Arduino αποτελεί μια ανοικτού κώδικα ηλεκτρονική πλατφόρμα που βασίζεται σε φιλικό προς τον χρήστη υλικό και λογισμικό. Κατά τη διάρκεια των χρόνων, το Arduino εξελίχθηκε σε κεντρικό στοιχείο χιλιάδων έργων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα από καθημερινά αντικείμενα έως και πολύπλοκα επιστημονικά όργανα. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται στο Arduino IDE βασίζεται στην

γλώσσα προγραμματισμού Wiring, η οποία είναι παρόμοια με τις γλώσσες Java και C++. Αυτή η επιλογή έχει γίνει για να διευκολύνει τους χρήστες που είναι εξοικειωμένοι με αυτές τις γλώσσες και παρέχει μια ευέλικτη πλατφόρμα για την ανάπτυξη προγραμμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, η γλώσσα προγραμματισμού Wiring χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη προγραμμάτων που εκτελούνται στο Arduino. Το Arduino IDE χρησιμοποιεί το GNU toolchain και την AVR Libc, παρέχοντας έτσι ένα περιβάλλον ανάπτυξης που υποστηρίζει γλώσσες όπως η C και η C++.

Οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους σε αυτές τις γλώσσες για τη δημιουργία προγραμμάτων που ελέγχουν τα Arduino boards, όπως και για την αλληλεπίδραση με διάφορους αισθητήρες και ενσωματωμένα κυκλώματα. Παρόλο που υπάρχουν πολλοί τρόποι προγραμματισμού του ESP-NodeMCU-32s στην παρούσα εργασία υλοποιήθηκε με την χρήση του Arduino IDE. [81],[82]

5.8 Γλώσσα προγραμματισμού C ++

Η C++ είναι μια γλώσσα προγραμματισμού γενικού σκοπού για υπολογιστές. Κατατάσσεται ως γλώσσα μεσαίου επιπέδου, καθώς συνδυάζει χαρακτηριστικά τόσο από γλώσσες υψηλού όσο και χαμηλού επιπέδου. Επιπροσθέτως η C++ υποστηρίζει δομημένο, αντικειμενοστραφή και γενικό προγραμματισμό και αποτελεί μια γλώσσα πολλαπλών παραδειγμάτων, υποστηρίζοντας τύπους και απαιτώντας μεταγλώττιση προτού το πρόγραμμα εκτελεστεί. [83]

5.9 Wi-Fi στο Internet of Things

Το Internet of Things (IoT) αξιοποιεί την τεχνολογία για να συνδέει διάφορες συσκευές, όπως αισθητήρες, κάμερες και οικιακές συσκευές, στο διαδίκτυο, με σκοπό τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων. Η ενσωμάτωση του Wi-Fi στα συστήματα IoT προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως η άμεση ασύρματη σύνδεση, η υψηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και η ευκολία χρήσης. Με το Wi-Fi, οι συσκευές IoT μπορούν να συνδεθούν σε οποιοδήποτε δίκτυο Wi-Fi χωρίς την ανάγκη δημιουργίας ειδικού δικτύου. Επιπλέον, με τη χρήση του Wi-Fi, οι συσκευές IoT είναι σε θέση να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, πραγματοποιώντας ανταλλαγή δεδομένων και συνεργασία. Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματα, η χρήση του Wi-Fi

στα συστήματα IoT ενδέχεται να εγείρει ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια, καθώς οι συσκευές μπορεί να είναι ευάλωτες σε πιθανές επιθέσεις. Επιπλέον, η επίδραση στη διάρκεια ζωής των μπαταριών των συσκευών IoT αποτελεί προβληματικό ζήτημα, καθώς η σύνδεση Wi-Fi απαιτεί περισσότερη ενέργεια σε σύγκριση με τις συνδέσεις Bluetooth ή Zigbee. [84],[85]



Εικόνα 35 Συνδεσιμότητα με WiFi

5.10 Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου ανάπτυξης φυτών μέσω διαδικτύου

Το σύστημα μετράει με αισθητήρες τις κυριότερες παραμέτρους (θερμοκρασία, υγρασία, φωτεινότητα κλπ) κάνει υπολογισμούς και ενεργεί κατάλληλα ώστε οι παράμετροι να είναι εντός των επιθυμητών ορίων για την σωστή ανάπτυξη των φυτών.

Αναλυτικότερα το σύστημα αποτελείται από :

- 1) Περιφερειακή Συσκευή με αισθητήρες (θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτεινότητας κλπ) και εκτελεστές (αντλία ποτίσματος).
- 2) Κεντρική Συσκευή συγκέντρωσης των μετρήσεων, επεξεργασίας και απεικόνισης, υπό μορφή ιστοσελίδων, σε υπολογιστή ή έξυπνο τηλέφωνο.

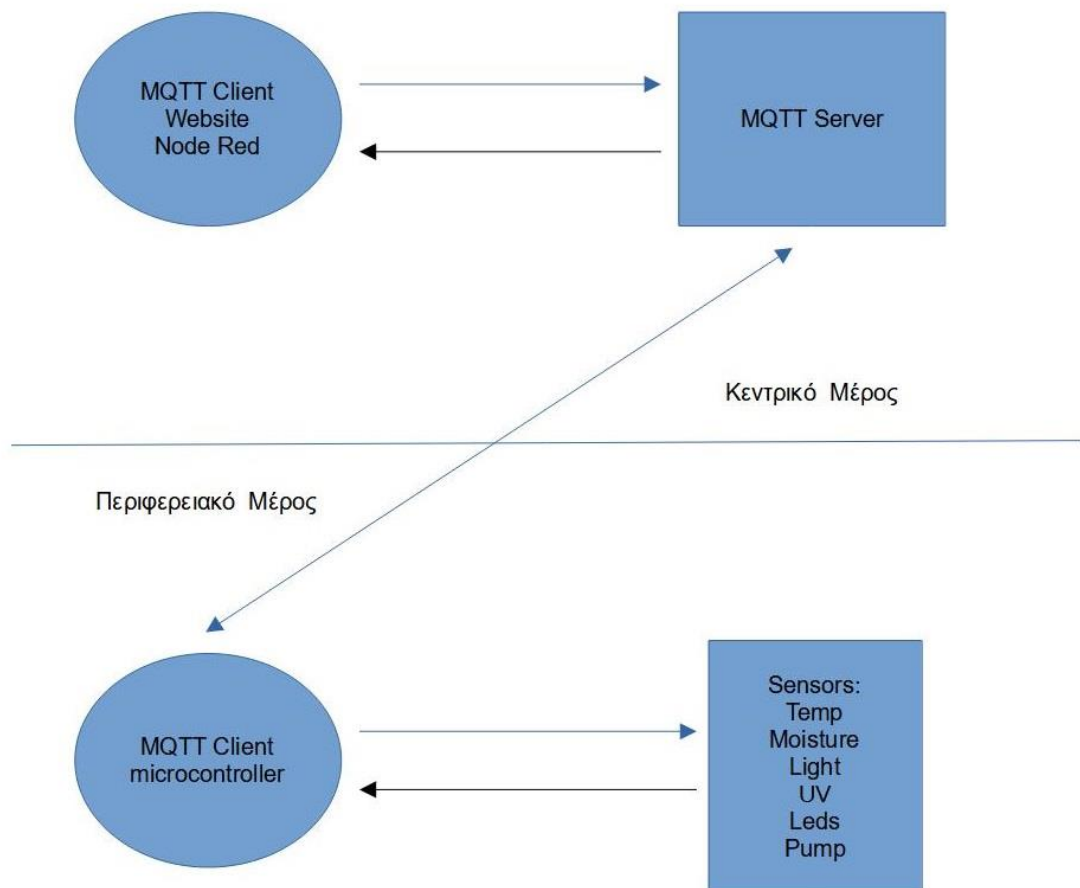
Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη χρήση αισθητήρων, που συνδέονται σε έναν μικροελεγκτή και επικοινωνούν ασύρματα μέσω δικτύου Wi-Fi, συλλέγονται δεδομένα που αυτόματα δημοσιεύονται σε έναν διακομιστή (Server). Στη συνέχεια, ο διακομιστής διανέμει αυτά τα δεδομένα σε μορφή ιστοσελίδων. Η παραπάνω διαδικασία επιτρέπει την άνετη μετάδοση των συλλεγόντων δεδομένων από τους αισθητήρες, ενώ ταυτόχρονα παρέχει δυνατότητα απεικόνισης και παρακολούθησης των αισθητήρων από απόσταση. Κατά την υλοποίηση αυτής της διαδικασίας, παρέχεται αντίστοιχη λειτουργία και για τον ελεγκτή εκτέλεσης (αντλία ποτίσματος).

5.11 Η Μεταφορά του πρωτόκολλου από την περιφερειακή συσκευή στο κεντρικό σύστημα

Η μεταφορά των πληροφοριών στο σύστημα υλοποιήθηκε μέσω του πρωτόκολλου MQTT. Το πρωτόκολλο λαμβάνει τα μηνύματα με τις τιμές των αισθητήρων, τα μετατρέπει σε μορφή JSON και τα αποστέλλει στον MQTT Server.

Ο microcontroller, λειτουργώντας ως MQTT Client, αναλαμβάνει τη διαχείριση και τον έλεγχο των δεδομένων πριν τα μεταφέρει στον MQTT Server. Ο Server λαμβάνει τα δεδομένα και τα αποθηκεύει, ενώ η επικοινωνία μεταξύ microcontroller και server είναι αξιόπιστη και ασφαλής λόγω της χρήσης του πρωτόκολλου MQTT.

Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται δυναμικά σε μια ιστοσελίδα, μέσω του Node Red που λειτουργεί ως MQTT Client. Η ιστοσελίδα παρέχει μια ευανάγνωστη και εύκολη στη χρήση διεπαφή, για την παρακολούθηση των δεδομένων από τους αισθητήρες. Ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την αντλία ποτίσματος, να προσαρμόζει τα χρονικά διαστήματα λειτουργίας, και ακόμη να ρυθμίζει παραμέτρους σύμφωνα με τις ανάγκες του περιβάλλοντος του φυτού. Επομένως, παρέχεται μια ολοκληρωμένη λύση για την παρακολούθηση και τον έλεγχο του συστήματος.



Εικόνα 36 Λογικό διάγραμμα επικοινωνίας του συστήματος

5.12 Hardware/Software υλοποίησης MQTT server – MQTT client

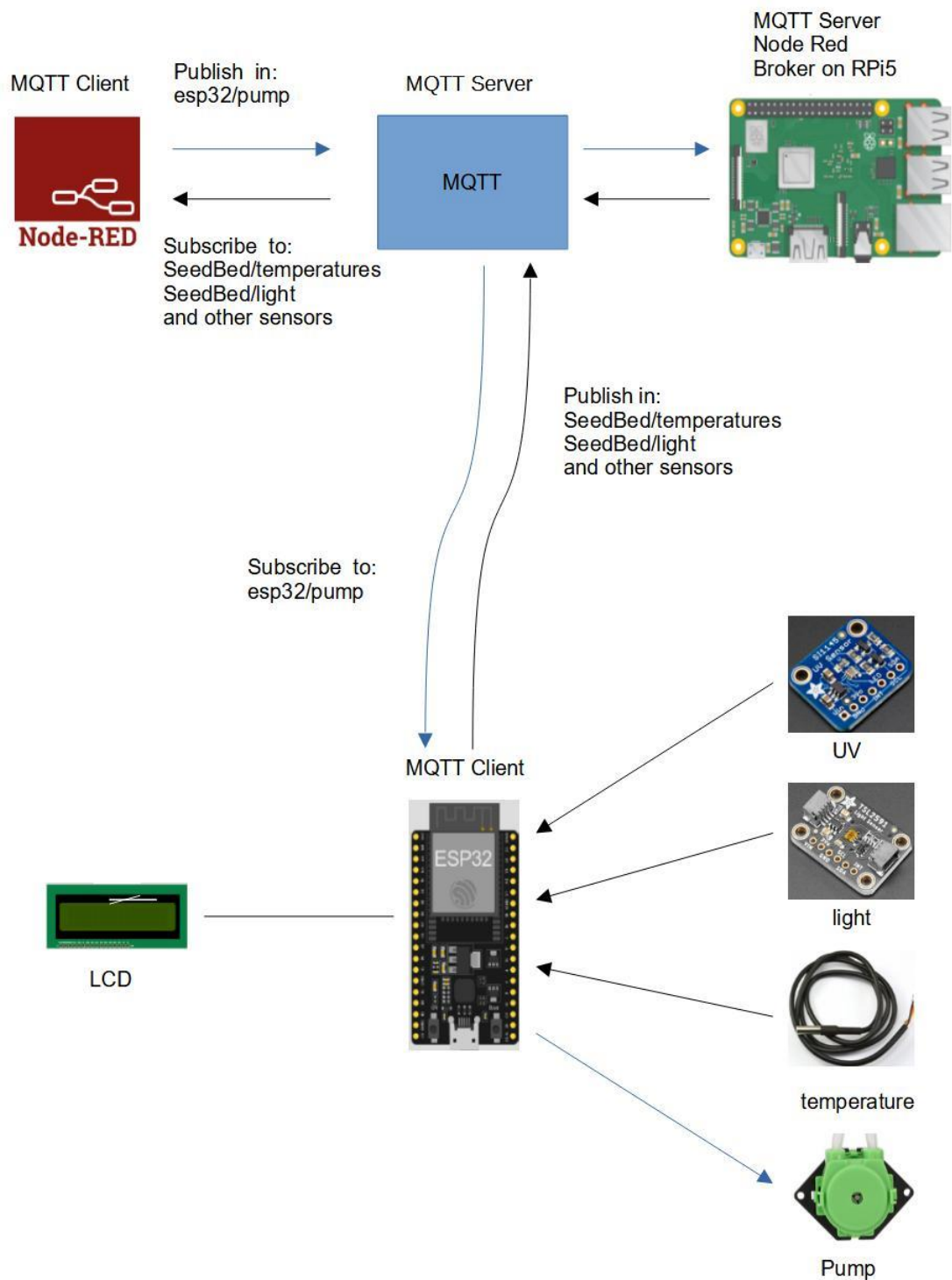
Για την υλοποίηση της παραπάνω λογικής λειτουργίας του συστήματος, επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής ESP32 για την περιφερειακή συσκευή. Ο ESP32 αναλαμβάνει τον ρόλο του MQTT client, συμβάλλοντας στην συλλογή και μεταφορά πληροφοριών. Τα παραγόμενα μηνύματα αποστέλλονται προς την κεντρική συσκευή, η οποία είναι ένα Raspberry Pi 5 λειτουργώντας ως MQTT server (Mosquitto) και ενσωματώνοντας το Low-Code Software Node-Red.

Η περιφερειακή συσκευή ESP32, λειτουργώντας ως MQTT client, αναρτά πληροφορίες στον MQTT server μέσω της διαδικασίας publish. Οι αναρτημένες πληροφορίες περιλαμβάνουν θέματα όπως "SeedBed/temperatures", "SeedBed/light", "SeedBed/moist" κλπ. Επιπλέον, πραγματοποιεί μόνο ένα subscribe

για ένα συγκεκριμένο θέμα, συγκεκριμένα για την αντλία ποτίσματος με το θέμα “esp32/pump”.

Στη συνέχεια, η κεντρική συσκευή Raspberry Pi 5 λαμβάνει τα προαναφερθέντα μηνύματα, τα οποία αποτελούν τα δεδομένα εγγραφής (subscribe) από τον MQTT client (Node-Red). Έπειτα, προχωρά σε διαδικασία publish μόνο για ένα συγκεκριμένο θέμα, αναφορικά με τη λειτουργία της αντλίας ποτίσματος, το οποίο ορίζεται ως “esp32/pump”.

Μέσω αυτής της διαδικασίας, επιτυγχάνεται η ομαλή μετάδοση δεδομένων από τους αισθητήρες προς την κεντρική συσκευή. Η ενσωμάτωση του Node-Red και του Mosquitto στο Raspberry Pi 5 προσδίδει στο σύστημα την αξιόπιστη λειτουργία και ευελιξία που απαιτούνται για την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου συστήματος IoT.



Εικόνα 37 Διάγραμμα απεικόνισης λειτουργίας του συστήματος

5.13 Εξήγηση της Λειτουργίας του Συστήματος IoT σε C++

Το παρόν σύστημα IoT, υλοποιημένο σε C++, σχεδιάστηκε με σκοπό να επιτρέψει την αποτελεσματική διαχείριση και παρακολούθηση δεδομένων από διάφορους αισθητήρες. Σε γενικές γραμμές, το software αποτελείται από ένα κεντρικό κομμάτι και modules που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες.

Το κεντρικό κομμάτι του προγράμματος, γνωστό ως MQTT_SEEDBED1.ino, αποτελεί τον πυρήνα του συστήματος. Σε αυτό το σημείο, πραγματοποιείται η αρχικοποίηση της σύνδεσης με το πρωτόκολλο MQTT και εκτελείται η ορθή διαμόρφωση των MODULE του λογισμικού για κάθε αισθητήρα. Στη συνέχεια, γίνεται η δημιουργία και η αρχικοποίηση των αισθητήρων.

Κάθε αισθητήρας, όπως για παράδειγμα ο αισθητήρας θερμοκρασίας, αντιπροσωπεύεται ως ένα ανεξάρτητο MODULE στο σύστημα. Ορίζεται από το όνομα του MODULE, όπως για παράδειγμα "Temp.h" και "Temp.cpp", τα οποία αποθηκεύονται σε ξεχωριστά αρχεία. Έτσι, κάθε αισθητήρας διαθέτει δύο αρχεία, το "Temp.h" και το "Temp.cpp", τα οποία ορίζουν και υλοποιούν αντίστοιχα τις λειτουργίες του.



Temp.h	Moist.h	Light.h	Lcd.h	Uv.h	Leds.h
Temp.cpp	Moisture.cpp	Light.cpp	Lcd.cpp	Uv.cpp	Leds.cpp
Temp();	getMoist();	getLight();	getLcd();	getUv();	initLeds();
initTemp();	initMoisture();	initLight();	initLcd();	initUv();	updateLeds();
updateTemp();	updateMoisture();	updateLight();	updateLcd();	updateUv();	updateLeds();

Εικόνα 38 Σχεδιάγραμμα λογικής απεικόνισης του προγραμματισμού

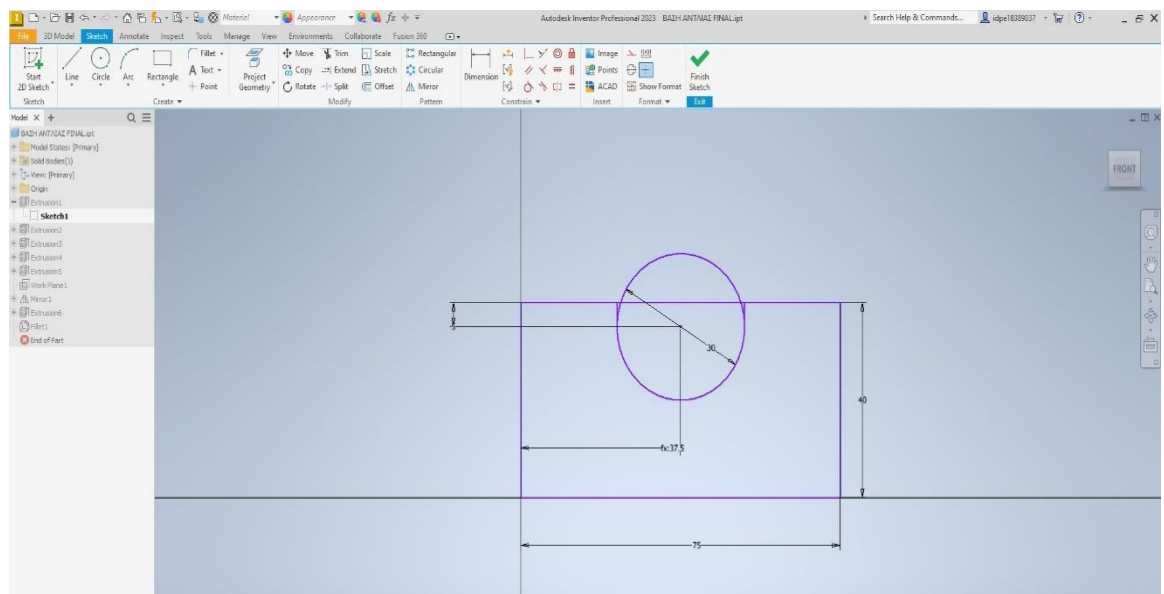
Κεφάλαιο 6^ο 3D Σχεδίαση & Εκτύπωση

Παρουσιάζεται παρακάτω η διαδικασία σχεδίασης και εκτύπωσης. Λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη για πρακτικότητα, αποφάσισα να δημιουργήσω μια βάση που θα συγκρατεί την αντλία, καθώς η προηγούμενη τοποθέτησή της δεν ανταποκρινόταν ούτε σε πρακτικούς ούτε σε αισθητικούς όρους.

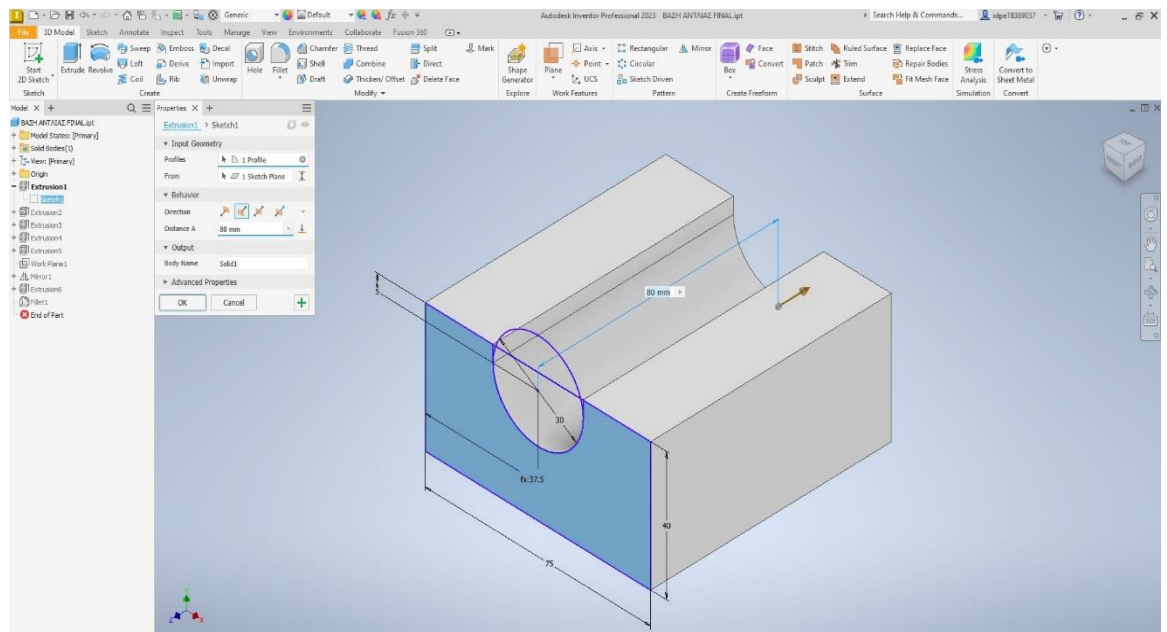
Η δημιουργία της βάσης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του CAD προγράμματος Inventor της εταιρίας Autodesk. Το Inventor αποτελεί ένα ισχυρό πρόγραμμα σχεδίασης και αναπαράστασης 3D με εκτενείς δυνατότητες. Προσφέρει ένα χρηστικό περιβάλλον και περιλαμβάνει ευρεία αποδοχή στη βιομηχανία της αρχιτεκτονικής, του μηχανολογικού σχεδιασμού, του εργαλειομηχανικού σχεδιασμού, και άλλων τομέων.

Παρακάτω παρουσιάζονται φωτογραφίες που απεικονίζουν τη διαδικασία σχεδιασμού, καθώς και τα στάδια που ακολουθήθηκαν μέχρι την ολοκλήρωση της τελικής 3D εκτύπωσης.

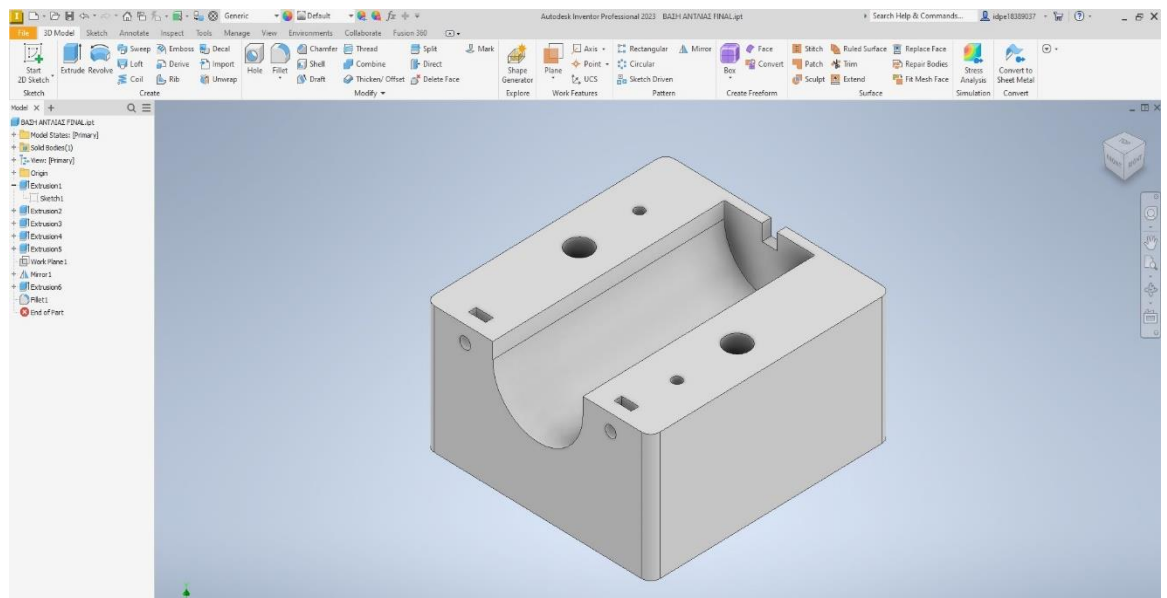
6.1 Διαστάσεις της Βάσης



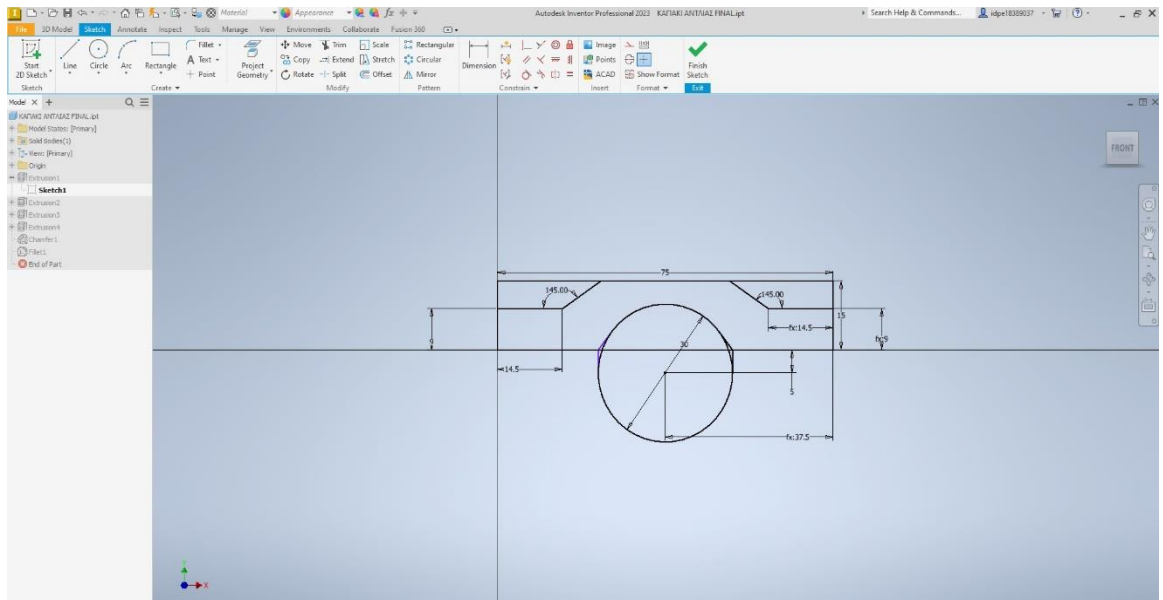
6.2 Μετατροπή του σχεδίου από 2D σε 3D



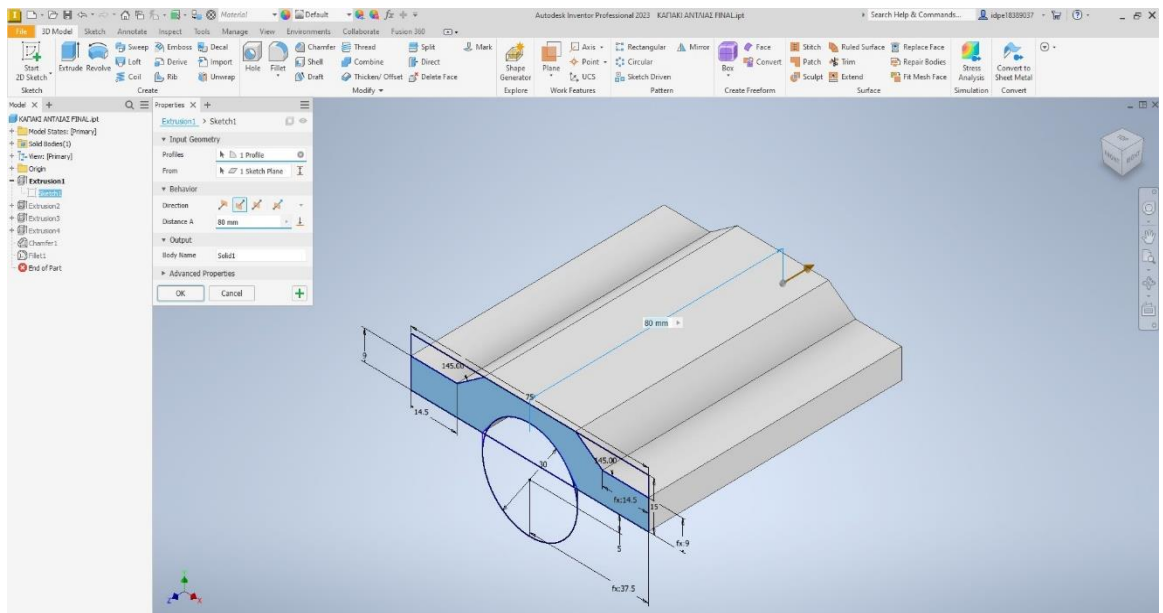
6.3 Τελικό σχέδιο της Βάσης



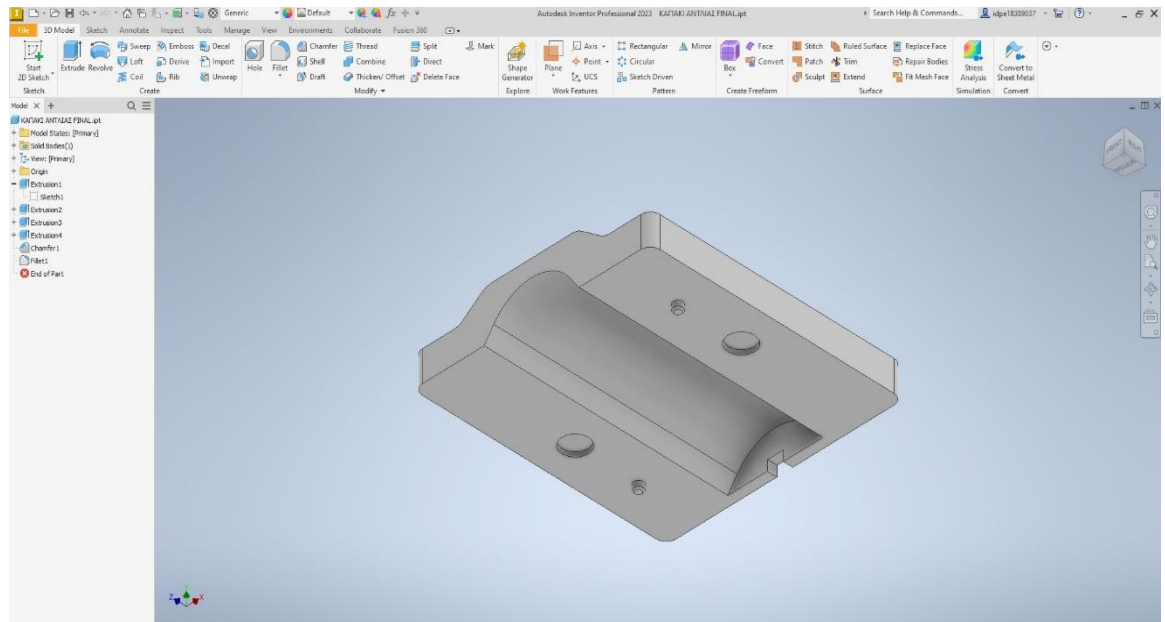
6.4 Διαστάσεις του καπακιού



6.5 Μετατροπή του σχεδίου από 2D σε 3D



6.6 Τελικό σχέδιο του καπακιού



6.7 Πρόγραμμα εκτύπωσης Simplify 3D και εκτυπωτής Replica Prusa Mk1

Το Simplify3D είναι ένα λογισμικό προετοιμασίας κατασκευής, επιτρέπει δηλαδή την εύκολη προετοιμασία των 3D μοντέλων για εκτύπωση, προσφέροντας δυνατότητες προσαρμογής των παραμέτρων εκτύπωσης, αντιμετώπιση προβλημάτων στα μοντέλα και προσαρμογή των ρυθμίσεων για επίτευξη βέλτιστης ποιότητας εκτύπωσης. Επιπλέον, το Simplify3D είναι ανεξάρτητο από τον κατασκευαστή του εκτυπωτή, προσφέροντας μεγάλη ευελιξία.

Η εφαρμογή Simplify3D είναι γνωστή για τον ρόλο της στη μετατροπή τρισδιάστατων αντικειμένων σε κώδικα Gcode. Αυτός ο κώδικας επιτρέπει στον 3D εκτυπωτή να αναγνωρίσει το αντικείμενο και να το εκτυπώσει με επιτυχία. Παρά την εκτίμηση του Simplify3D από την κοινότητα, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η εφαρμογή δεν είναι δωρεάν, όμως έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι υποστηρίζει εκτυπωτές 3D από διάφορους κατασκευαστές. [86]

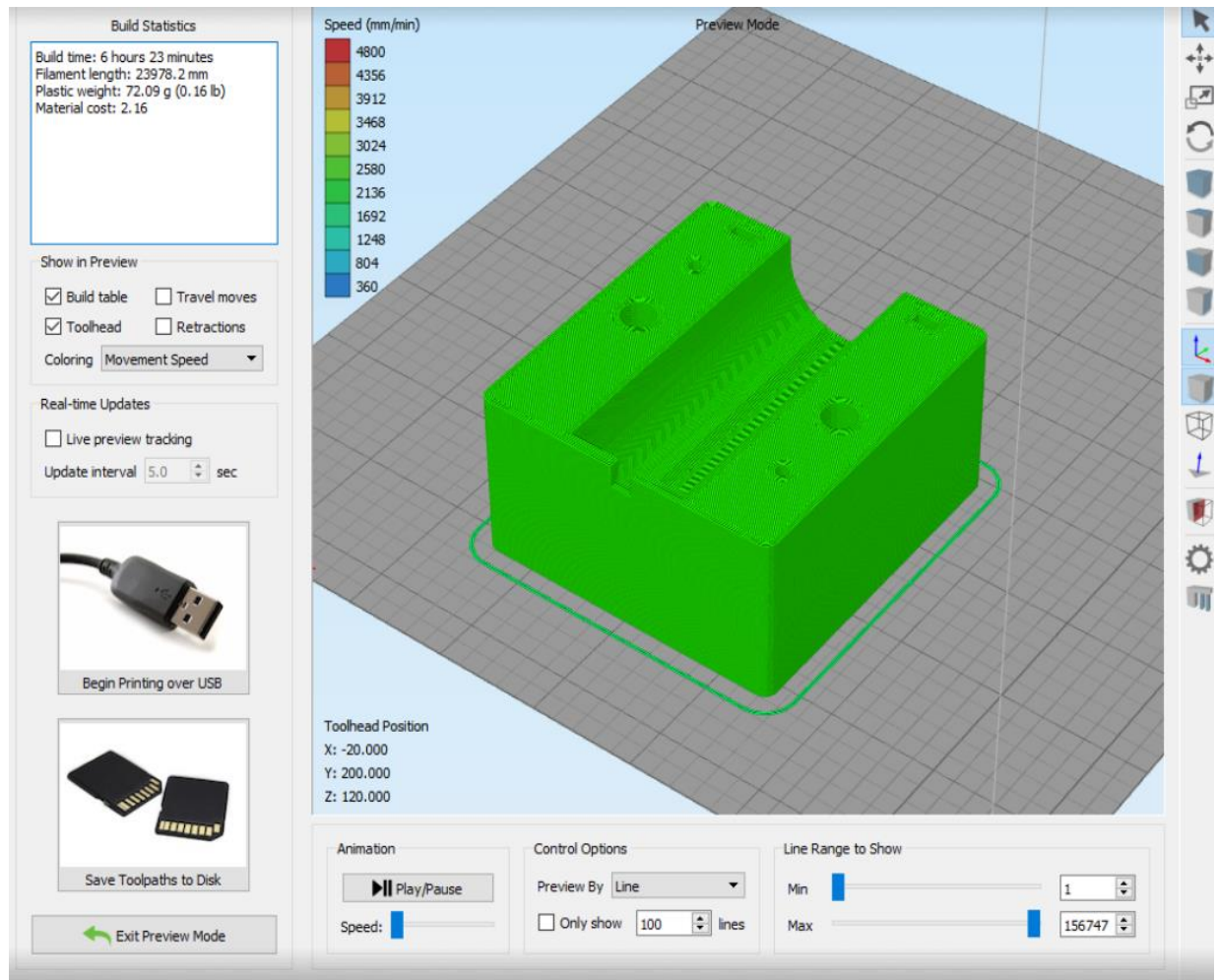
Μετά την εισαγωγή του σχεδίου, απαιτείται η επιλογή κατάλληλων ρυθμίσεων για την ακριβή εκτύπωση. Οι ρυθμίσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί για όλα τα αντικείμενα είναι οι εξής :

Layer Height	0.15 mm
Wall Thickness	0.8 mm
Wall Line Count	2 mm
Top/Bottom Thickness	0.45 mm
Infill Density	15%
Printing Temperature	200°C
Build Plate Temperature	0°C
Print speed	3600 mm/min
Fan Speed	100%
Support	Μόνο το καπάκι

Πίνακας 2 Ρυθμίσεις για την 3D εκτύπωση

Ο εκτιμώμενος χρόνος εκτύπωσης της βάσης ανέρχεται σε 6 ώρες και 23 λεπτά, ενώ το βάρος της αντιστοιχεί σε 72 γραμμάρια.

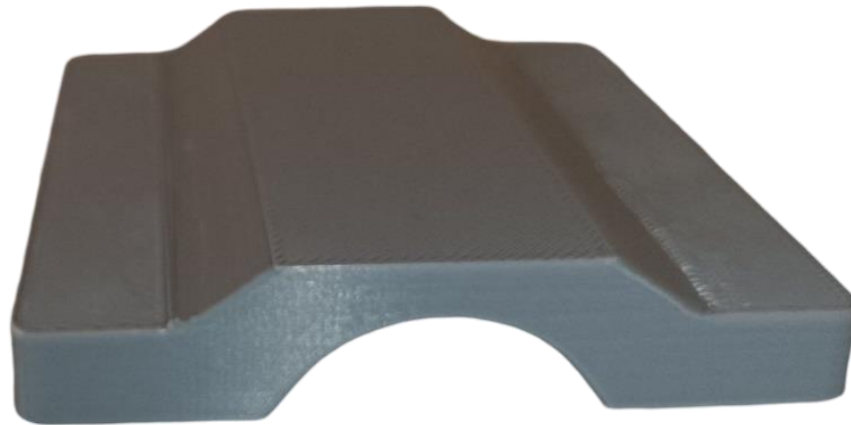
Όσον αφορά το καπάκι, ο εκτιμώμενος χρόνος εκτύπωσης είναι 3 ώρες και 15 λεπτά, ενώ το βάρος του ανέρχεται σε 36 γραμμάρια.



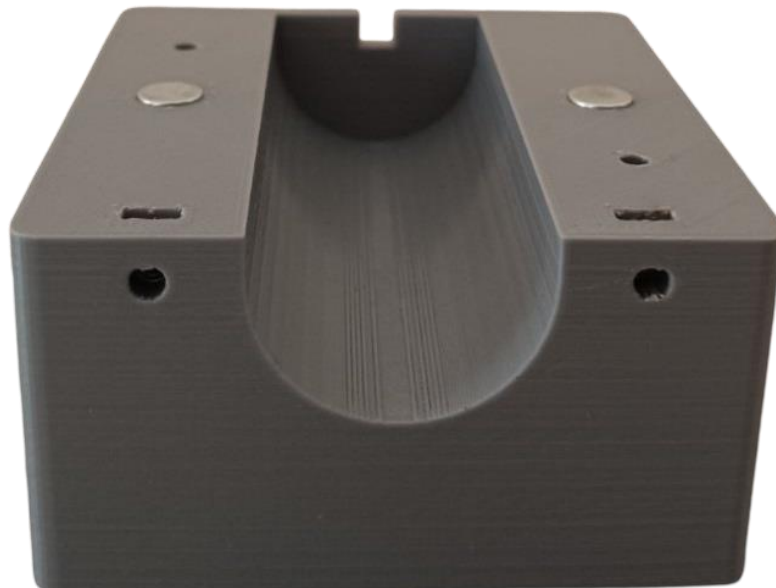
Εικόνα 39 Προεπισκόπηση 3D Εκτύπωσης

Η εκτύπωση πραγματοποιήθηκε σε 3D εκτυπωτή Replica Prusa Mk1 (Anet A8) είναι ένας 3D εκτυπωτής που βασίζεται στο δημοφιλέσ σχέδιο του Prusa i3. Ο εκτυπωτής συναρμολογείτε από ένα κιτ και προσφέρει μια καλή εμπειρία εκτύπωσης. Είναι εύρηστος και προσιτός. Επιπλέον η συνεισφορά της κοινότητας και το αποθετήριο GitHub καθίστανται βοηθητικές. [87],[88]

6.8 Τελικό Αποτελέσματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης



Εικόνα 40 Καπάκι Βάσης Αντλίας



Εικόνα 41 Βάση Αντλίας

6.9 Λειτουργικότητα Βάσης Αντλίας

Για να κουμπώσουμε το καπάκι με την βάση, σχεδιάστηκαν δύο εσοχές $\Phi 3.2$ στη βάση και αντίστοιχα στα ίδια σημεία στο καπάκι δύο προεξοχές $\Phi 3$, που λειτουργούν σαν κεντραδόροι. Επιπλέον, στη βάση δημιουργήθηκαν δύο rocket όπου τοποθετήθηκαν και κολλήθηκαν 2 μαγνήτες $\Phi 8$ και αντίστοιχα στο καπάκι δημιουργήθηκαν δύο rocket όπου τοποθετήθηκε και κολλήθηκε ανοξείδωτο μαγνητικό έλασμα πάχους 1mm. Με αυτόν τον τρόπο, καταφέραμε το μαγνητικό κούμπωμα των δύο εξαρτημάτων μεταξύ τους.

Ακόμα, για το βίδωμα της αντλίας στη βάση, δημιουργήθηκαν δύο ορθογώνια rocket $5.6 \times 2.5 \text{mm}$, στα οποία τοποθετήθηκε εξάγωνο παξιμάδι με σπείρωμα M2.5 και στην μπροστινή πλευρά της βάσης υπάρχουν δύο τρύπες $\Phi 3.6$, οι οποίες συμπίπτουν με τις τρύπες που έχει η αντλία, αλλά και το σπείρωμα των παξιμαδιών, αφού τοποθετηθούν στη βάση, έτσι ώστε να μπορούμε να βιδώσουμε εξωτερικά την αντλία με τη βάση, με τη χρήση βίδας με σπείρωμα M2.5.

6.10 Βάσεις Αισθητήρων και Λάστιχου Ποτίσματος

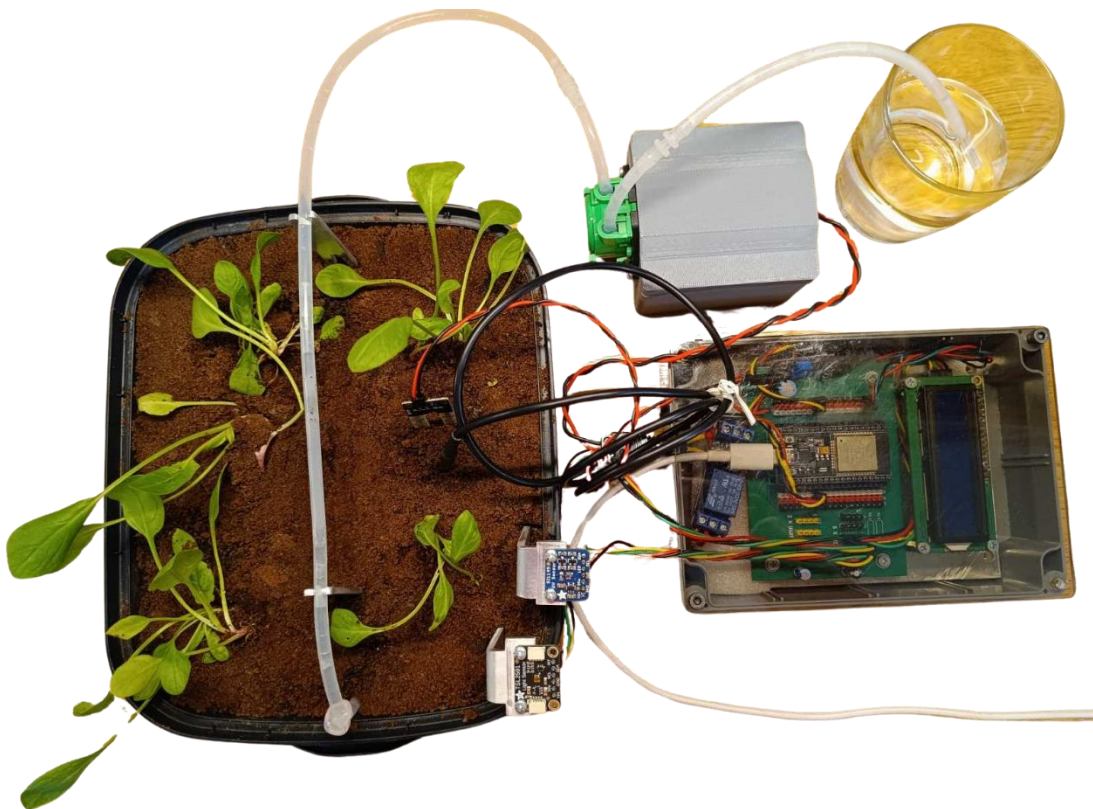
Για την στήριξη και τοποθέτηση των αισθητήρων Φωτεινότητας και UV αλλά και για το λάστιχο της αντλίας, σχεδιάστηκαν στη λειτουργία Sheet Metal του Inventor τρεις διαφορετικές βάσεις. Αφού εξάχθηκαν τα αναπτύγματα των βάσεων σε αρχείο DXF, δόθηκαν σε εταιρία κατασκευής μεταλλικών προϊόντων και κατασκευάστηκαν από αλουμίνιο πάχους 3mm.



Εικόνα 42 Βάσεις Αισθητήρων και Λάστιχου

Κεφάλαιο 7^ο Παρουσίαση της λειτουργίας και παρακολούθηση τιμών

Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε την εφαρμογή του συστήματος στην πράξη, παρακολουθώντας τη λειτουργία, απεικονίζοντας τα αποτελέσματα και παρακολουθώντας την πρόοδο.



Εικόνα 43 Παρουσίαση του συστήματος

Στην παρούσα διπλωματική, επιλέχθηκε το οργανικό σπανάκι για την παρουσίαση και την πρακτική υλοποίηση λειτουργίας του συστήματος.

Το οργανικό σπανάκι είναι ένα υγιεινό λαχανικό που προέρχεται από καλλιέργειες με οργανικές μεθόδους. Πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, προσφέρει αρκετά οφέλη για την υγεία μας. Οι τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτεινότητας στις οποίες αναπτύσσεται το οργανικό σπανάκι είναι οι εξής:

- Θερμοκρασία : Η βέλτιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του οργανικού σπανακιού είναι περίπου 15°C – 25°C.
- Υγρασία : Η κατάλληλη υγρασία για το σπανάκι κυμαίνεται περίπου από 60% έως 70%. Είναι σημαντικό να μην υπερβαίνουμε αυτό το όριο, καθώς υψηλή υγρασία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ανάπτυξη του φυτού.
- Φωτεινότητα : Το οργανικό σπανάκι αναπτύσσεται καλύτερα σε φωτεινό περιβάλλον. Είναι σημαντικό να εξασφαλίζετε ότι λαμβάνει επαρκές φως, αλλά πρέπει επίσης να το προστατεύετε από άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατά τις πιο ζεστές ώρες της ημέρας. [89],[90]

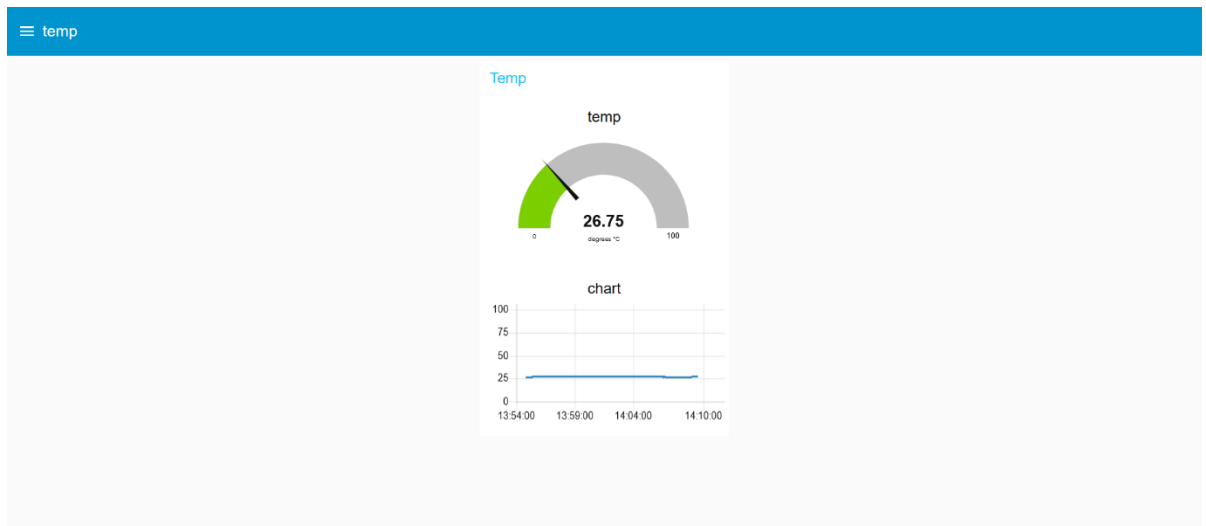


Εικόνα 44 Σπορείο

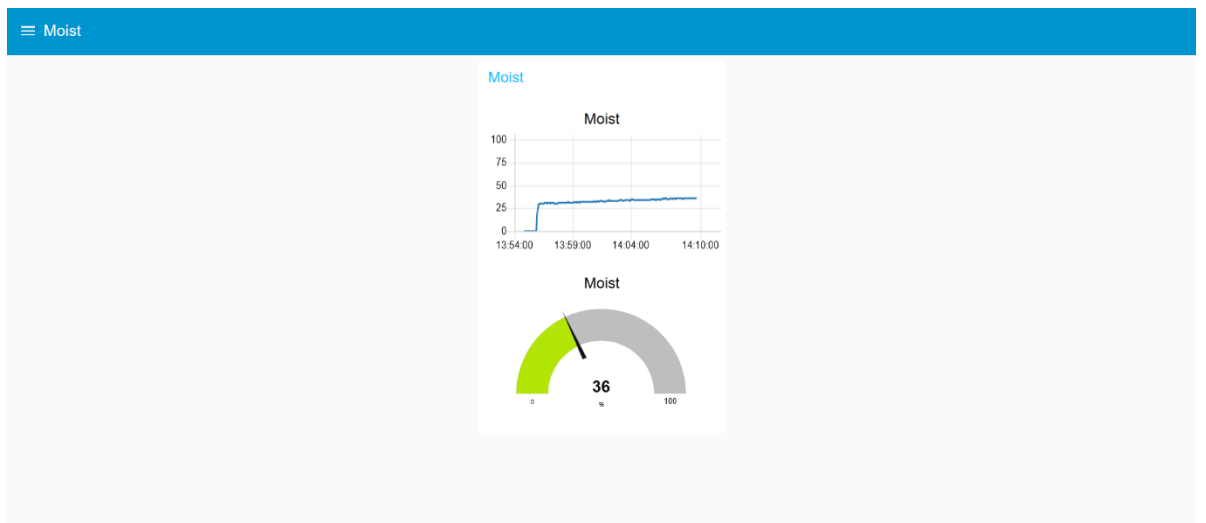
Εφόσον επιλέχθηκε το σπανάκι, θα ελεγχθούν και θα τεθούν σε εφαρμογή οι αντίστοιχες παράμετροι για τη σωστή και υγιή ανάπτυξή του, στοχεύοντας στις κατάλληλες τιμές για το εν λόγω φυτό, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι τιμές μέσω του Node-RED, το οποίο απεικονίζει και καταγράφει τα δεδομένα αφότου ενεργοποιηθεί το σύστημα και τοποθετηθούν, ενεργοποιηθούν και τεθούν σε λειτουργία οι αισθητήρες.

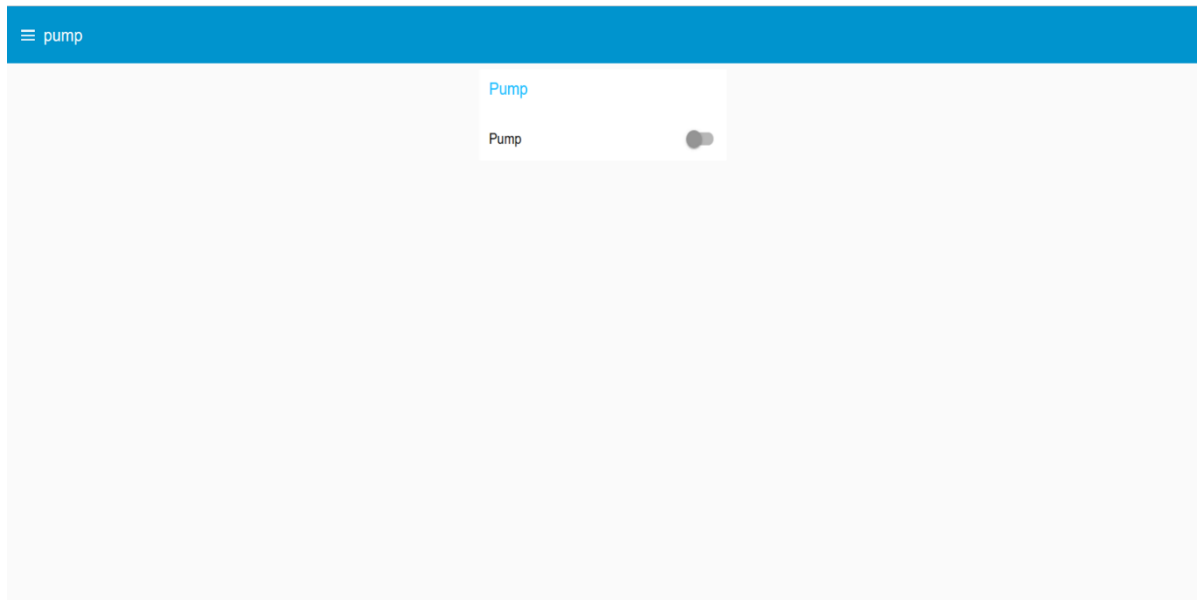
Αρχικά, λαμβάνουμε αυτές τις μετρήσεις κατά την ενεργοποίηση του προγράμματος μια ηλιόλουστη ημέρα :



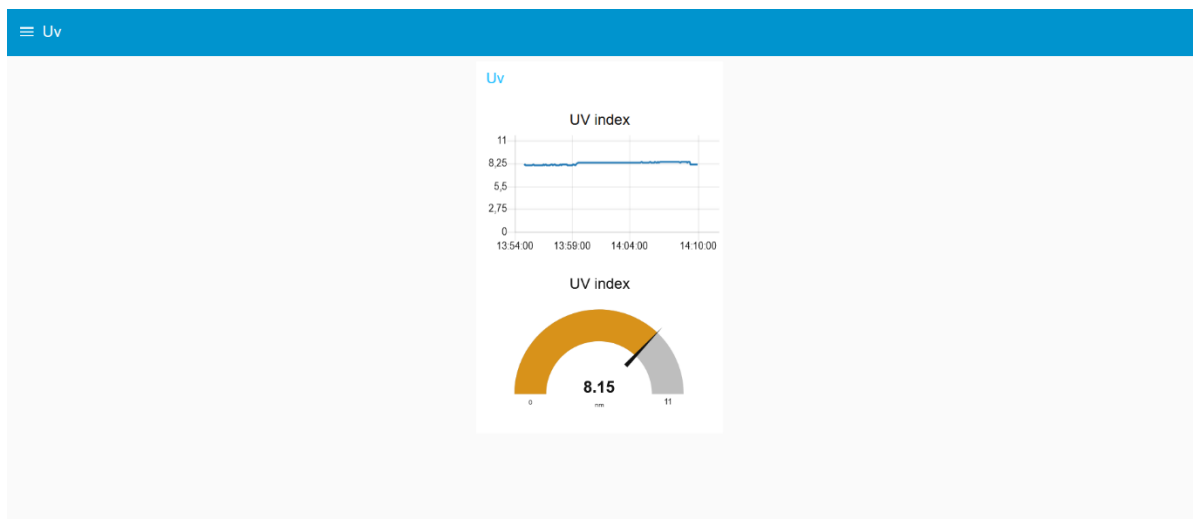
Εικόνα 45 Παρακολούθηση Θερμοκρασίας



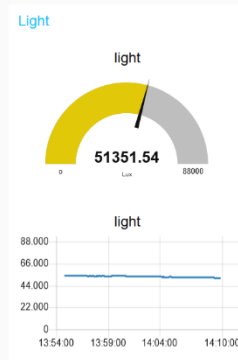
Εικόνα 46 Παρακολούθηση Υγρασίας



Εικόνα 47 Ανενεργή κατάσταση της αντλίας



Εικόνα 48 Παρακολούθηση UV



Εικόνα 49 Παρακολούθηση Φωτεινότητας

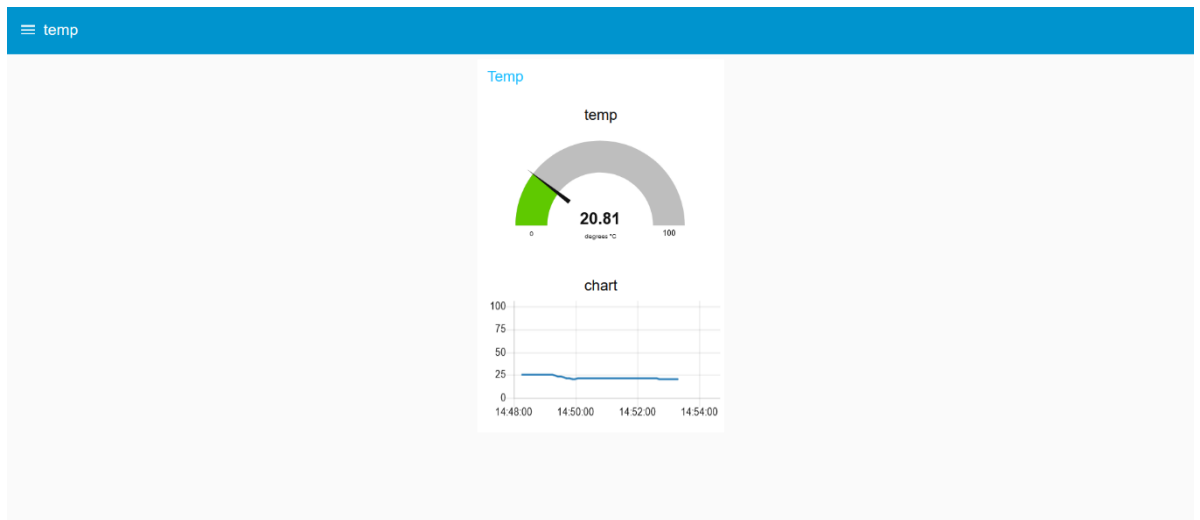
Ωστόσο, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία βρίσκεται εκτός των βέλτιστων τιμών (15-25°C). Η υγρασία επίσης είναι χαμηλότερη από τα κατάλληλα επίπεδα για την υγεία του φυτού (60-70%), υπάρχοντας κίνδυνος μαρασμού ή καταστροφής. Στη συνέχεια, βλέπουμε ότι η τιμή του UV index είναι πολύ μεγαλύτερη των προτεινόμενων για ημισκιερά φυτά (3-5). Τέλος και η φωτεινότητα είναι πολύ μεγαλύτερη από την προτεινόμενη (5000-10000 lux).

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα, με βάση τις παραπάνω μετρήσεις, ότι το φυτό δεν βρίσκεται υπό επιθυμητές συνθήκες για τη σωστή και επιτυχημένη ανάπτυξή του. Συνεπώς, συνιστάται να τοποθετηθεί σε ημισκιερό μέρος. Επιπλέον, θα ενεργοποιούμε την αντλία ποτίσματος κατά το χρονικό διάστημα που η υγρασία είναι κάτω από το επιθυμητό επίπεδο, μέχρι να φτάσει στο κατάλληλο επίπεδο και να την απενεργοποιήσουμε.

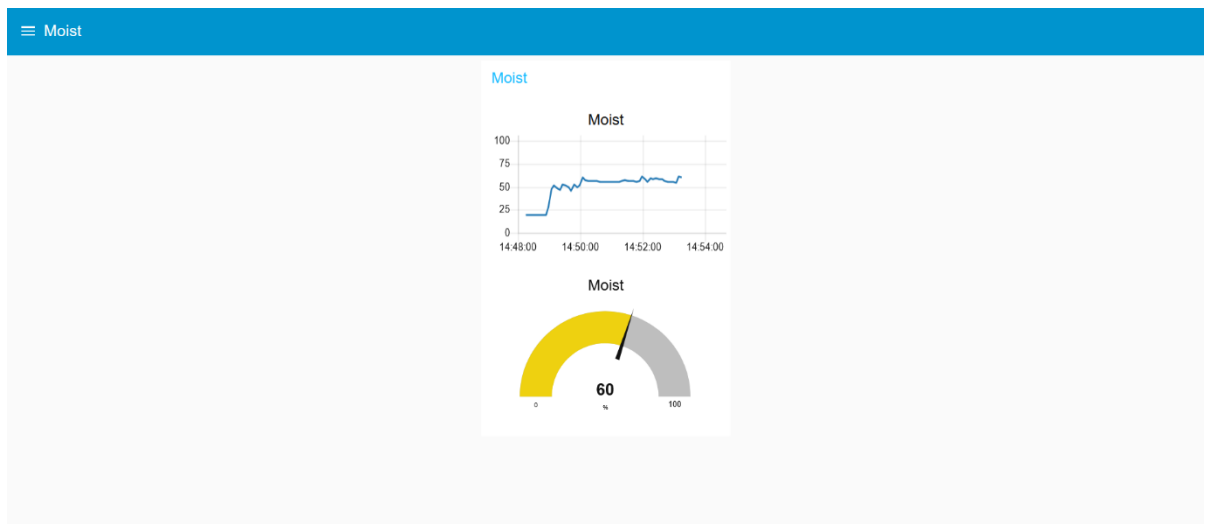
Από την άλλη πλευρά, κάποιος ενδέχεται να προτιμούν τη λειτουργία του αυτόματου ποτίσματος, όταν η υγρασία παρουσιάζει χαμηλή τιμή εκτός των επιθυμητών πλαισίων. Συνεπώς, έχουν υιοθετηθεί και οι δύο προσεγγίσεις, με την αντλία να ενεργοποιείται αυτόματα όταν η υγρασία είναι κάτω από το επιθυμητό εύρος (στην περίπτωση μας, κάτω από 60%), ενεργοποιώντας το αυτόματο πότισμα, μέχρι να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα 60-70%.

Εφόσον, ληφθούν οι συγκεκριμένες παράμετροι και τεθούν σε εφαρμογή οι βασικές προ απαιτούμενες συνθήκες που επιβάλλονται για τη σωστή ανάπτυξη του συγκεκριμένου φυτού, τοποθετώντας το σε κατάλληλο ημισκιερό μέρος και

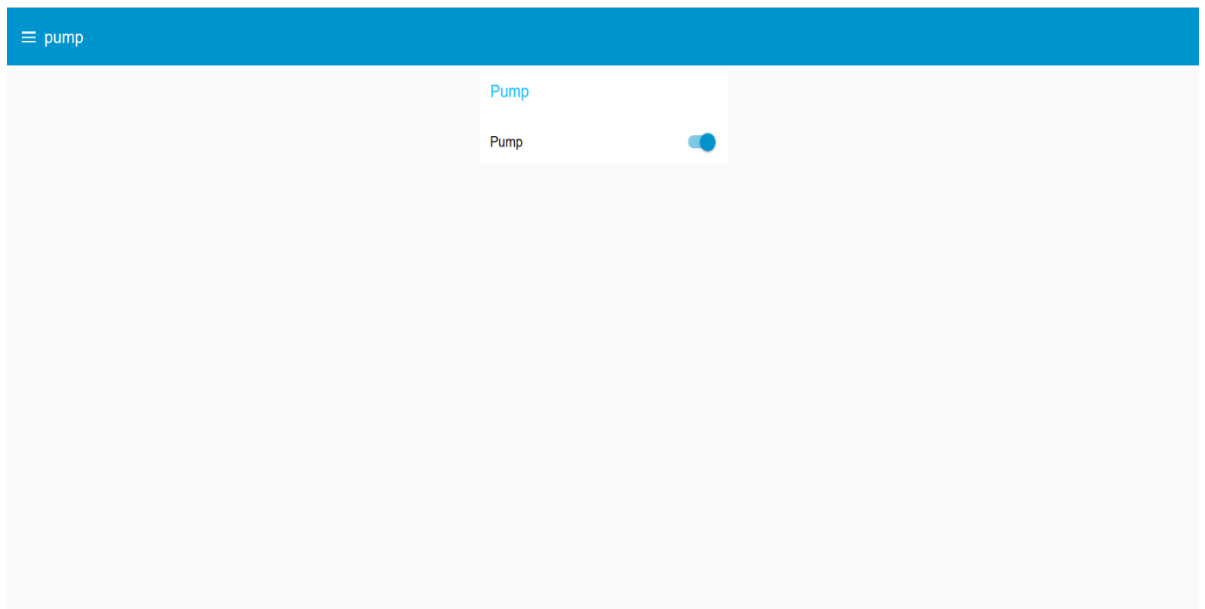
ενεργοποιώντας την αντλία ποτίσματος, παρατηρούμε τις νέες τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτεινότητας και UV.



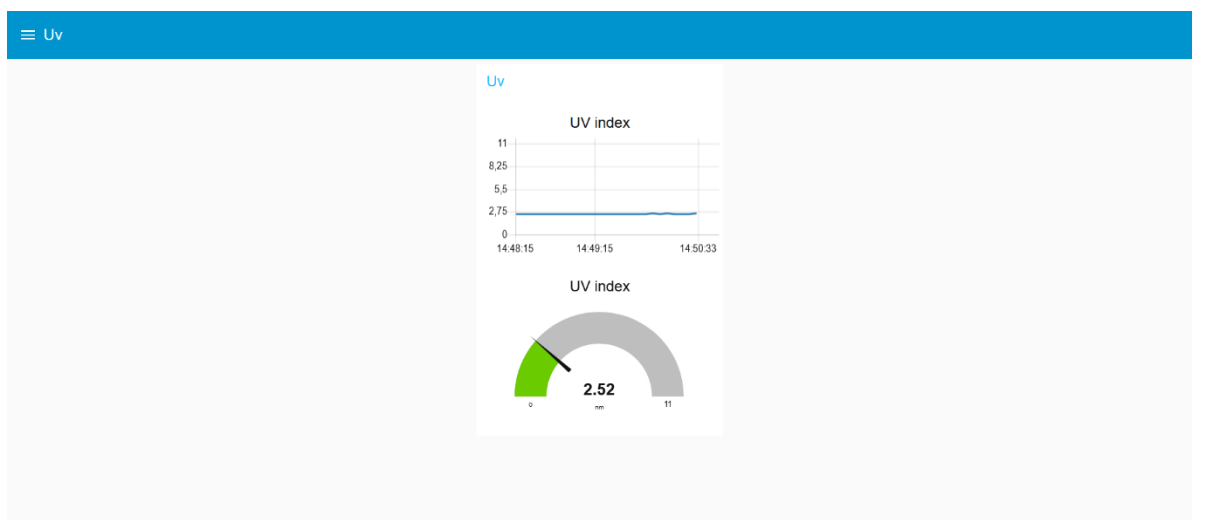
Εικόνα 50 Παρακολούθηση Θερμοκρασίας



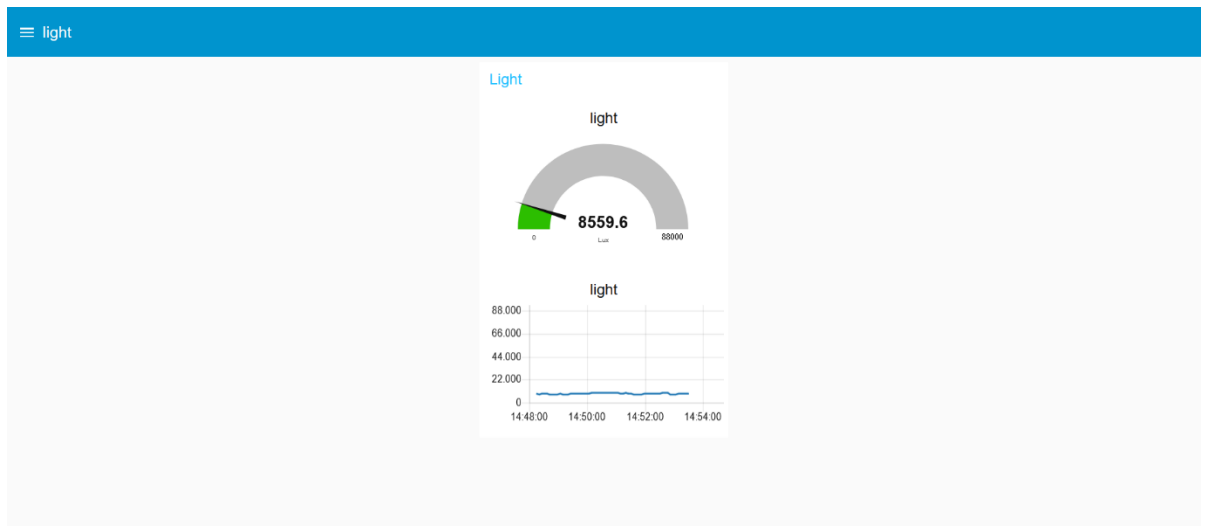
Εικόνα 51 Παρακολούθηση Υγρασίας



Εικόνα 52 Ενεργή κατάσταση της αντλίας



Εικόνα 53 Παρακολούθηση UV



Εικόνα 54 Παρακολούθηση Φωτεινότητας

Παρατηρείται ότι, μετά την ενεργοποίηση της αντλίας, η τιμή της υγρασίας αυξήθηκε σε 60%, εντός του επιθυμητού εύρους. Ταυτόχρονα, με την μετακίνηση του φυτού σε ημισκιερό μέρος, η θερμοκρασία του εδάφους καταγράφηκε στους 20.81°C, που είναι εντός του προκαθορισμένου εύρους. Τέλος, τόσο η φωτεινότητα όσο και η τιμή του UV index, μειώθηκαν δραματικά, με την τιμή της φωτεινότητας να μετράτε σε 8559.6 lux, εντός του επιθυμητού εύρους, ενώ η τιμή UV index μετρήθηκε 2.52, λίγο χαμηλότερη δηλαδή από την προτεινόμενη (3-5), αλλά πολύ πιο ασφαλή για το φυτό μας από την αρχική μέτρηση, υπό τον ήλιο.

Κεφάλαιο 8^ο Ο κώδικας της εφαρμογής και τα σχέδια του συστήματος

Ο κώδικας της εφαρμογής και τα σχέδια του συστήματος είναι διαθέσιμα σε ένα αποθετήριο, το οποίο μπορείτε να βρείτε στον παρακάτω σύνδεσμο :

<https://github.com/cathe18389037/Thesis-Code-and-3DModels>

Κεφάλαιο 9^ο Συμπεράσματα

Το εξελιγμένο σύστημα επίβλεψης και διατήρησης των φυτών μέσω των τεχνολογιών IoT αναδεικνύει μια εποχή πλήρους ενσωμάτωσης της επιστήμης στη γεωργία. Προσφέροντας πληθώρα οφελών και ευκολιών σε όλα τα εμπλεκόμενα μέλη, αυτό το σύστημα εξελίσσεται διαρκώς. Κάθε πτυχή του είναι πάντα υπό εξέλιξη και είναι πάντα διατεθειμένο να υιοθετήσει τις τελευταίες τεχνολογικές βελτιώσεις.

Μια πιθανή προοπτική εξέλιξης που μπορεί να ενισχύσει ακόμη περισσότερο την απόδοση του συστήματος είναι η ενσωμάτωση ενός συστήματος θέρμανσης με ηλεκτρικά καλώδια, τα οποία σχεδιάζονται ειδικά για να τοποθετούνται κάτω από το έδαφος. Τα εν λόγω καλώδια δημιουργούν μια αόρατη, αλλά αποτελεσματική πηγή θερμότητας που αγκαλιάζει το έδαφος.

Αυτή η προσθήκη δίνει την δυνατότητα να γίνει ρύθμιση της θερμοκρασίας σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών, προσφέροντας τη δυνατότητα για προσαρμογή σε διάφορες συνθήκες. Βελτιώνοντας έτσι την παραγωγικότητα και την ποιότητα των καλλιεργειών.

Επιπλέον, θα μπορούσε να προστεθεί έλεγχος του pH των φυτών, προσδίδοντας επιπλέον δυνατότητες παρακολούθησης και προσαρμογής για την ιδανική υγιεινή του εδάφους.

Κεφάλαιο 10^ο Επίλογος

Στον επίλογο αυτής της διπλωματικής εργασίας, προκύπτει σαφώς η ουσιώδης επίδραση που έχει το Internet of Things (IoT) στη σύγχρονη κοινωνία. Η ανάλυση του ρόλου του IoT στη βιομηχανία και τη γεωργία αναδεικνύει μια νέα εποχή όπου η τεχνολογία διαμορφώνει την οικονομία και τον τρόπο ζωής μας.

Μέσα από την εξέταση των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, των ασύρματων τεχνολογιών και των μικροελεγκτών, προκύπτει η αναγνώριση του σημαντικού ρόλου του cloud και η αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων στο πλαίσιο του IoT. Η έμφαση στην ψηφιακή μεταμόρφωση αποκαλύπτει πώς η τεχνολογία αναδιαμορφώνει τον κόσμο μας, προσφέροντας ολοκληρωμένες λύσεις για τις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής.

Το τελικό κεφάλαιο επισημαίνει τη σημασία της πρακτικότητας στη σχεδίαση και εκτέλεση του συστήματος, καθιστώντας την τεχνολογία προσιτή και λειτουργική. Οι κώδικες της εφαρμογής παρέχονται ως αναφορά, κλείνοντας τον κύκλο της ανάλυσης.

Μέσα από αυτήν την εργασία, εμφανίζεται σαφώς πώς η συνδυαστική δύναμη του IoT και της τεχνολογίας διαμορφώνει μια καινοτόμο και βιώσιμη κοινωνία. Ο προσανατολισμός προς το μέλλον παραμένει ενθαρρυντικός, καθώς η εξέλιξη του IoT συνεχίζεται, προσφέροντας λύσεις που προάγουν την καινοτομία, την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα.

Η περάτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας μου προσέδωσε μια πληθώρα σημαντικών και ποικίλων γνώσεων. Με αφοσίωση, επίμονη και υπομονή, κατέβαλα προσπάθεια προκειμένου να επιτύχω τη δημιουργία ενός βέλτιστου και προσιτού αποτελέσματος.

Κεφάλαιο 11° Βιβλιογραφία

- [1] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD
- [2] <https://fsdet.dmst.aueb.gr/index.php/2023/02/15/internet-of-things/>
- [3] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-a-smart-factory#WhatisaSmartFactoryinIoT>
- [4] <https://www.sap.com/greece/insights/industry-5-0.html>
- [5] <https://www.smart-akis.com/index.php/el/network-el/what-is-smart-farming-el/>
- [6] <https://ciksiti.com/el/chapters/5871-10-best-advantages-of-iot-in-agriculture-and-smart-farming>
- [7] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7_%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1
- [8] https://ts2.space/el/%CE%BF-%CF%81%CF%8C%CE%BB%CE%BF%CF%82-%CF%84%CE%BF%CF%85-iot-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%AD%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%B2%CE%BF/?fbclid=IwAR0Mr46rOoO-iBYshb_gWiDX3m31FOha75kVt4QhgqyUG17GXBTOJ6RIamA
- [9] <http://m.gr.xinhegreenhousefactory.com/info/iot-technology-for-smart-greenhouses-72546147.html>
- [10] <https://iqcrops.com/article-agricola-greenhouse-precision-growing-iot/>
- [11] <https://www.novagreen.gr/orismenoi-vasikoi-paragontes-poy-epirezoynti-vlastisi-ton/>
- [12] Φροντίδα Φυτών - Minu Athens (minu-athens.com)
- [13] Διαταραχές θρέψης φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες) - Γνωσιακή Βάση (aeroponic.gr)
- [14] <http://cps.cfh.gr/permaculture>
- [15] https://www.researchgate.net/profile/Philia-Issari/publication/340183520_Chapter_1_An_Introduction_to_Qualitative_Research_Kephalaio_1_Eisagoge_sten_Poiotike_Ereuna_2/links/5e7cc0f2458515efa0ad51c6/Chapter-1-An-Introduction-to-Qualitative-Research-Kephalaio-1-Eisagoge-sten-Poiotike-Ereuna-2.pdf?origin=publication_detail
- [16] <https://student.cc.uoc.gr/uploadFiles/1110-%CE%A5004%CE%9A/enotita1.pdf>
- [17] <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/kalliergitikes-praktikes/item/3134-paragontes-pou-epirezoun-tin-anaptyksi-ton-fyton>
- [18] <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/10/3834>
- [19] <https://www.clevermushroom.com.au/blog/smart-greenhouse-rd/>
- [20] <https://el.lambdageeks.com/temperature-sensor-for-plants/>
- [21] <https://el.haenselblatt.com/articles/gardening-how-to/soil-temperature-gauges-tips-for-determining-current-soil-temperatures.html>
- [22] http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CE%B5%CE%B4%CE%AC%CF%86%CE%BF%CF%85%CF%82
- [23] <https://sperotec.com/2021/04/13/best-iot-sensors-for-smart-greenhouse-monitoring/>
- [24] <https://www.mokolora.com/el/lora-soil-moisture-sensors/>
- [25] <https://cropscience.gr/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%83-%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE>

B7%CF%83-%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CF%83-%CF%83%CE%B5-2/

- [26] <https://www.agroclica.gr/blog/164/fotismos-led-ghia-tin-veltisti-anaptiksi-ton-fitwn>
- [27] https://eclass.hmu.gr/modules/document/file.php/TGH222/Lecture_2_Ardeuseis_2019.pdf
- [28] <https://www.uv4plants.org/wp-content/uploads/2014/10/UV-web-opt.pdf>
- [29] <https://www.garten.uni-rostock.de/en/studies-and-teaching/in-depth-information-on-selected-subjects/uv-radiation-and-plants/>
- [30] <https://www.intechopen.com/chapters/85608>
- [31] <https://extension.wvu.edu/lawn-gardening-pests/news/2021/03/01/how-plants-use-water>
- [32] <https://www.geoponiko-parko.gr/menu-agriculture-advices/menu-agriculture-advices-jul/108-pleonektimata-aftomatou-potismatos-se-veranta-i-kipo>
- [33] <https://www.britannica.com/science/seed-plant-reproductive-part>
- [34] <https://byjus.com/biology/seed-definition/>
- [35] <https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse>
- [36] <https://www.wikihow.com/How-Does-a-Greenhouse-Work>
- [37] <https://climapod.com/how-does-the-greenhouse-work/>
- [38] <https://www.gemma.gr/gr/symvoules-arthra/leptomereies/12361/>
- [39] <https://behrtech.com/blog/4-benefits-of-smart-greenhouses-and-how-to-get-started/>
- [40] <https://www.hindawi.com/journals/jece/2017/9324035/>
- [41] <https://www.techtarget.com/iotagenda/feature/Common-application-layer-protocols-in-IoT-explained>
- [42] <https://www.avast.com/c-what-is-tcp-ip>
- [43] <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/TCP-IP>
- [44] <https://psiborg.in/advantages-of-using-mqtt-for-iot-devices/>
- [45] <https://www.engineersgarage.com/application-layer-protocols-for-iot-iot-part-11/>
- [46] <https://aws.amazon.com/what-is/mqtt/>
- [47] <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/8/1781>
- [48] <https://learnelectronics.gr/%CF%84%CE%BF-%CF%80%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82-spi/>
- [49] https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
- [50] https://blogs.sch.gr/1lykespp/files/2013/05/Pleonektimata.kai_.Meionektimata.tou_.Internet.pdf
- [51] <https://eyewated.com/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CF%8C%CF%80%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-i2c/>
- [52] https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver-transmitter
- [53] <https://decent.erasmus.site/el/docs/digital-newspeak/training-content/pros-and-cons-of-internet-communication/>
- [54] <http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/Lesson03.pdf>
- [55] <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>
- [56] <https://www.pcmag.com/reviews/raspberry-pi-5>
- [57] <https://el.lambdageeks.com/electrolytic-capacitors/>

- [58] <https://grobotronics.com/jumper-wires-30cm-female-to-female-pack-of-10.html>
- [59] <https://grobotronics.com/carbon-1-4w-5-4.7kohm.html>
- [60] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%84%CE%B7%CF%82>
- [61] <https://grobotronics.com/relay-module-1-channel-24v.html>
- [62] <https://randomnerdtutorials.com/esp32-esp8266-i2c-lcd-arduino-ide/>
- [63] <https://www.elprocus.com/lcd-16x2-pin-configuration-and-its-working/>
- [64] <https://learnelectronics.gr/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-i2c-lcd-%CE%BC%CE%B5-%CF%84%CE%BF-arduino/>
- [65] <https://grobotronics.com/esp32-development-board-nodemcu-32s.html>
- [66] <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32/>
- [67] <https://grobotronics.com/peristaltic-liquid-pump-12v-dc.html>
- [68] <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf>
- [69] <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/Si1145-46-47.pdf>
- [70] <https://nettop.gr/index.php/arduino/prostheta/si1145-digital-uv-index-ir-visible-light-sensor.html>
- [71] <https://www.adafruit.com/product/1980>
- [72] <https://www.electronicwings.com/esp32/soil-moisture-sensor-interfacing-with-esp32>
- [73] <https://protosupplies.com/product/soil-moisture-sensor-module/>
- [74] <https://www.eginnovations.com/documentation/Mosquitto-MQTT/What-is-Mosquitto-MQTT.htm>
- [75] <https://projects.eclipse.org/projects/iot.mosquitto>
- [76] <https://mqtt.org/>
- [77] <https://el.wikipedia.org/wiki/PuTTY>
- [78] <https://nodered.org/>
- [79] <https://developer.ibm.com/blogs/top-5-reasons-to-use-node-red-right-now/>
- [80] <https://el.wikipedia.org/wiki/JSON>
- [81] <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/whats-arduino>
- [82] https://ee.auth.gr/wp-content/uploads/participants-database/diplwmatikh_teliko.pdf
- [83] <https://el.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>
- [84] <https://www.pcsteps.gr/213103-%cf%84%ce%b9-%ce%b5%ce%af%ce%bd%ce%b1%ce%b9-%cf%84%ce%bf-internet-of-things-iot-smart-home/>
- [85] <https://adi-platform.com/resource/%CF%84%CE%BF-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CF%89%CE%BD/>
- [86] <https://www.simplify3d.com/>
- [87] <https://total3dprinting.org/prusa-i3-vs-anet-a8-comparison/>
- [88] https://github.com/skohlbr/PrusaSlicer_Anet_A8_Config
- [89] <https://wikifarmer.com/el/%ce%ba%ce%b1%ce%bb%ce%bb%ce%b9%ce%ad%cf%81%ce%b3%ce%b5%ce%b9%ce%b1-%cf%83%cf%80%ce%b1%ce%bd%ce%b1%ce%ba%ce%b9%ce%bf%cf%8d-%ce%b1%cf%80%ce%bf-%cf%84%ce%b7-%cf%83%cf%80%ce%bf%cf%81%ce%ac-%ce%ad%cf%89/>
- [90] <https://www.herbstore.gr/p/spanaki-skoni-bio.html>

Βιβλιογραφία Εικόνων

- Εικόνα 1 <https://www.naftemporiki.gr/techscience/1054865/pepoithisi-oti-to-iot-tha-metasthimatisei-tin-asfaleia-ton-viomichanikon-systimaton-elegchou/>
- Εικόνα 2 <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/2008-eksygni-georgia-simainei-aftomatopoiimeni-kai-syndedemeni-georgia>
- Εικόνα 3 <https://eforigi.com.gr/news/perivallon/item/25251-i-klimatiki-allagi-tha-boroyse-na-odigisei-216-ekatommyria-anthropous-sti-metanastefsi-eos-to-2050>
- Εικόνα 4 <https://garden-for-all.com/2018/09/15/%CE%BC%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%AD%CF%82-%CE%B3%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%80%CE%BB/>
- Εικόνα 5 https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2666154323002831-ga1_lrg.jpg
- Εικόνα 6 <https://pixnio.com/el/%CF%86%CF%85%CF%84%CE%AC/%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%BF%CF%8D%CE%B4%CE%B9%CE%B1/%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%84%CF%81%CF%8C%CF%80%CE%B9%CE%B1/%CF%86%CF%85%CF%84%CF%8C-%CE%AE%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%82-%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%BF%CF%8D%CE%B4%CE%B9-%CF%86%CF%8D%CF%83%CE%B7-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CE%B7%CE%BB%CE%AF>
- Εικόνα 7 <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/kalliergitikes-praktikes/item/1812-oi-epidraseis-tou-vroxinou-neroy-sta-fyta>
- Εικόνα 8 <https://www.clevermushroom.com.au/blog/smart-greenhouse-rd/>
- Εικόνα 9 <https://www.intechopen.com/chapters/74913>
- Εικόνα 10 <https://www.hindawi.com/journals/jece/2017/9324035/>
- Εικόνα 11 <https://medium.com/@lminhtm/giao-th%E1%BB%A9c-tcp-v%C3%A0-udp-160060974552>
- Εικόνα 12 <https://psiborg.in/advantages-of-using-mqtt-for-iot-devices/>
- Εικόνα 13 https://www.researchgate.net/publication/318893841_Energy-Efficient_Wireless_Sensor_Networks_for_Precision_Agriculture_A_Review
- Εικόνα 14 <https://learnelectronics.gr/%CF%84%CE%BF-%CF%80%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82-spi/>
- Εικόνα 15 <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>
- Εικόνα 16 <https://decent.erasmus.site/el/docs/digital-newspeak/training-content/pros-and-cons-of-internet-communication/>
- Εικόνα 17 <https://www.dpaonthenet.net/article/68868/New-innovation-enhances-information-storage-in-electronics.aspx>
- Εικόνα 18 <https://nettop.gr/index.php/raspberry-pi/kit-plaketes/raspberry-pi-5-4gb.html>
- Εικόνα 19 <https://grobotronics.com/raspberry-pi-5-4gb.html>
- Εικόνα 20 <https://topelectronics.gr/electronics/components/capacitor/electrolytic-capacitor-50v-1uf-511mm/>
- Εικόνα 21 <https://grobotronics.com/jumper-wires-30cm-female-to-female-pack-of-10.html>
- Εικόνα 22 <https://grobotronics.com/carbon-1-4w-5-4.7kohm.html>
- Εικόνα 23 <https://grobotronics.com/relay-module-1-channel-24v.html>
- Εικόνα 24 <https://www.elprocus.com/lcd-16x2-pin-configuration-and-its-working/>
- Εικόνα 25 <https://grobotronics.com/lcd-display-i2c-interface-module.html>
- Εικόνα 26 https://docs.ai-thinker.com/en/esp32/boards/nodemcu_32s

- Εικόνα 27 <https://grobotronics.com/peristaltic-liquid-pump-12v-dc.html>
- Εικόνα 28 <https://www.devobox.com/128-ds18b20-temperature-waterproof-sensor.html>
- Εικόνα 29 <https://nettop.gr/index.php/arduino/prosthera/si1145-digital-uv-index-ir-visible-light-sensor.html>
- Εικόνα 30 <https://learn.adafruit.com/adafruit-tsl2591/overview>
- Εικόνα 31 <https://protosupplies.com/product/soil-moisture-sensor-module/>
- Εικόνα 32 <https://mqtt.org/>
- Εικόνα 34 <https://startuptalky.com/split-tunneling-with-vpn/>
- Εικόνα 35 <https://www.vecteezy.com/vector-art/26754076-internet-of-things-technology-with-wi-fi-compatibility-hand-holding-wifi-connection-with-icon-refers-to-the-technology-of-transmitting-wireless-signals-to-electronic-devices-to-work-as-instructed>