



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of  
Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των  
μικροελεγκτών**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ**

(ΑΕΜ: 1937)

**Επιβλέπων : Μιχάλας Άγγελος**  
**Καθηγητής**

Καστοριά, Ιούνιος 2021

Η παρούσα σελίδα σκοπίμως παραμένει λευκή



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of  
Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των  
μικροελεγκτών**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ**

(ΑΕΜ: 1937)

**Επιβλέπων : Μιχάλας Άγγελος**  
**Καθηγητής**

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την **ημερομηνία εξέτασης**

.....  
Ον/μο Μέλους  
Ιδιότητα Μέλους

.....  
Ον/μο Μέλους  
Ιδιότητα Μέλους

.....  
Ον/μο Μέλους  
Ιδιότητα Μέλους

Καστοριά, Ιούνιος 2021

Copyright © 2021 – ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Ως συγγραφέας της παρούσας εργασίας δηλώνω πως η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και δεν περιέχει υλικό από μη αναφερόμενες πηγές.



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον κύριο Μιχάλα Άγγελο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και εν συνεχεία για την καθοδήγηση αλλά και την στήριξη του σε αυτήν μου την προσπάθεια, της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω πολύ και τα παιδιά του φοιτητικού παραρτήματος του ΙΕΕΕ του τμήματος, τα οποία με βοήθησαν στο ξεκίνημα της εργασίας αυτής με την τεχνογνωσία την οποία διαθέτουν.

## Περίληψη

---

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό να εμβαθύνει σε αυτό που ονομάζεται διαδίκτυο των πραγμάτων στα πλαίσια της γεωργίας, ξεκινώντας από την πρώτη γενικότερη εμφάνιση του συγκεκριμένου όρου, τις εφαρμογές του στο σήμερα, αλλά και τις μελλοντικές επεκτάσεις του. Βασικό στόχο επίσης αποτελεί η κατανόηση και αποσαφήνιση των ορισμών του IoT Agriculture αλλά και του Smart farming μέσα από μια σειρά παραδειγμάτων και εφαρμογών που αφορούν τις δυο αυτές έννοιες και ειδικότερα μέσα από την εφαρμογή που έχει δημιουργηθεί με την χρήση των μικροελεγκτών.

**Λέξεις Κλειδιά:** Διαδίκτυο των πραγμάτων, Έξυπνες πόλεις , IoT Agriculture, Smart Farming, Γεωργία ακρίβειας, Πλακέτες Arduino, Μικροελεγκτές, Atmega 328, Αισθητήρες, Arduino Shields, Ubidots STEM

## Abstract

---

This present thesis aims to penetrate the technology which is called the Internet of Things in the context of agriculture, starting from the first general appearance of this term to its applications in this day and age, but also its future expansions. Furthermore, the main goal is also to understand and clarify the definitions of Internet of Things Agriculture and Smart farming through a series of examples and applications related to these two concepts and in particular through the application created using microcontrollers.

***Key Words: Internet of Things, Smart Cities, IoT Agriculture, Smart Farming, Precision Agriculture, Arduino Boards, Microcontrollers, Atmega 328, Sensors, Arduino Shields, Ubidots STEM***



## Πίνακας Περιεχομένων

---

Εισαγωγή.....	1
1. Διαδίκτυο των πράγματων.....	2
<b>1.1 Εισαγωγή στο διαδίκτυο των πράγματων.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 Internet of Things.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2 Ιστορική αναδρομή στο Internet of Things .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3 Τύποι διασύνδεσης IoT συσκευών .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Εφαρμογές του Internet Of Things .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1 Εφαρμογές που αφορούν τον καταναλωτή.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2 Επιχειρησιακές εφαρμογές.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.3 Βιομηχανικές εφαρμογές.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.4 Εφαρμογές που αφορούν τον στρατό.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 Smart cities.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.1 Το IoT στα πλαίσια των πόλεων .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.2 Υπηρεσίες του internet of things στο αστικό περιβάλλον.....</b>	<b>11</b>
2. IoT Agriculture και Smart farming.....	13
<b>2.1 IoT Agriculture.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1 Πρωτοκόλλα επικοινωνίας στα πλαίσια του IoT Agriculture .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2 Πλεονεκτήματα του IoT Agriculture.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Smart farming .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Εφαρμογές IoT Agriculture.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1 Γεωργία ακριβείας.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2 Παρακολούθηση θερμοκηπίου .....</b>	<b>20</b>
3. Arduino.....	22
<b>3.1 Εισαγωγή στην πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.1 Ανάλυση της πλακέτας ως προς το hardware .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2 Διάφορες πλακέτες Arduino .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Μικροελεγκτές.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1 Atmega 328 .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Αισθητήρες.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.1 Αναλογικοί αισθητήρες.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.2 Ψηφιακοί αισθητήρες .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.3 Τύποι αισθητήρων.....</b>	<b>31</b>

<b>3.4</b>	<b>Arduino Shields</b> .....	34
<b>3.4.1</b>	<b>Τύποι Arduino shields</b> .....	34
4.	Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής .....	37
<b>4.1</b>	<b>Πρώτη πειραματική διάταξη</b> .....	37
<b>4.1.1</b>	<b>Παρακολούθηση θερμοκρασίας και υγρασία περιβάλλοντος</b> .....	38
<b>4.1.2</b>	<b>Πρόληψη πυρκαγιάς</b> .....	39
<b>4.1.3</b>	<b>Buzzer συναγερμού</b> .....	40
<b>4.1.4</b>	<b>Ειδοποίηση για την τρέχουσα χρονική στιγμή</b> .....	41
<b>4.2</b>	<b>Δεύτερη πειραματική διάταξη</b> .....	41
<b>4.2.1</b>	<b>Παρακολούθηση της στάθμης νερού</b> .....	43
<b>4.2.2</b>	<b>Παρακολούθηση ποσοστών υγρασίας χώματος</b> .....	43
<b>4.2.3</b>	<b>Αυτόματο πότισμα των φυτών</b> .....	44
<b>4.2.4</b>	<b>Περιφερειακά</b> .....	44
<b>4.3</b>	<b>Ubidots STEM</b> .....	46
<b>4.3.1</b>	<b>Εισαγωγή στην πλατφόρμα</b> .....	46
<b>4.3.2</b>	<b>Διαχείριση των δεδομένων μέσω της πλατφόρμας Ubidots STEM</b> .....	48
5.	Μελλοντικές επεκτάσεις .....	50
<b>5.1</b>	<b>Έξυπνη καλλιέργεια με Kaa</b> .....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>5.2</b>	<b>Ελεγχόμενοι μέθοδοι καλλιέργειας</b> .....	51
	Συμπεράσματα .....	51
	Αναφορές .....	53
	Παράρτημα Κώδικα .....	57

## Λίστα Εικόνων

---

Εικόνα 1 Internet of Things.....	2
Εικόνα 2 Εφαρμογές του Internet of Things.....	6
Εικόνα 3 Smart home.....	7
Εικόνα 4 Ο ρόλος του Internet of Things στα πλαίσια της ιατρικής.....	9
Εικόνα 5 Smart cities.....	10
Εικόνα 6 Το IoT στον τομέα της γεωργίας.....	13
Εικόνα 7 Γεωργία ακριβείας.....	18
Εικόνα 8 Έλεγχος της εδαφικής ακεραιότητας μέσω των drones.....	20
Εικόνα 9 Η βασική δομή μιας πλακέτας Arduino.....	23
Εικόνα 10 Arduino Uno.....	24
Εικόνα 11 Arduino Leonardo.....	25
Εικόνα 12 Arduino Mega 2560.....	26
Εικόνα 13 Arduino Mega ADK.....	26
Εικόνα 14 Arduino mini.....	27
Εικόνα 15 Μικροελεγκτής.....	27
Εικόνα 16 Ο μικροελεγκτής Atmega 328.....	29
Εικόνα 17 Διάφοροι τύποι αισθητήρων.....	30
Εικόνα 18 Αισθητήρας ήχου.....	32
Εικόνα 19 Αισθητήρας αερίων.....	32
Εικόνα 20 Αισθητήρας φωτός.....	33
Εικόνα 21 Μετεωρολογικός σταθμός με την χρήση Arduino.....	33
Εικόνα 22 Prototype shield.....	34
Εικόνα 23 Ethernet shield.....	35
Εικόνα 24 Gsm shield.....	35
Εικόνα 25 Wi-Fi shield.....	36

Εικόνα 26 DHT11.....	39
Εικόνα 27 Ο αισθητήρας φωτιάς KY-026.....	40
Εικόνα 28 Buzzer.....	40
Εικόνα 29 Φωτοαντίσταση τύπου KY-018.....	41
Εικόνα 30 Αισθητήρας στάθμης νερού.....	43
Εικόνα 31 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους.....	44
Εικόνα 32 Breadboard 830 εσοχών.....	45
Εικόνα 33 Jumper wires τριών διαφορετικών τύπων.....	46
Εικόνα 34 Οι δυο επιλογές χρήσης της πλατφόρμας κατά την είσοδο στην ιστοσελίδα	47
Εικόνα 35 API key και Tokens.....	47

## Εισαγωγή

---

Αρχικά, στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια να αποσαφηνιστεί η έννοια του διαδικτύου των πραγμάτων ξεκινώντας από το πρώτο κεφάλαιο, στο οποίο γίνεται μια εισαγωγή σε αυτό, ώστε να γίνει κατανοητή η έννοια του, μέσω της ιστορικής αναδρομής του αλλά και των εφαρμογών του, ξεκινώντας από τις πιο απλές και φτάνοντας μέχρι και τις έξυπνες πόλεις.

Προχωρώντας στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τις δυο βασικές έννοιες που σχετίζονται άμεσα με την παρούσα πτυχιακή εργασία, δηλαδή τους όρους του IoT Agriculture και του Smart Farming, ξεκινώντας από τον ορισμό του έως και τις εφαρμογές που σχετίζονται με αυτά.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται όλα όσα σχετίζονται με τις πλακέτες μικροελεγκτών Arduino από την ανάλυση ως προς το hardware έως και τους μικροελεγκτές που χρησιμοποιούν, τους αισθητήρες καθώς και τα διάφορα shields.

Στο επόμενο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της εφαρμογής που δημιουργήθηκε, ξεκινώντας από τις δυο πειραματικές διατάξεις σαν σενάρια μέχρι και την λεπτομερή υλοποίηση τους.

Τέλος, στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο έγινε αναφορά σε κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις που αφορούν τα πλαίσια του Internet of Things στα γενικότερα πλαίσια της γεωργίας.

## 1. Διαδίκτυο των πράγματος

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια εισαγωγή στο επονομαζόμενο «διαδίκτυο των πραγμάτων», θα δούμε λοιπόν τι ορίζουμε σαν διαδίκτυο των πραγμάτων καθώς και την ιστορική του αναδρομή. Επιπλέον, θα αναφερθούν βασικές λειτουργίες του Internet of Things (IoT) στην καθημερινή μας ζωή όπως και κάποιες επεκτάσεις που ίσως δοθούν σε αυτό στο άμεσο μέλλον.

### 1.1 Εισαγωγή στο διαδίκτυο των πραγμάτων

#### 1.1.1 Internet of Things

Ζούμε σε μια εποχή που ο κόσμος μας βιώνει μια ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη. Η καθημερινότητα μας η οικονομία καθώς και η επικοινωνία μας αλλάζει βελτιώνεται και διευκολύνεται εκθετικά και παράλληλα της τεχνολογίας που συνεχώς εξελίσσεται.

Η χρήση τεχνολογικών αντικειμένων εδραιώνεται παγκοσμίως μέρα με τη μέρα από συσκευές καθημερινής χρήσης όπως για παράδειγμα το κινητό μας τηλέφωνο μέχρι τις πιο εξειδικευμένες συσκευές που μας βοηθάνε στην εξερεύνηση του διαστήματος. Μέσα σε όλη αυτή τη τεχνολογική ανάπτυξη ανήκει και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT). Το Διαδίκτυο των πραγμάτων [1] αναφέρεται και ουσιαστικά έρχεται να δημιουργήσει αυτή τη δικτυακή διασύνδεση των καθημερινών αντικειμένων. Θα μπορούσαμε να πούμε πολύ γενικά ότι το IoT είναι μια κοινή γλώσσα ανάμεσα στις συσκευές και τον άνθρωπο που βοηθάει την σωστή αλληλεπίδραση και επικοινωνία μεταξύ τους, με το διαδίκτυο να έχει ζωτικής σημασίας ρόλο πλέον στη καθημερινότητα μας. Το Internet of Things είναι μια παγκόσμια υποδομή που αυξάνει συνεχώς τη παρουσία του στο διαδίκτυο, παρέχει προηγμένες υπηρεσίες διασυνδέοντας τα φυσικά με τα τεχνολογικά αντικείμενα.



Εικόνα 1 Internet of Things (Πηγή: [https:// https://www.zdnet.com](https://www.zdnet.com))

Τα τελευταία χρόνια, το IoT έχει κερδίσει μεγάλη προσοχή από ερευνητές και επαγγελματίες από όλο τον κόσμο ως αποτέλεσμα να παρακολουθούμε μια καταπληκτικά γρήγορη πρόοδο στις υποκείμενες τεχνολογίες και μια συνεχή έρευνα και προσπάθεια για ανάπτυξη και βελτίωση κάθε πτυχής και λεπτομέρειας του, ανοίγοντας ένα τεράστιο αριθμό ευκαιριών και εφαρμογών που υπόσχονται να βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής μας.

Κάποια σημαντικά παραδείγματα IoT συσκευών είναι το Ασύρματο Διαδίκτυο εξαιρετικά υψηλής ταχύτητας, Smart Home καθώς και συσκευές ασφάλειας σπιτιού, Wearable Health monitors και αυτοματοποιημένος γεωργικός εξοπλισμούς. Στο προσεχές υποκεφάλαιο θα αναφερθούμε σε περισσότερα παραδείγματα και θα εμβαθύνουμε στη χρήση και χρησιμότητα των IoT συσκευών.

### **1.1.2 Ιστορική αναδρομή στο Internet of Things**

Η πρώτη εμφάνιση του ορού Internet of things (IoT) [2] όπως έχει γίνει ευρέως γνωστός σήμερα έκανε την εμφάνιση του κάπου το 1999 από τον Kevin Ashton, συνιδρυτής του Auto – ID Center του ινστιτούτου τεχνολογίας της Μασαχουσέτης. Ο συγκεκριμένος ορός λοιπόν χρησιμοποιήθηκε από τον Ashton ως ένας απλός τίτλος μιας παρουσίασης για την εταιρία στην οποία εργαζόταν ακόμα ως brand manager.

Γνωρίζοντας λοιπόν ότι το διαδίκτυο ήταν ακόμα για την συγκεκριμένη εποχή μια σχετικά μεγάλη υπόθεση έκανε χρήση του συγκεκριμένου ορού διότι κατά τον ίδιο αποτελούσε μια λέξη κλειδί που θα τραβούσε σιγουρά την προσοχή.

Αντιμετωπίζοντας λοιπόν ένα πρόβλημα συνεχούς εξάντλησης ενός συγκεκριμένου προϊόντος από τα ράφια των καταστημάτων, ενώ ενημερωνόταν ότι στις αποθήκες τους υπήρχε μεγάλο απόθεμα του συγκεκριμένου προϊόντος και ελέγχοντας τες μαζί με τους υπεύθυνους της εταιρίας, ο ίδιος θέλησε να μάθει σε τι οφείλεται αυτή η απώλεια και από που πηγάζει.

Σχεδόν την ίδια χρονική περίοδο δημιουργήθηκαν κάποιες ετικέτες αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID). Οι συγκεκριμένες ετικέτες θα μπορούσαν ασύρματα πλέον να μεταφέρουν μικρά κομμάτια δεδομένων, ενσωματώνοντας τα με μικροσκοπικά τσιπ επάνω στα προϊόντα. Όπως είναι λογικό ο τρόπος αυτός ενσωματώθηκε στην εταιρία μετά από πρόταση του ιδίου του Ashton αφού πλέον ο εντοπισμός και η παρακολούθηση των αποθεμάτων θα ήταν ευκολότερος εφόσον θα ήταν φανερή τοποθεσία τους.

Αναμενόμενο ήταν σαφώς να δοθούν εκατοντάδες τέτοιες παρουσιάσεις σχετικά με τις τεχνολογικές δυνατότητες των RFID που ήταν σε θέση πια κάθε τσιπ να επικοινωνεί μέσω ασυρμάτου δικτύου με μηχανήματα.

Όλο αυτό είχε ως αποτέλεσμα για μια δεκαετία από τα τέλη του 2000 μέχρι και τις αρχές του 2010 η ιδέα του διαδικτύου των πραγμάτων να αρχίσει να προβληματίζει

θετικά εταιρίες από όλο τον κόσμο, ξεκινώντας μια σειρά εργασιών και αναφορών σχετικά με την τεχνολογία γύρω από το Internet of Things.

Στο συγκεκριμένο σημείο αξίζει να αναφερθεί πως η Cisco το 2011 δήλωσε πως το IoT «γεννήθηκε» ουσιαστικά κάπου μεταξύ στο 2008 με 2009 όταν σύμφωνα με αυτήν ήταν περισσότερα τα αντικείμενα και συσκευές που ήταν συνδεδεμένες στο διαδίκτυο από ότι ζωντανοί άνθρωποι στον πλανήτη.

Φθάνοντας αισίως στο σήμερα θα δούμε βασιζόμενοι στο Internet of Things αλλά και στις τεχνολογίες του ποσό δραστικά έχει τροποποιηθεί ο τρόπος λειτουργίας των επιχειρήσεων, η ζωή των ανθρώπων αλλά ίσως και της κοινωνίας ολόκληρης.

### **1.1.3 Τύποι διασύνδεσης IoT συσκευών**

Τα συστήματα του Internet of Things [3] όπως προαναφέραμε στο σύνολο τους απαρτίζονται από συσκευές και αντικείμενα που πρέπει να ανταλλάσσουν πληροφορίες είτε μεταξύ τους είτε με κάποιον κεντρικό διακομιστή.

Η σύνδεση αυτών των συσκευών με τον διακομιστή γίνεται κατά κύριο λόγο με την χρήση ενός απλού τοπικού δικτύου είτε με τη χρήση ενός cloud δικτύου. Στο τοπικό δίκτυο αυτό οι συσκευές συνδέονται με τον διακομιστή ο οποίος εκτελεί τις εφαρμογές και αλληλοεπιδρά με αυτές μέσω των σημείων πρόσβασης (AP).

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τοπολογίας είναι το υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας αφού οι εφαρμογές μπορούν να εκτελεστούν ακόμα και αν η σύνδεση στο διαδίκτυο αποτύχει.

Όσον αφορά την σύνδεση μέσω cloud, ο διακομιστής και οι εφαρμογές πραγματοποιούν την ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ τους με την χρήση του διαδικτύου. Όπως καταλαβαίνουμε η σύνδεση στο διαδίκτυο για την εκτέλεση των εφαρμογών είναι απαραίτητη εφόσον έχει την δυνατότητα να επιτρέπει την εκτέλεση αυτών υπό την προϋπόθεση της πρόσβασης στο διαδίκτυο.

Σε γενικά πλαίσια οι ασύρματες τεχνολογίες προτείνονται για συσκευές IoT λόγω της εξάλειψης του κόστους καλωδίωσης αλλά και της ευκολίας ανάπτυξης.

Σήμερα λοιπόν κάνουμε λόγο για μια πληθώρα τέτοιων ασύρματων τεχνολογιών αρκετά βελτιστοποιημένες για εφαρμογές IoT μερικές έκτων οποίων θα αναφερθούν παρακάτω.

#### **1.1.3.1 IEEE 802.15.4**

Η τεχνολογία αυτή έχει σχεδιαστεί για να παρέχει τοπική συνδεσιμότητα σε συσκευές χαμηλής κατανάλωσης ισχύος και για σχετικά μικρές αποστάσεις ενώ έχει βασιστεί στο λεγόμενο μοντέλο ανοιχτής διασύνδεσης συστήματος (OSI). Η πρώτη του



κυκλοφορία του ήταν κάπου το 2003 και έκτοτε έχει διατηρηθεί παρέχοντας πρόσθετες τροποποιήσεις στους χρήστες.

### **1.1.3.2 WIFI**

Το συγκεκριμένο πρότυπο σχεδιάστηκε για ασύρματα τοπικά δίκτυα κατά κύριο λόγο, που σκοπό είχε την λιγότερο δυνατή απώλεια δεδομένων για περιορισμένο αριθμό συνδεδεμένων συσκευών και σε μικρές αποστάσεις.

Αρκετές είναι οι τροποποιήσεις οι οποίες έχει υποστεί από τότε το πρότυπο αυτό, ώστε να φτάσει στην μορφή που έχει σήμερα, η οποία το καθιστά ως την επικρατέστερη ασύρματη τεχνολογία λόγω των υψηλών ρυθμών μετάδοσης του.

### **1.1.3.3 Bluetooth**

Αναμφισβήτητα το χαμηλό κόστος σε τέτοιες τεχνολογίες είναι ένα από τα βασικά κριτήρια τα οποία αφορούν τον καταναλωτή. Με την χρήση του Bluetooth λοιπόν αυτό επιτυγχάνεται εφόσον μιλάμε για ασύρματη τεχνολογία χαμηλού κόστους όσο αναφορά την δημιουργία προσωπικών δικτύων σε μικρές αποστάσεις συνήθως μικρότερες από 100 μέτρα.

Αξίζει να αναφερθεί πως το 2010 έκανε την εμφάνιση του μια εξέλιξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, το Bluetooth χαμηλής ενέργειας ή αλλιώς Bluetooth low energy (BLE), με φανερά βελτιούμενο εύρος μετάδοσης σε σχέση με τις προηγούμενες εκδόσεις του και πολύ χαμηλότερου κόστους. Όλο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να το καταστήσουν το BLE ως το πλέον κατάλληλο για εφαρμογές ελέγχου και παρακολούθησης μετάδοσης ισχύος.

## **1.2 Εφαρμογές του Internet Of Things**

Όπως γίνεται κατανοητό όταν αναφέρεται ο ορός του διαδικτύου των πραγμάτων γίνεται αυτομάτως σαφές ότι γίνεται και λόγος για μια πληθώρα εφαρμογών, οι οποίες βρίσκονται ακόμα σε σχετικά αρχικό στάδιο. Παρόλα αυτά λόγω των διαστάσεων των οποίων έχει αποκτήσει το Internet of Things σε συνδυασμό με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας αλλά και τις διαφορετικές ανάγκες των χρηστών τώρα πια, δεν θα μπορούσαμε σε καμία περίπτωση να τις αναλύσιμ όλες σε βάθος όσο και αν η χρήση αυτών επεκτείνεται ταχύτατα.

Φτάνοντας στο σήμερα λοιπόν, φαίνεται ότι πολλοί είναι αυτοί οι τομείς οι οποίοι βελτιώνονται μέρα με την μέρα με την χρήση αυτών των εφαρμογών και μαζί με αυτούς βελτιώνεται και η ποιότητα της καθημερινής μας ζωής, εφόσον κάνουμε λόγο για μια πληθώρα από αυτές, είτε από τις πιο απλές οι οποίες αφορούν τον μέσο καταναλωτή έως και τις πιο συνθέτες κάνοντας λόγο για αυτές που χρησιμοποιούνται για στρατιωτική χρήση.

Ξεκινώντας από τις πιο απλές λοιπόν, δηλαδή αυτές που απευθύνονται στον απλό καταναλωτή και με αύξουσα σειρά φτάνοντας ως τις πιο συνθέτες, θα αναφερθούν και θα αναλυθούν μερικές από αυτές τις εφαρμογές παρακάτω .

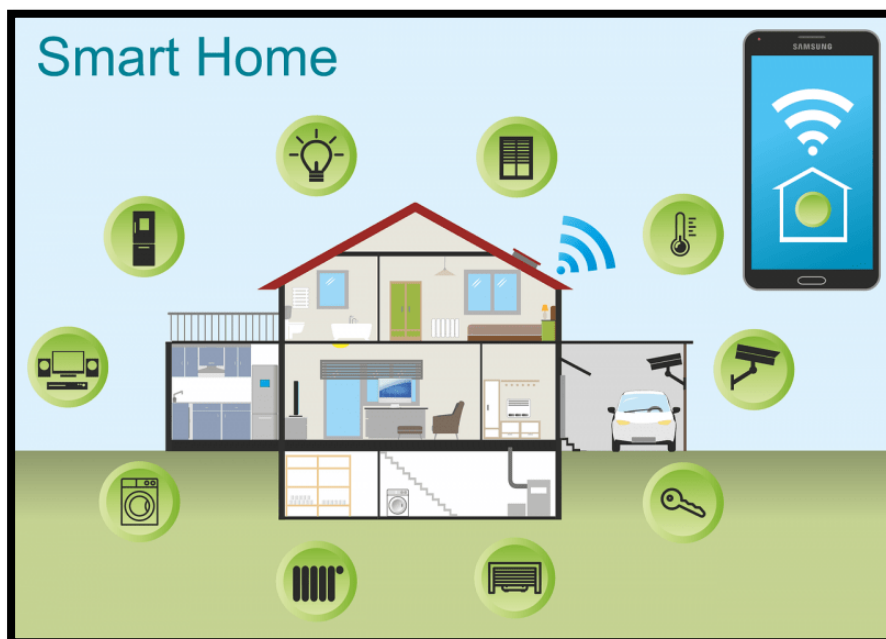


Εικόνα 2 Εφαρμογές του Internet of Things (Πηγή: <https://vizah.ch>)

## 1.2.1 Εφαρμογές που αφορούν τον καταναλωτή

### 1.2.1.1 Smart Home

Αδιαμφισβήτητα ένας από τους βασικούς πυρήνες αυτού που ονομάζουμε Internet of Things αποτελούν και τα έξυπνα σπίτια (Smart homes) [4]. Εξυπηρετώντας τους χρήστες καθημερινά με διάφορες ψηφιακές συσκευές που είναι βασισμένες στην τεχνολογία του IoT, παρατηρούμε ότι έχει αλλάξει ριζικά την καθημερινότητα του καθενός εφόσον προσφέρουν την δυνατότητα σύνδεσης οποιουδήποτε χρήστη σε αυτές ανεξάρτητος τόπου αλλά και χρόνου. Ας πάρουμε ως πιο απλό παράδειγμα τα συστήματα αυτοματισμού, τα οποία με το πέρασμα των χρονών βλέπουμε ότι εξελίσσονται όλο και περισσότερο, έχοντας πλέον την δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών αλλά και υπηρεσιών με σχεδόν κάθε τύπου συσκευή.



Εικόνα 3 Smart home (Πηγή: <https://anakainisispitiou.gr>)

Συγκεκριμένα λοιπόν όταν μιλάμε για έξυπνα σπίτια εννοούμε αυτοματοποιημένα κτήρια που έχουν εγκατεστημένες συσκευές για την ανίχνευση τυχών βλαβών και τη σωστή λειτουργία του εσωτερικού περιβάλλοντός τους μέσω του ελέγχου συστημάτων όπως είναι αυτό του κλιματισμού, του εξαερισμού, της θέρμανσης, του φωτισμού, δηλαδή από τα πιο απλά μέχρι και εξειδικευμένα συστήματα που αφορούν την ασφάλεια.

Τα σύγχρονα αυτά συστήματα περιλαμβάνουν ένα σύνολο από αισθητήρες αλλά και διακόπτες, τα οποία όλα αυτά μαζί επικοινωνούν με έναν κεντρικό άξονα, τις επονομαζόμενες πύλες (gateways). Οι πύλες αυτές είναι κάποια συστήματα ελέγχου που επιτρέπουν την διεπαφή χρήστη που αλληλοεπιδρά με κινητό τηλέφωνο, υπολογιστή αλλά και tablet, η σύνδεση των οποίων διαχειρίζεται από το εκάστοτε σύστημα IoT.

### 1.2.1.2 Wearables for Smart Health

Σε αυτό το σημείο θα επικεντρωθούμε κατά κύριο λόγο στα Wearable Health devices [5] για υποστήριξη των ηλικιωμένων. Η αναπτυγμένη τεχνολογία του σήμερα έχει συνεισφέρει στη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού των ηλικιωμένων. Οι ηλικιωμένοι είναι μια ομάδα ανθρώπων που χρήζει μιας πιο ιδιαίτερης και προσεγγίσιμης ιατρικής περίθαλψης με αποτέλεσμα να απαιτεί περισσότερους ιατρικούς πόρους (νοσοκόμους, ιατρούς) ειδικά αν θέλουν να διατηρήσουν έναν κάλο και ανεξάρτητο τρόπο ζωής. Κατά συνέπεια η αύξηση του ηλικιωμένου πληθυσμού και οι ιατρικές ανάγκες που είναι οπωσδήποτε απαραίτητες βάζουν το υγειονομικό σύστημα σε επιπλέον πίεση διότι απαιτείτε η αφομοίωση περισσότερου ανθρώπινου δυναμικού και χρηματοοικονομικών πόρων.

Κάπου εδώ έρχεται το IoT και τα Wearable Health devices που ενδεχομένως να μπορούν να συνεισφέρουν στη μείωση αυτής της πίεσης που δέχεται η υγειονομική περίθαλψη και η οικονομία της υγείας με πολλές υποσχόμενες λύσεις και συνάμα με δυνατότητα βελτίωσης και της ποιότητα ζωής των ηλικιωμένων.

Κάποια παραδείγματα Wearable Health Devices για υποστήριξη ηλικιωμένων ατόμων είναι τα εξής:

Οι Motion Trackers είναι φορητές συσκευές που βοηθάνε στη μέτρηση και τη παρακολούθηση κίνησης. Οι αισθητήρες αυτοί βοηθάνε στον άμεσο εντοπισμό της θέσης του ανθρώπου σε περίπτωση τυχόν πτώσης αυτού και στην παρακολούθηση της αθλητικής δραστηριότητας του χρήστη δίνοντας ακριβείς μετρήσεις της καθημερινής δραστηριότητας του, συμβάλλοντας στη συντήρηση και στη βελτίωση του τρόπου ζωής του.

Vital signs measurement είναι φορητές συσκευές, διαφορετικά αναφέρονται και ως Smart Clothing που βοηθάνε στη παρακολούθηση και μέτρηση ζωτικών σημείων όπως είναι ηλεκτροκαρδιογράφημα, ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, θερμοκρασία σώματος κ.α. δίνοντας άμεσα πληροφορίες σε κάποιο δέκτη όπως για παράδειγμα κάποιο μέλος της οικογένειας ή τον εκάστοτε γιατρό, βοηθώντας στη άμεση πρόληψη και αντιμετώπιση προβλημάτων υγείας.

## **1.2.2 Επιχειρησιακές εφαρμογές**

### **1.2.2.1 Εφαρμογές στην ιατρική**

Εκτός από τις εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί για την προσωπική χρήση του καταναλωτή υπάρχουν και κατηγορίες πιο εξειδικευμένες. Μία από αυτές που είναι αρκετά σημαντική αφορά τις εφαρμογές που εντάσσονται στα πλαίσια της ιατρικής [6]. Οι εφαρμογές αυτές λοιπόν απαρτίζονται εκτός των άλλων από διάφορες συσκευές τεχνολογίες, wearables αλλά και συσκευές υγείας, οι οποίες στο σύνολο τους μπορούν να θεωρηθούν ως καινοτομίες του IoT, εφόσον μπορούν να οδηγήσουν στην λύση σημαντικών προβλημάτων όσο αναφορά την υγειονομική περίθαλψη. Παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής αποτελεί η ανίχνευση του επιπέδου της γλυκόζης στους διαβητικούς ασθενείς, κατά την οποία αισθητήρες τοποθετημένοι στους ασθενείς συνδέονται μέσω σύνδεσης IPv6 με παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα επίσης αποτελούν η παρακολούθηση ηλεκτροκαρδιογραφήματος, της αρτηριακής πίεσης, της θερμοκρασίας σώματος, του κορεσμού οξυγόνου καθώς και αλλά πολλά.





## 1.3 Smart cities

### 1.3.1 Το IoT στα πλαίσια των πόλεων

Βλέπουμε πως το IoT μπαίνει σιγά σιγά στην καθημερινότητα μας κάνοντας τη ζωή μας πιο εύκολη καθώς και βελτιώνοντας τη σε πάρα πολλούς τομείς μέσω της μεγάλης ποικιλία συσκευών που μπορεί να αλληλοεπιδρά [10]. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω το IoT είναι ένας ζωντανός οργανισμός που προσαρμόζεται και εξελίσσεται συνεχώς .

Με τα αστικά κέντρα να μεγαλώνουν έχουμε ως αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι απαιτήσεις ,οι παροχές και υπηρεσίες προς το κόσμο για την διευκόλυνση και βελτίωση τη καθημερινότητας του συνολικού πληθυσμού ανοίγοντας έτσι ένα νέο παράθυρο και βγαίνοντας από το σπίτι (Smart Home) πια αναζητώντας εφαρμογές σε ένα πιο δύσκολο και περίπλοκο σε σενάριο καθώς και μια προσπάθεια να δοθούν λύσεις στη διαχείριση δημοσίων υποθέσεων.

Αυτή η αλληλεπίδραση του IoT με το αστικό περιβάλλον και προβλήματα των πόλεων ονομάζεται (Smart City) αν και δεν είναι επίσημος αποδεκτός ορισμός.



Εικόνα 5 Smart cities (Πηγή: <https://scinews.eu>)

Στόχος είναι να γίνει καλύτερη χρήση των δημοσίων πόρων, αυξάνοντας τη ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρονται στους πολίτες, μειώνοντας παράλληλα τα λειτουργικά έξοδα των δημοσίων διοικήσεων. Ένα αστικό IoT, πράγματι, μπορεί να φέρει ορισμένα οφέλη στη διαχείριση και βελτιστοποίηση των παραδοσιακών δημοσίων υπηρεσιών, όπως η μεταφορά και η στάθμευση, ο φωτισμός, η επιτήρηση και συντήρηση δημοσίων χώρων, διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, η περισυλλογή των σκουπιδιών, ανάπτυξη και βελτίωση των υπηρεσιών των

νοσοκομείων καθώς και του σχολείου. Επιπλέον μπορεί να προωθήσει τις ενέργειες της τοπικής αυτοδιοίκησης προς τους πολίτες, να βελτιώσουν την ευαισθητοποίηση των ανθρώπων σχετικά με την κατάσταση της πόλης τους, να ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή των πολιτών στη διαχείριση της δημόσιας διοίκησης. Στο υπόλοιπο αυτής της ενότητας, εξετάζουμε μερικές από τις υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει στο αστικό περιβάλλον.

### **1.3.2 Υπηρεσίες του internet of things στο αστικό περιβάλλον**

#### **1.3.2.1 Διατήρηση της ακεραιότητας των ιστορικών μνημείων**

Η δομική ακεραιότητα των ιστορικών κτηρίων και όχι μόνο [10], είναι ένα ζήτημα το οποίο απασχολεί ομολογουμένως πολλές σύγχρονες πόλεις, εφόσον απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση τους σε μόνιμη βάση για την αποφυγή τυχών φθορών που μπορεί να προκύψουν κυρίως από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση συγκεκριμένων αισθητήρων όπως δονήσεων για την περίπτωση σεισμού, ατμοσφαιρικού παράγοντα αισθητήρων για την παρακολούθηση του επίπεδο ρύπανσης καθώς και αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας ώστε να παρέχεται μια γενικότερη παρατήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν.

#### **1.3.2.2 Διαχείριση αποβλήτων**

Ένα από τα πρωταρχικά ζητήματα των σύγχρονων πόλεων που χρήζουν λύσης είναι η διαχείριση των αποβλήτων. Ωστόσο, μια βαθύτερη διεύθυνση στον τομέα αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση με οικονομικά και οικολογικά πλεονεκτήματα. Όπως για παράδειγμα η χρήση των έξυπνων κάδων που με μας δίνουν συνεχώς πληροφορίες για τα επίπεδα φόρτωσης του κάδου στα οχήματα περισυλλογής των απορριμμάτων με αποτέλεσμα μείωση του κόστους συλλογής και τη βελτίωση της ποιότητας ανακύκλωσης.

#### **1.3.2.3 Κυκλοφοριακή συμφόρηση**

Άλλο ένα σημαντικό ζήτημα που πλήττει της σύγχρονες πόλεις είναι η κυκλοφοριακή συμφόρησή. Η παρακολούθηση της κυκλοφορίας μέσω IoT μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες ανίχνευσης και το GPS που είναι εγκατεστημένα σε σύγχρονα οχήματα καθώς και με αισθητήρες παρακολούθησης της παραγωγής ρίπων και ακουστικούς αισθητήρες για τη παρακολούθηση και εξομάλυνση του θορύβου. Αυτές όλες οι πληροφορίες βοηθάνε και τις αρχές αλλά και τους πολίτες, με σκοπό μια πειθαρχημένη και πιο ποιοτική κυκλοφορία μέσα στις πόλεις.

#### **1.3.2.4 Ενεργειακά ποσοστά**

Τα ποσοστά ενέργειας, τα οποία καταναλώνονται σε μια πόλη θεωρείται ίσως από τα κυριότερα θέματα που μπορεί να δώσει ουσιαστικές λύσεις το IoT.

Στα πλαίσια αυτού λοιπόν παρέχεται μια υπηρεσία παρακολούθησης της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται από ολόκληρη την πόλη, δίνοντας με αυτό τον τρόπο την δυνατότητα στις αρχές και στους πολίτες να έχουν μια λεπτομερή εικόνα ως προς τα ποσοστά ενέργειας που απαιτούνται από διάφορες υπηρεσίες όπως τα φανάρια η θέρμανση οι κάμερες ελέγχου και ούτω καθεξής.

Ένα παράδειγμα ώστε να γίνει πιο κατανοητή η εφαρμογή του IoT όσο αναφορά τα ποσοστά ενέργειας που καταναλώνονται σε μια πόλη θα μπορούσε να είναι η βελτιστοποίηση της απόδοσης φωτισμού στους δρόμους. Συγκεκριμένα, αυτή η υπηρεσία μπορεί να βελτιστοποιήσει τους λαμπτήρες φωτισμού στους δρόμους αποδίδεται αυξομειώνοντας την ένταση ανάλογα τη ώρα της ημέρα και τη καιρική κατάσταση που επικρατεί καθώς λαμβάνει και υπόψιν την φυσική παρουσία ανθρώπων. Αυτή η υποδομή στους δρόμους των Smart Cities βοηθάει στην ποιότητα απόδοσης φωτισμούς στους δημοσίους χώρους ρίχνοντας παράλληλα και το κόστος.



## 2. IoT Agriculture και Smart farming

### 2.1 IoT Agriculture

Η γεωργία αποτελεί σίγουρα τον βασικό πυλώνα της οικονομίας μιας χώρας πόσο μάλλον της δίκης μας εφόσον πρόκειται για αναπόσπαστο κομμάτι της και έκτος αυτού απασχολεί και ένα τεράστιο αριθμό ανθρωπίνου δυναμικού [11]. Ενδεχομένως ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζεται σε αυτήν είναι η κλιματική αλλαγή. Οι έντονες βροχοπτώσεις, οι πολύ υψηλές αλλά και χαμηλές θερμοκρασίες, η χαλαζόπτωση όπως και πολλές άλλες καιρικές συνθήκες συμπεριλαμβάνονται σίγουρα στις επιπτώσεις αυτής της αλλαγής αυτής, οι οποίες καθίσταται λογικό να μειώνουν σε υπερβολικό βαθμό την παραγωγικότητα και να παίζουν σημαντικό ρολό στον κύκλο ζωής των φυτών επηρεάζοντας τον αρνητικά. Η αξιολόγηση βεβαία μιας ολόκληρης καλλιέργειας δεν εξαρτάται μόνο από παράγοντες που πηγάζουν από το περιβάλλον, αλλά από ένα γενικότερο σύνολο αυτών το οποίο περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την οξύτητα του εδάφους, πιθανές επιθέσεις αγρίων ζώων αλλά και κλοπές [12]. Με την χρήση των καταλλήλων μικροελεγκτών, αισθητήρων αλλά και διαφόρων άλλων συσκευών γίνεται αυτομάτως κατανοητό πως όλη αυτή η διαδικασία θα γινόταν σαφώς ευκολότερη εφόσον θα προσέφερε στους ανθρώπους που ασχολούνται με τον τομέα της γεωργίας ένα τεράστιο φάσμα από επιλογές και πιθανές λύσεις στα ζητήματα που θα εντοπίζονταν.



Εικόνα 6 Το IoT στον τομέα της γεωργίας

Κάπου εδώ λοιπόν έρχεται το Internet of Things, όπου έφερε μια επανάσταση όσο αναφορά τον τομέα της γεωργίας με τις καινοτόμες και υπερσύγχρονες τεχνολογίες [11] τις οποίες έχει την δυνατότητα να προσφέρει ώστε να επηρεάσουν αποτελεσματικά την βιομηχανία της και να επιτρέψει στους αγρότες να έρθουν αντιμέτωποι με τεράστιες προκλήσεις που εμφανίζονται, αφού πλέον μπορούν πολύ εύκολα να λαμβάνουν

πληροφορίες αλλά και γνώσεις σχετικά με τις τεχνολογίες που παρέχονται από το IoT. Οι σύγχρονες αυτές τεχνολογίες του είναι ικανές να εντοπίσουν όλα τα ζητήματα τα οποία μπορεί να προκύψουν σε ότι αφορά τις καλλιεργείες αλλά και γενικά στην παραγωγικότητα αυξάνοντας την και μειώνοντας παράλληλα το κόστος [12]. Επιπλέον, καθιστά δυνατή την σωστή διαχείριση και προγραμματισμό των διαθέσιμων πόρων με σκοπό την βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας.

### **2.1.1 Πρωτόκολλα επικοινωνίας στα πλαίσια του IoT Agriculture**

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας αποτελούν [13] χωρίς αμφιβολία την ραχοκοκαλιά των IoT συστημάτων, επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων από συσκευή σε συσκευή μέσω δικτύου. Τα πρωτόκολλα καθορίζουν επίσης τις μορφές ανταλλαγής, κωδικοποίησης και δρομολόγησης των πακέτων από την πηγή στο προορισμό επιτρέποντας την σύνδεση δικτύου και συσκευών.

- **802.11-Wi-Fi**

Το IEEE 802.11 [12] είναι ένα σύνολο από πρωτοκολλά επικοινωνίας ασυρμάτου τοπικού δικτύου που περιλαμβάνει το 802.11a, το 802.11b, 802.11g και 802.11n, 802.11ac. Τα πρότυπα αυτά λειτουργούν σε διαφορετικά εύρη συχνοτήτων 5 GHz, 2,2 GHz, 2,4 GHz, 60 GHz και 5 GHz αντίστοιχα. Το εύρος μεταφοράς δεδομένων τους κυμαίνεται από 1 MB έως και 7 GB και το εύρος επικοινωνίας τους είναι από 20 έως 100 μετρά.

- **802.16 –WiMAX**

Το WiMax [12] παρέχει ευρωζώνη συνδεσιμότητα πολλαπλών προσπελάσεων που περιλαμβάνει σταθερή κινητή η φορητή επικοινωνία μέσω ενσύρματης η ασύρματης σύνδεσης.

Τα πρότυπα WiMax [13] παρέχουν ρυθμούς δεδομένων από 1,5 MB έως και 1 GB, η πιο πρόσφατη ενημέρωσή τους προσφέρει ρυθμό μετάδοσης από 100 MB για κινητούς σταθμούς και 1 GB για σταθερούς σταθμούς.

- **802.15.4-LR –WPAN**

Η κύρια ιδιότητα αυτού του πρότυπου [12] είναι ότι παρέχει υπηρεσίες επικοινωνίας χαμηλής ταχύτητας αλλά και χαμηλού κόστους.

Τα LR- WPAN παρέχουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που κυμαίνεται από 40 kB/s μέχρι και 250kB/s.

Τα συγκεκριμένα πρότυπα χρησιμοποιούνται για ως επί το πλείστον για εσωτερικές καλλιεργείες όπως για παράδειγμα οικιακούς κήπους η ακόμα και μικρά αγροκτήματα.

Τα συγκεκριμένα [13] πρότυπα αποτελούν την βάση για τα πρωτόκολλα υψηλών αποδόσεων όπως το ZigBee το οποίο θα αναλυθεί στην συνέχεια.

- **Πρότυπα κινητών επικοινωνιών ( 2G,3G, 4G)**

Τα πρότυπα κινητών επικοινωνιών [12] αποτελούνται από την πρώτη γενιά (2G) την δεύτερη γενιά (3G), και την τέταρτη γενιά (4G).

Οι IoT συσκευές που βασίζονται σε αυτά τα πρότυπα μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω δικτύου κινητής επικοινωνίας. Οι ρυθμοί μετάδοσης σε αυτά τα πρότυπα κυμαίνονται από 9,6 kB/s για την 2<sup>η</sup> γενιά έως και 100 MB/s για την 4<sup>η</sup> γενιά.

- Bluetooth

Το πρότυπο αυτό [13] βασίζεται στην τεχνολογία του 808.15.1.

Πρόκειται για μια ασύρματη τεχνολογία χαμηλής ισχύος αλλά και χαμηλού κόστους η οποία καθίσταται κατάλληλη για μεταφορά δεδομένων μέσω κινητών σε μικρή εμβέλεια που κυμαίνεται από 8 έως και 10 μετρά.

Η συχνότητα του ορίζεται στα 2,4 GHz, και ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων σε διάφορες εκδόσεις του Bluetooth κυμαίνεται από 1MB/s έως και 24 MB/s.

Η χρήση του συγκεκριμένου προτύπου [12] είναι πολύ συχνή εφόσον πρόκειται για την πιο κατάλληλη τεχνολογία για γεωργικές εφαρμογές πολλαπλών επίπεδων.

- Lora WAN R1.0-Lora

Το Lora wan [13] είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας το οποίο σχεδιάστηκε από μια μη κερδοσκοπική εταιρία την Lora TM Alliance.

Στόχος το προτύπου αυτού είναι να διασφαλίσει την δια λειτουργικότητα διαφόρων φορέων σε ένα ανοιχτό παγκόσμιο πρότυπο.

Οι ρυθμοί μεταφοράς των δεδομένων είναι από 0,3 kB/s έως και 50 kB/s και λειτουργεί σε ζώνες συχνοτήτων που αγγίζουν τα 868 με 900 MHz.

- ZigBee

Το ZigBee [14] έχει σχεδιαστεί για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ειδικότερα για την αντικατάσταση των ήδη υπαρχόντων μη τυποποιημένων τεχνολογιών.

Το ZigBee μπορεί να παίξει καθοριστικό ρολό σε εφαρμογές όπως η παρακολούθηση θερμοκηπίου όπου συνήθως απαιτούνται μικρής εμβέλειας τεχνολογίες κατά την παρακολούθηση διάφορων παραμέτρων.

Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μεταφέρονται από τον αισθητήρα κατευθείαν μέσω του πρωτοκόλλου ZigBee στον τελικό διακομιστή.

- Zig fox

Το πρωτόκολλο αυτό [14] χρησιμοποιείται για παροχή υπηρεσιών συνδεσιμότητας δικτύου με αντικείμενα χαμηλής ισχύος. Η ζώνη συχνοτήτων στην οποία λειτουργεί είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Προσφέρει απόδοση υψηλού επιπέδου ακόμη και αν χρειαστεί να μεταδοθούν δεδομένα από 100 αισθητήρες ταυτόχρονα.

- MQTT

Το MQTT [12] είναι ένα πρωτόκολλο IoT το οποίο έχει σχεδιαστεί κατά βάση για απομακρυσμένες συνδέσεις, πρόκειται για ένα αρκετά αποτελεσματικό πρωτόκολλο υψηλού εύρους ζώνης και χρησιμοποιεί χαμηλή ισχύ μπαταρίας.

Το MQTT χρησιμοποιείται συνήθως για συνεχόμενη ανάλυση και παρακολούθηση γεωργικών δεδομένων αλλά και για τύπους αυτών που σχετίζονται με περιβαλλοντικούς παράγοντες.

- **RFID**

Το RFID [12] λειτουργεί με την λογική της τοποθέτησης ενός συγκεκριμένου αριθμού προϊόντος σε κάθε αντικείμενο για την καταγραφή πληροφοριών που σχετίζονται με αυτό χρησιμοποιώντας ετικέτες που ποικίλουν ως προς το μέγεθος και το σχήμα. Οι ετικέτες αυτές χωρίζονται σε δυο κατηγορίες τις ενεργητικές και τις παθητικές και λειτουργούν λαμβάνοντας και μεταδίδοντας ραδιοκύματα.

Διαθέτουν ένα μοναδικό αριθμό ταυτότητας καθώς και περιβαλλοντικές πληροφορίες όπως για παράδειγμα ποσοστό υγρασίας του εδάφους, θερμοκρασίας και άλλες.

### **2.1.2 Πλεονεκτήματα του IoT Agriculture**

Αρκετά είναι και τα πλεονεκτήματα [15] που προσφέρει η χρήση των συστημάτων IoT στον κλάδο της γεωργίας μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- Η δημιουργία επιχειρηματικών μοντέλων στα πλαίσια της γεωργίας που επιτρέπουν την δημιουργία άμεσης σχέσης με τον καταναλωτή.
- Αυτόματα συστήματα άρδευσης που λειτουργούν με βάση τις τιμές που λαμβάνουν από τους τοποθετημένους αισθητήρες όπως για παράδειγμα θερμοκρασία και υγρασία εδάφους .
- Αυτόματη συλλογή και ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων μέσω του δικτύου αισθητήρων
- Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που λειτουργούν αναλύοντας μεγάλες ποσότητες δεδομένων και βοηθούν στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της παραγωγικότητας.

## **2.2 Smart farming**

Τα τελευταία χρόνια, η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη σε συνδυασμό με την χρήση έξυπνων συσκευών και την δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων έχουν συμβάλει σε αρκετά μεγάλο βαθμό στο γεωργικό εργασιακό περιβάλλον [16]. Το συνονθύλευμα αυτό έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στα συστήματα παραγωγής εφόσον παρέχουν πληροφορίες σε ζητήματα που αφορούν στην λήψη αποφάσεων σε ότι έχει να κάνει με την παραγωγή αλλά και σε θέματα διαχείρισης.

Η έννοια λοιπόν του Smart farming [17] αλλά και οι γενικότεροι όροι που την περιβάλλουν δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως ως προς τον ακριβή ορισμό τους, διότι πρόκειται για μια σχετικά πρόσφατη δραστηριότητα και η επιστημονική βιβλιογραφία γύρω από αυτήν δεν έχει επιτύχει ακόμη κάποια συναίνεση επάνω σε αυτό το θέμα. Σαν γενικότερο πλάνο παρόλα αυτά βασίζεται ως επί το πλείστον σε ένα σύνολο πληροφοριών, επικοινωνιών και τεχνολογιών που ενσωματώνονται στον αγροτικό εξοπλισμό επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την δημιουργία ,μετάδοση αλλά και την

συγκέντρωση μεγάλου όγκου δεδομένων και πληροφοριών σε απομακρυσμένα συστήματα εφόσον δίνουν την δυνατότητα για παρακολούθηση των καλλιεργειών και της εκτροφής και συντήρησης των ζώων από οπουδήποτε ανεξαρτήτως γεωγραφικής τοπολογίας και δίνουν το δικαίωμα της επιλογής αυτοματοποιημένων ή μη διαδικασιών με σκοπό την λήψη αποφάσεων με βάση πάντα τα δεδομένα που συλλέγονται, ενσωματώνοντας με αυτόν τον τρόπο σταδιακά σε αυτή την διαδικασία και τον αυτοματισμό. Η αξιοποίηση του IoT στον τομέα της γεωργίας ,όπως προαναφέρθηκε έχει την δυνατότητα να βελτιώσει συνολικά την αποτελεσματικότητα της, επιλύοντας τυχόν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την διαδικασία της, στην οποία συμπεριλαμβάνονται εκτός των άλλων η άρδευση, η λίπανση, η παρατήρηση της συγκομιδής σαν σύνολο αλλά και πληροφορίες σχετικά με τις κλιματικές προβλέψεις, επιπλέον ελαχιστοποιούν τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

Ο όρος του smart farming [18] χρησιμοποιείται κατά βάση για να υποδηλώσει την εφαρμογή λύσεων που βασίζονται στην τεχνολογία του Internet of Things ενσωματώνοντας τες στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας.

Στο smart farming γίνεται ουσιαστικά χρήση των αισθητήρων IoT με σκοπό την συλλογή τόσο περιβαλλοντικών όσο και μηχανολογικών μετρήσεων. Με την διαδικασία αυτή λοιπόν οι αγρότες μπορούν να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις με σκοπό να βελτιώσουν από κάθε πτυχή την εργασίας τους.

Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας αισθητήρες για την παρακολούθηση των καλλιεργειών, μπορούν να καθορίσουν ακριβώς πόσα φυτοφάρμακα και λιπάσματα θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουν ώστε να επιτύχουν την βέλτιστη απόδοση. Η υιοθέτηση των IoT λύσεων στον συγκεκριμένο κλάδο αυξάνεται συνεχώς με αποτέλεσμα αναλογικά να αυξάνεται και το μέγεθος της αγοράς της έξυπνης γεωργίας σε παγκόσμιο επίπεδο, που εκτιμάται πως έως το 2025 θα έχει τριπλασιαστεί αγγίζοντας τα 15,3 δισεκατομμύρια δολάρια.

## **2.3 Εφαρμογές IoT Agriculture**

Το IoT βρίσκει χώρο μέσα στο γεωργικό σύστημα με μια πολύ μεγάλη ποικιλία εφαρμογών όπως για παράδειγμα η γεωργία ακριβείας, η παρακολούθηση θερμοκηπίου και η παρακολούθηση των ζώων .Στην ακόλουθη υπό ενότητα θα παρουσιαστούν περιληπτικά οι εφαρμογές του IoT στον αγροτικό τομέα.

### **2.3.1 Γεωργία ακριβείας**

Η γεωργία ακριβείας [12] είναι ένα σύμπλεγμα έξυπνων εφαρμογών και αισθητήρων που βοηθάνε τους αγρότες στη βελτιστοποίηση, στη παρακολούθηση και στην αυτοματοποίηση του συστήματος παραγωγής και καλλιέργειας. Διάφοροι αισθητήρες IoT τεχνολογίας προσφέρονται για εξονυχιστικές μετρήσεις και συλλογής

δεδομένων και πληροφοριών όλων των παραγόντων που παίζουν ρόλο σε ένα σωστό σύστημα καλλιέργειας όπως για παράδειγμα οι μετρήσεις της ποιότητας του εδάφους, τα επίπεδα της υγρασίας και των γενικών καιρικών συνθηκών που επικρατούν έπειτα ακολουθεί μια στατιστική ανάλυση όλων των πληροφοριών που συλλέγουν οι εφαρμογές και οι αισθητήρες προγραμματίζοντας και ρυθμίζοντας αναλόγως τα επίπεδα σε κάθε τομέα για το βέλτιστο των συνθηκών για μια σωστή καλλιέργεια και μια αποδοτική συγκομιδή.



Εικόνα 7 Γεωργία ακριβείας

Οι προγνώσεις καιρού με βάση το IoT βοηθούν στη ανάπτυξη της παραγωγικότητας καθώς και τη πρόληψη από τυχόν ζημιές λόγω κακών καιρικών συνθηκών. Επιπροσθέτως υπάρχουν πολλαπλές συσκευές και αισθητήρες που βοηθάνε στη παρακολούθηση και πρόβλεψη της συμπεριφοράς και την ανάπτυξη παρασίτων και διάφορων επιβλαβών οργανισμών προτού δημιουργήσουν πρόβλημα στην συγκομιδή. Παράλληλα στην κτηνοτροφία το IoT προσφέρει και εκεί μια τεράστια γκάμα εφαρμογών όπως και στη γεωργία σε πολλά κοινά σημεία όπως η παρακολούθηση κλιματολογικών συνθηκών, παρακολούθηση του εδάφους καθώς και η παρακολούθηση των ασθενειών, των παρασίτων και στην ιχνηλασία των ζώων.

### 2.3.1.1 Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας τεχνολογία IoT για την παρακολούθηση του καιρού και τις αλλαγές που προκύπτουν. Τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται για τη χαρτογράφηση και ανάλυση του καιρού παρέχοντας νέες γνώσεις που απαιτούνται για τη βελτίωση της παραγωγικότητας. Οι

παράμετροι του καιρού που χρήζουν παρακολούθησης περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, υγρασία, πίεση αέρα και κατεύθυνση του ανέμου.

### **2.3.1.2 Εδαφικές Μονάδες**

Ένας από τους πιο απαιτητικούς τομείς στη γεωργία είναι η παρακολούθηση του εδάφους καθώς επηρεάζει άμεσα του αγρότες καθώς και γενικά την βιομηχανία της γεωργίας. Το έδαφος είναι ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια για μια σωστή καλλιέργεια και έτσι χρήζει μια αυστηρά λεπτομερή παρακολούθησης. Μια ποικιλία αισθητήρων βοηθάνε στη παρακολούθηση της θερμοκρασίας, στη περιεκτικότητα υγρασίας και γονιμότητας του εδάφους καθώς και προλαμβάνει τυχών μολύνσεων του εδάφους.

### **2.3.1.3 Παρακολούθηση Πιθανών Νόσων**

Μια από τα μεγαλύτερα πλήγματα που δέχεται ο αγροτικός τομέας είναι οι ασθένειες στις καλλιέργειες και στα ζώα επιφέροντας μεγάλες απώλειες στη παραγωγή και ως επακόλουθο και στην οικονομία. Το IoT έρχεται και εδώ να βοηθήσει τους αγρότες να λαμβάνουν σωστά τεκμηριωμένες αποφάσεις βοηθώντας στη πρόληψη ασθενειών καθώς και την αποφυγή παράσιτων που επιτίθενται στη καλλιέργεια. Ανάλογες εφαρμογές βρίσκουν χώρο και στη κτηνοτροφία βοηθώντας στη συνεχή παρακολούθηση των ζώων από νόσους. Το IoT για άλλη μια φορά δίνει τη λύση και τα χέρια των αγροτών προσφέροντας μια πιο γρήγορη και σαφώς πιο οικονομική λύση έναντι της χειροκίνητης παρατήρησης από ειδικούς που είναι πολύ πιο χρονοβόρα και ακριβή.

### **2.3.1.4 Σύστημα παρακολούθησης άρδευσης**

Το IoT έρχεται να βελτιώσει το παρόν σύστημα άρδευσης. Ένας αγρότης μπορεί να βελτιστοποιήσει το σύστημα άρδευσης της καλλιέργειας μέσω της παρακολούθησης των καιρικών συνθηκών καθώς και των δεδομένων του εδάφους που βρίσκεται η καλλιέργεια χρησιμοποιώντας εφαρμογές IoT. Συγκεκριμένα, προσφέρει ένα μοντέρνο σύστημα άρδευσης, το οποίο μπορεί να συλλέγει πληροφορίες των καιρικών συνθηκών καθώς και πληροφορίες εδάφους (υγρασία, θερμοκρασία) ρυθμίζοντας έτσι την άρδευση στο βέλτιστο σημείο βοηθώντας την καλλιέργεια αλλά και την εξοικονόμηση πόρων. Επιπροσθέτως, το IoT συνίσταται και στη παρακολούθηση των υδάτων άρδευσης δίνοντας πληροφορίες για τη ποιότητα του νερού (pH, θερμοκρασία, αγωγιμότητα και οξυγόνο) με αποτέλεσμα να συνεισφέρει και σε μια πιο ποιοτική καλλιέργεια.

### **2.3.1.5 Φύτευση και συγκομιδή**

Το IoT συνδυάζοντας πολλές προ υπάρχουσες τεχνολογίες μπορεί να βοηθήσει στον ακριβή προσδιορισμό φύτευσης μα και συγκομιδής της καλλιέργειας βελτιώνοντας ακόμα παραπάνω την ποιότητα και την παραγωγή της καλλιέργειας.

### 2.3.1.6 Agricultural Drones

Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γεωργικούς σκοπούς. Αυτές οι συσκευές πτήσης ελέγχονται από απόσταση με τηλεχειριστήριο ή αυτόνομα με τον προγραμματισμό τους. Οι γεωργικές διεργασίες που εκτελούνται από drones είναι η εκτίμηση της υγείας των καλλιεργειών, ο ψεκασμός, η διαλογή, η φύτευση, οι γενικοί έλεγχοι (scouting), η μέτρηση διάφορων χημικών στοιχείων στις καλλιέργειες και ανάλυση των συνθηκών του εδάφους.

Ακόμη, τα drones διευκολύνουν τους αγρότες καθώς τους παρέχουν τη δυνατότητα για ακριβή χαρτογράφηση και απεικόνιση της υγείας των καλλιεργειών μέσω των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS).



Εικόνα 8 Έλεγχος της εδαφικής ακεραιότητας μέσω των drones

### 2.3.2 Παρακολούθηση θερμοκηπίου

Η καλλιέργεια του θερμοκηπίου είναι περισσότερο έντονη, επομένως όσον αφορά τον έλεγχο και την παρακολούθησή της απαιτεί υψηλή ακρίβεια και μια συνεχή παρακολούθηση του περιβάλλοντος και του καιρού. Οι γεωργοί λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις αναλύοντας τις πληροφορίες που λαμβάνουν και επιτυγχάνοντας συγκεκριμένους στόχους έως λήψη βέλτιστων δεδομένων. Υπάρχουν πολλά θερμοκήπια με βάση IoT εφαρμογές όπως διαχείριση νερού, παρακολούθηση εγκαταστάσεων, παρακολούθηση του κλίματος κ.λπ.

#### 2.3.2.1 Παρακολούθηση των φυτών

Οι αισθητήρες και οι κάμερες που ανήκουν σε ένα σύστημα IoT δημιουργούν ένα



ιδανικό περιβάλλον για φυτά παρακολουθώντας τακτικά την κατάσταση τους και ειδοποιώντας εάν παρουσιαστεί οποιοδήποτε πρόβλημα.

### **2.3.2.2 Παρακολούθηση κλίματος**

Υπάρχουν πολλές παράμετροι που συνδυάζονται για να διατηρούν και να δημιουργούν ένα ιδανικό και αυστηρό περιβάλλον που απαιτείται να υπάρχει για ένα θερμοκήπιο θέτοντας παραμέτρους και όρια σε όλους του παράγοντες που βοηθάνε στη καλλιέργεια μέσω θερμοκήπιο όπως, η συντήρηση του εξαερισμού, η θερμοκρασία, τα επίπεδα διοξείδιο του άνθρακα και οξυγόνου. Αυτό μπορεί να γίνει εφικτό σε ένα θερμοκήπιο με τις εφαρμογές που το IoT προσφέρει ,συμβάλλοντας στην ακριβή συλλογή πληροφοριών και στην σωστή πρόσληψη σωστών αποφάσεων όσο αφορά την καλλιέργεια.

## 3. Arduino

---

### 3.1 Εισαγωγή στην πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino

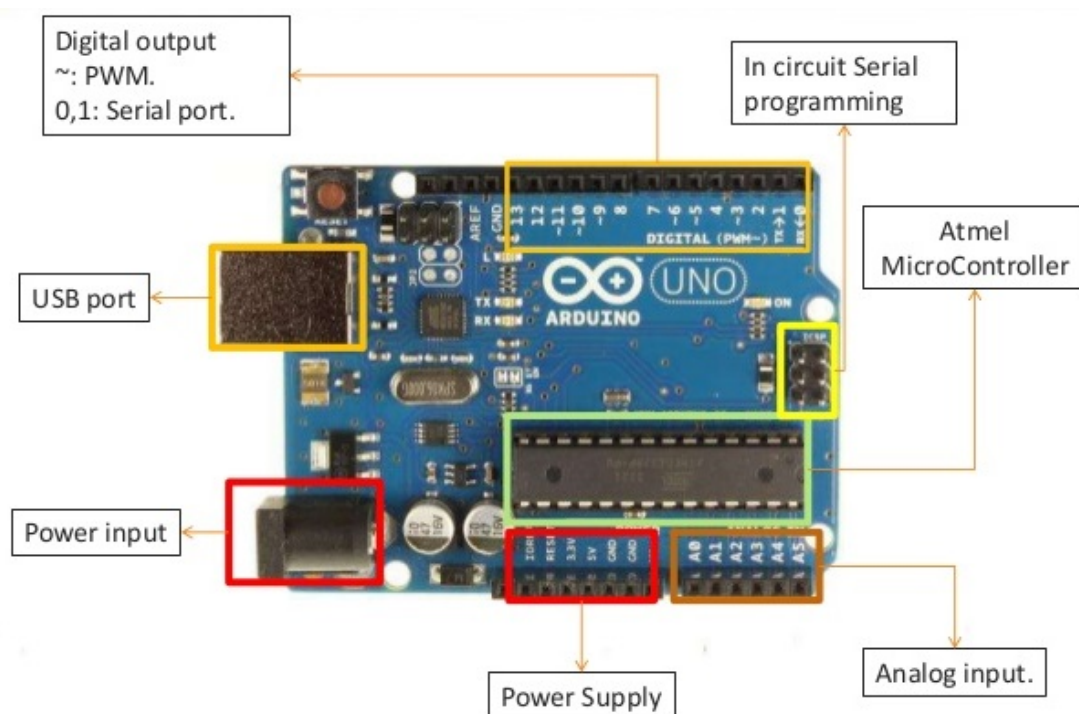
Η επιλογή του κατάλληλου υλικού για εφαρμογές βασισμένες στο IoT [19] όπως είναι λογικό αποτελεί μια πολύ σημαντική πτυχή του, εφόσον επηρεάζει άμεσα το κόστος αλλά και τις τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Οι πλακέτες ανάπτυξης που χρησιμοποιούνται στο IoT είναι αρκετά προσιτές αλλά και ευέλικτες επιτρέποντας την ανάπτυξη των προσαρμοσμένων συσκευών.

Οι πλακέτες αυτές [20] όπως για παράδειγμα το Arduino διαθέτουν ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE), το οποίο επιτρέπει την ανάπτυξη προγραμμάτων αλλά και υλικού και λογισμικού στις συγκεκριμένες πλακέτες. Το Arduino πολύ περιγραφικά είναι ένας ενιαίος μικροελεγκτής ο οποίος βασίζεται σε εύχρηστο υλικό και λογισμικό και αποτελεί την πιο συχνά χρησιμοποιημένη πλακέτα ανάπτυξης όσον αναφορά τις καλλιέργειες αλλά και γενικότερα την απλή χρήση. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί εφόσον πρόκειται για μια πλακέτα ανοιχτού κώδικα πράγμα που σημαίνει ότι επιτρέπει την περεταίρω αξιοποίηση και ανάπτυξη των συνδεδεμένων σε αυτήν συσκευών μέσω της χρήσης των πλακετών αυτών επεκτείνοντας την φυσική τους λειτουργία.

Η ευκολία της χρήσης του καθώς και το γεγονός ότι πρόκειται για πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού το καθιστούν αυτόματα ως τη δημοφιλέστερη πλατφόρμα μικροελεγκτών [21] όχι μόνο για καθημερινή χρήση αλλά και για πιο σύνθετες λειτουργίες όπως αυτή του smart farming. Το Arduino μπορεί να συνδεθεί με έναν απλό υπολογιστή μέσω ενός καλωδίου καθολικού σειριακού δίαυλου (USB), δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη με αυτόν τον τρόπο να μπορεί να αξιοποιήσει τις δυνατότητες του στο έπακρο. Παράδειγμα αυτού μπορεί να αποτελέσει η λειτουργία του και ως μια πλακέτα διασύνδεσης για τον έλεγχο διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών μέσω του υπολογιστή. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα έχει χαρακτηριστεί ουκ ολίγες φορές και ως φυσικός υπολογιστής λόγω αυτής της πληθώρας των λειτουργιών και δυνατοτήτων που προσφέρει.

#### 3.1.1 Ανάλυση της πλακέτας ως προς το hardware

Το βασικότερο χαρακτηριστικό των εν λόγω πλακετών αποτελούν οι μικροελεγκτές, οι οποίοι είναι σίγουρα αναπόσπαστο κομμάτι τους εφόσον κάνουμε λόγο ουσιαστικά για την καρδιά του Arduino που χωρίς αυτούς καμία από αυτές τις λειτουργίες και δυνατότητες δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν. Προχωρώντας στο επόμενο υποκεφάλαιο θα αποσαφηνιστεί πλήρως ο ρόλος των μικροελεγκτών.



Εικόνα 9 Η βασική δομή μιας πλακέτας Arduino

Αναλυτικότερα και εμβαθύνοντας λίγο στην πλακέτα [22] σαν γενικότερο σύνολο εκτός από τους μικροελεγκτές απαρτίζεται και από ένα πλήθος εξίσου σημαντικών εξαρτημάτων.

Αρχικά, υπάρχει τοποθετημένη η θύρα USB (USB connector), η οποία χρησιμοποιείται για την σύνδεση της πλακέτας με τον υπολογιστή. Διατηρώντας τη σύνδεση δεν παρέχεται μόνο τροφοδοσία σε αυτήν αλλά επιτρέπεται και η επικοινωνία από και προς την πλακέτα.

Συνεχίζοντας την αναφορά στην τροφοδοσία της εν λόγω πλακέτας, ένα ακόμη κομμάτι που την απαρτίζει είναι και ο σύνδεσμος τροφοδοσίας της (Power connector). Ο συγκεκριμένος αφορά αποκλειστικά την τροφοδοσία της πλακέτας σε περίπτωση μη χρήσης του καλωδίου USB. Αντ' αυτού, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ενός απλού μετασχηματιστή της τάξης των έξι με δώδεκα volt. Έναν ακόμη εναλλακτικό τρόπο τροφοδοσίας του αποτελούν και οι μπαταρίες.

Προχωρώντας παρακάτω στη δομή της πλακέτας διακρίνονται δεκατρείς ψηφιακές ακίδες (Digital pins), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο ως είσοδοι όσο και σαν έξοδοι, πράγμα το οποίο εξαρτάται από τον προγραμματισμό που έχει πραγματοποιηθεί στην πλακέτα.

Από την άλλη οι αναλογικές ακίδες (Analog pins) που συναντώνται προχωρώντας λειτουργούν μόνο ως είσοδοι. Η συγκεκριμένη λειτουργία δεν αποτελεί βέβαια κάποιον κανόνα εφόσον με κάποιες απαιτούμενες γνώσεις μπορούν να επαναπρογραμματιστούν και να μετατραπούν σε ψηφιακές.

Στα αριστερά των αναλογικών ακίδων υπάρχουν οι ακροδέκτες τροφοδοσίας (Power pins). Η λειτουργία τους έχει να κάνει με τη δυνατότητα άντλησης ρεύματος της τάξης των τριών και πέντε volt. Η εσοχή με τη ένδειξη vIn παράγει τάση ίδια με αυτήν που είναι συνδεδεμένο το βύσμα τροφοδοσίας. Για παράδειγμα εάν το βύσμα είναι συνδεδεμένο με μια τάση δώδεκα volt, τότε την ίδια θα παράγει και η συγκεκριμένη εσοχή. Αναπόσπαστο κομμάτι αποτελούν επίσης και οι δυο γειώσεις που υπάρχουν στο κομμάτι αυτό της πλακέτας.

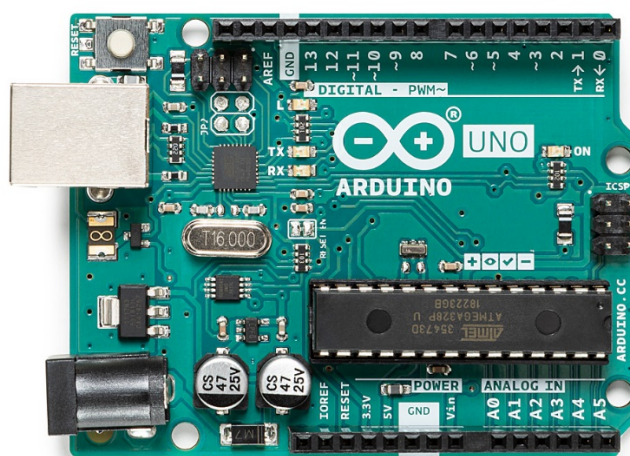
Τέλος υπάρχει το κουμπί επαναφοράς (Reset button), οποιουδήποτε τρέχοντος προγράμματος στην πλακέτα Arduino, με σκοπό την επανέναρξη του. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάποιες παλαιότερες εκδόσεις της πλακέτας ήταν απαραίτητη η χρήση του συγκεκριμένου κουμπιού σε οποιαδήποτε προσπάθεια ανεβάσματος κάποιου κομματιού κώδικα.

Απαριθμώντας τα πλεονεκτήματα που προσφέρει [21], αναμφισβήτητα αυτό το οποίο θα ξεχώριζε είναι το γεγονός ότι μετά το πέρας του προγραμματισμού του ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αποσυνδέσει την πλακέτα και με μια απλή τροφοδοσία εκείνη να συνεχίζει να λειτουργεί ανεξάρτητα με βάση πάντα τον προγραμματισμό της. Επίσης ένα ακόμα θετικό χαρακτηριστικό του είναι ότι το λογισμικό του όπως προειπώθηκε είναι αρκετά εύκολο στη χρήση του και διατίθεται ελεύθερα για υπολογιστές που διαθέτουν σχεδόν κάθε τύπου λειτουργικό σύστημα Windows, Mac αλλά και Linux.

### 3.1.2 Διάφορες πλακέτες Arduino

Είναι σίγουρο πως δεν μπορούν να αναλυθούν όλες οι πλακέτες Arduino διότι υπάρχουν πάρα πολλές και συνεχώς κυκλοφορούν στην αγορά καινούργιες και με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Παρ όλα αυτά θα γίνει μια σύντομη αναφορά σε κάποιες από αυτές ίσως στις πιο διαδομένες, καθώς και στα κύρια χαρακτηριστικά που τις διακρίνουν.

#### Arduino Uno

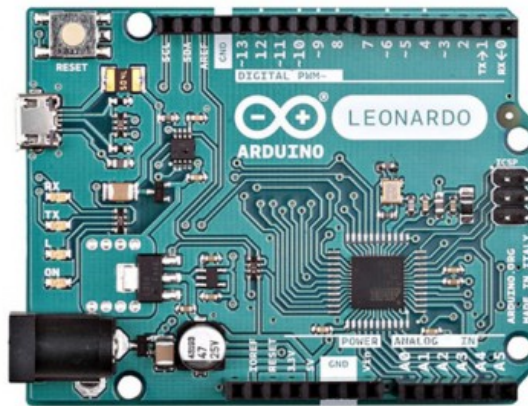


Εικόνα 10 Arduino Uno

Δεν θα μπορούσε να μην αναφερθεί η ναυαρχίδα των πλακετών αυτών που δεν είναι άλλη από το Arduino Uno [23]. Η συγκεκριμένη χρησιμοποιεί ένα 16U2 USB to serial μετατροπέα, σαν μικροελεγκτή χρησιμοποιεί τον AT Mega 328p και κυκλοφορεί σε δυο κατηγορίες την DIP και την SMD κατά την οποία ο μικροελεγκτής είναι αποσπώμενος.

### **Arduino Leonardo**

Το Leonardo χρησιμοποιεί σαν βασικό μικροελεγκτή τον 32U4 στον οποίο υπάρχει εξ αρχής ενσωματωμένη διασύνδεση USB, πράγμα που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται κάποιον δευτερεύων μικροελεγκτή για την μετατροπή από serial σε usb μειώνοντας αυτομάτως το κόστος.



Εικόνα 11 Arduino Leonardo

### **Mega 2560**

Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιεί τον AT mega 2560, ο οποίος διαθέτει πενήντα τέσσερις εισόδους και εξόδους δίνοντας αυτομάτως τη δυνατότητα σύνδεσης ενός μεγάλου αριθμού συσκευών στην πλακέτα. Επίσης διαθέτει τέσσερις σειριακές διεπαφές σε αντίθεση με το Uno το οποίο διαθέτει μόνο μια.





Εικόνα 12 Arduino Mega 2560

### Mega ADK

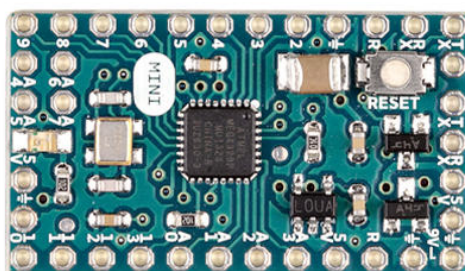
Το Mega ADK θα έλεγε κανείς ότι μοιάζει αρκετά με τον mega 2560 σε γενικές γραμμές, έχει όμως ένα βασικό χαρακτηριστικό που τον διαχωρίζει από αυτόν. Διαθέτει λειτουργίες κεντρικού υπολογιστή USB επιτρέποντας του να συνδεθεί με ένα κινητό με λειτουργικό σύστημα Android δίνοντας του την δυνατότητα να επικοινωνεί με εφαρμογές.



Εικόνα 13 Arduino Mega ADK

### Arduino mini

Το Arduino mini [24] είναι μια συμπακνωμένη πλακέτα μικροελεγκτή η οποία βασίζεται στον επεξεργαστή ATmega 168. Η συγκεκριμένη προορίζεται λόγω του μεγέθους της κυρίως για χρήση επάνω σε breadboards και όταν ο χώρος είναι πολύ περιορισμένος. Διαθέτει μεταξύ άλλων δεκατέσσερις ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου/εξόδου, οκτώ αναλογικές εισόδους και έναν κρυστάλλινο ταλαντωτή της τάξης των 16 MHz. Η τροφοδοσία του και ο προγραμματισμός του μπορούν να πραγματοποιηθούν με ένα καλώδιο τύπου mini usb.



Εικόνα 14 Arduino mini

### 3.2 Μικροελεγκτές

Ο γενικότερος ρόλος του μικροελεγκτή [20] είναι η διαχείριση, η τακτοποίηση, η αποθήκευση και η μετάδοση των δεδομένων του ενσωματωμένου αισθητήρα.



Εικόνα 15 Μικροελεγκτής

Πιο συγκεκριμένα λοιπόν ο μικροελεγκτής είναι το κυριότερο μέρος μια πλακέτας ανάπτυξης. Πρόκειται για έναν ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα συμπακνωμένο σε ένα τσιπ, διαθέτοντας τα ίδια ακόμα και περισσότερα χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τους πρώτους οικιακούς υπολογιστές.

Μεταξύ άλλων διαθέτει όπως κάθε υπολογιστής ένα επεξεργαστή, μια μνήμη τύπου ram η οποία αποσκοπεί στην συγκράτηση των δεδομένων και συνήθως δεν ξεπερνάει τα ένα με δυο kilobyte, μια μνήμη μερικών kilobyte τύπου EPROM με δυνατότητα διαγράψης και προγραμματισμού που χρησιμεύει μόνο για ανάγνωση ή μια μνήμη flash που είναι υπεύθυνη για την συγκράτηση των προγραμμάτων. Σε περίπτωση απενεργοποίησης και ενεργοποίησης εκ νέου της συσκευής τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στην EPROM δεν θα χαθούν. Σε αντίθεση λοιπόν με την EPROM η flash μνήμη αποσκοπεί στην αποθήκευση των οδηγιών του προγράμματος. Επίσης, διαθέτει ένα πλήθος από εισόδους και εξόδους οι οποίες μπορούν να διαβάσουν δεδομένα τόσο ψηφιακά όσο και αναλογικά. Η λειτουργία των συγκεκριμένων είναι η επικοινωνία του μικροελεγκτή με οποιαδήποτε εξαρτήματα είναι συνδεδεμένα σε αυτόν.

Ένας μικροελεγκτής [25] βρίσκεται τοποθετημένος στο κέντρο της πλακέτας Arduino, έχοντας την μορφή ενός μαύρου ορθογώνιου τσιπ με είκοσι οκτώ ακίδες (pins) που βρίσκονται τοποθετημένες στις άκρες του και αντιστοιχούν στις είκοσι οκτώ αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους που διαθέτει η πλακέτα. Το τσιπ αυτό περιέχει τον εγκέφαλο ουσιαστικά της συσκευής που είναι κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και όλα τα στοιχεία που αφορούν τους ακροδέκτες εισόδου και εξόδου. Ο επεξεργαστής ελέγχει οποιαδήποτε λειτουργία της συσκευής. Χρησιμοποιεί την μνήμη flash για να πάρει οδηγίες του προγράμματος και να τις εκτελέσει. Η εταιρία που κατασκευάζει τους μικροελεγκτές αυτούς είναι η Atmel, η οποία είναι μία εκ των κυρίων κατασκευαστών των εν λόγω μικροελεγκτών. Εκτός από την χρήση των συγκεκριμένων σε πλατφόρμες όπως το Arduino, προορίζονται και για ενσωμάτωση σε ένα τεράστιο φάσμα προϊόντων της αγοράς που περιλαμβάνει από αυτοκίνητα μέχρι πλυντήρια ρούχων και αποσμητικά χώρου.

Κατά πλειοψηφία οι πλακέτες Arduino χρησιμοποιούν ένα μικροελεγκτή AVR AT Mega συμπεριλαμβανομένου κα του Arduino UNO με το οποίο έχει πραγματοποιηθεί η παρούσα εργασία.

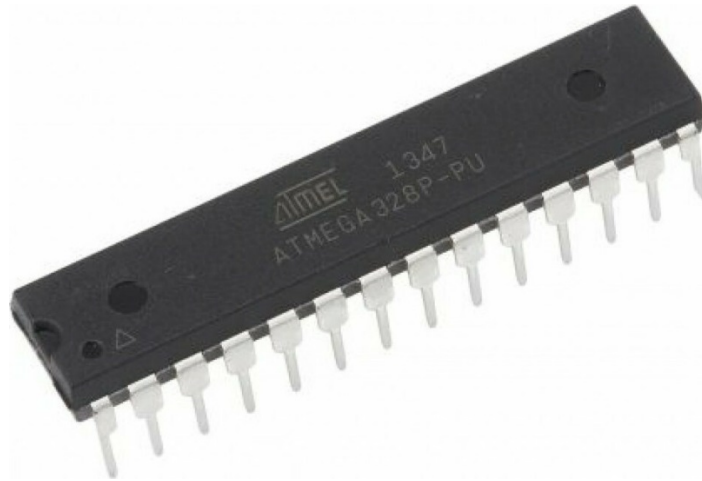
### **3.2.1 Atmega 328**

Εστιάζοντας λοιπόν στην παρούσα εργασία και στην πλακέτα με την οποία αυτή υλοποιήθηκε, το Arduino Uno R3 [26] χρησιμοποιεί σαν κεντρικό επεξεργαστή τον Atmega 328 της εταιρίας Atmel. Ο συγκεκριμένος επεξεργαστής αποτελείται από 28 ακίδες και είναι της τάξης των 8 bit. Οι δυνατότητες του είναι αρκετά εντυπωσιακές αν αναλογιστεί κανείς ότι μπορεί να ολοκληρώσει κατά μέσο ορό είκοσι εκατομμύρια οδηγίες ανά δευτερόλεπτο λειτουργώντας στα 20 MHz. Όλο αυτό οφείλεται φυσικά στην αρχιτεκτονική του η οποία βασίζεται στην ενορία του Reduced Instruction Set Computer, την λεγομένη RISC. Κλείνοντας αποτελείται από τρεις βασικές ενότητες μνήμης που περιλαμβάνουν την προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση με δυνατότητα διαγραφής EEPROM, την στατική μνήμη τυχαίας προσπέλασης SRAM και



Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των μικροελεγκτών– ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ

την EEPROM με διεύθυνση byte που είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση των δεδομένων.



Εικόνα 16 Ο μικροελεγκτής Atmega 328

### 3.3 Αισθητήρες

Στον σύγχρονο κόσμο τα πάντα σχεδόν γύρω μας λειτουργούν αυτόματα, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του ανθρωπίνου δυναμικού αλλά και την μικρότερη κατανάλωση χρόνου. Ένας αισθητήρας λοιπόν είναι η συσκευή αυτή που με την βοήθεια της επιτυγχάνεται κάτι τέτοιο. Εστιάζοντας προσεκτικά στην καθημερινότητα παρατηρείς κάνεις ότι οι αισθητήρες έχουν εισέλθει σε μεγάλο βαθμό στις ζωές όλων εφόσον υπάρχουν παντού πλέον συμπεριλαμβανομένου του γραφείου, του αυτοκίνητου ακόμα και του σπιτιού του καθενός. Θα μπορούσε να πει κάνεις ότι πρόκειται για μια συσκευή η οποία ανιχνεύει οποιοδήποτε ερέθισμα λάβει από εξωτερικούς παράγοντες στα πλαίσια του φυσικού περιβάλλοντος και επιστρέφει τις πληροφορίες πίσω στην πλακέτα Arduino. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να θέσει εξαρχής συγκεκριμένες παραμέτρους στον εκάστοτε αισθητήρα ώστε να αποφεύγεται όσο το δυνατόν περισσότερο συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα.

# Sensors



Εικόνα 17 Διάφοροι τύποι αισθητήρων

Οι ανθρώπινες αισθήσεις λοιπόν θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως οι αισθητήρες [27] οι οποίοι βοηθούν στην αντίληψη του κόσμου που μας περιβάλλει. Ωστόσο όπως είναι λογικό όσο ανεπτυγμένες και αν είναι αυτές, υπάρχουν πράγματα γύρω μας που δεν θα μπορούσαν ποτέ να αντιληφθούν ή να αισθανθούν με ακρίβεια όπως την ακτινοβολία ή τα ραδιοκύματα.

Τα δεδομένα του φυσικού περιβάλλοντος που μπορεί να λάβει ως ερέθισμα ένας αισθητήρας μπορεί να έχουν ορατή μορφή, δηλαδή να μπορεί να τα διακρίνει ένας κάποιος χρησιμοποιώντας την όραση του όπως για παράδειγμα φως, υδρατμοί και ούτω καθεξής. Εκτός από αυτήν την κατηγορία βέβαια υπάρχει και η πιθανότητα να είναι φαινόμενα τα οποία νιώθει ένας άνθρωπος όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, ο αέρας ακόμα και κάποια τάση ηλεκτρικού ρεύματος. Κατά την μέτρηση των διάφορων αυτών φαινομένων, ένας αισθητήρας είναι υποχρεωμένος να επιστρέψει στον χρήστη μια τιμή με την μορφή συνήθως αναπαράστασης ενός αριθμού είτε κάποιας τάσης. Υπάρχουν διάφορα είδη αισθητήρων που ποικίλουν ανάλογα με το συνθήκη για την οποία προορίζονται και χωρίζονται σε αναλογικούς και ψηφιακούς.

Πρόκειται συνήθως για συσκευές χαμηλού κόστους σχεδιασμένες κατά βάση για την μέτρηση μιας μόνο συνθήκης χωρίς αυτό να αποτελεί κάποιο κανόνα φυσικά, καθώς έχουν κατασκευαστεί και αισθητήρες με δυνατότητα μέτρησης παραπάνω από μιας συνθήκης. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί επίσης το γεγονός ότι πρόκειται για συσκευές με περιορισμένη δυνατότητα επεξεργασίας.

Οι αισθητήρες δεν έχουν την δυνατότητα να μετρήσουν κατευθείαν τις τιμές του φαινομένου για το οποίο έχουν σχεδιαστεί. Ο τρόπος λειτουργίας τους βασίζεται στο

ότι δέχονται κάποια μεταβλητή από το φυσικό περιβάλλον και την μετατρέπουν σε αναλογικό σήμα. Με τον τρόπο αυτό ο αισθητήρας αντιδράει στο ερέθισμα που δέχεται και δημιουργεί μια τάση η οποία υστέρη μπορεί να διαβαστεί και να χρησιμοποιηθεί στην πορεία από τον μικροελεγκτή για να υπολογίσει με την σειρά του μια τιμή.

### **3.3.1 Αναλογικοί αισθητήρες**

Οι αναλογικοί αισθητήρες είναι συσκευές οι οποίες παράγουν τάσεις που κυμαίνονται μεταξύ μηδέν και πέντε volt. Για την μετατροπή της τάσης αυτής σε τιμή αποδεκτή από τον μικροελεγκτή απαιτείται ένα αναλογικό σε ψηφιακό κύκλωμα (analog-to-digital). Οι περισσότεροι μικροελεγκτές διαθέτουν το συγκεκριμένο κύκλωμα συμπεριλαμβανομένου και του Arduino. Οι αισθητήρες αυτού του τύπου λειτουργούν σαν αντιστάσεις κατά σύνδεση τους σε κάποια πλατφόρμα. Αυτή λοιπόν η ιδιαιτερότητα τους απαιτεί την χρήση μιας εκ νέου αντίστασης με σκοπό την απορρόφηση της τάσης ώστε να αποφευχθούν τυχών λανθασμένες μετρήσεις λόγω αυτής.

Κατά την διάρκεια λήψης μιας τιμής από έναν αισθητήρα αυτού του τύπου, η ένδειξη τάσης θα πρέπει να ερμηνεύεται ως μια τιμή η οποία περιλαμβάνεται στο εύρος του τιμών που μπορεί να διαχειριστεί ο εκάστοτε αισθητήρας.

### **3.3.2 Ψηφιακοί αισθητήρες**

Ο τρόπος λειτουργίας των αισθητήρων αυτών θεωρείται απλούστερος και ευκολότερος εν αντίθεση με αυτόν των αναλογικών, εφόσον οι λαμβάνουσες τιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας χωρίς να απαιτείται οποιοδήποτε είδος μετατροπής.

Έχουν σχεδιαστεί για να παράγουν μια σειρά από bit χρησιμοποιώντας σειριακή μετάδοση δεδομένων. Η λήψη σήματος στους ψηφιακούς αισθητήρες είναι ταχύτερη και συχνότερη διότι όπως προαναφέρθηκε δεν απαιτείται κάποιο σύστημα μετατροπής για την αναγνώριση των τιμών καταλήγοντας έτσι στο συμπέρασμα ότι οι ψηφιακοί αισθητήρες είναι περισσότερο ακριβείς και αξιόπιστοι σε σχέση με τους αναλογικούς. Παρόλα αυτά η ακρίβεια των εν λόγω αισθητήρων έχει να κάνει άμεσα με τον αριθμό των μπιτ που χρησιμοποιεί για την λήψη των δεδομένων.

### **3.3.3 Τύποι αισθητήρων**

Επιταχυνσιόμετρα: Οι αισθητήρες αυτοί [28] είναι σχεδιασμένοι για να αισθάνονται οποιαδήποτε μορφή κίνησης του αισθητήρα ή του αντικειμένου στο οποίο βρίσκονται τοποθετημένοι. Έχουν την δυνατότητα να αισθάνονται οποιαδήποτε μορφή κίνησης είτε πρόκειται για ταχύτητα είτε για κλήση ακόμα και για δόνηση σε διάφορους άξονες. Κατατάσσονται στην κατηγορία των ψηφιακών αισθητήρων.

Αισθητήρες ήχου: Χρησιμοποιούν όπως είναι λογικό μικρόφωνα για την μέτρηση του ήχου. Ανήκουν στην κατηγορία των αναλογικών αισθητήρων, με κάποιες εξευρέσεις

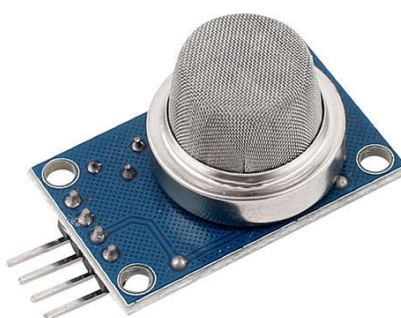
που αφορούν αισθητήρες ασφαλείας και παρακολούθησης που διαθέτουν κάποιες ψηφιακές παραλλαγές.



Εικόνα 18 Αισθητήρας ήχου

**Βιομετρικοί αισθητήρες:** Πρόκειται ουσιαστικά για αισθητήρες που αναγνωρίζουν δακτυλικά αποτυπώματα. Γίνεται αυτομάτως κατανοητό πως λόγω της μοναδικότητας της λειτουργίας τους αποτελούν εξαιρετικά εργαλεία όσο αναφορά τα συστήματα ασφαλούς πρόσβασης. Η λειτουργία τους βασίζεται στην παραγωγή ενός μπλοκ ψηφιακών δεδομένων το οποίο αντιπροσωπεύει το δακτυλικό αποτύπωμα.

**Αισθητήρες αερίων:** Οι συγκεκριμένοι ποικίλουν ως προς τον τύπο τους. Υπάρχουν αισθητήρες που προορίζονται για την μέτρηση των δυνητικά επιβλαβών αερίων, όπως για παράδειγμα αποτελεί το μεθάνιο και άλλοι τύποι προορίζονται για διαφορετικά αέρια όπως το υδρογόνο το οξυγόνο και άλλα πολλά. Κάποιοι από αυτούς τους αισθητήρες είναι σχεδιασμένοι για να συνδυάζονται με αισθητήρες διαφορετικών κατηγοριών όπως φωτός για παράδειγμα, με σκοπό την ανίχνευση καπνού ή ρύπων στον αέρα.



Εικόνα 19 Αισθητήρας αερίων

**Αισθητήρες φωτός:** Μετρούν την ένταση ή την έλλειψη φωτός και πρόκειται για κάποιους ειδικούς τύπους αντιστάσεων τους εμπονομαζόμενους LDR. Εντάσσονται στους

αναλογικούς αισθητήρες. Συγκεκριμένες κατηγορίες αυτών μάλιστα διαθέτουν την δυνατότητα ανίχνευσης φωτός σε διαφορετικό φάσμα όπως υπέρυθρες ακτινοβολίες.



Εικόνα 20 Αισθητήρας φωτός

Αισθητήρες στάθμης υγρών: Ο τύπος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της στάθμης ενός σώματος νερού. Λειτουργεί δημιουργώντας χαμηλή αντίσταση όταν η στάθμη του νερού είναι υψηλή και υψηλότερη αντίσταση όταν η στάθμη είναι χαμηλή.

Αισθητήρες εγγύτητας: Η χρήση τους κατά κύριο λόγο γίνεται για την μέτρηση αποστάσεων. Οι εν λόγω αισθητήρες χρησιμοποιούν υπέρυθρα ή ηχητικά κύματα για την ανίχνευση της απόστασης από και προς αυτούς.

Αισθητήρες καιρού: Δεν θα μπορούσε να λείπει η συγκεκριμένη κατηγορία εφόσον περιλαμβάνει μια πληθώρα από διάφορους αισθητήρες, χαρακτηριστικά παραδείγματα των οποίων αποτελούν οι αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, βαρομετρικής πίεσης, ταχύτητας του ανέμου, βροχής και ούτω καθεξής. Λειτουργούν δημιουργώντας ψηφιακά δεδομένα και με τον συνδυασμό τους μπορεί να επιτευχθεί η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης το περιβάλλοντος ακόμα και ενός μικρού μετεωρολογικού σταθμού για προσωπική χρήση.



Εικόνα 21 Μετεωρολογικός σταθμός με την χρήση Arduino

### 3.4 Arduino Shields

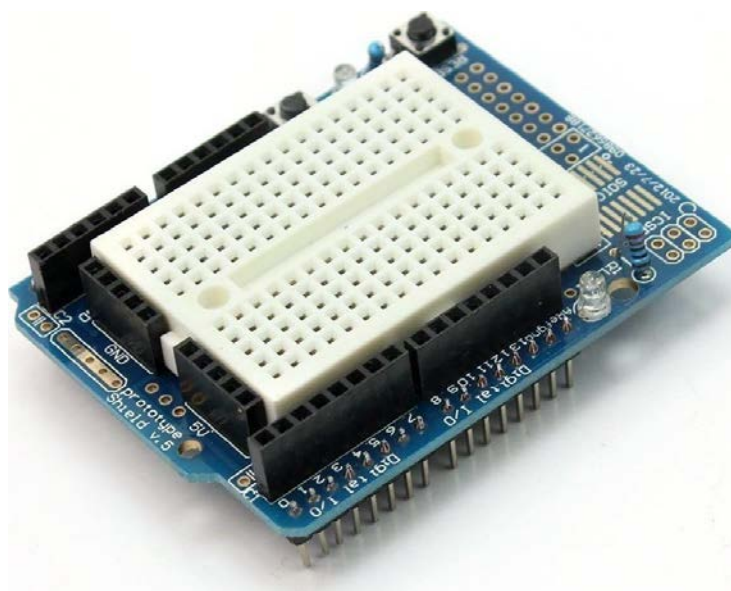
Πρόκειται ουσιαστικά για πρόσθετες πλακέτας υλικού [29] οι οποίες τοποθετούνται στην κορυφή του Arduino, με σκοπό την βελτιστοποίηση και αναβάθμιση των δυνατοτήτων που προσφέρει η πλακέτα συνδυάζοντας κάθε είδους υλικό προσαρμοσμένο σε αυτές.

Οι ασπίδες αυτές είναι καταλληλά σχεδιασμένες για χρήση από οποιονδήποτε χρήστη είτε πρόκειται για αρχάριο είτε για κάποιον πιο εξοικειωμένο. Στόχος είναι η αποφυγή όσο το δυνατόν περισσότερο της συγκόλλησης κυκλωμάτων. Τα συγκεκριμένα εργαλεία διαθέτουν επιπλέον συνδέσεις που αφορούν τις εισόδους και τις εξόδους, προσφέροντας έτσι την δυνατότητα σύνδεσης διάφορων ηλεκτρονικών επάνω σε αυτά.

#### 3.4.1 Τύποι Arduino shields

##### 3.4.1.1 Prototype shield

Το συγκεκριμένο shield έχει σχεδιαστεί με σκοπό την ανάπτυξη προσαρμοσμένων κυκλωμάτων ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Είναι εξοπλισμένο με επιπλέον εσοχές για εισόδους και εξόδους επιτρέποντας την τοποθέτηση οποιουδήποτε αλλού ηλεκτρονικού εξαρτήματος και αισθητήρα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του είναι η δυνατότητα συγκόλλησης εξαρτημάτων η τοποθέτησης κάποιου breadboard επάνω σε αυτό. Οι εφαρμογές του έχουν να κάνουν κατά βάση με την δημιουργία οποιουδήποτε ηλεκτρονικού κυκλώματος και την διασύνδεση οποιουδήποτε είδους αισθητήρα .



Εικόνα 22 Prototype shield

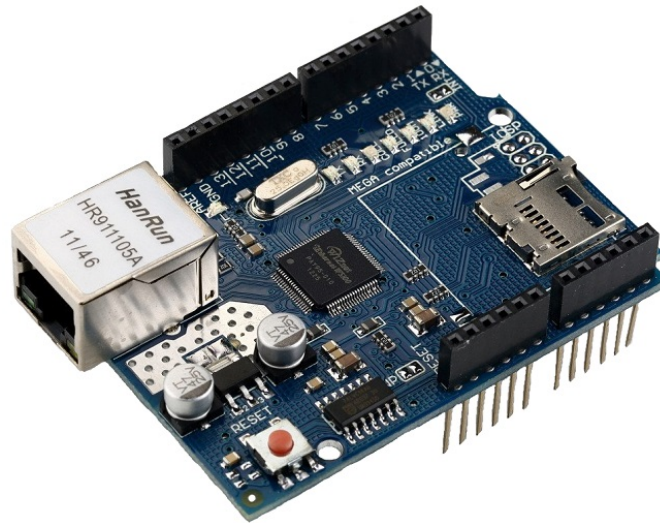
##### 3.4.1.2 Ethernet shield

Σκοπός του εν λόγω εξαρτήματος είναι διευκόλυνση της online σύνδεσης της πλακέτας Arduino. Το shield αυτό χρησιμοποιεί το τσιπ Ethernet wiz net W5100 το οποίο είναι ικανό να μεταδώσει πακέτα τύπου TCP, UDP και έχει την δυνατότητα να



Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των μικροελεγκτών– ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ

υποστηρίζει έως και τέσσερις ταυτόχρονες συνδέσεις. Διαθέτει υποδοχή για κάρτα τύπου SD με σκοπό την πρόσβαση στην βιβλιοθήκη του.



Εικόνα 23 Ethernet shield

#### 3.4.1.3 Gsm shield

Το Arduino Gsm shield παρέχει στην πλακέτα δυνατότητα πραγματοποίησης κλήσεων και αποστολής μηνμάτων sms μέσω κάρτας SIM, καθώς και διαδικτυακής εγκατάστασης μέσω gprs. Η ενεργοποίηση του γίνεται με την χρήση της βιβλιοθήκης Gsm και υποστηρίζει πρωτοκολλά TCP, UDP και HTTP, μέσω της σύνδεσης GPRS με ταχύτητα της τάξης των 85 kbps. Βρίσκει εφαρμογές σε ασφαλή συστήματα παρακολούθησης, σε IoT εφαρμογές καθώς και σε συστήματα πλοήγησης GPS.



Εικόνα 24 Gsm shield

#### 3.4.1.4 Wi-Fi shield

Το Wi-Fi shield είναι σχεδιασμένο για εφαρμογές που σαν βάση τους έχουν το Internet of Things και την κρυπτογράφηση. Η σύνδεση της πλακέτας με το διαδίκτυο

Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των μικροελεγκτών– ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ

πραγματοποιείτε με την χρήση της ενσωματωμένης βιβλιοθήκης του, βασισμένη στο πρωτόκολλο IEEE 802.11. Εφαρμογές του συγκεκριμένου shield παρατηρούνται στον τομέα της ρομποτικής, στο γενικότερο πλαίσιο των εφαρμογών IoT καθώς κα στον οικιακό αυτοματισμό.



**Εικόνα 25 Wi-Fi shield**





shield ένα καλώδιο ethernet το οποίο καταλήγει σε μια θύρα του router, και όλα τα υπόλοιπα όπως οι αισθητήρες συνδέονται επάνω στο ίδιο το shield. Τέλος για την λειτουργία του απαιτείται η χρήση της βιβλιοθήκης του η οποία είναι διαθέσιμη για κατέβασμα από το Internet, και η προσαρμογή της στον τελικό κώδικα .

Προχωρώντας στην ανάλυση της πρώτης πειραματικής διάταξης , αρχικά υπάρχει τοποθετημένη μια φωτοαντίσταση η οποία είναι υπεύθυνη για τα ποσοστά φωτεινότητας και βάση αυτών γίνεται ενημέρωση του χρήστη για την κατάσταση την οποία επικρατεί. Η συγκεκριμένη βρίσκεται συνδεδεμένη στο pin A5 Arduino της πρώτης πειραματικής διάταξης.

Στην συνέχεια υπάρχει τοποθετημένο ένα Buzzer που αφορά την ηχητική ειδοποίηση του χρήστη σε περιδπτωση πυρκαγιάς το οποίο βάση του προγραμματισμού του μέσα από τον κώδικα λειτουργεί συνδυαστικά με τον αισθητήρα πυρκαγιάς σαν συναγερμός. Βρίσκεται τοποθετημένο στο digital pin 9 του Arduino.

Ένας αισθητήρας τύπου DHT11 βρίσκεται τοποθετημένος στο digital pin 2 του Arduino με σκοπό την μέτρηση των ποσοστών υγρασίας και θερμοκρασίας του περιβάλλοντος γύρω από τις καλλιέργειες.

Τέλος υπάρχει ένας αισθητήρας πυρκαγιάς ο οποίος όπως προ ειπώθηκε λειτουργεί συνδυαστικά με το Buzzer ,πράγμα το οποίο σημαίνει ότι όταν ο αισθητήρας ανιχνεύσει μια τιμή χαμηλότερη από αυτήν που του έχει δοθεί σαν παράμετρος από τον προγραμματισμό του, ενεργοποιείτε το Buzzer ως ένδειξη συναγερμού.

Σε ένα σενάριο μιας έκτασης γης προτείνεται η χρήση δυο πειραματικών διατάξεων ανά στρέμμα αν και εφόσον η καλλιέργεια απαρτίζεται από ένα μόνο είδος φυτού. Στην περίπτωση που η καλλιέργεια απευθύνεται σε διαφορετικά είδη φυτών άρα απαιτούνται και πιο ακριβείς μετρήσεις προτείνεται η προσθήκη ακόμα μιας πειραματικής διάταξης.

Ο κώδικας που αφορά την πρώτη πειραματική διάταξη είναι το πρώτο παράρτημα κώδικα.

#### **4.1.1 Παρακολούθηση θερμοκρασίας και υγρασία περιβάλλοντος**

Σε πρώτο στάδιο η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη λειτουργεί με σκοπό την παρατήρηση απλά του εξωτερικού περιβάλλοντος και των συνθηκών που επικρατούν σε αυτό, συγκεκριμένα τα ποσοστά θερμοκρασίας και υγρασίας. Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε με την χρήση ενός αισθητήρα θερμοκρασίας που τοποθετήθηκε επάνω στην πλακέτα Arduino μέσω ενός breadboard η λειτουργία και η χρησιμότητα του οποίου θα αναλυθεί παρακάτω. Σκοπός του αισθητήρα αυτού είναι η παρατήρηση του περιβάλλοντος γύρω από το φυτό και η αποφυγή και πρόληψη τυχών περιβαλλοντικών συνθηκών που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τον κύκλο ζωής του. Για την υλοποίηση αυτή έγινε χρήση ενός αισθητήρα του τύπου DHT11.



Εικόνα 27 DHT11

Ο αισθητήρας αυτός [30] αποτελείται ουσιαστικά από ένα σύμπλεγμα μικρό αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας και διαθέτει μια ψηφιακή έξοδο.

Αποτελείται από έναν μικροελεγκτή απόδοσης οκτώ bit, προσφέροντας υψηλή ποιότητα, γρήγορη απόκριση και ακρίβεια όσο αναφορά τις μετρήσεις του, και χαμηλό κόστος. Λόγω του μεγέθους του, της χαμηλής κατανάλωσης ισχύος αλλά και της μεγάλης εμβέλειας του η οποία αγγίζει τα 20 μέτρα, τον καθιστά αυτόματα ως την καλύτερη επιλογή για χρήση σε διάφορες εφαρμογές ακόμα και τις πιο απαιτητικές. Ο DHT11 καταλήγει σε μια σειρά συνήθως από τρεις ακίδες με τρεις ενδείξεις αντίστοιχα. Η πρώτη ένδειξη είναι αυτή της γείωσης (GND), η οποία συνδέεται με μια από τις γειώσεις που διαθέτει η πλακέτα, την ένδειξη του σήματος (Data) η οποία συνδέεται με την σειρά της σε μια από τις ψηφιακές εσοχές της πλακέτας και την ένδειξη της τροφοδοσίας (VCC) η οποία συνδέεται με μια τροφοδοσία της πλακέτας της τάξεως των τριών με πέντε volt.

#### 4.1.2 Πρόληψη πυρκαγιάς

Σε επόμενο στάδιο της πρώτης πειραματικής διάταξης χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας ανίχνευσης φωτιάς του τύπου KY-026 [31], με σκοπό την πρόληψη πυρκαγιάς. Ο εν λόγω αισθητήρας λειτουργεί ανιχνεύοντας το υπέρυθρο φως το οποίο εκπέμπεται από την φωτιά. Αποτελείται από αναλογικές και ψηφιακές εξόδους καθώς και από ένα ποτενσιόμετρο για την ρύθμιση της ευαισθησίας του. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν διαθέτει τρία βασικά εξαρτήματα επάνω στην πλακέτα κυκλώματος του [32]. Πρώτο εξάρτημα είναι η ίδια η μονάδα αισθητήρα που βρίσκεται τοποθετημένη στην μπροστινή πλευρά του αισθητήρα, με σκοπό την μέτρηση της περιοχής και την αποστολή του αναλογικού σήματος που λαμβάνει στο δεύτερο κύριο μέρος που είναι ο ενισχυτής. Αυτός με την σειρά του ενισχύει το σήμα που λαμβάνει μέχρι την επιτρεπτή τιμή του ποτενσιόμετρου και αποστέλλει το σήμα στην αναλογική έξοδο. Το τρίτο και τελευταίο κομμάτι του αισθητήρα είναι ένας μετατροπέας ο οποίος αλλάζει το ψηφιακό σήμα εάν αυτό πέσει κάτω από μια συγκεκριμένη τιμή. Ο αισθητήρας αυτός δεν έχει την δυνατότητα εμφάνισης απόλυτων τιμών στις μετρήσεις του.



Εικόνα 28 Ο αισθητήρας φωτιάς KY-026

#### 4.1.3 Buzzer συναγερμού

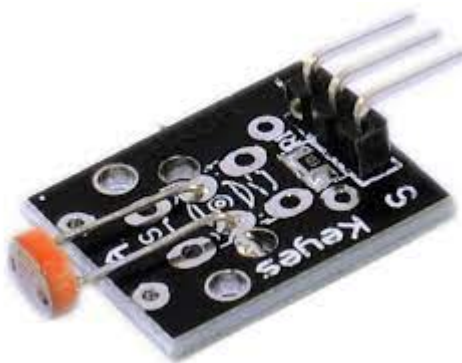
Στο στάδιο αυτό το buzzer [33] έχει χρησιμοποιηθεί ως σύστημα συναγερμού στην περίπτωση της πυρκαγιάς. Μόλις ανιχνευτεί φωτιά από τον αισθητήρα KY-026, ενεργοποιείται το buzzer το οποίο βρίσκεται και αυτό συνδεδεμένο σε ένα breadboard, με σκοπό την ηχητική προειδοποίηση του χρήστη μέσω ενός συνεχόμενου ήχου που παράγει στοχεύοντας στην ειδοποίηση του αγρότη για ένα πιθανό ξέσπασμα πυρκαγιάς που μπορεί να απειλεί την καλλιέργεια. Πρόκειται για ένα αρκετά μικρό σε μέγεθος εξάρτημα αλλά ταυτόχρονα πολύ αποτελεσματικό όσο αναφορά την ένταξη ηχητικών ειδοποιήσεων σε διαφορά συστήματα, το οποίο καταλήγει συνήθως σε δυο ακίδες, εκ των οποίων η μια έχει να κάνει με την τροφοδοσία του και την επικοινωνία με την πλακέτα και η άλλη με την γείωσή. Η τροφοδοσία του μπορεί να κυμανθεί από τέσσερα έως και εννιά volt αλλά συνήθως συνίσταται η ελεγχόμενη τροφοδοσία του από τέσσερα έως και έξι volt. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να γίνει ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του buzzer ελεγχόμενα, δηλαδή με κάποια χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στις δυο αυτές λειτουργίες με τον σωστό προγραμματισμό του.



Εικόνα 29 Buzzer

#### 4.1.4 Ειδιοποίηση για την τρέχουσα χρονική στιγμή

Στο τελευταίο στάδιο της πρώτης πειραματικής διάταξης συναντάται συνδεδεμένη μια φωτώ αντίσταση με σκοπό την ενημέρωση του χρήστη για την τρέχουσα κατάσταση της ημέρας εάν πρόκειται δηλαδή για πρωινές ή βραδινές ώρες .Η φωτώ αντίσταση [34] είναι ένας αισθητήρας του οποίου η αντίσταση μεταβάλλεται ανάλογα με το φως που προσπίπτει στην επιφάνεια του. Εάν λοιπόν μια ένταση φωτός που αντανακλάει στην επιφάνεια του είναι αιρετά έντονη τότε προκαλείται χαμηλότερη αντίσταση, ενώ εάν η ένταση φωτός είναι χαμηλότερη τότε παράγεται υψηλότερη αντίσταση. Με βάση τον τρόπο λειτουργίας της φωτοαντίστασης [35] πραγματοποιείται και η ενημέρωση του χρήστη σχετικά με την κατάσταση που επικρατεί. Πιο συγκεκριμένα όταν το φως που χτυπάει την αντίσταση είναι υψηλό τότε επικρατεί μέρα ενώ όταν το φως είναι χαμηλό έως ανύπαρκτο επικρατεί νύχτα.

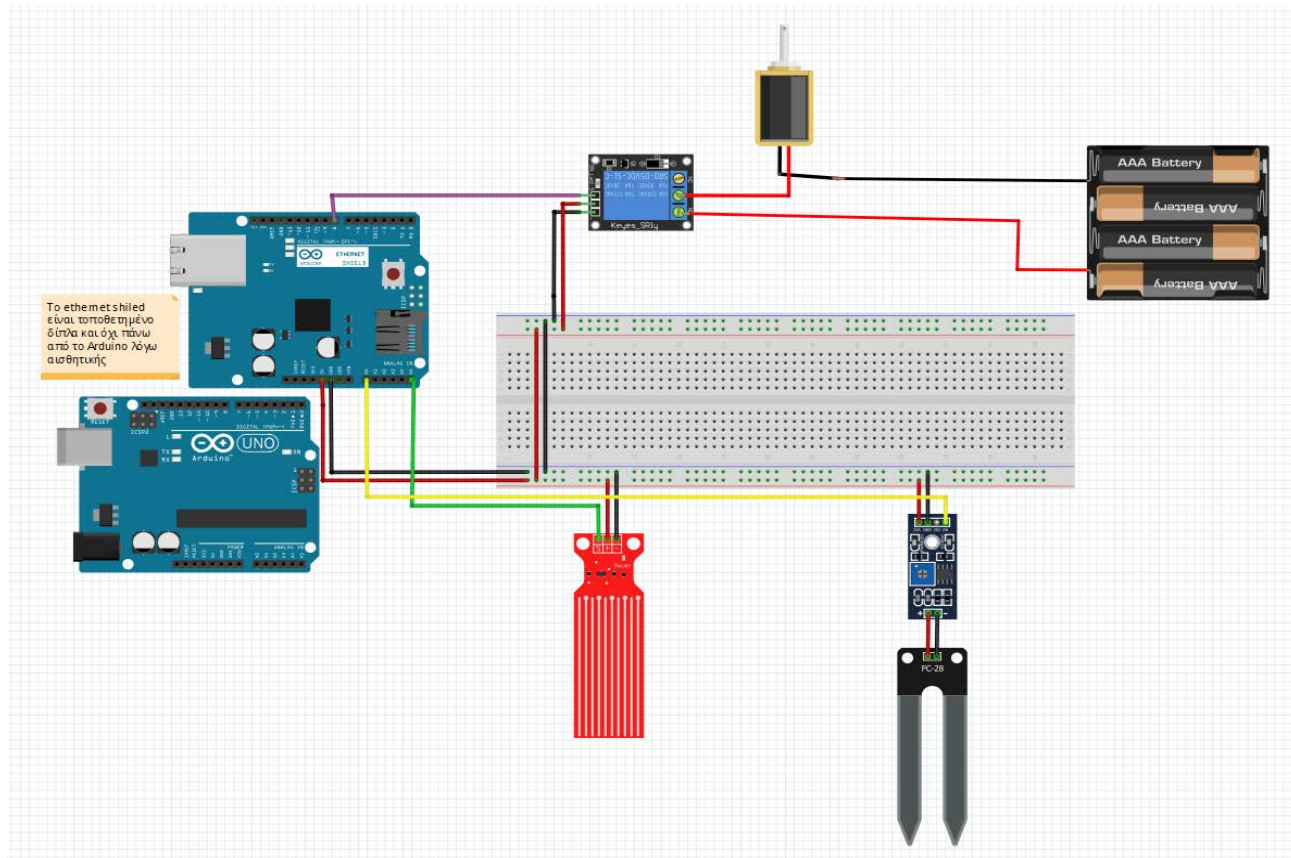


Εικόνα 30 Φωτοαντίσταση τύπου KY-018

#### 4.2 Δεύτερη πειραματική διάταξη

Η δεύτερη πειραματική διάταξη έχει να κάνει αποκλειστικά με την διαχείριση και παρακολούθηση των φυτών, καθώς και με το αυτόματο πότισμα τους. Για την υλοποίηση τους χρησιμοποιήθηκε σε πρώτο στάδιο ένας αισθητήρας στάθμης νερού με σκοπό την ειδοποίηση του αγρότη για τα επίπεδα νερού στις δεξαμενές. Σε δεύτερο στάδιο χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας υγρασίας χώματος σκοπεύοντάς στην παρατήρηση των ποσοστών της στο έδαφος στο οποίο βρίσκεται τοποθετημένο το φυτό, και τέλος περιλαμβάνεται η χρήση μιας αντλίας για το αυτόματο πότισμα των φυτών.





Εικόνα 31 Δεύτερη πειραματική διάταξη

Αρχικά στην δεύτερη πειραματική διάταξη όπως και στην πρώτη υπάρχει τοποθετημένο επάνω στην πλακέτα Arduino ένα ethernet shield και επάνω σε αυτό όλα τα υπόλοιπα περιφερειακά. Σε πρώτη φάση λοιπόν βρίσκεται συνδεδεμένος στο analog pin A0 ένας αισθητήρας εδάφους ο οποίος είναι υπεύθυνος για την μέτρηση των ποσοστών υγρασίας του εδάφους που περιβάλλει το φυτό. Μέσα από τον κώδικα έχει προγραμματιστεί έτσι ώστε να ενεργοποιείτε αυτόματα η αντλία όταν ο αισθητήρας ανιχνεύσει μια τιμή χαμηλότερη από το επιθυμητό όριο.

Στην συνέχεια τοποθετημένο στο analog pin A5 της δεύτερης πειραματικής διάταξης βρίσκεται ο αισθητήρας στάθμης νερού. Ο εν λόγω αισθητήρας έχει σκοπό την μέτρηση των ποσοστών των αποθεμάτων νερού στις δεξαμενές.

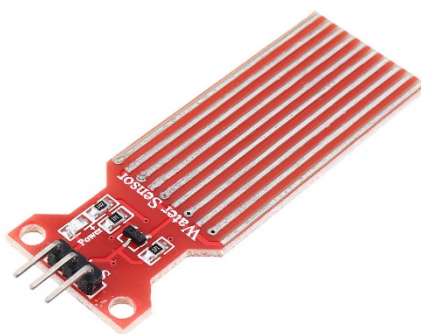
Στο digital pin 8 συναντάται συνδεδεμένο ένα ρελέ της τάξης των 5 βολτ. Σε ότι έχει να κάνει με την συνδεσμολογία του στην εσοχή με την ένδειξη NO τοποθετείται ο θετικός πόλος της μπαταριοθήκης και στην εσοχή με την ένδειξη COM ο θετικός πόλος της μικροαντλίας, και τέλος βρίσκονται συνδεδεμένοι οι δυο αρνητικοί πόλοι δηλαδή ο ένας της μπαταριοθήκης με αυτόν της μικροαντλίας ώστε να γίνεται άνοιγμα και κλείσιμο του κυκλώματος μέσω του ρελέ οπότε απαιτείται, με σκοπό το πότισμα των φυτών.

Σε ένα σενάριο μιας έκτασης γης προτείνεται η χρήση της δεύτερης πειραματικής διάταξης ανά εκατό περίπου τετραγωνικά όταν αφορά ένα είδος φυτού, αλλιώς προστίθεται άλλη μια ανάλογα με την ποικιλομορφία των φυτών.

Ο κώδικάς ο οποίος αφορά την δεύτερη πειραματική διάταξη είναι το δεύτερο παράρτημα.

#### 4.2.1 Παρακολούθηση της στάθμης νερού

Στην πρώτη φάση της δεύτερης πειραματικής διάταξης χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας στάθμης νερού για την παρακολούθηση των αποθεμάτων νερού από τον αγρότη στις υποτιθέμενες δεξαμενές.



Εικόνα 32 Αισθητήρας στάθμης νερού

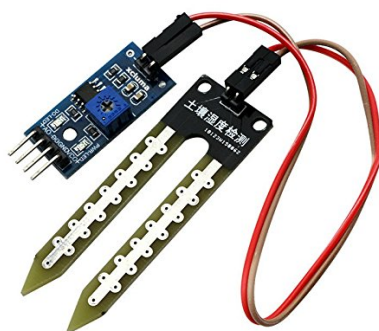
Παρατηρώντας αρχικά τον εν λόγω αισθητήρα [36] διακρίνονται δέκα κατακόρυφες γραμμές από χαλκό. Η σειρά αυτή από τις παράλληλες γραμμές λειτουργεί ως μια μεταβλητή αντίσταση η οποία ποικίλει ανάλογα με την στάθμη του νερού. Η αντίσταση και οι τιμές που λαμβάνει αντιστοιχούν στην απόστασή από την κορυφή του αισθητήρα έως την επιφάνεια του νερού, δηλαδή η αντίσταση είναι αντιστρόφως ανάλογη με το ύψος του νερού. Όσο περισσότερο βυθίζεται στο νερό ο αισθητήρας δημιουργείται καλύτερη αγωγιμότητα πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα την χαμηλότερη αντίσταση. Από την άλλη όσο λιγότερο βυθίζεται ο αισθητήρας στο νερό τόσο λιγότερο καλή αγωγιμότητα δημιουργείται άρα αυξάνεται και η αντίσταση. Σύμφωνα με την αντίσταση λοιπόν ο αισθητήρας παράγει μια τάση εξόδου με την οποία προσδιορίζεται και η στάθμη του νερού.

#### 4.2.2 Παρακολούθηση ποσοστών υγρασίας χώματος

Σε επόμενο στάδιο λοιπόν πραγματοποιήθηκε η παρακολούθηση της κατάστασης του εδάφους γύρω από το φυτό. Συγκεκριμένα λοιπόν τοποθετήθηκε σε αυτό ένας αισθητήρας υγρασίας χώματος [36] με σκοπό την παρακολούθηση των ποσοστών ξηρασίας και υγρασίας και την έναρξη του αυτομάτου ποτίσματος του όταν απαιτείται σύμφωνα πάντα με το ποσοστό υγρασίας γύρω από αυτό. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή ο αισθητήρας αυτός είναι συνδεδεμένος κατά κάποιον τρόπο με την αντλία ποτίσματος. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι αρκετά απλός.

Ο αισθητήρας αυτός έχει την μορφή ενός πιρουνιού με δυο μυτερά άκρα που στοχεύουν στην τοποθέτηση του στο έδαφος. Στα δυο αυτά άκρα υπάρχουν δυο αγωγοί

οι οποίοι λειτουργούν σαν αντίστασή η οποία ποικίλει ανάλογα με την περιεκτικότητα νερού στο έδαφος. Όσο περισσότερο νερό λοιπόν υπάρχει στο έδαφος τόσο καλύτερη αγωγιμότητα υπάρχει άρα και χαμηλότερη αντίστασή, και αντίστοιχα όσο λιγότερο νερό υπάρχει στο έδαφος τόσο μικρότερη θα είναι η αγωγιμότητα άρα θα μεγαλώσει και η αντίσταση. Τέλος ο αισθητήρας παράγει μια τάση εξόδου η οποία ανάλογα με τα ποσοστά της μπορεί να προσδιοριστούν και τα επίπεδα της υγρασίας στο έδαφος.



Εικόνα 33 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους

#### 4.2.3 Αυτόματο πότισμα των φυτών

Τέλος περνώντας στο τελευταίο στάδιο της δεύτερης πειραματικής διάταξης υπάρχει τοποθετημένη μια μικρό αντλία που στοχεύει στο αυτόματο πότισμα των φυτών. Η αντλία αυτή [36] τροφοδοτείται από μια μπαταριοθήκη της τάξης των 12 volt και βρίσκεται συνδεδεμένη σε ένα απλό μονοκάναλο ρελέ των πέντε volt. Όσον αφορά το τελευταίο, πρόκειται για έναν ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη που λειτουργεί με ένα σχετικά μικρής τάσης ρεύμα και είναι ικανό να διαχειριστεί και να ελέγξει ρεύμα πολύ μεγαλύτερης τάσης. Η λειτουργία του ρελέ έχει να κάνει με το άνοιγμα και κλείσιμο του κυκλώματος. Για παράδειγμα το κύκλωμα είναι απενεργοποιημένο δηλαδή δεν διαρρέεται από ρεύμα μέχρις ότου να ενεργοποιηθεί από οποιονδήποτε παράγοντα που έχει τεθεί σαν παράμετρος, στην συγκεκριμένη περίπτωση ενεργοποιείτε μέσω του αισθητήρα εδάφους. Με την ενεργοποίηση λοιπόν του ρελέ, αυτόματα ενεργοποιείται και η αντλία η οποία βρίσκεται συνδεδεμένη σε αυτό, όποτε και εάν απαιτείται ανάλογα πάντα με τα ποσοστά υγρασίας του εδάφους που λαμβάνονται από τον αισθητήρα. Όταν δηλαδή ο αισθητήρας χώματος ανιχνεύσει χαμηλά ποσοστά υγρασίας στο χώμα τότε αυτόματα ενεργοποιείτε η αντλία για το πότισμα του φυτού και απενεργοποιείτε μόλις φτάσει στο επιθυμητό ποσοστό το οποίο φυσικά έχει δοθεί σαν παράμετρος από τον κώδικα.

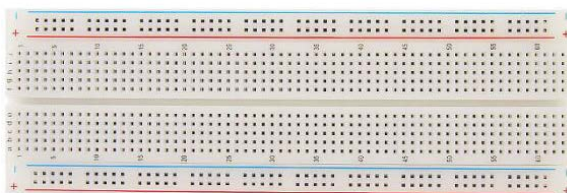
#### 4.2.4 Περιφερειακά

Όπως είναι λογικό η επίτευξη ενός τέτοιου είδους κυκλώματος απιστεί και κάποια περιφερικά όπως είναι τα jumper wires αλλά και τα breadboards.



#### 4.2.4.1 Πλακέτες δοκιμών (Breadboards)

Το Breadboard [37] είναι μια πλακέτα κυκλώματος η οποία χρησιμοποιείται για την κατασκευή προσωρινών και γρήγορων ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Το συγκεκριμένο εξάρτημα αποτελείται από ηλεκτρονικά κυκλώματα. Αποτελείται λοιπόν από πολλαπλές οπές στις οποίες πραγματοποιείται η εναλλαγή των στοιχείων μεταξύ των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Κάτω από το πλαστικό κάλυμμα του βρίσκονται τοποθετημένες κάποιες μεταλλικές λωρίδες οι οποίες συνδέουν τις οπές μεταξύ τους. Οι συνδέσεις που πραγματοποιούνται σε ένα breadboard είναι προσωρινές και αυτό αποτελεί και το πλεονέκτημα τους, δηλαδή τα στοιχεία που συνδέονται σε αυτά μπορούν να αποσυνδεθούν και να επανασυνδεθούν χωρίς να προκύψει κάποια ζημιά στο κύκλωμα, και αποτελούν αναμφισβήτητα τον αποτελεσματικότερο τρόπο δοκιμής κυκλωμάτων.

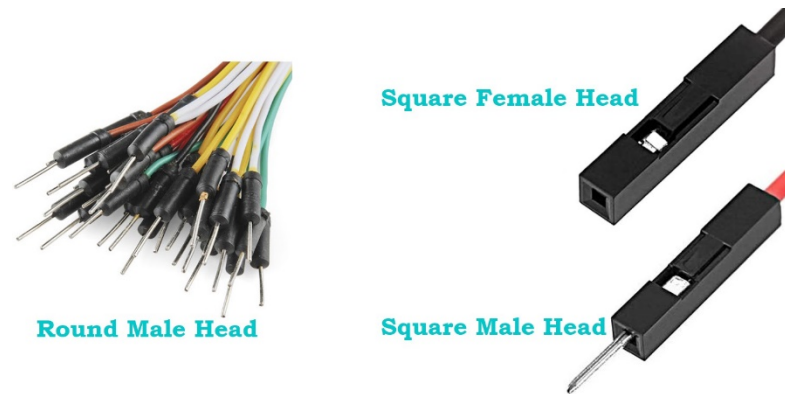


Εικόνα 34 Breadboard 830 εσοχών

#### 4.2.4.2 Jumper wires

Όσο αναφορά τα jumper wires [38] πρόκειται για απλά καλώδια που διαθέτουν στα άκρα τους κάποιες ακίδες διασύνδεσης, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την σύνδεση δυο σημείων χωρίς να απαιτείται συγκόλληση. Τα εν λόγω καλώδια συναντώνται συνήθως σε τρεις μορφές: αρσενικό σε αρσενικό (Male to male), αρσενικό σε θηλυκό (male to female) και θηλυκό σε θηλυκό (female to female). Η διαφορά μεταξύ των τριών αυτών κατηγοριών είναι στην κατάληξη του καλωδίου. Τα αρσενικά καλώδια διαθέτουν στην άκρη τους έναν πείρο, ενώ τα θηλυκά αποτελούνται από δυο εσοχές.

Τα jumper wires χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό με τις πλακέτες δοκιμών τα επονομαζόμενα breadboards, με σκοπό την διευκόλυνση της αλλαγής ενός κυκλώματος.



Εικόνα 35 Jumper wires τριών διαφορετικών τύπων

## 4.3 Ubidots STEM

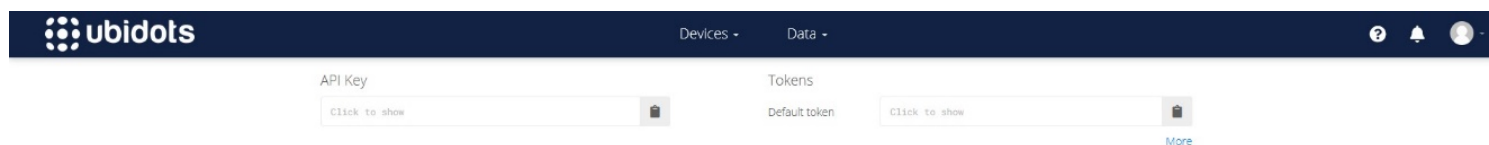
### 4.3.1 Εισαγωγή στην πλατφόρμα

Τέλος λοιπόν για την υλοποίηση και των δυο αυτών πειραματικών διατάξεων χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Ubidots STEM [39] ,[40]. Το Ubidots είναι ουσιαστικά μια πλατφόρμα βασισμένη στο IoT υποστηρίζοντας ένα μεγάλο φάσμα δυνατοτήτων και επίλογων, η οποία προσφέρει την δυνατότητα σε προγραμματιστές να καταγράψουν και να διαχειριστούν σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες, μέσω οποιασδήποτε τεχνολογίας δικτύωσης όπως είναι για παράδειγμα το Ethernet shields, μετατρέποντάς τα σε χρήσιμες πληροφορίες. Με το πέρας της καταγραφής των δεδομένων δίνεται η επιλογή της διαμόρφωσης οποιωνδήποτε ενεργειών αλλά και ειδοποιήσεων σχετικά με αυτά μέσω της δυνατότητας της οπτικοποίησης τους που προσφέρεται από την πλατφόρμα. Με την είσοδο λοιπόν, στην ιστοσελίδα της πλατφόρμας πραγματοποιείται ερώτηση στον χρήστη που αφορά την επιλογή του ως προς την χρήση της πλατφόρμας μέσω των δυο επιλογών που διαθέτει, εάν επιθυμεί για παράδειγμα χρήση της πλατφόρμας για επιχειρήσεις, η για προσωπική χρήση.



Εικόνα 36 Οι δυο επιλογές χρήσης της πλατφόρμας κατά την είσοδο στην ιστοσελίδα

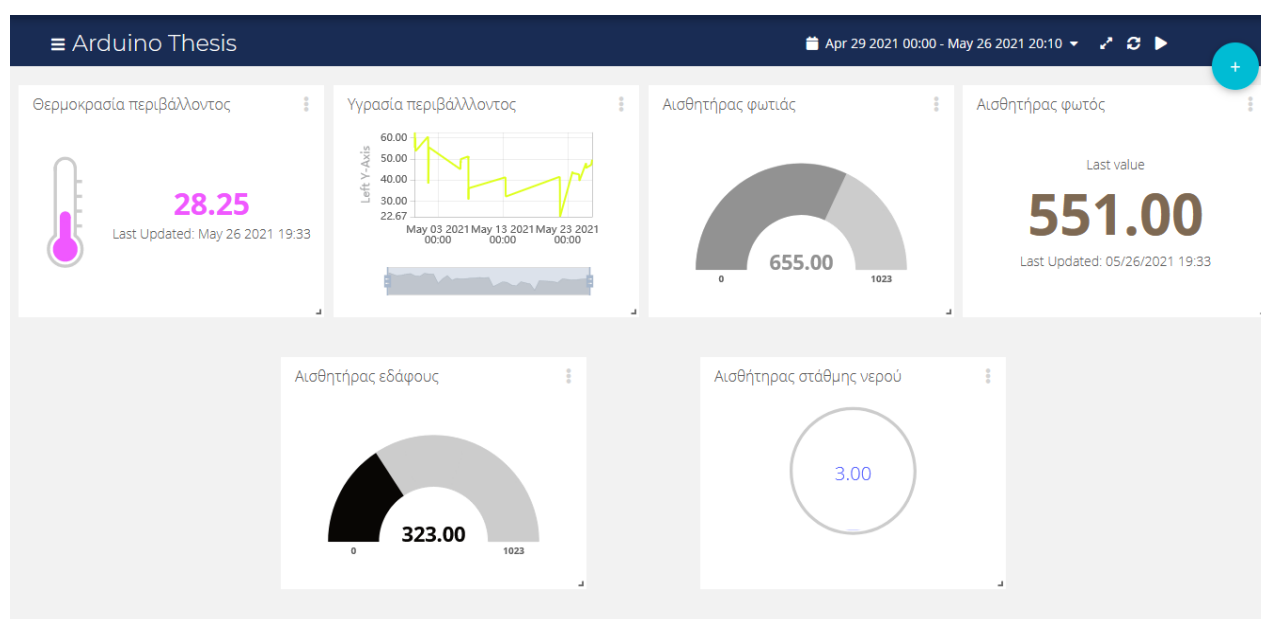
Όσον αναφορά τη λειτουργία της πρόκειται για μια σχετικά εύκολη πλατφόρμα η οποία απαιτεί την χρήση μιας συσκευής με δυνατότητα πρόσβασης στο Internet, την δημιουργία ενός δωρεάν λογαριασμού σε αυτήν καθώς και την χρήση ενός κλειδιού API το οποίο προσφέρεται από την ίδια την πλατφόρμα. Πατώντας επάνω δεξιά στο εικονίδιο χρήστη και στην συνέχεια στην επιλογή API Credentials θα εμφανιστεί μια καρτέλα με δυο πεδία με τις ονομασίες API key και Tokens. Τα πεδία φαίνονται αρχικά κενά, αλλά με το πάτημα επάνω σε αυτά θα εμφανιστούν δυο κλειδιά για προσαρμογή στον κώδικα. Στο σημείο αυτό αξίζει επίσης να σημειωθεί πως η εν λόγω πλατφόρμα παρέχει από την μια ένα τεράστιο φάσμα από επιλογές όσο αναφορά την διαχείριση δεδομένων, αλλά αποκλειστικά και μόνο με την συνδρομή του χρήστη σε αυτήν. Πράγμα το οποίο σημαίνει ότι ο χρήστης χωρίς την συνδρομή αυτή δεν διαθέτει πολλές επιλογές στην διάθεση του, διότι η πλατφόρμα με τον τρόπο αυτό περιορίζει κατά πολύ το φάσμα των δυνατοτήτων που είναι ικανή να προσφέρει. Επίσης η πλατφόρμα υποστηρίζει πρωτοκολλά HTTP και HTTPS.



Εικόνα 37 API key και Tokens

### 4.3.2 Διαχείριση των δεδομένων μέσω της πλατφόρμας Ubidots STEM

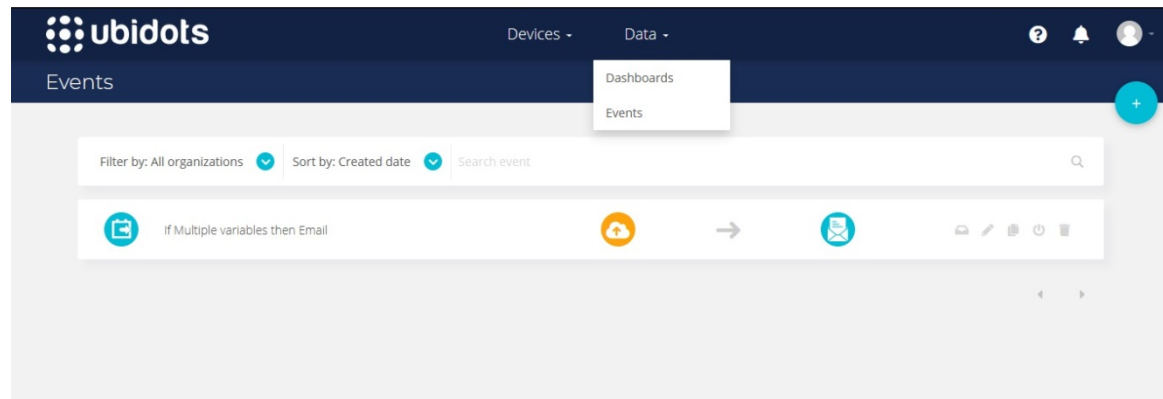
Όπως προ ειπώθηκε πρόκειται για μια πλατφόρμα με δυνατότητα οπτικοποίησης των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεν αλλά περιορισμένων δυνατοτήτων χωρίς συνδρομή σε αυτήν. Με γνώμονα το γεγονός αυτό λοιπόν αυτό και με βάση την παρούσα πτυχιακή εργασία, τα δεδομένα τα οποία συλλέχτηκαν από τους αισθητήρες απεστάλησαν στην πλατφόρμα Ubidots STEM μέσω των Ethernet shields που χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την παρακολούθηση αυτών καθώς και την διαχείριση τους στα επιτρεπτά πάντα πλαίσια της πλατφόρμας.



Εικόνα 38 Παρακολούθηση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο

Όσον αφορά την πρώτη πειραματική διάταξη η οποία αφορά την παρατήρηση του περιβάλλοντος γύρω από το φυτό ,πραγματοποιείτε μέσω της πλατφόρμας μια απλή συνεχή παρακολούθηση των δεδομένων στοχεύοντας στην ενημέρωση του χρήστη σχετικά με τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας ,καθώς και στην ενημέρωση του για την τρέχουσα χρονική στιγμή εάν δηλαδή επικρατεί ημέρα η νύχτα σύμφωνα με τις τιμές που λαμβάνει η φωτοαντίσταση ανά πασα χρονική στιγμή. Εκτός αυτών υπάρχει και ο αισθητήρας πυρκαγιάς με το σύστημα συναγερμού ο οποίος όταν ανιχνεύσει φωτιά πάνω από το επιθυμητό επίπεδο αυτόματα ενεργοποιείτε ο συναγερμός και η αποστολή ενός email μέσω της πλατφόρμας με σκοπό την προειδοποίηση του χρήστη. Το email καθώς και μια πληθώρα άλλων αντίστοιχων εφαρμογών προσφέρονται από την πλατφόρμα με σκοπό διάφορων ειδών ειδοποιήσεων. Βρίσκονται τοποθετημένα στην επιλογή Data ,στην καρτέλα events.

Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των μικροελεγκτών– ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ



**Εικόνα 39 Προσθήκη event μέσω της πλατφόρμας**

Στην δεύτερη πειραματική διάταξη πραγματοποιείτε μόνο η παρακολούθηση των ποσοστών υγρασίας του εδάφους με σκοπό την ενεργοποίηση του ποτίσματος την στιγμή που απαιτείται καθώς και η παρακολούθηση των ποσοστών της στάθμης νερού.

## 5. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

---

Στην πτυχιακή εργασία υπήρξαν δεσμεύσεις τόσο λόγω του υλικού αλλά και των περιορισμών της δωρεάν έκδοσης του Ubidots γι' αυτό και μελλοντικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άλλες πλατφόρμες, όπως για παράδειγμα η Node-RED (<https://nodered.org/>) που δίνει περισσότερες επιλογές αλλά χρειάζεται να φιλοξενηθεί σε κάποιο Server.

Επίσης, σε μελλοντική επέκταση θα μπορούσε να γίνει χρήση του MQTT πρωτοκόλλου για την επικοινωνία των πειραματικών διατάξεων και όχι HTTP request όπως αυτά που μας επιτρέπει το Ubidots. Τέλος, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν και κάποια αλγοριθμικά μοντέλα για την πρόβλεψη ασθενειών των φυτών ή την καλύτερη λειτουργία των αγροτικών εκτάσεων (αυτοματισμοί ποτίσματος, ραντίσματος κ.α.).

## Συμπεράσματα

---

Η χρήση και εφαρμογή των σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών στον γεωργικό τομέα μπορεί να οδηγήσει στην επονομαζόμενη τρίτη πράσινη επανάσταση. Η συγκεκριμένη [41] σχετίζεται άμεσα με τον κλάδο της γεωργίας εφαρμόζοντας συνδυαστικά λύσεις που αφορούν τις σύγχρονες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών στον εν λόγω τομέα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των λύσεων αυτών αποτελούν πλέον το ίδιο το διαδίκτυο των πραγμάτων, οι αισθητήρες, τα συστήματα γεωεντοπισμού τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα αλλά και η ρομποτική.

Προβλέπεται πως μέχρι το έτος 2050 η παραγωγή τροφίμων θα έχει αυξηθεί κατά 70 τις εκατό προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του παγκοσμίου πληθυσμού που εκτιμάται ότι θα αγγίζει τα 9,7 δισεκατομμύρια. Εκτός από το συγκεκριμένο πρόβλημα το smart farming έρχεται να δώσει λύσεις και στις υπόλοιπες αυξανόμενες ανησυχίες που αφορούν την γεωργία όπως είναι η κλιματική αλλαγή η περιορισμένη καλλιεργήσιμη γη λόγω της βιομηχανοποίησης των περιοχών και την διαθεσιμότητα των ορυκτών καυσίμων.

Με την ένταξη του smart farming στο γεωργικό κλάδο γίνεται αυτομάτως αντιληπτό ότι παρέχεται ένας τεράστιος αριθμός από δυνατότητες που αφορούν μια πιο παραγωγική και βιώσιμη παραγωγή με βάση την ακριβή διαχείριση και χρήση των πόρων.

Όπως όλα δείχνουν στο μέλλον η χρήση των έξυπνων εφαρμογών και τεχνολογιών του Internet of Things εντάσσονται όλο ένα και περισσότερο στον γεωργικό τομέα αυξάνοντας σημαντικά την παραγωγικότητα μειώνοντας ταυτόχρονα τον χρόνο που απαιτείται, το κόστος αλλά και το ανθρώπινο δυναμικό, εφαρμόζοντας στον πρωτογενή τομέα τον αυτοματισμό σε συνδυασμό με τις έξυπνες τεχνολογίες και τις συνεχόμενες βελτιώσεις τους.

### Ελεγχόμενοι μέθοδοι καλλιέργειας

Οι ελεγχόμενοι μέθοδοι καλλιέργειας εσωτερικού χώρου είναι ένα κεφάλαιο το οποίο έχει ήδη ξεκινήσει να εντάσσεται και θα επεκταθεί στο μέλλον ακόμα περισσότερο όπως όλα δείχνουν στα πλαίσια της έξυπνης γεωργίας. Ουσιαστικά κατά την συγκεκριμένη διαδικασία θα συλλέγονται κλιματικά δεδομένα τα οποία με την σειρά τους θα αποστέλλονται με σκοπό την αναπαραγωγή αυτών των κλιματικών μεταβλητών. Με τον τρόπο αυτό θα δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργεί, να ελέγχει πλήρως η ακόμα και να αναδημιουργεί ένα κλιματικό περιβάλλον αφαιρώντας έτσι οποιοδήποτε στοιχείο καιρικών συνθηκών μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τον κύκλο ζωής των καλλιεργειών. Θα δίνει δηλαδή, την δυνατότητα να δημιουργούνται τεχνητά καιρικά φαινόμενα όπως για παράδειγμα μια ξηρασία η κάποια άλλη συνθήκη οι οποίες μπορεί να επιφέρουν θετικά αποτελέσματα σε

συγκεκριμένες καλλιέργειες, και πιθανότατα να μην εμφανιζόντουσαν τυπικά στην φύση.

Η έννοια της έξυπνης γεωργίας μέρα με την μέρα αποκτά γιγαντιαίες διαστάσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά θα μπορούσε απλώς να αποτελεί και έναν προάγγελο για το τι πρόκειται να επακολουθήσει όσο αναφορά την χρήση της τεχνολογία στον τομέα της γεωργίας.

Εν κατακλείδι παρατηρούμε πως το IoT στο σύνολο του είναι μια πάρα πολύ εύπλαστη ιδέα και εφαρμογή που προσαρμόζεται συνεχώς στις ανάγκες μας και στην ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας. Αυτό σημαίνει ότι όσο αυτά τα δυο αυξάνονται το IoT θα εξελίσσεται και αυτό παράλληλα τους βρίσκοντας σιγά σιγά χώρο στις ζωές μας με μια μεγαλύτερη γκάμα εφαρμογών και σίγουρα πολύ πιο εύκολη προσβασιμότητα από τις μέχρι τώρα με απώτερο σκοπό πάντα την διευκόλυνση της ζωής όλων μας βήμα βήμα και μέρα με τη μέρα.

Με το πέρας της παρούσας πτυχιακής εργασίας έγινε απόλυτα κατανοητό πως το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει εισβάλει για τα καλά στις ζωές όλων, με εφαρμογές του να λαμβάνουν χώρο σχεδόν σε όλους τους τομείς εργασίας. Εκτός από τον εργασιακό τομέα όμως το Internet of Things αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της κοινωνίας ολόκληρης εφόσον έχει εδραιωθεί στην καθημερινότητα του καθενός μέσω των διαφόρων απλών εφαρμογών του. Παρόλα αυτά λοιπόν, μη γνωρίζοντας το που μπορεί να φτάσει, ένα πράγμα είναι σίγουρο πως ήρθε για να μείνει και να βελτιώσει στο μέγιστο την ποιότητα ζωής όλων.



## Αναφορές

---

- [1] X. Feng , L. Yang, L. Wang και A. Vinel, «Internet of Things,» *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMMUNICATION SYSTEMS*, αρ. 25, p. 1101–1102, 23 Ιανουάριος 2012.
- [2] W. Goddard, «IT Chronicles,» 17 Ιούνιος 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://itchronicles.com/>. [Πρόσβαση 10 Φεβρουάριος 2021].
- [3] H. Sun, C. Wang και A. Bashar I., «IoT connectivity landscape,» σε *From Internet of Things to Smart Cities Enabling Technologies*, Boca Raton, FL 33487, Ηνωμένες Πολιτείες, Chapman and Hall/CRC, 2018, pp. 6-12.
- [4] A. Zaidan, B. Zaidan, M. Tala, M. Kiah και M. Ala, «A Review of Smart Home Applications based on Internet of Things,» *Journal of Network and Computer Applications*, pp. 1-36, 2017.
- [5] M. Hagi, K. Thurow, I. Habil, R. Stoll και M. Habil, «Wearable Devices in Medical Internet of Things: Scientific Research and Commercially Available Devices,» *Healthcare Informatics Research*, pp. 4-15, 23 Ιανουάριος 2017.
- [6] R. ISLAM, D. KWAK, H. KABIR, M. HOSSAIN και K.-S. KWAK, «The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey,» *IEEE ACCESS*, pp. 678-708, 4 Ιούνιος 2015.
- [7] D. Serpanos και M. W. Wolf, «Industrial Internet of Things,» σε *Internet-of-Things (IoT) Systems Architectures, Algorithms, Methodologies*, Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland, Springer International Publishing AG , 2018, p. 37.
- [8] Y. Iano, A. Rangel, O. Saotome, V. V. Estrela και H. J. Loschi, «IoT Applications,» σε *Proceedings of the 3rd Brazilian Technology Symposium Emerging Trends and Challenges in Technology*, Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland, Springer International Publishing AG, 2019, p. 83.
- [9] P. Wassell , «Augmate,» 28 Απρίλιος 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.augmate.io/>. [Πρόσβαση 2021].
- [10] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista και M. Zorzi, «Internet of Things for Smart Cities,» *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, τόμ. 1, αρ. 1, pp. 22-32, 2014.
- [11] V. N. Malavade και P. K. Akulwar, «Role of IoT in Agriculture,» *IOT IRAN Internet of Things*, pp. 56-57, 2016.
- [12] M. SHOAIB FAROOQ, S. RIAZ, A. ABID, K. ABID και M. A. NAEEM, «A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming,» *IEEE ACCESS*, pp. 156237-

156271, 6 Νοέμβριος 2019.

- [13] P. P. Ray, «Internet of things for smart agriculture:Technologies, practices and future direction,» *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, p. 395–420, 2017.
- [14] M. AYAZ, M. AMMAD-UDDIN, Z. SHARI και E.-H. M. AGGOUNE, «Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture:Toward Making the Fields Talk,» *IEEE ACCESS*, pp. 129551-129583, 23 Σεπτέμβριος 2019.
- [15] R. Valencia-García, G. Alcaraz-Mármol, J. del Cioppo-Morstadt, M. Bucaram-Leverone, G. Alcaraz-Mármol και N. L. Vera, «Benefits of IoT in Agriculture,» σε *Advances in Intelligent Systems and Computing ICT for Agriculture and Environment*, Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland, Springer Nature , 2019, p. 72.
- [16] D. Pivoto, P. D. Waquil, T. Edson, C. Pauletto Spanhol Finocchio, V. Francisco Dalla Corte και G. de Vargas Mores, «Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil,» *INFORMATION PROCESSING IN AGRICULTURE*, pp. 21-32, 14 Δεκέμβριος 2017.
- [17] «IoT Solutions,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.iotsworldcongress.com/>.
- [18] A. Chalimov , «Eastern Peak,» 7 Ιούλιος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://easternpeak.com/>.
- [19] E. Navarro, N. Costa και A. Pereira, «A Systematic Review of IoT Solutions forSmart Farming,» *MDPI*, pp. 1-29, 19 Ιούλιος 2020.
- [20] F. M.-C. Carrascosa, D. V. Santano,, J. Merono, M. Sanchez de la Orden και A. G. Ferrer, «Open source hardware to monitor environmental parameters in precision agriculture,» *Biosystems Engineering* , pp. 73-83, 6 Ιούλιος 2015.
- [21] S. Monk, «This is Arduino,» σε *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*, McGraw-Hill Education, 2012, pp. 16-20.
- [22] T. Olsson, D. Gaetano,, J. Odhner και S. Wiklund, σε *Open softwear fashionable prototyping and wearable computing using the Arduino*, Creative Commons license, 2008, pp. 17-18.
- [23] J. Blum, «Arduino Boards,» σε *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry*, Wiley, 2013, pp. 13-16.
- [24] T. Olsson, ,. D. Gaetano, J. Odhner και S. Wiklund, σε *Open softwear fashionable prototyping and wearable computing using the Arduino*, Creative Commons license, 2008, p. 19.
- [25] J. Blum, «Atmel Microcontroller,» σε *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry*, Wiley, 2013, p. 10.

- [26] S. F. Barrett, «1.3.1 ARDUINO UNO R3 HOST PROCESSOR–THE ATMEGA328,» σε *Arduino Microcontroller Processing for Everyone!, 3rd Edition*, Morgan & Claypool Publishers, 2013, pp. 4-8.
- [27] C. A. Bell, « Introduction to sensor networks,» σε *Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi*, Μπέρκλεϊ, Καλιφόρνια, Apress, 2013, pp. 10-16.
- [28] C. Bell, «Electronics for Beginners,» σε *MicroPython for the Internet of Things A Beginner's Guide to Programming with Python on Microcontrollers*, Μπέρκλεϊ, Καλιφόρνια, Apress, 2017, pp. 271-280.
- [29] A. Nayyar και E. Puri, «A Review of Arduino Board's ,Lilypad's,& Arduino Shields,» σε *International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, Νέο Δελχί, Ινδία, 2016.
- [30] A. Distributor, «Mouser Electronics,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.mouser.com>.
- [31] ArduinoModules, «ARDUINO MODULES,» 31 Αυγουστος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://arduinomodules.info/>. [Πρόσβαση 10 Απρίλιος 2021].
- [32] Joy-IT, «KY-026 Flame-sensor module,» CC BY-NC-SA, 2017.
- [33] «Components101,» 25 Σεπτέμβριος 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://components101.com>. [Πρόσβαση 10 Απρίλιος 2021].
- [34] S. Hashm, G. Ferreira Batalha, C. J. Van Tyne και B. Yilbas, «13.03 - Review of Recent Developments in Sensing Materials,» σε *Comprehensive Materials Processing*, Δουβλίνο, Ιρλανδία, Elsevier, 2014, p. 67.
- [35] J. Christenson, «Sensors and Transducers,» σε *Handbook of Biomechatronics*, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, Elsevier, 2019, p. 69.
- [36] «Last Minute ENGINEERS,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://lastminuteengineers.com>. [Πρόσβαση 11 Απρίλιος 2021].
- [37] ADMINISTRATOR, «Electronics Hub,» 10 Αυγουστος 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.electronicshub.org>. [Πρόσβαση 10 Απρίλιος 2021].
- [38] M. Hemmings, «SparkFun EDUCATION,» 30 Ιανουάριος 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.sparkfuneducation.com>. [Πρόσβαση 13 Απρίλιος 2021].
- [39] R. Gorli και Y. G, «Future of Smart Farming with Internet of Things,» *Journal of Information Technology and Its Applications*, τόμ. 2, αρ. 1, pp. 27-38, 2017.
- [40] M. Noor Saleh και S. Nasir Hussein , «Home Energy Management and Monitoring Using Ubidots Platform,» *Al-Furat Journal of Innovations in Electronics and Computer Engineering* ,

Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των μικροελεγκτών– ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ

τόμ. 1, αρ. 3, pp. 14-21, 2020.

[41] D. Berlind, W. Santos και K. Sundstrom, «Programmable Web,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.programmableweb.com>. [Πρόσβαση 15 Απριλίου 2021].

## Παράρτημα Κώδικα

---

### Παράρτημα κώδικα της πρώτης πειραματικής διάταξης

```
#include <Arduino.h>

#include <Adafruit_Sensor.h>

#include "DHT.h"

#include <Ethernet.h>

#include <SPI.h>

#include <UbidotsEthernet.h>

#include <Wire.h>

char const * TOKEN = "BBFF-1YIH8ZePGbF2S1PcN5JqVOVL4PJfX";

char const * VARIABLE_LABEL_1 = "temperature";

char const * VARIABLE_LABEL_2 = "humidity";

char const * VARIABLE_LABEL_3 = "flame sensor";

char const * VARIABLE_LABEL_4 = "photoresistor";

byte mac [] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};

Ubidots client(TOKEN);

int photoPin = A5;

int photoValue = 0;

const int flamePin = A0;//flame

int flameValue=0;

int buzzer = 9;

#define DHTPIN 2

#define DHTTYPE DHT11

int relay =8;

DHT dht (DHTPIN, DHTTYPE);

void setup () {

  Serial.begin(9600);

  Serial.print(F ("Starting ethernet..."));

  if (! Ethernet.begin(mac)) {

    Serial.println(F("failed"));
```

```
} else {  
    Serial.println(Ethernet.localIP());  
}  
delay (2000);  
dht. begin ();  
Serial.println(F("Ready"));  
}  
void loop () {  
    Ethernet.maintain();  
    pinMode (buzzer, OUTPUT);  
    pinMode (relay, OUTPUT);  
    int photoValue = analogRead(photoPin);  
    int flameValue = analogRead(flamePin);  
    if (flameValue <= 200) {  
        digitalWrite (buzzer, HIGH);  
        delay (300);  
        digitalWrite (buzzer, LOW);  
        delay (300);  
    }  
    if (photoValue <= 300) {  
        digitalWrite (relay, HIGH);  
    }  
    else {  
        digitalWrite (relay, LOW);  
    }  
    float h = dht. readHumidity ();  
    float t = dht. read Temperature ();  
    float f = dht. read Temperature(true);  
  
    if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {  
        Serial.println(F ("Failed to read from DHT sensor!"));  
        return;  
    }  
}
```

```
}  
  
float hic = dht. computeHeatIndex (t, h, false);  
  
Serial.print(F ("Humidity: "));  
Serial.print(h);  
client.add (VARIABLE_LABEL_2, h);  
Serial.print(F ("% Temperature: "));  
Serial.print(t);  
Serial.print(F ("°C "));  
Serial.print(f);  
Serial.print(F ("°F Heat index: "));  
Serial.print(hic);  
client.add (VARIABLE_LABEL_1, hic);  
Serial.print(F ("°C "));  
client.add (VARIABLE_LABEL_3, flameValue);  
client.add (VARIABLE_LABEL_4, photoValue);  
client.sendAll();  
delay(1000);  
}
```

### **Παράρτημα κώδικα της δεύτερης πειραματικής διάταξης**

```
#include "Arduino.h"  
#include "UbidotsEthernet.h"  
#include "Ethernet.h"  
#include "SPI.h"  
  
char const * TOKEN = "BBFF-1YIH8ZePGbF2S1PcN5JqV0VL4PJfX";  
char const * VARIABLE_LABEL_1 = "water sensor";  
char const * VARIABLE_LABEL_2 = "soil sensor";  
byte mac [] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0x69, 0xED};  
Ubidots client(TOKEN);  
  
int waterValue = 0;  
int waterPin = A5;
```

Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής Internet of Things για έξυπνη γεωργία με την χρήση των μικροελεγκτών– ΤΡΙΜΗΝΤΖΙΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ

```
int soilPin = A2;

int soilValue = 0;

int relay=8;

void setup () {
  Serial.begin(9600);
  Serial.print(F ("Starting ethernet..."));
  if (! Ethernet.begin(mac)) {
    Serial.println(F("failed"));
  } else {
    Serial.println(Ethernet.localIP());
  }
  delay (2000);
  Serial.println(F("Ready"));
}

void loop () {
  Ethernet.maintain();
  pinMode (relay, OUTPUT);
  waterValue = analogRead(waterPin);
  soilValue = analogRead(soilPin);
  if (soilValue >= 400) {
    digitalWrite (relay, HIGH);
  }
  else
  if (soilValue <= 400) {
    digitalWrite (relay, LOW);
  }
  client.add (VARIABLE_LABEL_1, waterValue);
  client.add (VARIABLE_LABEL_2, soilValue);
  client.sendAll();
  delay(2000);
}
```