

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αυτοματοποιημένο σύστημα ποτίσματος θερμοκηπίου



Ελευθερία Βέλλη

Επιβλέπων καθηγητής

Βασίλειος Ράπτης



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αυτοματοποιημένο σύστημα ποτίσματος θερμοκηπίου

Ελευθερία Βέλλη

Επιβλέπων Καθηγητής

Βασίλειος Ράπτης

Ιούνιος - Άρτα 2020 -

Automated greenhouse watering system

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, Ιούνιος 2020

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Βασίλειος Ράπτης,

Πανεπιστημιακός Υπότροφος

2. Μέλος επιτροπής

Νικόλαος Γιαννακέας,

Επίκουρος Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής

Γεώργιος Τσουμάνης,

Πανεπιστημιακός Υπότροφος

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

Ευριπίδης Γλαβάς,

Καθηγητής, Α' Βαθμίδας

Υπογραφή

© Βέλλη Ελευθερία, 2020.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

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

Βέλλη Ελευθερία



Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Ράπτη Βασίλειο, που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, όπως επίσης και τον κύριο Γιαννακέα Νικόλαο για την πολύτιμη βοήθειά του. Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου που με στήριξαν με κάθε τρόπο σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Το θέμα που πραγματεύεται η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι η σχεδίαση και η κατασκευή ενός αυτοματοποιημένου συστήματος άρδευσης θερμοκηπίου. Όπως επίσης και τη δυνατότητα του χρήστη να ειδοποιείται για τις μεταβολές των συνθηκών αλλά και τη διαχείρισή του απομακρυσμένα. Αρχικά αναλύεται το πεδίο του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) και κάποιες από τις εφαρμογές του δηλαδή όπως το έξυπνο σπίτι, η έξυπνη πόλη και το έξυπνο θερμοκήπιο. Ακόμη αναφέρονται διάφορα συστήματα όπου με την αρωγή της τεχνολογίας συμβάλλουν θετικά στην ανάπτυξη της οικονομίας αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια περιγράφεται συνοπτικά ο μικροελεγκτής Arduino όπως και το προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino IDE που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του έργου όπως επίσης αναλύονται οι αισθητήρες και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος, παρουσιάζεται η υλοποίηση του πρωτότυπου συστήματος αλλά και το λογισμικό υποστήριξης που υλοποιήθηκε για την ολοκλήρωση του έργου.

Λέξεις-κλειδιά: Arduino, αισθητήρας, διαδίκτυο των πραγμάτων, μικροελεγκτής, GSM Shield

Abstract

The topic of this dissertation is the design and construction of an automated greenhouse system. As well as the ability of the user to notify about changes in condition and its management remotely. First, the internet of things (IoT) is analyzed as well as some of its applications, namely the smart home, smart city, the smart greenhouse. Various systems are also mentioned where, with the help of technology, they contribute positively to the development of the economy and the protection of the environment. The Arduino microcontroller is then analyzed as well as the Arduino IDE programming environment used to implement the project as well as the sensors and the materials used. Finally, the code with which the project was implemented is given.

Keywords: Arduino, sensor, internet of things, microcontroller, GSM Shield.

Περιεχόμενα

Περίληψη	8
Abstract	9
Περιεχόμενα.....	10
Πίνακας Εικόνων	12
1. ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IoT).....	14
1.1: Εισαγωγή στον Διαδίκτυο των πραγμάτων	14
1.2 Ιστορική Αναδρομή	15
1.3: Υλικό και Λογισμικό IoT	17
1.3.2 Ενσωματωμένα Συστήματα	19
1.3.3 Αναπτυξιακά Συστήματα	19
1.4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ IoT.....	23
1.4.1 Έξυπνη πόλη	24
1.4.2 Έξυπνη πόλη	26
1.4.3 Έξυπνο θερμοκήπιο	28
2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΘΜΙΣΗ	31
3. Η ΠΛΑΚΕΤΑ ARDUINO	38
3.1 Τι είναι το Arduino	38
3.2 Βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται για εφαρμογές με Arduino	40
3.3 Προγραμματιστικό περιβάλλον ARDUINO IDE	42
3.4 Βασικές λειτουργίες του Arduino	45
3.4.1 Μεταβλητές– Σταθερές.....	46
3.4.2 Σχόλια	47
3.4.3 Τελεστές.....	47
3.4.4 Συναρτήσεις.....	48
3.4.5 Δομές επιλογής – επανάληψης [34].....	50

4.1 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	52
4.1: Arduino UNO	52
4.2: Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος	54
4.3 Αισθητήρας Υγρασίας Εδάφους	56
4.4 GSM – GPRS SHIELD (SIM 900A)	59
4.5 Ηλεκτροβάνα	63
4.6 Ρελέ	65
5. Υλοποίηση Λογισμικού	67
5.1 Δηλώσεις.....	67
5.2 Κύρια Συνάρτηση	68
5.3 Αισθητήρες	70
5.4 Έλεγχος Ηλεκτροβάνας	71
5.5 Επικοινωνία GSM.....	73
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1: Μικροεπεξεργαστής 4004	18
Εικόνα 1.2: Μικροεπεξεργαστής 8080	18
Εικόνα1.3: Μικροεπεξεργαστής 8086	19
Εικόνα 1.4: Ο κύκλος ζωής ενός αναπτυξιακού συστήματος.....	20
Εικόνα 1.5: Το MSP430.....	22
Εικόνα 1.7: Το Raspberry Pi.....	23
Εικόνα 1.8: Το Arduino Uno	23
Εικόνα 1.9: Smart Home.....	26
Εικόνα 1.10: Smart City.....	28
Εικόνα 1.11: Έξυπνο Θερμοκήπιο.....	30
Εικόνα 2.1: Το σύστημα IRMA	33
Εικόνα 2.2: Διαχείριση υπόγειων υδάτων	35
Εικόνα 2.3: Το λογότυπο του έργου DataBio	37
Εικόνα3.1: Το λογότυπο του Arduino	39
Εικόνα 3.2: Καλώδιο USB σύνδεσης Arduino με H/Y	40
Εικόνα 3.3: Breadboard	40
Εικόνα 3.4: Φωτοдиодοι LED	41
Εικόνα 3.5: Αντιστάσεις	41
Εικόνα3.6: Button	41
Εικόνα 3.7: Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος DHT11	42
Εικόνα 3.8: GSM SHIELD ARDUINO	42
Εικόνα 3.9: Το προγραμματιστικό περιβάλλον IDE.....	43
Εικόνα3.10: Τα βασικά μέρη της πλατφόρμας του Arduino IDE	44
Εικόνα 3.11 Επιλογή της έκδοσης του Arduino	45
Εικόνα 4.1: Arduino Uno R3	52
Εικόνα 4.2: Arduino Uno R3 SDM	53
Εικόνα 4.4: Το Arduino Uno	54
Εικόνα 4.5: ο αισθητήρας dht 22	55
Εικόνα 4.6: Το κύκλωμα του DHT 22	56
Εικόνα 4.7: Αισθητήρας υγρασία εδάφους.....	57
Εικόνα 4.8: Το αναλογικό κύκλωμα του αισθητήρα υγρασίας εδάφους.....	58
Εικόνα 4.9: Το ψηφιακό κύκλωμα του αισθητήρα υγρασίας εδάφους.....	59

Εικόνα 4.10: Το GSM/GPRS Shield.....	60
Εικόνα 4.11: Η πίσω όψη του GSM/GPRS Shield.....	63
Εικόνα 4.12: Το κύκλωμα σύνδεσης του GSM SIM900 με το Arduino	63
Εικόνα 4.13: Ηλεκτροβάνα.....	64
Εικόνα 4.13: Τρόπος σύνδεσης της ηλεκτροβάνας	65
Εικόνα 4.14: Ρελέ	66
Εικόνα 5.1: Το Σύστημα.....	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IoT)

1.1: Εισαγωγή στον Διαδίκτυο των πραγμάτων

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αναφέρεται ένα αρκετά μεγάλο αριθμό "πραγμάτων" όπως για παράδειγμα οικιακές συσκευές, οχήματα, αισθητήρες, λογισμικό, ψηφιακά μηχανήματα κ.α. τα οποία συνδέονται με το διαδίκτυο για να μπορούν να συλλέγουν και ν' ανταλλάσσουν δεδομένα. Οι συσκευές αλλά και τα αντικείμενα που είναι συνδεδεμένα στο internet χρησιμοποιούν ενσωματωμένους αισθητήρες οι οποίοι συνδέονται με μια πλατφόρμα που έχει όλα τα δεδομένα από τις διάφορες αυτές συσκευές για να εμφανίζονται αναλυτικά τα στοιχεία τους και να μπορούν να μοιράζονται τις πιο χρήσιμες πληροφορίες με τις εφαρμογές που έχουν σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση των αναγκών. Με τη βοήθεια των IoT συσκευών μπορούν να εντοπιστούν ακριβώς οι χρήσιμες πληροφορίες έτσι ώστε να εκμεταλλευτούν κατάλληλα. Με αυτή τη δυνατότητα αυτοματοποιούνται διαδικασίες που χρειάζεται να επαναληφθούν αρκετές φορές μέχρι να βγει το τελικό αποτέλεσμα ή ακόμη επιταχύνουν άλλες που μπορούν να διαρκέσουν ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

Είναι γενικά παραδεκτό το γεγονός ότι οι συσκευές και οι μηχανές που συνδέονται με το IoT μπορούν να βελτιώσουν τον τρόπο με τον οποίο ζούμε και εργαζόμαστε διότι το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι η σύνδεση μεταξύ τους έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να τις ελέγχει απομακρυσμένα από έναν υπολογιστή ή από το κινητό του. Για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα έξυπνο σπίτι όπου θα μπορεί να ρυθμίζεται αυτόματα η θέρμανση ή οι ηλεκτρικές του συσκευές. Επιπλέον συμβάλλει στην ορθή λειτουργία της βιομηχανίας καθώς παρακολουθεί τα μηχανήματα για να αναζητήσει τυχόν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν έτσι ώστε να ρυθμιστούν αυτόματα και να αποφευχθούν οι βλάβες. Σημαντική είναι ακόμη η

συμβολή του στη γεωργία, καθώς υπάρχουν πολλές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων, με τη βοήθεια των αισθητήρων, σχετικά με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την υγρασία τόσο του περιβάλλοντος όσο και του εδάφους, τη μέτρηση της βροχόπτωσης, την ταχύτητα του ανέμου την προσβολή από τα παράσιτα αλλά και το περιεχόμενο του εδάφους. Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση των γεωργικών τεχνικών αλλά και για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη βελτίωση της ποιότητας αλλά και της ποσότητας των καλλιεργειών όπως επίσης και για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων και των αποβλήτων. Με την αρωγή αυτών των εφαρμογών και τεχνολογιών πλέον επιτρέπεται στους αγρότες να λαμβάνουν πιο στρατηγικές και αποτελεσματικές αποφάσεις για την αύξηση της παραγωγικότητας με λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. [31], [36]

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Αναμφίβολα το IoT έχει εδραιωθεί στην καθημερινή μας ζωή. Όμως ο κόσμος μας δεν ήταν πάντα αυτός, μέχρι το 1999 ο όρος δίκτυο των πράγματος δεν υπήρχε. Με την ταχύτερη εξέλιξη όμως της τεχνολογίας σύντομα αναπτύχθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο. Βέβαια η ιδέα για την ανάπτυξη ενός δικτύου το οποίο θα συνδέει συσκευές χρονολογείται γύρω στο 1832 όπου και σχεδιάστηκε ένα ηλεκτρομαγνητικό τηλεγράφημα από τον Baron Schilling στη Ρωσία και ένα χρόνο αργότερα ο Carl Friedrich Gauss και ο Wilhelm Weber εφηύραν ένα δικό τους κώδικα επικοινωνίας με τον οποίο μπορούσαν να επικοινωνούν σε απόσταση 1200 μέτρων. Παρ' όλα αυτά η πραγματική ιστορία του IoT άρχισε με την εφεύρεση του internet στα τέλη της δεκαετίας του 60 το οποίο και εξελίχθηκε ακόμη περισσότερο στις επόμενες δεκαετίες. Έτσι το 1982 έχουμε το πρώτο έξυπνο δίκτυο το οποίο ήταν μια μηχανή αυτόματης πώλησης της Coca-Cola που βρίσκεται στο πανεπιστήμιο Carnegie Mellon. Οι κατασκευαστές της είχαν ενσωματώσει μικροδιακόπτες στο μηχάνημα για να βλέπουν αν η συσκευή διατηρούσε αρκετά δροσερό το αναψυκτικό ή όχι, ακόμα έλεγχαν αν υπήρχαν διαθέσιμα δοχεία. Αργότερα το 1990 δημιουργήθηκε η πρώτη συσκευή διαδικτύου από τον John Romkey που ήταν μία τοστιέρα η οποία μπορούσε να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί μέσω του διαδικτύου για πρώτη φορά με το πρωτόκολλο TCP/IP. Στη συνέχεια το 1994 εφευρέθηκε από τον Steve Mann μία web

κάμερα για να παρακολουθούν πόσος καφές υπήρχε στη καφετιέρα. Έτσι προγραμματίσαν την κάμερα να ταβά φωτογραφίες από το δοχείο του καφέ τρία φορές το λεπτό και ύστερα να στέλνει τις εικόνες σε τοπικούς υπολογιστές για να μπορούν όλοι να βλέπουν αν υπάρχει καφές. Το 1997 ο Paul Saffo έδωσε την πρώτη σύντομη περιγραφή για τους αισθητήρες αλλά και για το μέλλον τους.

Το 1999 είναι το έτος που έπαιξε τον σημαντικότερο ρόλο στην ιστορία του IoT, αφού ο Kevin Ashton σχεδίασε τον όρο “Διαδίκτυο των Πραγμάτων” δίνοντας μία παρουσίαση για την Procter & Gamble στην οποία περιέγραψε το IoT σαν μία νέα τεχνολογία που θα συνδέει αρκετές συσκευές μεταξύ τους με τη βοήθεια των ετικετών RFID. Αν και η ιδέα για σύνδεση των συσκευών με βάση το RFID διαφέρει από τη σημερινή που βασίζεται στο IP, η εξέλιξη της IP διασύνδεσης έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ιστορία του IoT. Η ανάπτυξη αυτής της νέα τεχνολογία είχε ως συνέπεια ένα σημαντικό άλμα στο εμπόριο. Η LG Electronics ανακοίνωσε τα σχέδιά της για ένα ψυγείο που θα καθορίζει μόνο του αν τα τρόφιμα που έχει αναπληρώνονται ή όχι. Το 2003 το RFID αναπτύχθηκε σε τεράστιο επίπεδο στον αμερικανικό στρατό. Άλλη μία αξιοσημείωτη εξέλιξη ήταν ένα μικρό ρομπότ σε σχήμα κουνελιού που ονομάστηκε Nabaztag. Το ρομπότ αυτό δημιουργήθηκε το 2005 και μπορούσε να λέει τις τελευταίες ειδήσεις, τις καιρικές προβλέψεις όπως και τις χρηματιστηριακές αλλαγές της αγοράς. Όπως αναφέρει το CBS το IoT γεννήθηκε μεταξύ του 2008-2009 από τη στιγμή δηλαδή που περισσότερα αντικείμενα συνδέονται με το διαδίκτυο παρά με τους ανθρώπους, αφού τότε ήταν η χρονική περίοδος όπου αναπτύχθηκαν τα smartphones, τα tablet κλπ. Τέλος το 2011 έγινε η έναρξη του IPv6 και προκάλεσε μαζική ανάπτυξη και ενδιαφέροντα σε αυτών τον τομέα. Αργότερα μεγάλες IT εταιρίες όπως η Cisco, η IBM, η Ericsson πήραν αρκετά εκπαιδευτικά προγράμματα και εμπορικές πρωτοβουλίες. Ακόμη η Arduino αλλά και άλλες μεγάλες πλατφόρμες υλικού αρχίζουν να ωριμάζουν και να καθιστούν το IoT προσβάσιμο σε όποιον ενδιαφέρεται να ασχοληθεί με αυτό.

Κλείνοντας αξίζει να αναφερθεί πως καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς σύντομα το IoT θα κυριαρχήσει αλλάζοντας εντελώς τον κόσμο στον οποίο ζούμε. Η ανάπτυξή του θα επικεντρωθεί στους τομείς της βιομηχανίας. Ένα παράδειγμα είναι η παρακολούθηση των ασθενών απομακρυσμένα με απώτερο σκοπό τη μείωση του κόστους νοσηλείας. Επιπλέον εμφανίζονται νέες συσχετίσεις ανάμεσα στις διασυνδεδεμένες τεχνολογίες και στην βιομηχανία. Κάποιες από αυτές είναι το

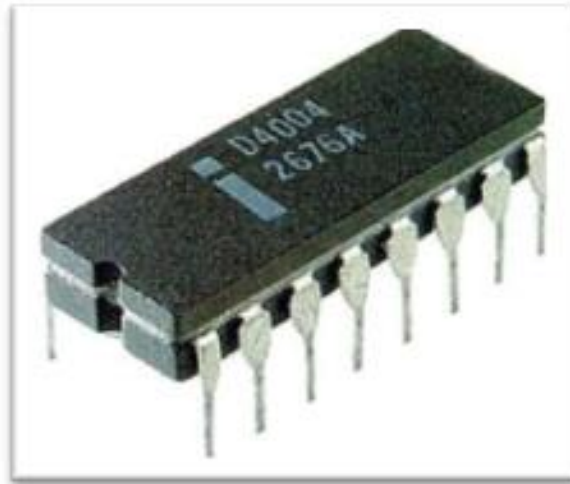
διαδίκτυο των ιατρικών πραγμάτων, το βιομηχανικό διαδίκτυο, το διαδίκτυο των αυτοκινήτων, έξυπνες πόλεις, κτίρια και γεωργία.[30]

1.3: Υλικό και Λογισμικό IoT

1.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ

Μικροεπεξεργαστής είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο ενσωματώνει τις βασικές λειτουργίες της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας ενός υπολογιστή, δηλαδή είναι ένα τσιπ πυριτίου με ρολόι που είναι προγραμματισμένο για πολλαπλές χρήσεις. Ως είσοδο δέχεται δυαδικά δεδομένα που τα οποία τα λαμβάνει από τις συσκευές εισόδου και στην έξοδό του τα επεξεργάζεται σύμφωνα με τις εντολές που είναι αποθηκευμένες της μνήμη του και έτσι παράγει έξοδο. Τα πλεονεκτήματα που έχουν οι μικροεπεξεργαστές είναι αρκετά με κυριότερο το χαμηλό τους κόστος λόγω της τεχνολογίας ολοκληρωμένων. Ακόμη η υψηλή τους ταχύτητα είναι ικανή να εκτελέσει εκατομμύρια οδηγίες ανά δευτερόλεπτο. Το μικρό τους μέγεθος είναι αναμφίβολα ένα από τα θετικά τους διότι οι συσκευές ή τα συστήματα υπολογιστών που κατασκευάζονται με μικροεπεξεργαστές μπορούν να γίνουν φορητά λόγω του μικρού τους μεγέθους αλλά και της χαμηλής τους κατανάλωσης ενέργειας που έχουν. Η χαμηλή τους κατανάλωση οφείλεται στον τρόπο κατασκευής τους. Συνήθως κατασκευάζονται με την τεχνολογία ημιαγωγών μεταλλικού οξειδίου στην οποία λειτουργούν σε λειτουργία κορεσμού και αποκοπής. Οι συσκευές ημιαγωγών δεν εκπέμπουν επίσης πολύ θερμότητα και τέλος η αξιοπιστία τους είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την διάδοσή τους αφού ο ρυθμός αποτυχίας τους είναι πολύ μικρός.

Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής δημιουργήθηκε το 1971 από την INTEL και ήταν ο 4004 που έτρεχε με ταχύτητα ρολογιού 108 KHz και είχε μόνο 4 bits ως μέγεθος λέξης πράγμα το οποίο δεν ήταν πρακτικό στη χρήση για αριθμητικούς υπολογισμούς παρ' όλα αυτά χρησιμοποιήθηκε σε συσκευές ελέγχου.



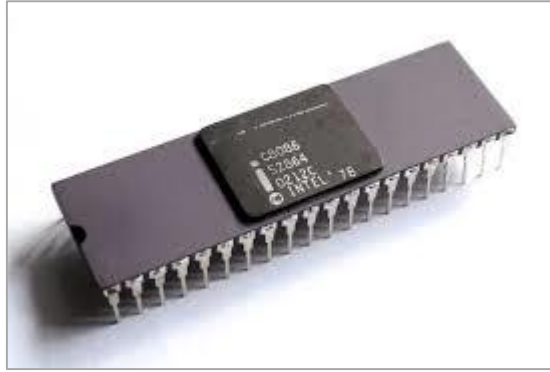
Εικόνα 1.1: Μικροεπεξεργαστής 4004

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ο 8008 όπου ήταν ο πρώτος μικροεπεξεργαστής με 8 bits και σύντομα ακολούθησε ο 8080 όπου ήταν και αυτός με 8 bits ως μέγεθος λέξης, που σημαίνει ότι μπορούσε να αντιπροσωπεύει αριθμούς στην περιοχή από -128 έως +127 κάτι που και πάλι δεν επαρκούσε για την εκτέλεση αριθμητικών υπολογισμών με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί και αυτός για εφαρμογές ελέγχου.



Εικόνα 1.2: Μικροεπεξεργαστής 8080

Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής με μέγεθος 16 bits κυκλοφόρησε περίπου το 1978 από την INTEL. Ήταν ο 8086 με συνέπεια να γίνει αρκετά δημοφιλής όχι μόνο για τις εφαρμογές ελέγχου αλλά και για τους υπολογισμούς. Η ταχύτητά του ήταν τέσσερις φορές μεγαλύτερη από τους προηγούμενους.



Εικόνα1.3: Μικροεπεξεργαστής 8086

Αργότερα στις αρχές τις δεκαετίας του 80 άρχισαν να κυκλοφορούν οι πρώτοι επεξεργαστές με 32 bits ψηφία, ένα αρκετά μεγάλο εύρος για αριθμητικούς υπολογισμούς. Από το 1995 μέχρι και σήμερα έχουν κατασκευαστεί επεξεργαστές με 64 bits πράγμα που σημαίνει πως έχουμε υψηλή απόδοση αλλά και υψηλή ταχύτητα. [16], [17]

1.3.2 Ενσωματωμένα Συστήματα

Ο όρος ενσωματωμένο σύστημα αναφέρεται σε έναν ελεγκτή που αποτελεί έναν συνδυασμό του υλικού αλλά και λογισμικού ηλεκτρονικών υπολογισμών σταθερής ή προγραμματισμένης λειτουργίας. Τα ενσωματωμένα συστήματα κυμαίνονται από το να μην έχουν διεπαφή με τον χρήστη μέχρι και σε σύνθετες γραφικές διεπαφές με χρήστη όπως είναι οι κινητές συσκευές. Οι διεπαφές αυτές μπορεί να έχουν κουμπιά, οθόνης αφής ή ακόμη διεπαφές για απομακρυσμένη λειτουργία. Χρησιμοποιούνται σε συσκευές ευρείας κατανάλωσης, στη βιομηχανία, σε αυτοκίνητα, σε οικιακές συσκευές στις τηλεπικοινωνίες ακόμη και στην ιατρική. [20]

1.3.3 Αναπτυξιακά Συστήματα

Με τον όρο αναπτυξιακά συστήματα αναφερόμαστε στη διαδικασία διαμόρφωσης του υλικού και του λογισμικού που έχει ένα σύστημα και ονομάζεται κύκλος ζωής. Συνήθως χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη ενός έργου πληροφορικής έτσι ώστε να περιγράφει τα στάδια που σχετίζονται από την πλαισίωσή του έως και την

αποπεράτωσή του. Τα στάδια αυτά είναι ο σχεδιασμός του έργου, η ανάλυση των απαιτήσεων, ο σχεδιασμός του έργου, η ανάπτυξη του έργου, η δοκιμή του έργου, η υλοποίησή του, τεκμηρίωσή του και τέλος η αξιολόγησή του. [19]



Εικόνα 1.4: Ο κύκλος ζωής ενός αναπτυξιακού συστήματος

Παντού γύρω μας χωρίς να το γνωρίζουμε υπάρχουν οι μικροελεγκτές, οι οποίοι αποτελούν έναν εντυπωσιακό αριθμό προϊόντων που χρησιμοποιούμε καθημερινά. Ουσιαστικά η χρήση των μικροελεγκτών σήμερα είναι καθολική, αφού κάθε προϊόν που αλληλοεπιδρά με έναν χρήστη περιλαμβάνει έναν μικροελεγκτή, που έχει τον ρόλο του «εγκεφάλου» στα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Μικροελεγκτές βρίσκονται στα τηλεχειριστήρια, τις ψηφιακές μηχανές, στα κινητά τηλέφωνα ακόμη και στα πλυντήρια.

Ειδικότερα ένας μικροελεγκτής είναι ένας υπολογιστής σε πιο πυκνή μορφή. Διαθέτει δηλαδή μια μονάδα μνήμης (CPU) όπου εκτελούνται τα προγράμματα, μνήμη στην οποία αποθηκεύονται αλλά και ανανεώνονται κατά την εκτέλεση του προγράμματος οι διάφορες μεταβλητές και θύρες εισόδου και εξόδου (I/O ports) με τις οποίες επικοινωνεί διαδραστικά και αμφίδρομα με τους χρήστες. Δεν είναι όμως μόνο αυτά, ένας μικροελεγκτής περιέχει μέσα σε ένα και μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και άλλα στοιχεία όπως, έναν αριθμό από καταχωρητές ειδικού σκοπού, δηλαδή συσσωρευτή, καταχωρητή κατάστασης, μετρητή προγράμματος, καταχωρητή εντολών και καταχωρητή δείκτη. Περιέχει εσωτερικούς χρονοστάτες – απαριθμητές, αριθμητική και λογική μονάδα (ALU) όπως επίσης και μονάδα αποκωδικοποίησης εντολών. Τα βασικότερα στοιχεία ενός μικροελεγκτή αποτελούν η μνήμη προγράμματος (ROM ή

EPROM), η μνήμη καταχωρητών και μεταβλητών (RAM) όπως και τα κυκλώματα χρονισμού και ελέγχου.

Οι μικροελεγκτές μέσα από τις θύρες I/O μπορούν να δέχονται σήματα εισόδου με τη μορφή λογικών ψηφιακών καταστάσεων, χαρακτήρες ή bytes δεδομένων με την τεχνική της σύγχρονης ή της ασύγχρονης σειριακής επικοινωνίας, μέσω σημάτων από διακόπτες ή σε ορισμένες περιπτώσεις και με αναλογικά σήματα, τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται σε ψηφιακά. Ακόμη μπορεί να αποστείλει σήματα σε άλλες συσκευές μέσα από τις θύρες εξόδου, να οδηγεί ηλεκτρονόμους, δίοδους LED και άλλα κατάλληλα κυκλώματα, που συνήθως περιλαμβάνονται σε κάθε μορφής αυτοματισμό. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως οι μικροελεγκτές χαρακτηρίζονται από ένα περιορισμένο ρεπερτόριο εντολών που μπορούν γραφτούν σε συμβολική μορφή (Assembly) με τη βοήθεια μνημονικών ονομάτων.

Η διαφορά που έχει ένας μικροελεγκτής από ένα μικροεπεξεργαστή βρίσκεται στην αυτονομία που διαθέτει το κάθε υπολογιστικό σύστημα. Συγκριμένα ο μικροελεγκτής λειτουργεί αυτόνομα, δηλαδή είναι προγραμματισμένος να εκτελεί μια συγκεκριμένη λογική ακολουθία εντολών οι οποίες έχουν καταχωρηθεί στην προγραμματιζόμενη μόνιμη μνήμη του. Με αποτέλεσμα κάθε φορά που γίνεται επανεκκίνηση ο μικροελεγκτής εκτελεί την ίδια λογική. Ανακαλεί τα δεδομένα, τα επεξεργάζεται και με βάση τα αποτελέσματα που παίρνει ελέγχει το περιβάλλον του. Είναι δηλαδή ένα σύστημα ειδικού σκοπού που ελέγχει και εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο αυτοματισμό. Αντίθετα ένας μικροεπεξεργαστής μετά την εκκίνησή του δεν είναι σε θέση να λειτουργήσει αυτόνομα, να εκτελέσει δηλαδή κάποια λογική ακολουθία. Αν και μπορεί να συνδεθεί με μνήμες RAM και ROM, αυτές αποτελούν ξεχωριστές μονάδες, που συνήθως δεν ολοκληρώνονται μέσα στον ίδιο μικροεπεξεργαστή.

Κλείνοντας αξίζει να αναφερθούν κάποιες δυνατότητες αλλά και πλεονεκτήματα των σύγχρονων μικροελεγκτών που καλύπτουν τα μεγαλύτερο μέρος των εφαρμογών της βιομηχανίας. Πιο αναλυτικά οι περισσότεροι μικροελεγκτές έχουν δυνατότητες πολλαπλών αναλογικοψηφιακών μετατροπών (ADC είσοδοι) για τη λήψη μετρήσεων από όλων των ειδών των αισθητήρων που υπάρχουν στην αγορά, έλεγχο κινητήρων συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση διαμόρφωσης εύρους παλμού. Επιπλέον για την επίτευξη ελέγχου ή μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πρέπει να τρέχουν λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου όπως

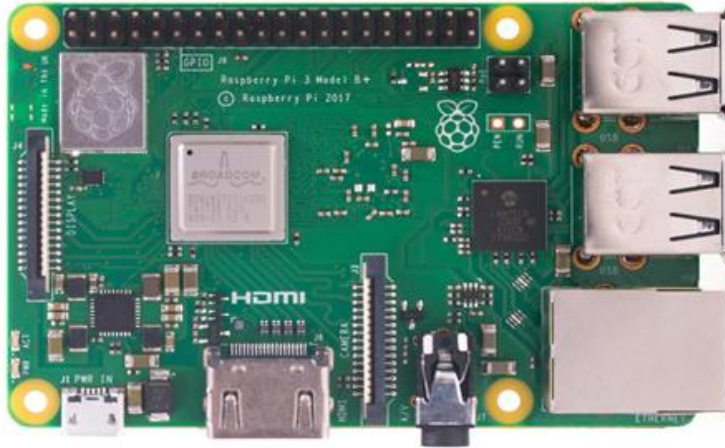
Linux, QNX, ενώ οι μικροελεγκτές δεν απαιτούν επιπλέον λογισμικό. Τέλος ακόμη ένα πλεονέκτημα είναι η μικρή κατανάλωση ισχύος

Αξίζει να αναφερθούν ορισμένα από αυτά τα συστήματα όπως για παράδειγμα το MSP430. Η οικογένεια μικροελεγκτών του MSP430 της Texas Instruments είναι σχεδιασμένη για τις εφαρμογές χαμηλής ισχύος εφόσον η CPU του περιλαμβάνει 16 bit περιφερειακό σύστημα. Για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενσωματωμένες συσκευές χαμηλής ισχύος. [37]



Εικόνα 1.5: Το MSP430

Ακόμη σε μία σειρά από μικρούς υπολογιστές ανήκει και το Raspberry Pi το οποίο είναι μια συσκευή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους όλων των ηλικιών που επιθυμούν να γνωρίσουν τους υπολογιστές αλλά και προγραμματίσουν σε γλώσσες όπως είναι η Python και η Scratch. Επιπλέον το χαμηλό κόστος του και το μικρό του μέγεθος το κάνει ακόμη δημοφιλέστερο. Το Raspberry Pi μπορεί να κάνει ό,τι και ένας υπολογιστής όπως να περιηγηθεί στο διαδίκτυο ή να αναπαράγει ένα βίντεο. Το σημαντικότερο είναι όμως έχει τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρά με τον έξω κόσμο. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται σε διάφορες ψηφιακές κατασκευές όπως και στη ρομποτική. [18]



Εικόνα 1.7: Το Raspberry Pi

Επίσης άλλος ένας μικρός υπολογιστής είναι και το Arduino. Το οποίο και αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' όλες της ηλικίες αφού έχει ένα αρκετά εύχρηστο υλικό και λογισμικό. Με τη βοήθεια των αισθητήρων αλλά και πλακέτες επέκτασης (shields) μπορεί να πραγματοποιήσει από μικρές εφαρμογές όπως να αναβοσβήσει ένα led μέχρι και πιο σύνθετες εφαρμογές όπως ένας μετεωρολογικός σταθμός.



Εικόνα 1.8: Το Arduino Uno

1.4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΙοΤ

Εδώ και αρκετά χρόνια ακούμε για την τεχνολογία του μέλλοντος έξυπνα αυτοκίνητα ή έξυπνες ηλεκτρικές συσκευές όπου εύκολα και γρήγορα μπορούν να χειριστούν αυτόματα. Πλέον η τεχνολογία του ΙοΤ μπαίνει όλο και περισσότερο στην καθημερινότητά μας, αφού κυκλοφορούν στην αγορά αρκετές συσκευές που μπορούν να συνδεθούν στο internet και κατ' επέκταση με το κινητό τηλέφωνο με απώτερο

σκοπό να ελέγχονται μέσω αυτού. Το IoT σήμερα βρίσκει εφαρμογή και σε άλλους τομείς εκτός από το “έξυπνο” σπίτι κάποιοι από αυτούς είναι η βιομηχανία, η γεωργία, οι μεταφορές, η υγεία ακόμη και το περιβάλλον.

1.4.1 ΈΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ

Πριν λίγα χρόνια αρχίσαν να κυκλοφορούν στην αγορά τα πρώτα smartphones όπου οι δυνατότητές τους άρχισαν να μοιάζουν με έναν υπολογιστή. Από τότε και μετά η λέξη smart άρχισε να μπαίνει για τα καλά στις ζωές μας και να χρησιμοποιείται και σε άλλες συσκευές και άλλους τομείς γενικότερα όπως για παράδειγμα τα σπίτια. Σήμερα με τον όρο έξυπνο σπίτι εννοούμε τη δυνατότητα που υπάρχει να ελέγχονται αλλά και να ρυθμίζονται οι συσκευές που υπάρχουν στο σπίτι αλλά και άλλα συστήματα όπως είναι το πότισμα, η θέρμανση μέσω κινητού τηλεφώνου.

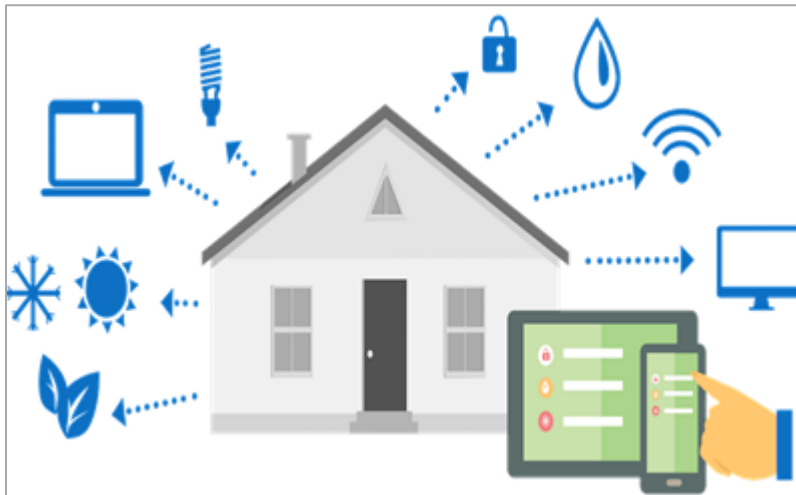
Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνει ένα σπίτι έξυπνο. Ο πιο διαδεδομένος είναι η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών η οποία περιλαμβάνει μία κεντρική συσκευή (Home Base) που συνδέεται το router του σπιτιού μέσω του οποίου επικοινωνούν οι έξυπνες συσκευές που υπάρχουν στο σπίτι με το κινητό τηλέφωνο και μέσω μίας εφαρμογής δίνονται οι εντολές για ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση τους. Σήμερα οι περισσότερες έξυπνες συσκευές που υπάρχουν στο εμπόριο διαθέτουν κεραίες έτσι ώστε να μπου να συνδεθούν ασύρματα με μια κεντρική συσκευή ελέγχου. Αυτό σημαίνει βέβαια ότι το κόστος τους είναι μεγαλύτερο απ’ τις συμβατικές συσκευές, όμως οι δυνατότητες τους και η ευκολία που προσφέρουν στον χρήστη είναι μεγαλύτερες. Ορισμένες έξυπνες συσκευές είναι οι ηλεκτρικές κουζίνες, τα πλυντήρια, οι καφετιέρες, το έξυπνο ρελέ το οποίο με τη σειρά του ρυθμίζει το θερμοσίφωνα ή το καλοριφέρ, αισθητήρες που ανοίγουν και κλείνουν τις πόρτες ή τα παράθυρα, όπως επίσης έξυπνες λάμπες και έξυπνες πρίζες.

Το έξυπνο σπίτι αδιαμφισβήτητα προσφέρει στους καταναλωτές αρκετά μεγάλη ευκολία και άνεση αφού επιτρέπει αν πάσα στιγμή τον έλεγχο των συσκευών ακόμη και απομακρυσμένα σε μικρό χρονικό διάστημα για παράδειγμα την ενεργοποίηση του θερμοσίφωνα έτσι ώστε να υπάρχει ζεστό νερό στο σπίτι μόλις φτάσει ή να ρυθμίσει την θερμοκρασία του. Επιπλέον συμβάλλει στην εξοικονόμηση της ενέργειας σε όλους του τομείς όπως το νερό, το πετρέλαιο και φυσικά το ηλεκτρικό ρεύμα αφού οι

συσκευές μπορούν να απενεργοποιηθούν αυτόματα μόλις πάψει να είναι αναγκαία η λειτουργία τους. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα ενός έξυπνου σπιτιού είναι η ασφάλεια. Σε περίπτωση παραβίασης του σπιτιού υπάρχει η δυνατότητα ενεργοποίησης των συναγερμών και καταγραφής του συμβάντος έτσι ώστε ο ιδιοκτήτης να έχει την πλήρη ενημέρωση είτε βρίσκεται εντός είτε εκτός του σπιτιού. Ακόμη προστατεύει το σπίτι και από πιθανές βλάβες του κυκλώματος ή απροσεξίας του ενοίκου αφού μόλις εντοπισθεί κάποιο βραχυκύκλωμα απενεργοποιείται αυτόματα η παροχή ρεύματος.

Βέβαια απ' την άλλη πλευρά υπάρχουν και ορισμένα αρνητικά του έξυπνου σπιτιού διότι όσες περισσότερες έξυπνες συσκευές υπάρχουν σε ένα σπίτι τόσο περισσότερη ακτινοβολία υπάρχει αφού οι συσκευές ακόμη και σε κατάσταση αναμονής συνεχίζουν να εκπέμπουν για να μπορούν να διατηρούν την επικοινωνία με την κεντρική μονάδα. Αυτό βέβαια έχει ως αποτέλεσμα τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία μας όταν η έκθεση στην ακτινοβολία είναι για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό συνιστάται η μείωση των έξυπνων συσκευών ή η πλήρης απενεργοποίηση ορισμένων όταν δεν είναι σε λειτουργία όπως για παράδειγμα η τηλεόραση. Ακόμη η κεντρική μονάδα καλό θα ήταν να τοποθετείται σε σημεία του σπιτιού όπου δεν χρησιμοποιούνται συχνά. Επίσης υπάρχουν ειδικές θήκες ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης οι οποίες μειώνουν έως και το 90% της ακτινοβολίας όμως διατηρούν το σήμα τουλάχιστον σε κοντινούς χώρους. Δυστυχώς ακόμη ένα αρνητικό των έξυπνων σπιτιών είναι η ευάλωτη θέση τους απέναντι σε διάφορους εισβολείς αφού οι έξυπνες συσκευές συλλέγουν πληροφορίες που αφορούν εμάς και το σπίτι μας. Οπότε κρίνεται απέριτη η πληροφόρηση των καταναλωτών για το αν οι συσκευές παρέχουν έλεγχο ταυτότητας και αν μπορεί να αλλάξει ο κωδικός πρόσβασης και το όνομα του χρήστη, αν η συσκευή συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα.

Συνοψίζοντας το έξυπνο σπίτι παρέχει αναμφίβολα στους καταναλωτές αρκετές ευκολίες στην καθημερινότητά τους όπως και ασφάλεια αρκεί όμως η χρήση του να γίνεται με σύνεση έτσι ώστε να αποφεύγονται τυχόν αρνητικές καταστάσεις. [21], [22]



Εικόνα 1.9: Smart Home

1.4.2 ΈΞΥΠΝΗ ΠΟΛΗ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως πλέον η λέξη “έξυπνος” χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς, ένας απ’ αυτούς είναι και οι πόλεις τις οποίες κατοικούμε. Ο όρος έξυπνη πόλη αναφέρεται σε μια από τις πιο βασικές έννοιες μιας σύγχρονης πολεοδομίας. Συγκριμένα χαρακτηρίζονται ως πόλεις του μέλλοντος όπου λειτουργούν με έξυπνη μετακίνηση, με έξυπνο περιβάλλον και γενικότερα έξυπνη διαβίωση χρησιμοποιώντας την ψηφιακή τεχνολογία. όπως για παράδειγμα αισθητήρες για να υπάρχει ένα συνδεδεμένο δίκτυο συσκευών σε όλη την πόλη. Για την ορθή λειτουργία αυτής της ιδέας εφαρμόζεται η τεχνολογία του IoT σε αστικό περιβάλλον.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά μιας έξυπνης πόλης είναι η έξυπνη ενέργεια. Η ενέργεια είναι βασική ανάγκη οποιασδήποτε πόλης, αφού τροφοδοτεί την τεχνολογία κατά την καθημερινή δραστηριότητα των ανθρώπων όχι μόνο στην εργασία αλλά και σε άλλες δραστηριότητες όπως είναι τα ψώνια ή το παιχνίδι. Ακόμη ο έξυπνος φωτισμός βοηθά στην εξοικονόμηση της ενέργειας, συγκεκριμένα ο φωτισμός των

δρόμων μπορεί να λειτουργεί ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την καιρική κατάσταση ή ακόμα και την ύπαρξη ανθρώπινης παρουσίας.

Επιπλέον ένα σημαντικό χαρακτηριστικό είναι οι έξυπνες μεταφορές. Δεν είναι λίγες οι πόλεις στις οποίες υπάρχει μεγάλο κυκλοφοριακό πρόβλημα. Για να μειωθεί λοιπόν αυτό το πρόβλημα σημαντικό ρόλο παίζουν τα έξυπνα φανάρια κυκλοφορίας στα οποία υπάρχουν κάμερες που μπορούν να ρυθμίζουν την κυκλοφορία ανάλογα με το πόσο μεγάλη είναι η συμφόρηση. Ακόμα ο έξυπνος χώρος στάθμευσης συμβάλλει θετικά στο να γνωρίζουν οι οδηγοί για τις κενές θέσεις και να αποφεύγεται η μεγάλη κυκλοφοριακή κίνηση. Επίσης ωφέλιμη είναι η σύνδεση των δημόσιων συγκοινωνιών που θα παρέχουν πληροφορίες στους πολίτες να τον ακριβή χρόνο άφιξης των λεωφορείων ή και άλλων μέσων μεταφοράς έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς πιο εύκολα και άνετα.

Η διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί το πρωταρχικό ζήτημα σε όλες τις σύγχρονες μεγάλες πόλεις εξαιτίας του μεγάλου κόστους αλλά και του προβλήματος της αποθήκευσης των απορριμμάτων στους υγειονομικούς χώρους. Γι' αυτό το λόγο έχουν βρεθεί έξυπνες λύσεις και για το οικονομικό αλλά και για το οικολογικό ζήτημα. Για παράδειγμα με τη χρήση έξυπνων κάδων απορριμμάτων θα ανιχνεύουν το μέγεθος του φορτίου έτσι ώστε να διευκολύνεται η συλλογή τους από τα οχήματα, όπως επίσης και το είδος τους ώστε να βελτιώνεται και η ποιότητα της ανακύκλωσης.

Είναι γενικά παραδεκτό πως στις μεγάλες πόλεις συναντάμε αρκετά υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης που δυστυχώς επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών. Για το λόγω αυτό απαιτείται η μείωση των εκπομπών αερίων και να αυξηθεί η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Με τη χρήση αισθητήρων μέτρησης της ποιότητας του αέρα οι οποίοι θα υπάρχουν σε αρκετά σημεία στην πόλη οι πολίτες μπορούν να ενημερώνονται μέσω μιας εφαρμογής για την ρύπανση του αέρα τη δεδομένη στιγμή με αποτέλεσμα να βρίσκουν πάντα μία πιο “υγιή” διαδρομή για της δραστηριότητές τους.

Αδιαμφισβήτητα τα βασικά συστατικά που συνθέτουν μια έξυπνη πόλη είναι οι συσκευές που δεν είναι άλλες από τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές. Οι οποίοι συλλέγουν τις πληροφορίες και τα δεδομένα για την βελτίωση των διάφορων συστημάτων της πόλης. Πρέπει όμως για να λειτουργήσει σωστά αυτό το σύστημα να

έχει γίνει ορθός προγραμματισμός διότι ο αριθμός των αισθητήρων αυξάνεται και είναι εύκολο να δημιουργηθεί σύγχυση ή να απειλούνται από κακόβουλα λογισμικά. Για το λόγο αυτό οι αρμόδιες αρχές θα πρέπει να ελέγχουν αυστηρά την ασφάλεια των συσκευών αυτών.

Τέλος καθοριστικό ρόλο σε μία έξυπνη πόλη έχουν οι άνθρωποι που ζουν σε αυτή και ο τρόπος με τον οποίο αλληλοεπιδρούν με τη δημόσια ζωή. Είναι σημαντικό να υπάρχει πρόσβαση στην εκπαίδευση και την κατάρτιση όλων των πολιτών μέσω e-learning και e-skills. Κρίνεται απαραίτητο όλοι οι πολίτες να χρησιμοποιούν ορθά τις έξυπνες εφαρμογές έτσι ώστε να διευκολύνεται η ζωή τους αλλά και τον υπόλοιπων. [23], [24]



Εικόνα 1.10: Smart City

1.4.3 ΈΞΥΠΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Είναι γενικά παραδεκτό πως τα θερμοκήπια τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετά λόγω της συμβολής τους στην αύξηση της παραγωγής των προϊόντων εκτός εποχής. Για να συμβεί όμως αυτό χρειάζεται να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, δηλαδή να ληφθούν τα μέτρα που χρειάζονται για να διατηρηθεί η θερμοκρασία, η σχετική ατμοσφαιρική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία όπως και η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στα καλύτερα δυνατά επίπεδα. Πλέον με την πρόοδο της τεχνολογίας υπάρχει η δυνατότητα ένα θερμοκήπιο να μετατραπεί σε “έξυπνο” δηλαδή

να υπάρχουν μηχανισμοί οι οποίοι αυτόματα θα δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για το θερμοκήπιο.

Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη των φυτών ενός θερμοκηπίου είναι η θερμοκρασία, η οποία συμβάλει στις φυσιολογικές λειτουργίες του όπως είναι η φωτοσύνθεση, η αναπνοή και γενικά ο μεταβολισμός. Επιπλέον η θερμοκρασία αποτελεί τον πιο βασικό καταναλωτή ενέργειας του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η θερμοκρασία που πρέπει να υπάρχει στο θερμοκήπιο διαφέρει ανάλογα με το είδος των φυτών που καλλιεργούνται, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού καθώς και από τον προγραμματισμένο χρόνο συγκομιδής. Για τη σωστή ρύθμιση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται αισθητήρες οι οποίοι ενημερώνουν τον ιδιοκτήτη για την ακριβή θερμοκρασία ανά πάσα στιγμή έτσι ώστε να ακολουθήσει τις αντίστοιχες ενέργειες. Συχνά η κατάλληλη θερμοκρασία επιτυγχάνεται με τεχνητό τρόπο. Αυτό συμβαίνει είτε με τη χρήση αερόθερμου είτε με τη χρήση λέβητα ζεστού νερού. Στο εξωτερικό για τη θέρμανση του θερμοκηπίου αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια ως βοηθητικό μέσο και όχι ως κύριο λόγω του υψηλού κόστους των ηλιακών συλλεκτών και της μεγάλης έκτασης που απαιτείται για την εγκατάστασή τους. Όταν όμως η αύξηση της θερμοκρασίας είναι αρκετά μεγαλύτερη από τα επιθυμητά επίπεδα απαιτείται ο δροσισμός του θερμοκηπίου. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους κλιματισμού που επιτρέπουν τη χρήση του θερμοκηπίου και τους θερινούς μήνες.

Η υγρασία που υπάρχει στον εσωτερικό αέρα του θερμοκηπίου είναι γνωστό ότι είναι ένα από τους καθοριστικούς παράγοντες για την ομαλή ανάπτυξη των προϊόντων που υπάρχουν μέσα σε αυτό. Συγκριμένα επηρεάζει τη λειτουργία της διαπνοής τους. Με τη ρύθμιση της υγρασίας του αέρα του θερμοκηπίου στα καλύτερα δυνατά επίπεδα μειώνονται οι ανάγκες των φυτών για νερό, ελέγχεται ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης και επιπλέον μειώνονται οι προσβολές των φυτών από ασθένειες. Είναι σημαντικό να μειώνεται η υγρασία του αέρα κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας ή τους ψυχρούς μήνες έτσι ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος προσβολής των φυτών από ασθένειες. Εξίσου σημαντικό όμως είναι και η αύξηση της θερμοκρασίας τις περιόδους με αρκετή ηλιοφάνεια διότι μπορεί να μειωθεί σε επικίνδυνα επίπεδα με αποτέλεσμα να απειλούνται τα φυτά. Για να αποφευχθούν αυτοί οι κίνδυνοι υπάρχουν τα όργανα μέτρησης υγρασίας του αέρα τα οποία ενημερώνουν για τα επίπεδά της. Είναι

αδιαμφισβήτητο πως η καλή ανάπτυξη των φυτών στο θερμοκήπιο εξαρτάται από τον εξαερισμό, ο οποίος θα πρέπει να επαναλαμβάνεται περιοδικά ανάλογα με την ώρα της ημέρας τις καιρικές συνθήκες ή ακόμη και την εποχή. Η αντικατάσταση του αέρα του θερμοκηπίου με την εισαγωγή του εξωτερικού αέρα στο θερμοκήπιο έχει ως στόχο την μείωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο εσωτερικό του περιβάλλοντος έτσι ώστε να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα αλλά και να εμπλουτιστεί με διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεμιστήρων ή αλλιώς εξαεριστήρων αλλά και με τη χρήση παραθύρων οροφής ή πλευρικών τα οποία έχουν πολλά πλεονεκτήματα για την ανάπτυξη των φυτών.

Σήμερα με την βοήθεια των υπολογιστών αλλά και των αισθητήρων που τοποθετούνται στα θερμοκήπια γίνεται η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών για τη βελτιστοποίηση της άρδευσης ενώ σύγχρονος ενημερωθούν άμεσα στο κινητό τηλέφωνο οποιαδήποτε στιγμή όπου και αν βρίσκεται ο ιδιοκτήτης. Συνάμα οι έξυπνοι έλεγχοι εκτός απ' το γεγονός ότι δημιουργούν το καλύτερο κλίμα για την ανάπτυξη των προϊόντων σε σχέση με την ενέργεια, τη χρήση νερού και τα θρεπτικά συστατικά μειώνουν σημαντικά και το κόστος αυτών των πόρων. [25], [26]



Εικόνα 1.11: Έξυπνο Θερμοκήπιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΘΜΙΣΗ

Εδώ και αρκετά χρόνια οι επιστήμονες προειδοποιούν για την έλλειψη νερού στον πλανήτη μας αλλά και για τα προβλήματα που θα υπάρξουν λόγω της ρύπανσης των υδάτων όπως και της αλόγιστης κατανάλωσής του. Για το λόγο αυτό επισημαίνουν πως απαιτείται να γίνουν άμεσες παρεμβάσεις έτσι ώστε να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις για τον πλανήτη.

Συγκεκριμένα η FAO-AQUASTAT αναφέρει πως η Ελλάδα και η Ιταλία χρησιμοποιούν για άρδευση περίπου το 70% και το 40% αντίστοιχα του διαθέσιμου νερού. Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η δράση για την προστασία του νερού ποιοτικά αλλά και ποσοτικά. Έτσι τον Ιούνιο του 2012 υποβλήθηκε μια πρόταση στην διαχειριστική αρχή (Joint Technical Secretariat, ETCP) η οποία είχε ως στόχο την ανάπτυξη εργαλείων αποτελεσματικής διαχείρισης άρδευσης για γεωργικές καλλιέργειες και αστικά τοπία “GREECE-ITALY 2007-2013 ” και εγκρίθηκε τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους. Ο στόχος της IRMA (IRrigation MAnagement) ήταν να δημιουργήσει ένα δίκτυο ανταλλαγής γνώσεων και εμπειρογνωμοσύνης που θα οδηγούσε στην ανάπτυξη γεωργικών εργαλείων διαχείρισης της άρδευσης για την κεφαλαιοποίηση της επιστημονικής γνώσης και των ορθών πρακτικών με γνώμονα τη ζήτηση. Το IRMA διεξήχθη από οργανισμούς υποστήριξης των ΜΜΕ όπως και περιφερειακές αρχές, πανεπιστήμια αλλά και ερευνητικά ιδρύματα. Από την Ελλάδα συμμετείχαν το Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου το οποίο ήταν και ο επικεφαλής εταίρος, η Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηπείρου- Δυτικής Μακεδονίας και η Ανάπτυξη Επιχείρησης Αχαΐας – Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας και από την Ιταλία η Περιφέρεια της Απουλίας, το Ινστιτούτο Εθνικής Οικονομίας Agraria / Bari και το Ινστιτούτο Βιομηχανίας Υποκαταστημάτων Αλιείας / Μπάρι – Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Οι δράσεις οι οποίες υλοποιήθηκαν αρχικά ήταν η δημιουργία εκτεταμένου δικτύου φορέων αλλά και επιχειρήσεων που εμπλέκονται με τη διαχείριση και τη χρήση νερού άρδευσης, όπως για παράδειγμα οι κρατικές, οι περιφερειακές και οι δημοτικές υπηρεσίες, οι αγροτικοί συνεταιρισμοί και οι αγροτικές επιχειρήσεις, με απτότερο σκοπό την ενημέρωσή τους και τη μεταφορά της τεχνογνωσίας. Έπειτα έγινε η αναλυτική καταγραφή των εθνικών και τοπικών πολιτικών της διαχείρισης του νερού για την άρδευση, των σχετικών επιπτώσεων στο περιβάλλον αλλά και προτάσεις για την προσαρμογή και τη βελτίωση. Καταγράφηκε η άρδευση και ο εντοπισμός καλών πρακτικών με σκοπό να βελτιωθεί η χρήση του νερού. Πραγματοποιήθηκαν κάποιες επιθεωρήσεις στα συστήματα άρδευσης και έγιναν αναλυτικές προτάσεις που είχαν ως σκοπό τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης του νερού. Αναπτύχθηκε ειδική διαδικτυακή υπηρεσία για την υποστήριξη της διαχείρισης των αρδεύσεων στην πεδιάδα της Άρτας συγκεκριμένα με την τοποθέτηση δικτύου μετεωρολογικών σταθμών στον κάμπο της Άρτας και την ανάπτυξη του σχετικού λογισμικού. Βελτιώθηκε η υφιστάμενη διαδικτυακή υπηρεσία των συμβουλών για την άρδευση στην Απουλία, διεξήχθη έρευνα η οποία είχε ως σκοπό την προώθηση φυτών με χαμηλές ανάγκες για νερό, την αξιοποίηση της τηλεπισκόπησης για την σωστή εκτίμηση των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό, την αξιολόγηση των δυνατοτήτων χρήσης εξελιγμένων αισθητήρων για την διαχείριση της άρδευσης αλλά και των δυνατοτήτων της χρήσης των εναλλακτικών πηγών νερού για την άρδευση με επεξεργασμένο νερό, με γκρίζο νερό ή και αλατούχα νερά. Τέλος μέσω διεθνών συνεδρίων και αντίστοιχων δράσεων έγινε η εκπαίδευση των επαγγελματιών, στελεχών της δημόσιας διοίκησης, γεωπόνων και αγροτών αλλά και του ευρύτερου, της σχολικής κοινότητας ώστε να ενημερωθούν σχετικά με την αποτελεσματική χρήση του νερού άρδευσης.

Ένα από τα βασικότερα αποτελέσματα αυτής της δράσης ήταν η σημαντική αύξηση της αποτελεσματικότητας διαχείρισης του νερού στις περιοχές όπου έγινε η παρέμβαση στην Ελλάδα και στην Ιταλία. Επιπλέον με τη βοήθεια των μετεωρολογικών δεδομένων, των δορυφορικών εικόνων και της χαρτογράφησης GIS για την περιοχή που υπάρχουν οι συμβουλευτικές υπηρεσίες διαχείρισης των συστημάτων της άρδευσης δημιουργήθηκε μία πλατφόρμα δικτύωσης και κατάρτισης με συνέπεια την μείωση της κατανάλωσης νερού, ενέργειας άρα και εξοικονόμηση χρήματος. Πλέον η πλατφόρμα δικτύωσης μπορεί να εφαρμοσθεί και για την προώθηση της συνεργασίας

μεταξύ και άλλων κρατικών φορέων, ιδιοτήτων εταιριών αλλά και ΜΚΟ. Δημιουργήθηκε ένα σύμπλεγμα το οποίο έχει ως αντικείμενο την άρδευση και την στράγγιση του εδάφους. Ακόμη αυτό το πρόγραμμα ωφέλησε και τις μικρές αλλά και τις μεγάλες επιχειρήσεις με τις γεωργικές και παραγωγικές εκμεταλλεύσεις όπως και τις τοπικές κοινότητες συμβάλλοντας σημαντικά στην εξοικονόμηση του νερού και της ενέργειας αφού υπήρξε βελτιωμένη απόδοση στην άρδευση αλλά κι την ανάπτυξη ισχυρών δεσμών ανάμεσα στους ενδιαφερόμενους γεωργικούς φορείς των αρχών της δημόσιας διοίκησης και των ακαδημαϊκών και ερευνητικών ιδρυμάτων στον τομέα της άρδευσης. Για την υλοποίηση όλης αυτής της δράσης χρειάστηκαν δύομιση έτη. Δηλαδή ξεκίνησε την 1 Απριλίου 2013 και ολοκληρώθηκε στις 30 Σεπτεμβρίου 2015 με την αρωγή των προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Εδαφικής Συνεργασίας Ελλάδα Ιταλία 2007 – 2013. [1]



Εικόνα 2.1: Το σύστημα IRMA

Άλλη μία καινοτόμος ιδέα για τη διαχείριση της άρδευσης και τη μείωση της άσκοπης κατανάλωσης νερού είναι η εφαρμογή Hortau, η οποία στηρίζεται στην διαχείριση των υπόγειων υδάτων. Στις 16 Σεπτεμβρίου 2014 υπογράφηκε ένα νομοθετικό πακέτο για τη βιώσιμη διαχείριση των υπόγειων υδάτων με στόχο οι υπηρεσίες ύδατος να αξιοποιήσουν τα ύδατα των λεκανών για το πότισμα των καλλιεργειών και να τις φέρουν σε ισορροπημένα επίπεδα άντλησης και επαναφόρτισης. Έτσι ώστε αυτές οι

λεκάνες να είναι βιώσιμες για είκοσι χρόνια από την εφαρμογή του σχεδίου τους. Για την επίτευξη αυτού του στόχου παρατηρήθηκε πως είναι χρήσιμο για τους αγρότες να παρακολουθούν τη χρήση των υδάτων. Μέσω τις εφαρμογής Hortau παρέχονται στους αγρότες όλα τα δεδομένα που απαιτούνται για να κάνουν όσο το δυνατόν καλύτερη χρήση του νερού.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται αισθητήρες έντασης εδάφους, δηλαδή αισθητήρες που υπολογίζουν τον βαθμό που το νερό προσκολλάται στο έδαφος και αναφέρουν τις μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο σε ένα σταθμό δεδομένων. Από αυτό το σταθμό στέλνονται τα δεδομένα σε μία πλατφόρμα όπου υπάρχουν εφαρμογές για να μπορεί ο αγρότης να βλέπει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο έτσι ώστε να προβλέπει το άγχος των φυτών το οποίο προκαλείται όταν υπάρχει πολύ λίγο διαθέσιμο νερό γεγονός που επηρεάζει την φωτοσύνθεση και κατά συνέπεια την ανάπτυξη και την παραγωγή του . Έτσι συλλέγονται οι πληροφορίες σχετικά με την υγεία των φυτών για να μπορεί να εφαρμόζει τις κατάλληλες ενέργειες συντομότερα. Η Hortau έχει δημιουργήσει τις βέλτιστες παραμέτρους για την ένταση του εδάφους για διάφορες καλλιέργειες όπως για παράδειγμα τα φιστίκια, τα αμύγδαλα, τις φράουλες, τις πατάτες αφού το κάθε ένα από αυτά έχει διαφορετικό κύκλο ανάπτυξης και διαφορετικές ανάγκες ποτίσματος. Με βάση τα δεδομένα που συγκεντρώνονται για την ένταση του εδάφους διασφαλίζεται ότι το κάθε φυτό έχει την ιδανική ποσότητα νερού και ότι η φωτοσύνθεση και η διαπνοή του συμβαίνουν στα μέγιστα επίπεδα από τον ήλιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο παραγωγός να έχει τις μέγιστες αποδόσεις αλλά και βελτιωμένη ποιότητα συγκομιδής.

Με την αρωγή των συμβούλων της διαχείρισης της άρδευσης παρέχονται εβδομαδιαία προγράμματα στους αγρότες με βάση τις συνθήκες αλλά και τους στόχους που έχει θέσει ο κάθε ένας. Οι σύμβουλοι επικοινωνούν με τους αρδευτές για το πώς θα βελτιστοποιήσουν την άρδυσή ανάλογα με τις ανάγκες του φυτού έτσι ώστε να μην σπαταλάτε το νερό. Επιπρόσθετα παρακολουθείται ο καιρός και μέσω ειδοποιήσεων που στέλνονται στο κινητό τηλέφωνο ενημερώνονται για τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την ταχύτητα αλλά και για την κατεύθυνση του ανέμου, για τη βροχόπτωση, την θερμοκρασία, την υγρασία, την ηλιακή ακτινοβολία και για πολλά άλλα που είναι απαραίτητα για την υγιή ανάπτυξη των καλλιεργειών. [3]



Εικόνα 2.2: Διαχείριση υπόγειων υδάτων

Αξίζει να αναφερθεί άλλο ένα μεγάλο έργο το οποίο έχει ως στόχο να εκθέσει πως μια εφαρμογή των τεχνολογιών μεγάλων δεδομένων στην παραγωγή των πρώτων υλών από την γεωργία, την αλιεία και την και τη δασοκομία μπορεί να ωφελήσει τη βιομηχανία της βιοοικονομίας στην Ευρώπη. Το έργο αυτό ονομάζεται DataBio και έχει χρηματοδοτηθεί από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης Horizon 2020. Το έργο άρχισε να υλοποιείται στις 1/1/2017 και διήρκησε 3 χρόνια σε αυτό συμμετείχαν 48 εταίροι από 17 χώρες μαζί με 14 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Πιο συγκεκριμένα μέσω του έργου DataBio έχει αναπτυχθεί μία σύγχρονη ολοκληρωμένη πλατφόρμα δεδομένων, έτσι ώστε να μπορεί να χειριστεί τεράστιες ροές δεδομένων το οποία συγκεντρώνονται μέσω εγκατεστημένων αισθητήρων στο έδαφος, στον αέρα, από αεροφωτογραφίες και από δορυφορικές εικόνες. Όλα αυτά υλοποιούνται με τη συνεργασία εμπειρογνομόνων από τις εταιρίες των τελικών χρηστών και τεχνολογιών, από τα ινστιτούτα τεχνολογικής έρευνας και βιοοικονομίας και από την συνεργασία και την συνδρομή των υπόλοιπων εταιριών. Στις πιλοτικές εφαρμογές του έργου συμμετέχουν ενεργά οι εταίροι που συνεργάζονται αλλά και όποιος ενδιαφέρεται να ασχοληθεί με αυτό το έργο.

Ο κύριος στόχος του έργου είναι η οργάνωση, η χρήση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από 26 πιλοτικές εφαρμογές που καλύπτουν τους τομείς της γεωργίας, της αλιείας και της δασοκομίας. Αναλυτικότερα για να μπορέσουν οι πιλοτικές εφαρμογές του έργου να ανταποκριθούν στις ανάγκες της γεωργίας θα πρέπει τα γεωργικά δεδομένα να χρησιμοποιούνται ως είσοδος στο σύστημα ανάλυσης μεγάλων

δεδομένων του έργου και να συγκεντρωθούν σε δύο κλίμακες σε μία ακριβέστερη και σε μία πιο ευρεία. Η πρώτη κλίμακα δίνει περισσότερη έμφαση στις εκμεταλλεύσεις με μεγαλύτερους οικονομικούς πόρους όπως για παράδειγμα τα συστήματα καλλιεργειών με υψηλές καθαρές αποδόσεις ανά εκτάριο γης. Τα δεδομένα της πρώτης κλίμακας συλλέγονται από κοντινούς αισθητήρες ενώ της δεύτερης συλλέγονται κατά κύριο λόγο από την γεωσκόπηση και περιλαμβάνουν πληροφορίες που συλλέγονται με τη χρήση των τεχνολογιών της τηλεπισκόπησης και των γεωτεχνικών τεχνικών όπως επίσης και από τα δεδομένα που λαμβάνονται από τα γεωργικά μηχανήματα. Οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από τις πιλοτικές εφαρμογές του έργου αλλά και απ' όλη την ευρωπαϊκή ένωση παρέχοντάς τους αρκετά πλάνα. Ορισμένα από αυτά είναι τα περιγραφικά πλάνα υψηλού εντοπισμού για να παρέχεται καλύτερος και προηγμένος τρόπος παρακολούθησης μίας γεωργικής δραστηριότητας και τα κανονικά πλάνα τα οποία παρέχουν άμεσες προειδοποιήσεις για την βελτίωση της λειτουργίας μίας γεωργικής δραστηριότητας όπως την ανάλυση του εδάφους, των εντοπισμό μετεωρολογικών αλλαγών, αναφορές για την ανάπτυξη ασθενειών όπως επίσης και την πρόβλεψη μελλοντικών γεγονότων με βάση τα ιστορικά δεδομένα που έχουν συλλέξει.

Επιπλέον οι πιλοτικές εφαρμογές πέρα από την γεωργία συμβάλλουν και στην ανάπτυξη τεχνολογιών για τη βελτίωση της ενέργειας της αποδοτικότητας των αλιευτικών σκαφών αλλά και την προληπτική συντήρηση του κινητήρα τους. Για παράδειγμα μέσω αυτών των τεχνολογιών ελέγχεται ο φόρτος των σκαφών για να μειωθεί η αλιευτική του αντίσταση και κατ' επέκταση η μείωση των καυσίμων του. Πέρα απ' αυτό για τη μείωση των καυσίμων σημαντικό ρόλο παίζει και η μετεωρολογική δρομολόγηση αφού λαμβάνει υπόψη τις καιρικές συνθήκες. Ακόμη με την βοήθεια των αισθητήρων που τοποθετούνται στις μηχανές γίνεται η προληπτική συντήρηση των σκαφών. Εξίσου σημαντική είναι η παροχή πληροφοριών στο πλήρωμα αλλά και στους ιδιοκτήτες των σκαφών, που ωφελούν τον σχεδιασμό της αλιείας με βάση τα καλύτερα και τα καταλληλότερα αλιευτικά πεδία αλλά και τις καλύτερες μεθόδους και εργαλεία για την αλιεία. Ωστόσο η συμβολή των πιλοτικών εφαρμογών στην αλιεία δεν σταματούν μόνο εκεί. Με τη βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων, εργαλείων επικοινωνίας αλλά και της γεωσκόπησης παρέχονται δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της αξιολόγησης των αποθεμάτων των ψαριών αλλά και για τη διανομή τους.

Τέλος οι πιλοτικές εφαρμογές στην δασοκομία ευελπιστούν να συμβάλλουν στην άμεση αναγνώριση της υγεία των δασών αλλά και πιθανών βλαβών όπως είναι το χιόνι ή η ξηρασία ακόμη και οι πυρκαγιές μέσω των δορυφορικών εικόνων αυτό γίνεται με την δημιουργία μικρότερων χαρτών ανά περιοχή για την βέλτιστη παρακολούθησή τους. Συνάμα χρησιμοποιούνται εργαλεία τα οποία με τη βοήθεια της αερομεταφερόμενης σάρωσης με λέιζερ κάνουν μία «έξυπνη» κατάταξη των δέντρων ανάλογα με την προσφορά και τη ζήτηση που υπάρχει πιο συγκεκριμένα ταξινομούν ποια δέντρα είναι για την παραγωγή χαρτιού και ποια για κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Επιπλέον αναπτύσσονται νέα ολοκληρωμένα εργαλεία και σχέδια διαχείρισης τα οποία λαμβάνουν υπόψιν όχι μόνο τα προϊόντα μη ξυλείας αλλά και τις περιοχές που διατηρούνται αυξάνοντας έτσι και την παραγωγή αλλά και την οικονομική απόδοση. Επομένως αυτό αποτελεί κύριο βήμα για την πρόοδο των περισσότερων ευρωπαϊκών χωρών. [2]



Εικόνα 2.3: Το λογότυπο του έργου DataBio

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΠΛΑΚΕΤΑ ARDUINO

3.1 Τι είναι το Arduino

Το Arduino είναι μία υπολογιστική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα και σχεδιασμού που είναι βασισμένη σε εύχρηστο υλικό αλλά και λογισμικό. Κυρίως προορίζεται για φοιτητές, καλλιτέχνες, προγραμματιστές ακόμη και για χομπίστες, γενικότερα για οποιοδήποτε ενδιαφέρεται να αλληλοεπιδράσει με αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Μια πλακέτα Arduino αποτελείται από έναν μικροελεγκτή Atmel AVR και συμπληρωματικά εξαρτήματα για τη διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωσή του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz. Η πλακέτα Arduino διαθέτει τα περισσότερα microcontroller I/O pins για χρήση από πολλά κυκλώματα. Τα Diecimila, Duemilaneve και το Uno παρέχουν 14 ψηφιακά I/O pins έξι από τα οποία μπορούν να παράγουν pulse-width διαμορφωμένα σήματα (PWM) και έξι αναλογικά pins. Οι σειριακές πλακέτες Arduino περιέχουν ένα απλό κύκλωμα για την επικοινωνία μεταξύ RS-232 και TTL.

Τα σημερινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB. Αυτό συμβαίνει μέσω της εφαρμογής προσαρμοστικών chip USB-to-serial όπως το FTDI FT232. Ορισμένες παραλλαγές όπως το Arduino mini χρησιμοποιούν ένα USB-to-serial καλώδιο ή board, Bluetooth ή άλλες μεθόδους.

Για τον προγραμματισμό της πλακέτας Arduino χρειάζεται το περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE. Το Arduino IDE είναι μια εφαρμογή γραμμένη σε γλώσσα προγραμματισμού Java, η οποία λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες. Αυτή η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί για τη διευκόλυνση ατόμων που δεν είναι απαραίτητα εξοικειωμένοι στην ανάπτυξη λογισμικού. Είναι εύκολη προς το χρήστη, διότι διαθέτει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα το οποίο επισημαίνει την ορθή σύνταξη, όπως

επίσης και τον συνδυασμό των αγκυλών. Επιπλέον μεταγλωττίζει και φορτώνει τα προγράμματα στην πλακέτα με μόνο ένα κλικ. Σημαντικό είναι, ακόμη, το γεγονός ότι δεν χρειάζεται συνήθως να τρέξουν τα προγράμματα σε γραμμή εντολών. Η γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται από το Arduino είναι η C ή C++. Το Arduino IDE έρχεται με μία βιβλιοθήκη λογισμικού που ονομάζεται “Wiring”, κάτι το οποίο σημαίνει ότι αρκετές λειτουργίες εισόδου και εξόδου είναι πολύ πιο εύκολες. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει μόνο δύο λειτουργίες για να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα κύλισης εκτέλεσης την set up και την loop.

Ο λόγος για τον οποίο το Arduino χρησιμοποιείται από πολλούς ανθρώπους όλων των ηλικιών είναι ότι οι δημιουργοί του κατάφεραν να κάνουν τον άνθρωπο να “μιλάει” με τη μηχανή με πολύ απλό τρόπο. Εξαιτίας του γεγονότος ότι, δηλαδή, το Arduino είναι μια ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα, έδωσε τη δυνατότητα σε προγραμματιστές να δημιουργήσουν βιβλιοθήκες και οδηγούς για πολλά εξαρτήματα, τα οποία ο χρήστης απλά τα συνδέει στην πλακέτα του Arduino και με απλές εντολές εκτελεί τη λειτουργία που επιθυμεί.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί στο πως δημιουργήθηκε το Arduino. Το 2005 άρχισε να λειτουργεί ένα σχέδιο για τη ανάπτυξη μιας συσκευής η οποία θα είχε τον έλεγχο προγραμμάτων και διαδραστικών σχεδίων από μαθητές, που θα ήταν πιο οικονομική απ’ όλα τα πρότυπα συστήματα που υπήρχαν ήδη εκείνη την περίοδο. Έτσι οι ιδρυτές της Massimo Banzì και David Cueartielles άρχισαν να παράγουν πλακέτες σε ένα εργοστάσιο στην βορειοδυτική Ιταλία. Με αποτέλεσμα σήμερα να προμηθεύει όλων των κόσμo με τις πλακέτες Arduino.[28], [29]



Εικόνα3.1: Το λογότυπο του Arduino.

3.2 Βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται για εφαρμογές με Arduino

Είναι γνωστό πως για να υλοποιηθούν οι εφαρμογές με τη χρήση της πλακέτας Arduino χρειάζονται και άλλα υλικά τα οποία συνδέονται με την πλακέτα. Αρχικά χρειάζεται ένα καλώδιο USB το οποίο συνδέει την πλακέτα με τον υπολογιστή.



Εικόνα 3.2: Καλώδιο USB σύνδεσης Arduino με Η/Υ

Επιπλέον απαραίτητο είναι το breadboard που πάνω του θα συνδεθούν άνετα κάποια στοιχεία όπως καλώδια, leds, αισθητήρες, αντιστάσεις. Τα breadboards μπορούν να βραχυκυκλώνουν μεταξύ τους καλώδια κάτι που είναι απαραίτητο όταν υπάρχουν πολλά καλώδια για βραχυκύκλωση αφού δεν υπάρχουν τόσες ελεύθερες εισοδοι και έξοδοι στην πλακέτα.



Εικόνα 3.3: Breadboard

Χρειάζονται επίσης φωτοδιόδοι (Leds) οι οποίοι υπάρχουν σε διάφορα χρώματα και τάσεις λειτουργίας.



Εικόνα 3.4: Φωτοдиодοι LED

Απαραίτητη κρίνεται η χρήση αντιστάσεων έτσι ώστε να αποφεύγεται κάποια καταστροφή από υπέρταση.



Εικόνα 3.5: Αντιστάσεις

Ορισμένες φορές χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή κάποια κουμπιά (Buttons) μέσω των οποίων ο χρήστης μπορεί να παρέμβει στο κύκλωμα όποτε το θελήσει ανεξάρτητα με το πώς το έχει προγραμματίσει.



Εικόνα 3.6: Button

Δεν είναι λίγες οι εφαρμογές που χρειάζονται την βοήθεια των αισθητήρων για να μπορούν να ανιχνεύσουν ένα μέγεθος και να παράγουν από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο. Για παράδειγμα ένας αισθητήρας θερμοκρασία που παίρνει μετρήσεις από το περιβάλλον και εμφανίζονται μετά είτε στην οθόνη του υπολογιστή είτε σε μία σειριακή οθόνη.



Εικόνα 3.7: Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος DHT11

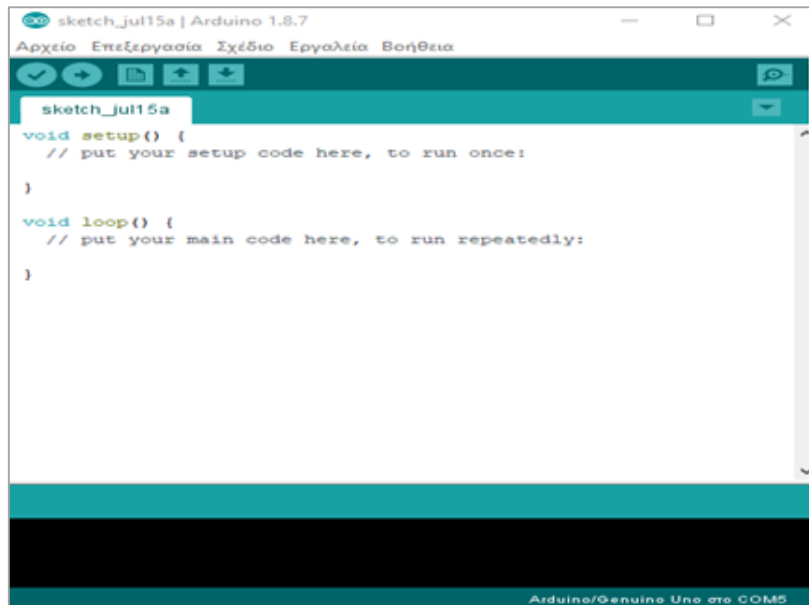
Επίσης το Arduino μπορεί να επεκταθεί και με άλλες πλακέτες που ονομάζονται πλακέτες επέκτασης (shields). Αυτές οι πλακέτες έχουν ενσωματωμένα κυκλώματα ώστε να επεκτείνουν τις δυνατότητες της πλακέτας του Arduino στις εφαρμογές του. Για παράδειγμα υπάρχει το GSM/GPRS shield, WiFi shield κ.α. [34]



Εικόνα 3.8: GSM SHIELD ARDUINO

3.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ARDUINO IDE

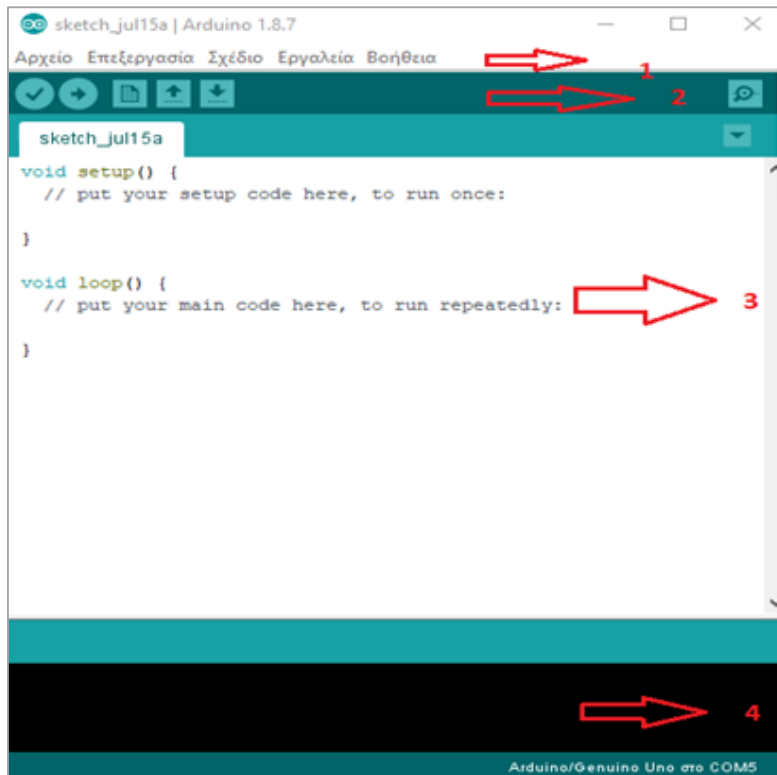
Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 3.2 το προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino IDE είναι “φιλικό” προς το χρήστη. Το λογισμικό διατίθεται δωρεάν από την επίσημη σελίδα του Arduino (www.arduino.cc). Η εγκατάσταση είναι γρήγορή και απλή. Μετά την εγκατάσταση του εμφανίζεται στην οθόνη η προγραμματιστική πλατφόρμα του Arduino. [27]



Εικόνα 3.9: Το προγραμματιστικό περιβάλλον IDE

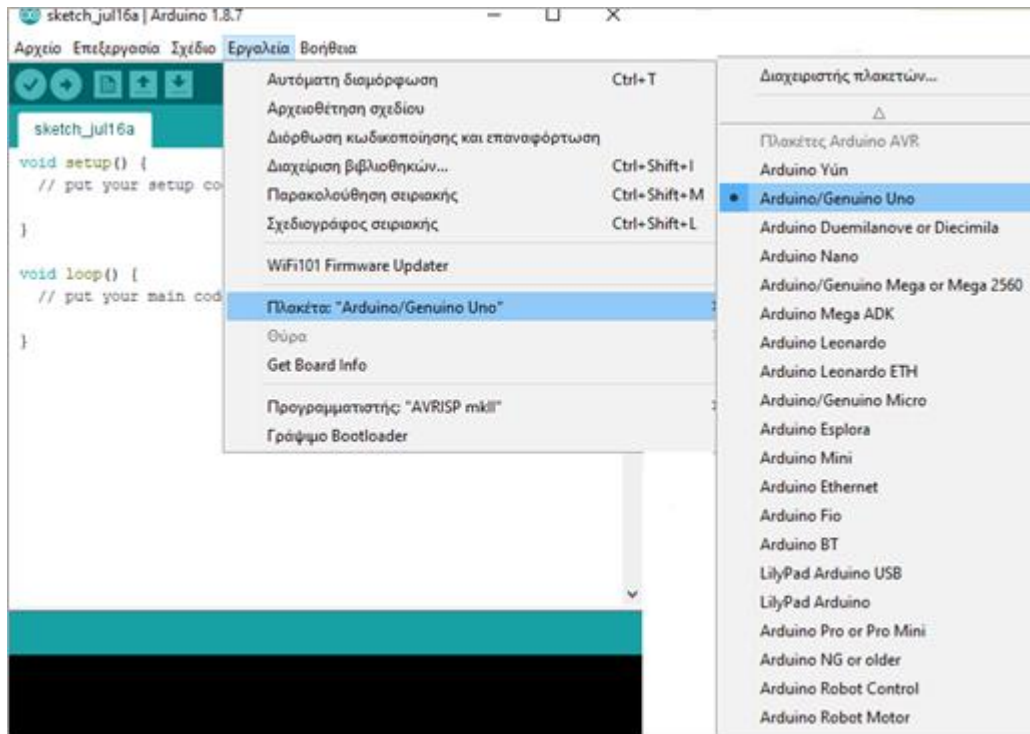
Πιο αναλυτικά η πλατφόρμα αυτή χωρίζεται σε τέσσερα βασικά μέρη:

1. Το μενού που περιέχει όλα τα εργαλεία τις λειτουργίες και τις πληροφορίες που υπάρχουν στο πρόγραμμα.
2. Το κουμπιά με τις κοινές εντολές δηλαδή η επικύρωση, το ανέβασμα, η δημιουργία νέου, το άνοιγμα και η αποθήκευση.
3. Την περιοχή στην οποία γράφεται ο κώδικας. Όλα τα προγράμματα πρέπει να περιέχουν μέσα τους τις εντολές `setup()` και `loop()` για να επικυρωθεί το πρόγραμμα.
4. Την περιοχή των μηνμάτων. Εδώ το πρόγραμμα ενημερώνει για τις διάφορες ενέργειες που έχουν γίνει, δηλαδή αν υπάρχουν συντακτικά λάθη κατά τη μεταγλώττιση ή αν έγινε επιτυχημένη η εξαγωγή του προγράμματος.



Εικόνα3.10: Τα βασικά μέρη της πλατφόρμας του Arduino IDE

Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τη σωστή έκδοση του Arduino που διαθέτει όπως και τη σειριακή θύρα που χρησιμοποιεί. Η διαδικασία είναι η εξής: πατώντας το κουμπί εργαλεία από τις επιλογές διαλέγει την πλακέτα από μια λίστα με όλες τις πλακέτες του Arduino. Έπειτα ο χρήστης μπορεί να αρχίσει να προγραμματίζει.



Εικόνα 3.11 Επιλογή της έκδοσης του Arduino

3.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ARDUINO

Ο προγραμματισμός του Arduino είναι αρκετά εύκολος. Ουσιαστικά υπάρχουν δύο βασικές συναρτήσεις η `setup()` και η `loop()`. Συγκεκριμένα :

- Στη **setup()** γράφονται όλες οι εντολές που πρέπει να τρέξουν μόνο μία φορά κατά την ενεργοποίηση του Arduino, δηλαδή μόλις δοθεί ρεύμα ή πατηθεί το κουμπί reset. Κατά κύριο λόγο, στη συνάρτηση αυτή μπαίνει ο χαρακτηρισμός των εισόδων και των εξόδων που θα έχουν τα Pins. Ακόμη μπορούν να μπουν και οι αρχικοποιήσεις μεταβλητών τιμών αλλά και η δήλωση σταθερών τιμών του προγράμματος.
- Στη **loop()** γράφεται το κυρίως πρόγραμμα που πρόκειται να εκτελεστεί στην πλακέτα του Arduino. Οι εντολές που υπάρχουν εδώ θα τρέχουν ξανά και ξανά μέχρι να ο χρήστης να πατήσει το reset. Αν πατηθεί το reset τότε η συνάρτηση `setup()` θα τρέξει μία φορά και η `loop()` συνεχώς όπως ακριβώς συνέβη και την πρώτη φορά που ενεργοποιήθηκε ο μικροελεγκτής Arduino.

3.4.1 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ – ΣΤΑΘΕΡΕΣ

Μεταβλητές

Όπως σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού έτσι και για τον προγραμματισμό του Arduino οι μεταβλητές έχουν πολύ σημαντικό ρόλο για την σύνταξη του κώδικα, αφού αλλάζοντας τις τιμές κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος ο χρήστης μπορεί να επιτύχει αρκετά. Ας αναφέρουμε ορισμένους τύπους μεταβλητών: [34]

- Boolean: δηλώνεται η δυαδική λογική true/false
- Byte: μη προσημασμένος χαρακτήρας παίρνει τιμές από 0 έως 255
- Int: δηλώνονται οι ακέραιοι αριθμοί με τιμές από -32768 έως και 32767
- Long: δηλώνονται οι ακέραιοι αριθμοί με τιμές από -2147483648 έως και 2147483647
- Short: δηλώνονται ακέραιοι αριθμοί 2 byte
- Float: δηλώνονται οι δεκαδικοί αριθμοί
- Double: δηλώνονται δεκαδικοί αριθμοί
- Char: δηλώνεται ένας χαρακτήρας με μέγεθος 1 byte
- String: δηλώνεται ένας πίνακας χαρακτήρων

Σταθερές

Σταθερά ονομάζεται μία μεταβλητή τιμή που δεν μπορεί να αλλάξει μέσα στο πρόγραμμα. Μαζί με τη δήλωσή της πρέπει να εκχωρηθεί και μία αρχική τιμή. [35]

- High: Τιμή υψηλής στάθμης
- Low: Τιμή χαμηλής στάθμης
- Input: Ορισμός ενός ακροδέκτη ως είσοδος
- Output: Ορισμός ενός ακροδέκτη ως έξοδος
- True: Τιμή λογικού 1
- False: Τιμή λογικού 0

3.4.2 ΣΧΟΛΙΑ

Ένα κείμενο το οποίο εισάγεται από τον προγραμματιστή στον κώδικα προκειμένου να καταστήσει τον ίδιο τον κώδικα περισσότερο ευανάγνωστο και σαφή ονομάζεται σχόλιο. Τα σχόλια εισάγονται είτε για επεξήγηση προς τρίτους που ίσως διαβάσουν τον κώδικα είτε και για τον ίδιο τον προγραμματιστή σε περίπτωση που χρειαστεί να διαβάσει τον κώδικα μετά από αρκετό χρονικό διάστημα. Για τα σχόλια μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι δύο κάθετες // όταν πρόκειται για μία γραμμή ή τα /* */ όπου μέσα σε αυτά υπάρχουν τα σχόλια που γράφονται σε περισσότερες γραμμές. Ό,τι υπάρχει μέσα σε σχόλιο αγνοείται από τον μεταγλωττιστή. [35]

3.4.3 ΤΕΛΕΣΤΕΣ

Αριθμητικοί Τελεστές [35]

=	Δίνει τιμή στις μεταβλητές
+	Τελεστής πρόσθεσης
-	Τελεστής αφαίρεσης
*	Τελεστής πολλαπλασιασμού
/	Τελεστής διαίρεσης

Τελεστές Σύγκρισης [35]

==	Ισότητα
!=	Ανισότητα
>	Μεγαλύτερο από
<	Μικρότερο από
<=	Μικρότερο ή ίσο
>=	Μεγαλύτερο ή ίσο

Λογικοί τελεστές [35]

&&	Τελεστής λογικού AND
	Τελεστής λογικού OR
!	Τελεστής λογικού NOT
<	Μικρότερο από
<=	Μικρότερο ή ίσο
>=	Μεγαλύτερο ή ίσο

3.4.4 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

Συνάρτηση διαχειρίσεις θυρών εισόδου – εξόδου (Pins) [34]

- **PinMode (Pin,Mode):** Ελέγχει τις θύρες που διαθέτει και είτε δίνει ρεύμα είτε παίρνει ρεύμα από αυτές. Χρησιμοποιείται με το όνομά της και τα ορίσματα α) τον αριθμό pin και β) την κατάσταση λειτουργίας που χαρακτηρίζεται με τη λέξη INPUT για είσοδο ή OUTPUT για έξοδο.

Συναρτήσεις ψηφιακών εισόδων – εξόδων

- **DigitalWrite(Pin,Value):** Εγγραφή σε μία ψηφιακή επαφή εξόδου όπου στο Pin είναι ο αριθμός της θύρας στην οποία δίνεται η τάση εξόδου ενώ στο value δίνεται η προκαθορισμένη τιμή LOW ή HIGH ανάλογα με την τάση εξόδου 0V ή 5V αντίστοιχα.
- **DigitalRead(Pin):** Γίνεται ανάγνωση της λογικής τιμής ενός ψηφιακού ακροδέκτη. Με το όρισμα pin αναφέρεται το νούμερο της θύρας για την οποία παίρνεται η είσοδος.

Συναρτήσεις αναλογικών εισόδων – εξόδων

- **AnalogWrite(Pin,value):** Εγγραφή μίας αναλογικής τιμής σε έναν ακροδέκτη εξόδου. Το όρισμα Pin αναφέρεται στο νούμερο της θύρας για το οποίο θα δώσουμε ρεύμα εξόδου, ενώ η τάση εξόδου κυμαίνεται από 0V μέχρι 5V οι οποίες τιμές της τάσης αναλογικά αναπαρίστανται με τιμές στη μεταβλητή value.

- **AnalogRead(Pin):** Γίνεται ανάγνωση μιας αναλογικής τιμής σε έναν ακροδέκτη εισόδου. Το όρισμα Pin αναφέρεται στον αριθμό της θύρας που έχουμε πάρει ως είσοδο. Η συνάρτηση αυτή επιστρέφει με το όνομά της την τιμή της εισόδου.

Συναρτήσεις χρόνου [34]

Σε αρκετά προγράμματα χρειάζεται η διαχείριση ή η καταγραφή χρόνου. Γι' αυτό το λόγο χρειάζονται οι συναρτήσεις χρόνου.

Delay(): Καθυστέρηση εκτέλεσης του προγράμματος σε ms.

delayMicroseconds(): Καθυστέρηση εκτέλεσης του προγράμματος σε μs.

Millis(): Επιστροφή διάρκειας εκτέλεσης του προγράμματος σε ms.

Micros: Επιστροφή διάρκειας εκτέλεσης του προγράμματος σε μs.

Μαθηματικές συναρτήσεις [34]

Min (): Επιστρέφει το ελάχιστο ανάμεσα σε δύο αριθμούς.

Max(): Επιστρέφει το μέγιστο ανάμεσα σε δύο αριθμούς.

Abs(): Επιστρέφει την απόλυτη τιμή ενός αριθμού.

sqrt(): Επιστρέφει το αποτέλεσμα της τετραγωνική ρίζα μιας μεταβλητής.

pow(): Επιστρέφει το αποτέλεσμα της ύψωσης σε δύναμη μιας μεταβλητής.

map(): Μετασχηματίζει τον αριθμό δεδομένου εύρους σε διαφορετικό εύρος.

constrain(): Περιορίζει το εύρος διακύμανσης ενός αριθμού στα επιθυμητά όρια.

Τριγωνομετρικές συναρτήσεις [34]

Sin(): Υπολογίζει το ημίτονο μιας μεταβλητής.

Cos(): Υπολογίζει το συνημίτονο μια μεταβλητής.

Tan(): Υπολογίζει την εφαπτομένη μιας μεταβλητής.

Συναρτήσεις επικοινωνίας [34]

Serial(): Επιστρέφει ένα σύνολο χρήσιμων συναρτήσεων που επιτρέπουν την σειριακή επικοινωνία της πλακέτας.

Stream(): Επιστρέφει ένα σύνολο συναρτήσεων που ορίζει τις συναρτήσεις ανάγνωσης του Arduino.

Συναρτήσεις ενεργοποίησης / απενεργοποίησης διακοπών [34]

Interrupts(): Ενεργοποιεί την δυνατότητα εμφάνισης διακοπών.

noInterrupts(): Απενεργοποιεί τη δυνατότητα εμφάνισης διακοπών.

3.4.5 Δομές επιλογής – επανάληψης [34]

Πολλές φορές χρειάζεται να ελεγχθεί κάποια συνθήκη για να αποφασισθεί αν θα εκτελεστεί ένα τμήμα κώδικα ή κάποιο άλλο στη θέση του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δομή επιλογής **IF** η οποία συντάσσεται:

```
If <συνθήκη>
{
    <εντολή1>
}
Else
{
    <εντολή2>
}
```

Στη συνθήκη γίνεται ο έλεγχος ο οποίος συνήθως γίνεται με τελεστές σύγκρισης (<,>=,<>,>=,<=). Στα μπλοκ εντολών εκτελούνται οι εντολές. Αν ισχύει η συνθήκη εκτελείται η εντολή1 αλλιώς η εντολή2. Το κομμάτι της else δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει σε όλα τα προγράμματα.

Επίσης πολλές φορές χρειάζεται να επαναληφθεί κάποια διαδικασία αρκετές φορές. Για το λόγο αυτό υπάρχουν εντολές οι οποίες επαναλαμβάνουν ένα σύνολο εντολών όσες φορές χρειάζεται. Η συχνότερη μορφή που συναντάται σε μία επανάληψη είναι αυτή με προκαθορισμένο αριθμό βημάτων. Η σύνταξή της είναι η εξής:

```
for(<αρχική τιμή>; <συνθήκη τερματισμού>;<βήμα>;)
{
    <εντολή>
}
```

Υπάρχουν όμως και εντολές επανάληψης που δεν έχουν προκαθορισμένο αριθμό βημάτων αλλά συνεχίζουν επ' αόριστων να ελέγχουν μια συνθήκη. Τέτοιες εντολές είναι οι:

```
while <συνθήκη>
{
    <εντολή>
}
Όσο ισχύει η συνθήκη τρέχουν οι εντολές.

Repeat
{
    <εντολή>
}
until <συνθήκη>
```

Τρέχουν οι εντολές όσο δεν ισχύει η συνθήκη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

4.1: Arduino UNO

Υπάρχουν αρκετά μοντέλα Arduino όπως για παράδειγμα το Arduino Mega, το Arduino Mini, το Arduino Leonardo κ.α. Σ' αυτή την εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε το Arduino Uno R3 . Το Arduino Uno κυκλοφόρησε το 2011 είναι καλό και αξιόπιστο για μία αρκετά μεγάλη ποικιλία έργων. Το Uno στο Ιταλικά σημαίνει ένα, του δόθηκε αυτό το όνομα λόγω της έκδοσής του λογισμικού του Arduino πού ήταν 1.0. Το R3 αφορά στην αναθεώρηση κάποιων χαρακτηριστικών του από το διοικητικό συμβούλιο το οποίο περιλαμβάνει τις ενημερώσεις, τις βελτιώσεις και τις διορθώσεις. Οπότε σε αυτή την περίπτωση είναι η τρίτη αναθεώρηση.

Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιείται στο Arduino Uno είναι ο ATmega328 το οποίο κατασκευάζεται από την Atmel.



Εικόνα 4.1: Arduino Uno R3



Εικόνα 4.2: Arduino Uno R3 SDM

Το Arduino μπορεί να δουλέψει με ρεύμα από τη θύρα USB του υπολογιστή ή με αυτόνομη παροχή ρεύματος από μπαταρία. Για την παροχή ρεύματος από εξωτερική πηγή γίνεται με την τροφοδοσία από εξωτερικό βύσμα με τάση εισόδου από 7V έως 20V αν και συνιστάται έως 12V για να δίνει στην έξοδο σταθερά 5 V. Διαθέτει 14 ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου και εξόδου και 6 αναλογικούς ακροδέκτες εισόδου. Η μνήμη του είναι στα 32 KB και η ταχύτητα του ρολογιού στα 16 MHz.

Η μεγάλη μεταλλική υποδοχή είναι θύρα USB όπου και τοποθετείται το καλώδιο USB. Το Arduino χρησιμοποιεί το USB καλώδιο για τροφοδοσία αλλά και για τη μεταφορά δεδομένων στον υπολογιστή.

Το Arduino Uno έχει 14 θύρες ψηφιακές εισόδου και εξόδου (digital input/ digital output) και ονομάζονται με νούμερα από το 0 έως 13 και 6 αναλογικές εισόδους (analog input). Αυτές ονομάζονται με το γράμμα A το οποίο ακολουθείται από έναν αριθμό από το 0 μέχρι το 5 για παράδειγμα A2. Στην έξοδό τους τα pins μπορούν να δώσουν τάση από 0V έως 5V. Επιπλέον από τις 14 θύρες που είναι ψηφιακές υπάρχουν 6 που είναι PWM (Pulse Width Modulation) δηλαδή μπορούν να προσαρμοστούν και σε αναλογικές εξόδους ενώ είναι ψηφιακές. Συγκεκριμένα αυτές οι θύρες είναι οι 3,5,6,9,10,11 στις οποίες μπροστά υπάρχει το σύμβολο (~) το οποίο δείχνει ότι τα pins λειτουργούν και ως PWM.

Η πλακέτα του Arduino Uno διαθέτει επίσης ένα κουμπί δίπλα στην υποδοχή του USB το οποίο ονομάζεται reset button και χρησιμοποιείται για να επαναφέρει το πρόγραμμα στο Arduino ή να σταματά εντελώς όταν μένει για μικρό χρονικό διάστημα πατημένο. Επιπλέον η πλακέτα έχει τέσσερα Led με ονομασία L, RX, TX, ON. Αυτές οι τέσσερις λυχνίες χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν πως υπάρχει κάποια δραστηριότητα στην πλακέτα. Συγκεκριμένα:

- Το **ON** δηλώνει ότι το Arduino τροφοδοτείται.
- Τα **RX** και **TX** ενημερώνουν για τη λήψη ή την αποστολή δεδομένων.
- Το **L** είναι ένα ειδικό led που συνδέεται με το ψηφιακό pin 13.

Το Arduino Uno διαθέτει ακόμη κάποια pins τα οποία είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του συγκεκριμένα:

- **Vin**: Αντιπροσωπεύει την τάση που χρησιμοποιείται για μία εξωτερική πηγή τροφοδοσίας για παράδειγμα 12V. Επιπλέον αυτό το pin μπορεί να τροφοδοτήσει το Arduino και από άλλη πηγή.
- **GND**: Αντιπροσωπεύει τα pins της γείωσης, τα οποία είναι απαραίτητα για την γείωση των κυκλωμάτων.
- **5V**: Χρησιμοποιείται για την παροχή τροφοδοσίας τάσης 5V σε εξαρτήματα ή κυκλώματα.
- **3,3V**: Χρησιμοποιείται για την παροχή τροφοδοσίας τάσης 3.3V σε εξαρτήματα ή κυκλώματα.
- **RESET**: Χρησιμοποιείται ως κουμπί επαναφοράς
- **IOREF**: Παρέχει στο Arduino την αναφορά τάσης με την οποία λειτουργεί ο μικροελεγκτής.
- **AREF**: Αναφέρεται στην τάση για τις αναλογικές εισόδους. [32], [33]



Εικόνα 4.4: Το Arduino Uno

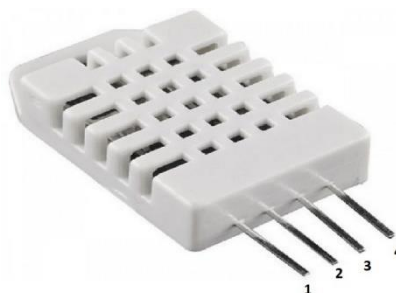
4.2: Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος

Ο DHT 22 είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα χρησιμοποιεί έναν αισθητήρα για τον προσδιορισμό της υγρασίας και ένα θερμίστορ για τη μέτρηση του αέρα του περιβάλλοντος και στέλνει ένα ψηφιακό σήμα στην ακίδα των δεδομένων. Κάποια από τα πλεονεκτήματα του αισθητήρα είναι η μικρή απόκλιση που έχει από τις τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας του περιβάλλοντος, μπορεί

να προγραμματιστεί εύκολα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα, το μικρό του μέγεθος και το χαμηλό κόστος του.[5]

Ο DHT 22 έχει 4 pin:

- Το pin 1 είναι η πηγή (VCC)
- Το pin 2 στέλνει τα δεδομένα
- Το pin 3 μένει κενό
- Το pin 4 είναι η γείωση

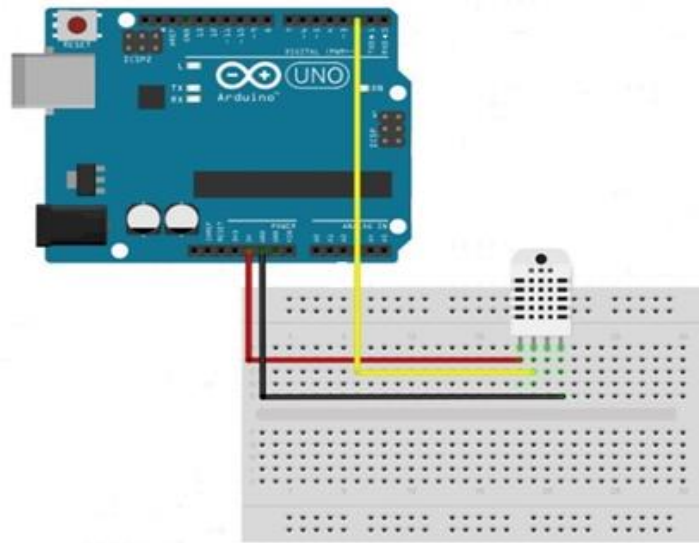


Εικόνα 4.5: ο αισθητήρας dht 22

Τεχνικά Χαρακτηριστικά [5]

Μοντέλο	DHT22	
Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος	3,3V-6V DC	
Σήμα εξόδου	Ψηφιακό σήμα μέσω ενός μονού δίαυλου	
Στοιχείο ανίχνευσης	Πολυμερής πυκνωτής	
Εύρος λειτουργίας	Υγρασία: 0-100% RH	Θερμοκρασία: -40 ~ 80 Celsius
Ακρίβεια	Υγρασία: 2 – 5 %	Θερμοκρασία: 0,5 Celsius
Ανάλυση ή ευαισθησία	Υγρασία: 0,1% RH	Θερμοκρασία: 0,1 Celsius
Επαναληψιμότητα	Υγρασία : +_ - 1%	Θερμοκρασία: + - 0,2 Celsius
Υστέρηση υγρασίας	+ - 0,3% RH	
Μακροπρόθεσμη σταθερότητα	+ - 0,5% RH/ έτος	
Περίοδος ανίχνευσης	Μέσος όρος: 2 sec	
Ανταλλαξιμότητα	Πλήρως εναλλάξιμα	

Η σύνδεσή του αισθητήρα με το Arduino γίνεται με τη βοήθεια του breadboard και είναι απλή αρχικά συνδέεται το pin1 με την τροφοδοσία 3,3V ή 5V το pin 2 σε μία από τις ψηφιακές θύρες εισόδου για τη μεταφορά των δεδομένων για παράδειγμα στη θύρα 2 και τέλος συνδέεται το pin 4 όπου τοποθετείται με το GND.



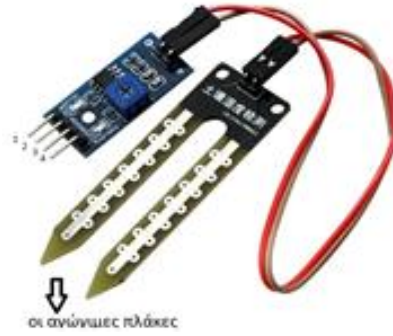
Εικόνα 4.6: Το κύκλωμα του DHT 22

4.3 Αισθητήρας Υγρασίας Εδάφους

Η υγρασία που έχει το έδαφος είναι ουσιαστικά η περιεκτικότητα του νερού που υπάρχει στο έδαφος. Η μέτρησή της επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός αισθητήρα υγρασίας εδάφους ο οποίος μετρά τον όγκο της περιεκτικότητας του νερού στο έδαφος και στην έξοδό του δίνει το επίπεδο της υγρασίας του. Ο αισθητήρας αυτός διαθέτει αναλογική και ψηφιακή έξοδο έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με τις δύο λειτουργίες. Πιο αναλυτικά ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους αποτελείται από δύο αγώγιμες πλάκες οι οποίες τοποθετούνται στο έδαφος για τη μέτρηση του όγκου του νερού. Οι πλάκες αυτές επιτρέπουν στο ρεύμα να περάσει από το έδαφος και στη συνέχεια υπολογίζει την τιμή της αντίστασης για να μετρήσει την τιμή της υγρασίας. Όταν το νερό που υπάρχει στο έδαφος είναι περισσότερο τότε θα έχει και περισσότερη ενέργεια, δηλαδή η αντίστασή του θα είναι μικρότερη, οπότε το επίπεδο της υγρασίας του θα είναι υψηλότερο. Αντίθετα όταν το έδαφος είναι ξηρό, η ενέργεια δεν υπάρχει οπότε αυτό έχει ως αποτέλεσμα όταν η ποσότητα του νερού θα είναι μικρή και η ενέργειά του θα είναι μικρότερη οπότε θα υπάρξει μεγαλύτερη αντίσταση επομένως τα επίπεδο της υγρασίας θα είναι χαμηλότερο.

Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους έχει τέσσερα pins:

- Το pin 1 είναι η γείωση (GND)
- Το pin 2 είναι ψηφιακή έξοδος (D0)
- Το pin 3 είναι η αναλογική έξοδος (A0)
- Το pin 4 είναι η είσοδος τάσης VCC



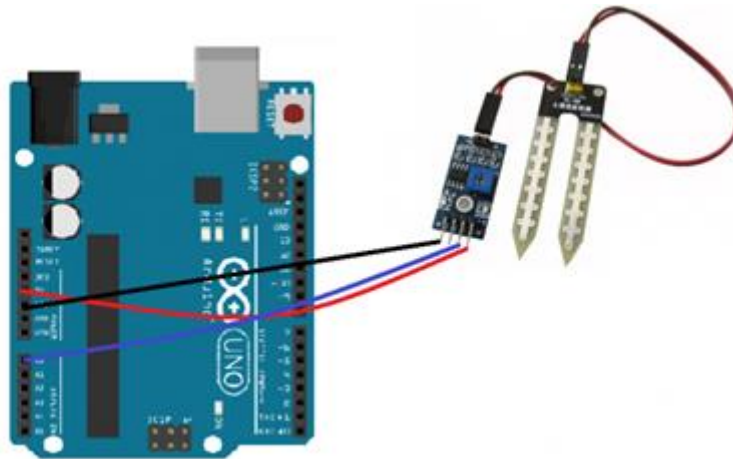
Εικόνα 4.7: Αισθητήρας υγρασία εδάφους

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Μοντέλο	FC-28
Τάση εισόδου	3,3 – 5 V
Τάση εξόδου	0 – 4,2 V
Ρεύμα εισόδου	35 mA
Σήμα εξόδου	Αναλογικό και Ψηφιακό

Αναλογική Λειτουργία

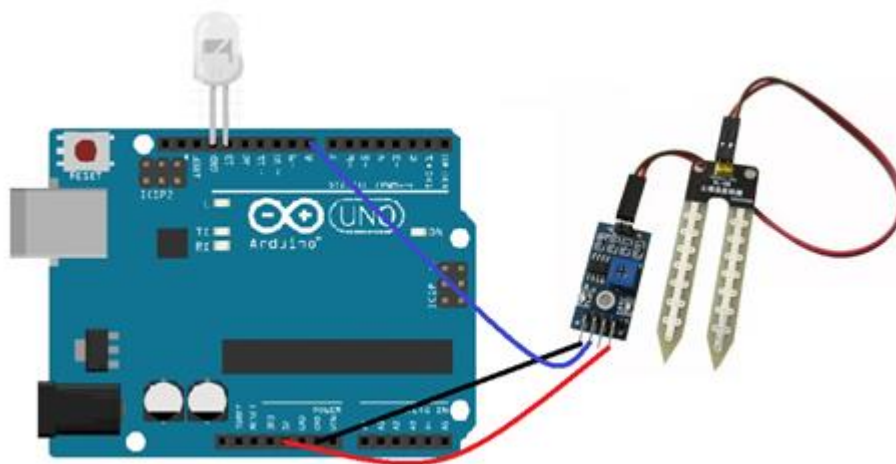
Για τη σύνδεση του αισθητήρα με αναλογική λειτουργία χρησιμοποιείται η αναλογική έξοδος του αισθητήρα (A0). Όταν λαμβάνεται αναλογική έξοδος ο αισθητήρας δίνει τιμή από 0 – 1023. Η υγρασία μετρίεται σε εκατοστιαία ποσοστά επομένως χαρτογραφείται με τιμές από 0 – 100 και εμφανίζει το διάγραμμα στη σειριακή οθόνη. Η σύνδεση του αισθητήρα υγρασίας εδάφους με το Arduino είναι αρκετά απλή. Η πηγή VCC συνδέεται με την τροφοδοσία του Arduino στα 5V, το GND του αισθητήρα με το GND του Arduino και τέλος το A0 αισθητήρα με το A0 του Arduino.



Εικόνα 4.8: Το αναλογικό κύκλωμα του αισθητήρα υγρασίας εδάφους

Ψηφιακή Λειτουργία

Για τη σύνδεση του αισθητήρα με ψηφιακή λειτουργία συνδέεται η ψηφιακή έξοδος του αισθητήρα με τον ψηφιακό με έναν ακροδέκτη του Arduino. Ο αισθητήρας περιέχει μαζί του και ένα ποτενσιόμετρο το οποίο χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της τιμής κατωφλίου. Η τιμή του κατωφλίου συγκρίνεται με την έξοδο του αισθητήρα χρησιμοποιώντας μια μονάδα σύγκρισης που τοποθετείται στον αισθητήρα. Η μονάδα αυτή συγκρίνει την τιμή εξόδου του αισθητήρα και την τιμή κατωφλίου και στη συνέχεια δίνει τη έξοδο μέσω του ψηφιακού πείρου. Στην περίπτωση που η τιμή του αισθητήρα είναι μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου ο ψηφιακός ακροδέκτης δίνει 5V και η λυχνία LED του αισθητήρα ανάβει, αλλιώς στη περίπτωση που η τιμή του αισθητήρα είναι μικρότερη από την τιμή κατωφλίου τότε ο ψηφιακός ακροδέκτης δίνει 0V και η λυχνία LED του αισθητήρα δεν ανάβει. Επιπλέον με τη βοήθεια μιας φωτοδίοδου LED μπορεί να γίνει πιο κατανοητή πότε είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη η τιμή κατωφλίου λειτουργώντας αντίστοιχα με τη λυχνία LED του αισθητήρα. Και σε αυτή την περίπτωση η σύνδεση του αισθητήρα υγρασίας εδάφους με το Arduino είναι η ίδια μόνο που δεν συνδέεται το pin A0 του αισθητήρα με το Arduino αλλά το pin D0 με μια ψηφιακή θύρα του Arduino για παράδειγμα την 8, επιπλέον στο Arduino συνδέεται και η φωτοδίοδος LED όπου ο θετικός ακροδέκτης τοποθετείται στη θύρα 13 και ο αρνητικός στην GND. [6],[7]



Εικόνα 4.9: Το ψηφιακό κύκλωμα του αισθητήρα υγρασίας εδάφους

4.4 GSM – GPRS SHIELD (SIM 900A)

Το GSM – GPRS (Global System for Mobile) και (General Packet Radio Service) αντίστοιχα είναι από τις πιο διαδεδομένες μονάδες επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στα ενσωματωμένα συστήματα, δηλαδή χρησιμοποιείται για να επικοινωνήσει ένας μικροελεγκτής ή ένας μικροεπεξεργαστής με το δίκτυο. Χάρη στις δυνατότητές του χαρακτηρίζεται ιδανικό για την υλοποίηση διαφόρων εφαρμογών με Arduino ή και άλλους μικροεπεξεργαστές όπως για παράδειγμα την λήψη δεδομένων από αισθητήρες ή λήψη διαφόρων ειδοποιήσεων, όπως η αυτοματοποίηση μιας οικίας, ακόμη και για αποστολή sms για την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση συσκευών. Το GSM αποτελεί ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας για τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Δημιουργήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων για την αντικατάσταση του αναλογικού κυψελοειδούς δικτύου της 1^{ης} γενιάς με τα κυψελωτά ψηφιακά δίκτυα όπου τα σήματα κβαντίζονται, κωδικοποιούνται και διαμορφώνονται. Έτσι αρχίσαν να μεταδίδονται και δεδομένα εκτός από τη φωνή. Αυτά τα δίκτυα ονομάστηκαν κυψελωτά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G Cellular Network) τα οποία χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα μαζί με τα δίκτυα 3G. Δημιουργήθηκαν αρκετά πρότυπα για δίκτυα 2^{ης} γενιάς όμως το πιο διαδεδομένο πρότυπο που χρησιμοποιείται σε όλες τις χώρες μέχρι και σήμερα είναι το GSM. Το GPRS είναι μία υπηρεσία που αποτελεί επέκταση του δικτύου GSM. Συγκεκριμένα είναι ένα ολοκληρωμένο τμήμα του δικτύου GSM το οποίο μεταφέρει αποτελεσματικά

τα δεδομένα που έχουν τους ίδιους πόρους με το δίκτυο του GSM. Στην αρχή οι υπηρεσίες του GSM πραγματοποιούνταν με μία σύνδεση μέσω κυκλώματος με αποτέλεσμα να υπάρχει αρκετή καθυστέρηση και μεγάλες χρεώσεις αυτό είχε ως αποτέλεσμα αυτός ο τρόπος να χαρακτηριστεί ακατάλληλος. Με την ενσωμάτωση όμως του GPRS, μιας υπηρεσίας δηλαδή που βασίζεται σε πακέτα, υπήρξαν αρκετές αλλαγές με κυριότερες το χρόνος σύνδεσης πλέον να είναι πολύ μικρός αλλά και οι χρεώσεις βασίζονται στην χρήση και όχι στο χρόνο που απαιτείται για τη σύνδεση.

Το μοντέλο SIM900A είναι μία εξαιρετικά συμπαγής και αξιόπιστη μονάδα ασύρματης επικοινωνίας και αποτελεί ιδανική λύση για να ενσωματωθεί σε αρκετές εφαρμογές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φωνητικές κλήσεις, για αποστολή και λήψη SMS όπως και για φαξ με χαμηλή κατανάλωσης ενέργειας. Το μικρό του μέγεθος είναι κατάλληλο για την υλοποίηση αρκετών εφαρμογών. Έχει δημιουργηθεί με βάση το GSM/GPRS Dual Band από τη SIMCOM και λειτουργεί σε συχνότητες 900 ή 1800 MHz, όπου μπορεί αυτόματα να αναζητεί και στις δύο ζώνες συχνοτήτων. Επιπλέον οι ζώνες συχνοτήτων μπορούν να ρυθμιστούν μέσω των εντολών AT όπως επίσης και ο ρυθμός baud που είναι διαμορφωμένος από 1200 έως 115200 γίνεται με τη βοήθεια των εντολών αυτών. Συνδέεται στο διαδίκτυο μέσω του GPRS χάρη στην εσωτερική στοιβάδα TCP/IP που διαθέτει. [8]



Εικόνα 4.10: Το GSM/GPRS Shield

Τεχνικά Χαρακτηριστικά [11]

- Ενιαία τάση τροφοδοσίας: 3,4 V– 4,5V
- Λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας: 1,5mA σε λειτουργία sleep
- Ζώνες συχνοτήτων: Διπλή ζώνη
- Έλεγχος μέσω AT εντολών

- Συνδεσιμότητα GPRS: Κατηγορία πολλαπλών υποδοχών GPRS 10 (προεπιλογή), GPRS 8 (προαιρετικά)
- Ισχύς μετάδοσης: Κλάση 4 (2W) στο EGSM 900, κλάση 1(1W) στο DCS 1800
- Θερμοκρασία λειτουργίας: - 30°C έως +80°C
- Θερμοκρασία αποθήκευσης: -5°C έως +90°C
- Δεδομένα GPRS: Μεταφόρτωση μέγιστης μεταφοράς είναι τα 85,6Kbps
- Υποστηρίζει είσοδο MIC και ήχου
- Υποστηρίζει CSD, USSD, SMS, FAX
- Είσοδος ηχείων
- Διαθέτει διασύνδεση πληκτρολογίου
- Διαθέτει διεπαφή οθόνης
- Διαθέτει ρολόι πραγματικού χρόνου
- Υποστηρίζει διασύνδεση UART
- Υποστηρίζει κάρτα SIM
- Η αναβάθμιση του υλικολογισμικού γίνεται από τη θύρα εντοπισμού σφαλμάτων
- Επικοινωνία με AT εντολές
- Ένδειξη κατάστασης (D5): Αναβοσβήνει συνεχώς όταν φτάνει κάποια κλήση διαφορετικά μένει σταθερά αναμμένο
- Δίκτυο LED (D6): Η λυχνία αναβοσβήνει κάθε δευτερόλεπτο μέχρι το GSM να συνδεθεί στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, όταν η σύνδεση ολοκληρωθεί επιτυχώς θα αναβοσβήνει κάθε τρία δευτερόλεπτα

Το SIM900a έχει αρκετές θύρες οι οποίες συμβάλλουν στην λειτουργία του τις οποίες αξίζει να αναφέρουμε:

Όνομα Pin	Περιγραφή
PWRKEY	Εισαγωγή τάσης. Ο χρήστης θα πρέπει να κρατά πατημένο το κουμπί για μικρό χρονικό διάστημα στην ενεργοποίηση ή στην απενεργοποίηση του συστήματος.
RI	Ένδειξη δακτυλίου
DSR	Το σετ των δεδομένων είναι έτοιμο
RTS	Αίτημα αποστολής
RXD	Λήψη δεδομένων
DCD	Ανίχνευση δεδομένων
CTS	Διαγραφή αποστολής
DTR	Τερματικό δεδομένων έτοιμο
TXD	Αποστολή δεδομένων
GND	Γείωση
NETLIGHT	Αναφέρει την κατάσταση του δικτύου
STATUS	Υποδεικνύει την τρέχουσα κατάσταση
ANT	Σύνδεση κεραίας

LINER	Δεξιά είσοδος καναλιού
LINEL	Αριστερή είσοδος καναλιού
GPIO	Γενική είσοδος / έξοδος
PWM1	Έξοδος PWM
PWM2	Έξοδος PWM
ADC	Γενικός μετατροπέας αναλογικός σε ψηφιακό
VBAT	Οι τρεις ακροδέκτες είναι αφιερωμένοι στην σύνδεση της τάσης τροφοδοσίας
MIC	Σύνδεση για Μικρόφωνο
SKK	Σύνδεση για Ηχείο
SIM_VDD	Τροφοδοσία τάσης για κάρτα SIM
SIM_DATA	Δίαυλος δεδομένων SIM
SIM_CLK	Ρολόι SIM
SIM_RST	Επαναφορά SIM
SIM_PRESENCE	Ανίχνευση SIM
SCL	Σειριακό ρολόι
SDA	Σειριακά δεδομένα
VRTC	Τρέχουσα είσοδος όταν η μπαταρία δεν τροφοδοτεί το σύστημα. Τρέχουσα έξοδος για εφεδρική μπαταρία όταν υπάρχει η κύρια μπαταρία και η εδαφική μπαταρία βρίσκεται σε κατάσταση χαμηλής τάσης.

Αρχικά για τη σύνδεση της πλακέτας GSM χρειάζεται μια κάρτα SIM στο αρχικό της μέγεθος στην οποία πρέπει να έχει απενεργοποιηθεί ο αριθμός pin της κάρτας SIM έτσι ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει στο GSM. Επιπλέον στην πίσω πλευρά της πλακέτας GSM εκτός από τη θήκη υποδοχής για την κάρτα sim υπάρχει και μία θήκη για την μπαταρία του RTC όπου και τοποθετείται η μπαταρία. Τέλος χρειάζεται ένα τροφοδοτικό 5V, 2 A ή ακόμα και 9V, 1A ή 12V, 1A.

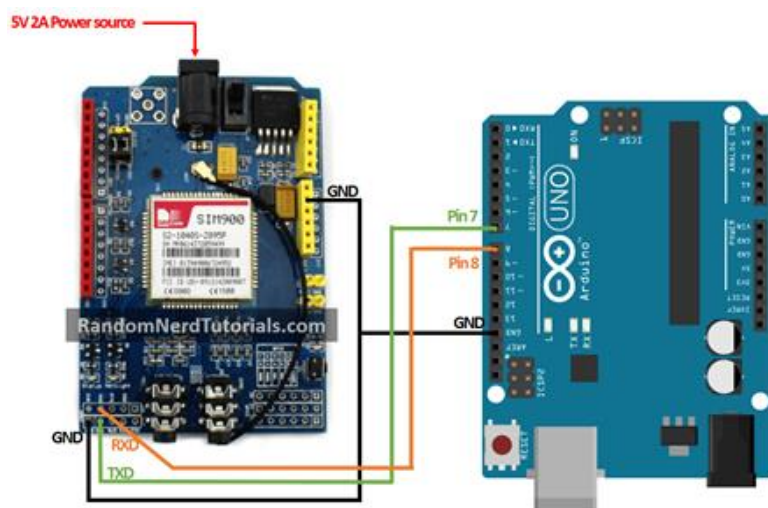


Εικόνα 4.11: Η πίσω όψη του GSM/GPRS Shield

Η σύνδεση της πλακέτας GSM με το Arduino είναι αρκετά απλή. Οι δύο γειώσεις που έχει η πλακέτα GSM συνδέονται με τη γείωση που έχει το Arduino. Το pin 7 συνδέεται με την σειριακή θύρα TXD όπου είναι απαραίτητη για την εξαγωγή δεδομένων και εντολών και το pin 8 συνδέεται με την RXD θύρα.[10]

Επιπλέον για την αποστολή και την λήψη γραπτών μηνυμάτων ή φωνητικών κλήσεων χρησιμοποιούνται κάποιες AT εντολές. Συγκεκριμένα ορισμένες από αυτές είναι:

- AT + CMGF=1;r: Ρυθμίζει τη λειτουργία του SIM900 σε λειτουργία κειμένου
- AT + CNMI = 2,2,0,0,0: Διαβάζει το SMS σε λειτουργία κειμένου
- AT + CMGS= \ " + XXXXXXXXXXXXX\": Για να σταλεί το SMS σε έναν αριθμό κινητού τηλεφώνου. Τα 2 πρώτα X είναι ο κωδικός της χώρα και τα υπόλοιπα 10 ο αριθμός τηλεφώνου.
- AT + CMGR = 1 \ r: Διαβάζει το πρώτο SMS από τα εισερχόμενα
- AT + CMGR = 2 \ r: Διαβάζει το δεύτερο SMS από τα εισερχόμενα
- AT + CMGR = ALL \ r: Διαβάζει όλα τα SMS από τα εισερχόμενα
- ATDP + PHONE_NUMBER: Καλεί έναν αριθμό σε διεθνή μορφή
- ATH: Αποσυνδέει μία τηλεφωνική κλήση
- ATA: Λαμβάνει μία εισερχόμενη κλήση
- ATDL : Κάνει επανάκληση [9]



Εικόνα 4.12: Το κύκλωμα σύνδεσης του GSM SIM900 με το Arduino

4.5 Ηλεκτροβάννα

Η ηλεκτροβάννα είναι μια ηλεκτρονιχανική βαλβίδα η οποία χρησιμοποιείται για να ελέγχει τη ροή του νερού και των υγρών γενικότερα. Οι ηλεκτροβάννες είναι ευρέως

διαδεδομένες διότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε από διάφορες εφαρμογές όπως στο αυτόματο πότισμα αλλά και στα πλυντήρια, διότι είναι αξιόπιστες με μεγάλη διάρκεια ζωής και έχουν χαμηλή ισχύ ελέγχου.

Μια ηλεκτροβάνα αποτελείται από τέσσερα μέρη: το σωληνοειδές, το έμβολο, το ελατήριο και το σώμα βαλβίδας. Υπάρχουν δύο τύποι βαλβίδων ο κανονικά ανοιχτός NO και ο κανονικά κλειστός NC. Στην περίπτωση που έχουμε μία κανονικά ανοιχτή τύπου βαλβίδα το ελατήριο ωθεί το έμβολο προς τα επάνω για να παραμένει η βαλβίδα συνέχεια ανοιχτή εκτός αν το πηνίο λάβει ένα ηλεκτρικό ρεύμα. Τότε θα δημιουργηθεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο το οποίο θα περάσει μέσα από το έμβολο και θα το ωθήσει έτσι ώστε να κλείσει τη βαλβίδα με αποτέλεσμα να σταματήσει η ροή του υγρού. Μόλις το ηλεκτρικό ρεύμα σταματήσει τότε το έμβολο θα ωθηθεί πάλι προς τα επάνω και θα αρχίσει ξανά η ροή του νερού. Με αντίστοιχο τρόπο λειτουργεί και μία κανονικά κλειστή βαλβίδα με τη διαφορά ότι αυτή παραμένει κλειστή μέχρις ότου λάβει κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα για να ανοίξει και να αρχίσει η ροή του υγρού. Οι ηλεκτροβάνες διατίθενται σε διάφορες σε διάφορες τάσεις λειτουργίας όπως είναι τα 6V, 12V, 24V, 120V, 240V στο συγκεκριμένο project έχει χρησιμοποιηθεί μία ηλεκτροβάνα των 12V.



Εικόνα 4.13: Ηλεκτροβάνα

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για τη σύνδεση μίας ηλεκτροβάνας στην προκειμένη περίπτωση η σύνδεσή της με το υπόλοιπο κύκλωμα έγινε ως εξής: από την ηλεκτροβάνα φεύγουν δύο καλώδια το ένα συνδέεται στο NO (normal open) του ρελέ και το άλλο συνδέεται με καλώδιο που τοποθετείται σε πρίζα έτσι ώστε να μπορεί να ενεργοποιείται και χωρίς τη σύνδεση της με το Arduino και τις εντολές μέσω του κινητού τηλεφώνου. [12], [13]



Εικόνα 4.13: Τρόπος σύνδεσης της ηλεκτροβάνας

4.6 Ρελέ

Το ρελέ (ηλεκτρονόμος) είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης ο οποίος ανοίγει και κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα υπό τον έλεγχο ενός άλλου ηλεκτρικού κυκλώματος. Είναι θεμιτό να χρησιμοποιείται σε μία εφαρμογή με Arduino διότι τα κυκλώματα που λειτουργούν σε υψηλές τάσεις δεν μπορούν να ελεγχθούν κατευθείαν από τον μικροελεγκτή Arduino έτσι τοποθετείται ένα ρελέ που είναι ικανό να απομονώνει την υψηλή τάση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια ηλεκτρική απομόνωση ανάμεσα στο κύκλωμα υψηλής τάσης και στο Arduino και έτσι αποφεύγονται ατυχήματα που μπορεί να προκύψουν. Το ρελέ μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσω του Arduino αφού πρώτα έχει προγραμματιστεί για παράδειγμα όταν ένας αισθητήρας αντιλαμβάνεται ότι έχει ανέβει η θερμοκρασία του δωματίου να ανάβει ο ανεμιστήρας ή στην περίπτωσή μας όταν σταλεί ένα μήνυμα από το κινητό τηλέφωνο για την ενεργοποίηση της ηλεκτροβάνας.



Εικόνα 4.14: Ρελέ

Ακροδέκτες του ρελέ

- NO: (Normally Closed) Κανονικά ανοιχτό
- NC: (Normally Open) Κανονικά κλειστό
- COM: (Common terminal)
- IN: Σήμα εισόδου (συνδέεται με το Arduino για να ενεργοποιηθεί το ρελέ)
- GND: Γείωση (Συνδέεται με τη γείωση του Arduino)
- VCC: 5V (Συνδέεται με την τάση 5V του Arduino)

Στο εσωτερικό του ρελέ υπάρχει ένας διακόπτης ανοχής 120 με 240V ο οποίος συνδέεται με έναν ηλεκτρομαγνήτη. Όταν έρχεται ένα σήμα HIGH στον ακροδέκτη του ρελέ τότε ο ηλεκτρομαγνήτης φορτίζεται και μετακινεί τις επαφές του διακόπτη σε ανοιχτό ή σε κλειστό ανάλογα. Το συγκεκριμένο ρελέ έχει δύο διαφορετικούς τύπους ηλεκτρικών επαφών τον κανονικά ανοιχτό (NO) και τον κανονικά κλειστό (NC). Ανάλογα σε ποιον από τους δύο έχει συνδεθεί το σήμα των 5V ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται ο διακόπτης. Και στις δύο περιπτώσεις πάντα είναι συνδεδεμένος ο ακροδέκτης COM διότι απ' αυτών εισέρχεται στο ρελέ το ρεύμα τροφοδοσίας. Στο κύκλωμα έχουν συνδεθεί οι ακροδέκτες NO και COM οπότε η λειτουργία που χρησιμοποιείται είναι η κανονικά ανοιχτή. Σε αυτή στην περίπτωση όταν το ρελέ θα δέχεται ένα σήμα HIGH ο διακόπτης κλείνει και επιτρέπεται να περνά το ρεύμα από τον ακροδέκτη COM στον ακροδέκτη NO και αντίστοιχα όταν θα δέχεται το σήμα LOW το ρελέ θα απενεργοποιείται και η ροή του ρεύματος θα διακόπτεται. [14], [15]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Υλοποίηση Λογισμικού

5.1 Δηλώσεις

Στον κώδικα αρχικά δηλώνονται οι βιβλιοθήκες, οι σταθερές και οι μεταβλητές τιμές που χρησιμοποιούνται στον κώδικα.

```
// Βιβλιοθήκες
#include <SoftwareSerial.h> // Βιβλιοθήκη για σειριακή επικοινωνία
με GSM
#include "DHT.h" //Βιβλιοθήκη του DHT22
#include <Adafruit_Sensor.h> // Βιβλιοθήκη του DHT για την
επιστροφή των τιμών από τον αισθητήρα

//Σταθερές
#define DHTPIN 2 // Σε πιο pin είμαστε συνδεδεμένοι
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
DHT dht (DHTPIN, DHTTYPE);
int sensor_pin = A0; //διαβάζει ο εκλεκτής από A0
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Pin στα οποία είμαστε συνδεδεμένοι
στο GSM

//Μεταβλητές
float hum; // αποθηκεύει την τιμή της υγρασίας
float temp; //αποθηκεύει την τιμή της θερμοκρασίας
float soil; //αποθηκεύει την τιμή της υγρασίας εδάφους
char incoming_char=0; //Δήλωση και αρχικοποίηση μεταβλητής για να
αποθηκεύει τους εισερχόμενους χαρακτήρες του SMS
int relayPin = 4; // Δήλωση ακέραιας μεταβλητής relayPin και
αρχικοποίηση τιμής σε 4
```

5.2 Κύρια Συνάρτηση

Στην κύρια δομή του προγράμματος υπάρχουν δύο βασικές συναρτήσεις η set up και η loop. Οι εντολές που υπάρχουν στην set up τρέχουν μία φορά μόλις δοθεί ρεύμα ή μετά το πάτημα του κουμπιού reset ενώ στη loop οι εντολές τρέχουν συνέχεια μέχρι να σταματήσει να τροφοδοτείται με ρεύμα το Arduino ή πατηθεί το reset.

```
void setup() // Βασική συνάρτηση set up
{
    Serial.begin(19200); //Ανοίγουμε έναν σειριακό διάλογο
    επικοινωνίας μεταξύ Arduino και pc με ρυθμό
    μεταφοράς τα 9600 bit/sec
    Serial.println("Περιμένοντας τους αισθητήρες ..."); // το
    μήνυμα που εμφανίζεται στη σειριακή οθόνη
    delay(2000); // καθυστέρηση 2 sec
    dht.begin(); // ανοίγει ένα σειριακό διάλογο
    επικοινωνίας
    Serial.println("Περιμένοντας το GSM ...");
    delay(2000); // καθυστέρηση 2 sec
    SIM900.begin(19200); // Ανοίγουμε την επικοινωνία μεταξύ GSM
    και pc με ρυθμό μεταφοράς 19200 bit/sec
    delay(2000); // Δίνουμε χρόνο για να συνδεθεί το GSM
    στο δίκτυο 2sec
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // AT εντολή ρυθμίζει το GSM έτσι
    ώστε να αναγνωρίζει το sms ως κείμενο
    delay(100);
    SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); // AT εντολή η οποία
    ειδοποιεί το GSM όποτε λαμβάνει SMS θα στέλνει αυτόματα
    ειδοποίηση στη σειριακή θύρα
    delay(100);
    pinMode(relayPin,OUTPUT); //Σύνδεση του ακροδέκτη του relay
    με τη θύρα 4
}

void loop () // Βασική συνάρτηση loop
{
    if (ReceiveSMS()) // Γίνεται αν ισχύει η συνάρτηση ReceiveSMS()
    {
        if (Data ()) // Γίνεται έλεγχος αν ισχύει η συνάρτηση Data
        ()
        {
```

```

        SendSMS(); // Στέλνουμε το sms μέσω της συνάρτησης
SendSMS
    }
    else
    {
        SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // AT εντολή ρυθμίζει το
        GSM έτσι ώστε να αναγνωρίζει το sms ως κείμενο
        delay(100);
        SIM900.println("AT + CMGS = \"+306949406946\"); // AT
        εντολή με την οποία δίνω τον αριθμό που θέλω να στέλνονται τα SMS
        delay(100);
        String failed_message = ("Failed to read from
        Sensors!"); // Στέλνει μηνύματα για αποτυχία
        SIM900.print(failed_message); // Αναγράφεται το SMS που
        θα στέλνετε
        delay(100);
        SIM900.println((char)26); // Τερματίζουμε την εντολή
        AT με έναν κωδικό Z για να σταλεί το SMS
        delay(100);
        SIM900.println();
        delay(1000); // Δίνουμε χρόνο για την αποστολή SMS
    }
}
if (ReceiveON()) // Γίνεται έλεγχος αν ισχύει η συνάρτηση
ReceiveON()
{
    Serial.print("Ενεργοποίηση Ποτίσματος... \n"); // Τα
    μήνυμα που εμφανίζεται στη σειριακή οθόνη
    digitalWrite(relayPin,HIGH); // Γίνεται ενεργοποίηση του
    ρελέ
    delay(100);
}

if (ReceiveOFF()) //Γίνεται έλεγχος αν ισχύει η συνάρτηση
ReceiveOFF()
{
    Serial.print("Απενεργοποίηση Ποτίσματος... \n"); // Το
    μήνυμα που εμφανίζεται στη σειριακή οθόνη
    digitalWrite(relayPin,LOW); // Γίνεται απενεργοποίηση του
    ρελέ
    delay(100);
}
}

```

5.3 Αισθητήρες

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν είναι δυο ο αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος ο DHT22 και ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους. Ο DHT22 είναι απλός στη χρήση μετά τη σύνδεση και τον προγραμματισμό του κατάλληλου κώδικα εμφανίζει τις μετρήσεις που λαμβάνει στη σειριακή οθόνη του υπολογιστή. Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους είναι και αυτός εύκολος στην σύνδεσή του. Σε αυτό το σημείο διαπιστώθηκε ότι οι μετρήσεις που εμφανιζόταν στην σειριακή οθόνη δεν ήταν αυτές που θα έπρεπε. Παρατηρήθηκε ότι χωρίς την επαφή με κάποιο αντικείμενο η τιμή που έδινε ήταν το 1023 στη συνέχεια τοποθετώντας τις πλάκες στο νερό έδινε τιμές κοντά στο 200 οπότε δημιουργήθηκε μία κλίμακα με βάση τα παραπάνω και τέθηκε ως 0% το 1023 και ως 100% η τιμή 200. Και έτσι οι τιμές που εμφανίζονται πλέον είναι στην κλίμακα του 100.

```
boolean Data()
{
    hum = dht.readHumidity();    //διαβάζει την τιμή της υγρασίας
    και την αποθηκεύει στην μεταβλητή hum
    temp = dht.readTemperature();    //διαβάζει την τιμή της
    θερμοκρασίας και την αποθηκεύει στην μεταβλητή temp
    soil = analogRead(sensor_pin);    //διαβάζει την τιμή της
    υγρασίας του εδάφους και την αποθηκεύει στην μεταβλητή soil
    soil = map(soil,1023,200,0,100); //διαμορφώνει σε πίνακα της
    τιμές της υγρασίας του εδάφους

    if (isnan(hum) || isnan(temp) || isnan(soil) )
    {
        Serial.println("Αποτυχία ανάγνωσης δεδομένων από
        αισθητήρες"); // Το μήνυμα που εμφανίζεται στην σειριακή οθόνη
        return false;
    }

    //Εκτύπωση των δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί
    Serial.print("Υγρασία περιβάλλοντος: ");
    Serial.print(hum);
    Serial.print(" %, θερμοκρασία περιβάλλοντος: ");
    Serial.print(temp);
    Serial.print(" C");
    Serial.print(", Υγρασία εδάφους: ");
    Serial.print(soil);
}
```

```
Serial.println("%");
delay(1000); // καθυστέρηση 1sec
return true;
}
```

5.4 Έλεγχος Ηλεκτροβάνας

Η ηλεκτροβάνα ενεργοποιείται και απενεργοποιείται μέσω του ρελέ. Όταν στέλνεται το μήνυμα OPEN από το κινητό τηλέφωνο ανοίγει και με το μήνυμα KLEISE απενεργοποιεί το ρελέ και κλείνει. Αυτό υλοποιείται με τη βοήθεια δύο συναρτήσεων της Receive ON() και της Receive OFF(). Και στις δύο συναρτήσεις διαβάζονται οι εισερχόμενοι χαρακτήρες ένας-ένας και μόλις σχηματιστεί η κατάλληλη λέξη ανοίγει ή κλείνει αναλόγως.

```
boolean ReceiveON()
{
  if(SIM900.available() >0) // Γίνεται για τη διαθεσιμότητα τος
  GSM
  {
    incoming_char=SIM900.read();
    if(incoming_char=='O') // Γίνεται έλεγχος αν ο χαρακτήρας
    είναι O
    {
      delay(10);
      Serial.print(incoming_char); // Τυπώνει τον χαρακτήρα
      incoming_char=SIM900.read(); // διαβάζει τον χαρακτήρα
      if(incoming_char=='P')
      {
        delay(10);
        Serial.print(incoming_char);
        incoming_char=SIM900.read();
        if(incoming_char=='E')
        {
          delay(10);
          Serial.print(incoming_char);
          incoming_char=SIM900.read();
          if(incoming_char=='N')
          {
            delay(10);
            Serial.print(incoming_char);
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

```

        Serial.println(); // Διαβάζει όλους τους
        χαρακτήρες
        Serial.print("Λήφθηκε Αίτημα για
        Ενεργοποίηση Ποτίσματος... \n");
        return true;
    }
}
}
}
return false;
}
}

boolean ReceiveOFF()
{
    if(SIM900.available() >0)
    {
        incoming_char=SIM900.read();
        if(incoming_char=='K')
        {
            delay(10);
            Serial.print(incoming_char);
            incoming_char=SIM900.read();
            if(incoming_char == 'L')
            {
                delay(10);
                Serial.print(incoming_char);
                incoming_char=SIM900.read();
                if(incoming_char=='E')
                {
                    delay(10);
                    Serial.print(incoming_char);
                    incoming_char=SIM900.read();
                    if(incoming_char=='I')
                    {
                        delay(10);
                        Serial.print(incoming_char);
                        incoming_char=SIM900.read();
                        if(incoming_char=='S')
                        {
                            Serial.print(incoming_char);
                            incoming_char=SIM900.read();
                            if(incoming_char=='E')
                            {
                                delay(10);
                                Serial.print(incoming_char);

```



```

        Serial.println();
        Serial.print("Λήφθηκε Αίτημα για
απενεργοποίηση Ποτίσματος... \n ");
        return true;
    }
}
}
}
}
return false;
}
}

```

5.5 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ GSM

Η επικοινωνία του GSM με το κινητό τηλέφωνο γίνεται με τη χρήση δύο συναρτήσεων της Receive SMS() και της Send SMS(). Με τη Receive SMS() το GSM λαμβάνει τα μηνύματα από το κινητό, όταν το μήνυμα είναι η λέξη STEILE στέλνονται τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί από τους αισθητήρες μέσω της συνάρτησης Send SMS().

```

boolean ReceiveSMS()
{
    if(SIM900.available() >0)
    {
        incoming_char=SIM900.read();
        if(incoming_char=='S')
        {
            delay(10);
            Serial.print(incoming_char);
            incoming_char=SIM900.read();
            if(incoming_char == 'T')
            {
                delay(10);
                Serial.print(incoming_char);
                incoming_char=SIM900.read();
                if(incoming_char=='E')
                {
                    delay(10);
                    Serial.print(incoming_char);
                    incoming_char=SIM900.read();
                    if(incoming_char=='I')
                    {

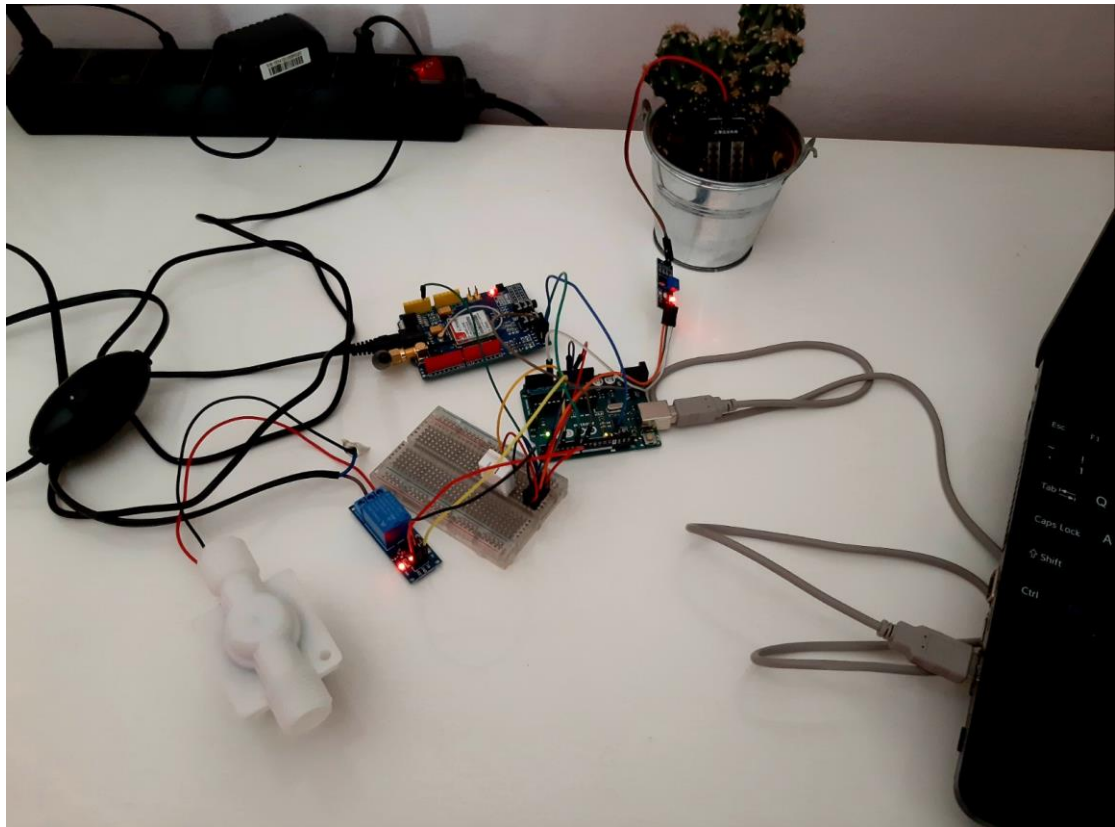
```

```

        delay(10);
        Serial.print(incoming_char);
        incoming_char=SIM900.read();
        if(incoming_char=='L')
        {
            Serial.print(incoming_char);
            incoming_char=SIM900.read();
            if(incoming_char=='E')
            {
                delay(10);
                Serial.print(incoming_char);
                Serial.println();
                Serial.print("Λήφθηκε Αίτημα ... Αποστολή
Δεδομένων ... \n");
                return true;
            }
        }
    }
}
}
}
}
}
return false;
}

void SendSMS()
{
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // AT εντολή ρυθμίζει το GSM έτσι
    ώστε να αναγνωρίζει το sms ως κείμενο
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+306949406946\"); // AT εντολή με
    την οποία δίνω τον αριθμό που θέλω να στέλνονται τα SMS
    delay(100);
    String dataMessage = ("Temperature: " + String(temp) + "C " + "
    Humidity: " + String(hum) + "%" + " Soil Humidity: " + String(soil)
    + "%");
    SIM900.println(dataMessage); // Αναγράφεται το SMS που θα
    στέλνεται
    delay(100);
    SIM900.println((char)26); // Τερματίζουμε την εντολή AT με έναν
    κωδικό Z για να σταλεί το SMS
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(1000); // Δίνουμε χρόνο για την αποστολή SMS
}

```



Εικόνα 5.1: Το Σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα πρωτότυπο σύστημα για τον απομακρυσμένο έλεγχο της άρδευσης θερμοκηπίου. Οι δυνατότητες οι οποίες υπάρχουν πλέον στην υλοποίηση αυτόνομων συστημάτων με διαδικτυακή επικοινωνία είναι πολλές και ποικιλοτρόπως εκμεταλλεύσιμες. Αφενός, η πληθώρα των αναπτυξιακών πλακετών, με δικούς τους πόρους υπολογιστικής ισχύος και μνήμης, αφετέρου οι πολλαπλές μορφές επικοινωνίας που έχουν και η συνεργασία τους με έξυπνες φορητές συσκευές (smartphone, tablets κ.ο.κ), καθιστούν ιδιαίτερα εύκολη την υλοποίηση εφαρμογών για την συλλογή δεδομένων και την εκτέλεση εύκολων εντολών από απόσταση. Τα «πράγματα» αποκτούν νοημοσύνη, ενεργειακή αυτονομία, αλλά και αλληλεπίδραση με ανθρώπους και μηχανές.

Σύμφωνα με την παρούσα πτυχιακή εργασία τα θερμοκήπια στις μέρες μας φαίνεται να έχουν αναπτυχθεί αρκετά σε σύγκριση με παλαιότερα, όπου οι αγρότες βασιζόταν κυρίως στην εμπειρία τους και στην παρατηρητικότητα τους για την αύξηση της παραγωγικότητας αλλά και την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων. Πλέον με την τεχνολογία η οποία εξελίσσεται συνεχώς οι αγρότες έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν αλλά και να διαχειρίζονται απομακρυσμένα τα θερμοκήπια τους. Επιπλέον χάρη στην βοήθεια των αισθητήρων όπου τοποθετούνται στα θερμοκήπια μπορούν να προβλεφθούν οι καιρικές συνθήκες, η ανάγκη των φυτών σε νερό ή πιθανές αρρώστιες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση του νερού.

Το συγκεκριμένο σύστημα θα μπορούσε μελλοντικά να εξελιχθεί σε ένα πλήρες προϊόν, το οποίο να συγκεντρώνει επιπλέον λειτουργικότητα, χρήσιμη για την εξ αποστάσεων παρακολούθηση και διαχείριση ενός θερμοκηπίου. Για παράδειγμα θα ήταν δυνατή η παρακολούθηση ενός πληρέστερου συνόλου περιβαλλοντικών παραμέτρων αλλά και ο έλεγχος των παραθύρων του θερμοκηπίου. Η συνεισφορά της

εργασίας έγκειται στην ανάδειξη της εφικτότητας και της εύκολης υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος, με τα μέσα που παρέχει πλέον η τεχνολογία.

Βιβλιογραφία

- [1]. Project, link: <https://www.irrigation-management.eu/project-overview#5/02/2020>
- [2]. Databio, link: <https://www.databio.eu/el/23/04/2020>
- [3]. IrrigationManagement|Hortau,link:<https://hortau.com/irrigation-management/24/04/2020>
- [4]. HumidityandTemperaturesensor,link:<https://www.rajguruelectronics.com/humidity-and-temperature-sensor.html> 8/04/2020
- [5]. DHT22DatasheetPDF,link:<https://datasheet4u.com/datasheet-pdf/Aosong/DHT22/pdf.php?id=792211> 8/04/2020
- [6]. ArduinoSoilMoistyreSensor:6step,link:<https://www.instructables.com/id/Arduino-Soil-Moisture-Sensor/> 10/04/2020
- [7]. Arduino&SoilMoistureSensor,link:<http://www.circuitstoday.com/arduino-soil-moisture-sensor> 10/04/2020
- [8]. GSM/GPRSModule,link:https://www.electronicshub.org/gsm-gprs-module/#GSMGPRS_Module 15/04/2020
- [9]. SIM900GSMGPRSShieldwithArduino,link:<https://randomnerdtutorials.com/sim900-gsm-gprs-shield-arduino/> 15/04/2020
- [10]. TutorialtoInterfaceGSM SIM900AwithArduino,link:<https://www.instructables.com/id/GSM-SIM900A-With-Arduino/> 15/04/2020
- [11]. SIM900GMSModylePinoutFeaturew&Datasheet,link:<https://components101.com/wireless/sim900a-gsm-module> 15/042020
- [12]. Solenoidvalvecotrolusingarduino,link:<https://mechatroface.com/arduino/solenoid-valve-control> 20/04/2020
- [13]. HowSolenoidValveswork-theEngineeringMindset,link:<https://theengineeringmindset.com/how-solenoid-valves-work/> 20/04 2020
- [14]. Howtosetupa5VRelayontheArduino,link:<https://www.circuitbasics.com/setting-up-a-5v-relay-on-the-arduino/> 22/04/2020
- [15]. HowtoUseRelaystoControlHigh-VoltageCircuitwithanArduino,link:<https://www.allaboutcircuits.com/projects/use-relays-to-control-high-voltage-circuitswith-an-arduino/> 22/04/2020
- [16]. HistoryofMicroprocessor,link:<https://www.tutorialspoint.com/history-of-microprocessor> 20/11/2019
- [17]. WhatisaMicroprocessor?Hoowdowdiseiswork?,link:<https://electrosome.com/microprocessor/> 20/11/2019
- [18]. WhatisaRaspberryPi?,link:<https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/> 20/11/2019
- [19]. TheAgileSystemDevelopmentLifeCycle,link:<http://www.ambysoft.com/essays/agileLifecycle.html>
- [20]. EmbeddedSystem,link:https://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_system
- [21]. AtticaExecutive|Γιείναιτοέξυπνοσπίτι;,link:<http://atticaexecutive.gr/smart-home/> 10/01/2020
- [22]. Γιατίνααποφεύγειστοέξυπνοσπίτι;Προβλήματακαιασφαλείζειναλλακτικές, link:<https://www.home-biology.gr/ilektromagnitikes-aktinovolies/aktinovolies-ipsilon-sixnotiton/eksypno-spiti-kai-eksypnes-syskeves> 10/01/2020

- [23]. Μια έξυπνη πόλη! Δεσπώζειναι!, link: https://4green.gr/news/data/g-buildings/Zhse-thn-empeiria-ths-eksypnhs-polhs--Des-twra-ti-einai_114105.asp 12/01/2020
- [24]. Five Technologies that any Smart City Needs to Cater, link: <http://bwsmartcities.businessworld.in/article/Five-Technologies-that-any-Smart-City-Needs-to-Cater/19-07-2018-155290/> 12/01/2020
- [25]. Εξυπνοθερμική πλο: αυτοματισμός για θερμική πλο, link: <https://el.decorexpro.com/teplica/umnaya-avtomatika-dlya-sooruzhenij/> 15/01/2020
- [26]. Τμήμα Γεωργίας, link: [http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/F1117FBF1DF50E3EC22580AE002D7411/\\$file/%CE%A1%CE%A5%CE%98%CE%9C%CE%99%CE%A3%CE%97%20%CE%A3%CE%A5%CE%9D%CE%98%CE%97%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%A0%CE%95%CE%A1%CE%99%CE%92%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%9F%CE%9D%CE%A4%CE%9F%CE%A3%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%9A%CE%97%CE%A0%CE%99%CE%9F%CE%A5.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/F1117FBF1DF50E3EC22580AE002D7411/$file/%CE%A1%CE%A5%CE%98%CE%9C%CE%99%CE%A3%CE%97%20%CE%A3%CE%A5%CE%9D%CE%98%CE%97%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%A0%CE%95%CE%A1%CE%99%CE%92%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%9F%CE%9D%CE%A4%CE%9F%CE%A3%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%9A%CE%97%CE%A0%CE%99%CE%9F%CE%A5.pdf?OpenElement)
27. <https://arduinobots.wordpress.com/%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF-2/arduino-uno-r3/> 28/07/2019
- [27]. Τι είναι το Arduino-Γνωρίζω τον κόσμο των Ρομπότ, link: <https://4dimkal-robot.weebly.com/tiota-epsilon943nualphaiota-tauomicron-arduino.html> 30/07/2019
- [28]. Τι είναι το Arduino;, link: <https://www.dwrean.net/2014/07/1-arduino.html> 30/07/2019
- [29]. Internet of things (IoT) History, link: <https://www.postscapes.com/iot-history/> 18/11/2019
- [30]. That 'internet of things' Think , link: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing> 18/11/2019
- [31]. John Wiley & Sons, Ltd Arduino For Dummies, Southern Gate Chichester West Sussex PO198 SQ England
- [32]. John Wiley & Sons, Ltd, Arduino Projects For Dummies, Southern Gate Chichester West Sussex PO198 SQ England
- [33]. Εμμανουήλ Πουλιάκης, προγραμματίζοντας με τον μικροελεγκτή Arduino, Ηράκλειο Ιανουάριος 2015
- [34]. Δρ. Γ. Σ. Τσελίκης & Δρ. Ν. Δ. Τσελίκης (2012) C Από τη θεωρία στην εφαρμογή, Β' Έκδοση. Αθήνα
- [35]. Abdul Salam, Internet of Things in Agriculture: Enabling Technologies, Purdue University, 2019
- [36]. Vlado Handzigki, Joseph Polastre ,Flexible Hardware Abstraction of the TI MSP430 Microcontroller in TinyOS, November 2004