

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1677



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ARDUINO ΚΑΙ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΥΓΡΑΣΙΑΣ,
ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΥ**

ΓΚΙΖΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΟΥΛΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη, η σχεδίαση και η κατασκευή καθώς και ο προγραμματισμός, μέσω της πλατφόρμας Arduino , των βασικών λειτουργιών ενός θερμοκηπίου.

Αρχικά γίνεται εισαγωγή στον όρο θερμοκήπιο καθώς και μία ιστορική αναδρομή στην εξέλιξή του, στη χρησιμότητά του και την αποδοτικότητα . Γίνεται επίσης περιγραφή των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών καθώς και των διαφορετικών ειδών που υπάρχουν.

Ακολουθεί περιγραφή του μικροκλίματος του θερμοκηπίου και τις συνθήκες που επικρατούν σε αυτό.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην πλατφόρμα Arduino, στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της και στον τρόπο προγραμματισμού της μέσω μιας παρουσίασης του προγραμματιστικού περιβάλλον του επεξεργαστή.

Ακολούθως γίνεται μελέτη του υλικού που χρησιμοποιήθηκε καθώς και παρουσίαση της κατασκευής του συστήματος.

Επίσης πραγματοποιείται ο προγραμματισμός των λειτουργιών με χρήση της πλατφόρμας Arduino και η παρουσίαση της λειτουργίας του συστήματος.

Τέλος θα δοθούν τα τελικά συμπεράσματα και σχόλια.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Ανδρέα Κατσαΐτη για την πολύτιμη βοήθεια που μας έδωσε κατά την κατασκευή του συστήματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο την ανίχνευση και καταγραφή περιβαλλοντικών παραμέτρων ενός θερμοκηπίου στηριζόμενη στη αρχιτεκτονική της πλατφόρμας Arduino, συνδεδεμένη με κατάλληλους αισθητήρες (θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός, ανέμου)

Ο μικροελεγκτής της πλατφόρμας θα προγραμματιστεί ώστε να καταγράφει τις τιμές της θερμοκρασίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στόχος μας είναι η αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας προκειμένου να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας.

Όσον αφορά τον αισθητήρα ανέμου μέσω αυτού θα λαμβάνεται η πληροφορία για την επίδραση του αέρα στο θερμοκήπιο. Σε περίπτωση που ο άνεμος είναι ισχυρός θα ενεργοποιείται το σύστημα προστασίας του θερμοκηπίου.

Μέσω του αισθητήρα υγρασίας θα λαμβάνεται ως πληροφορία το ποσοστό της υγρασίας του εδάφους, θα καταγράφεται και θα ελέγχεται μέσω συστημάτων άρδευσης.

Με τη χρήση ενός αισθητήρα φωτός θα λαμβάνεται ως πληροφορία η ένταση του φωτός και θα ενεργοποιούνται αναλόγως τα συστήματα σκίασης προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στο θερμοκήπιο.

ABSTRACT

The diploma thesis aims at detecting and recording environmental parameters of a greenhouse based on the Arduino architecture, connected with suitable sensors (temperature, humidity, lighting, wind).

The microcontroller will be programmed to record the temperature values at regular intervals throughout the day. Our goal is to use this information to create the right temperature conditions.

As far as the wind sensor is concerned, information on the effect of the air in the greenhouse will be obtained. If the wind is strong, the greenhouse protection system will be activated.

Through the moisture sensor, the moisture content of the soil will be taken as information, recorded and controlled by irrigation systems.

By using a light sensor, the light intensity will be taken as information and the shading systems will be activated accordingly in order to achieve the desired greenhouse lighting levels.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	2
Περίληψη	3
1 Εισαγωγή	7
1.1 Ο όρος θερμοκήπιο	7
1.2 Ιστορική εξέλιξη του θερμοκηπίου	9
1.3 Συμβολή του θερμοκηπίου στον άνθρωπο και στην οικονομία	10
1.4 Τεχνικές προδιαγραφές	11
1.5 Υλικά κατασκευής σκελετού	14
1.6 Υλικά κάλυψης	15
2 Μικροκλίμα Θερμοκηπίου	16
2.1 Η θερμοκρασία	17
2.2 Η υγρασία	19
2.3 Ο φωτισμός	20
2.4 Αυτόματος έλεγχος μικροκλίματος	22
3 Η πλατφόρμα Arduino	23
3.1 Μοντέλα μικροελεγκτών Arduino	24
3.2 Arduino UNO	26
3.2.1 Μικροελεγκτής ATmega328	26
3.2.2 Τροφοδοσία	28
3.2.3 Είσοδοι - Έξοδοι	29
3.3 Λογισμικό του Arduino (IDE)	31
3.4 Δομή της γλώσσας Wiring	34

4 Μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή	36
4.1 Αισθητήρια όργανα	36
4.1.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας	36
4.1.2 Αισθητήρας έντασης φωτός	38
4.1.3 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους	39
4.1.4 Αισθητήρας ανέμου	40
4.2 Επιλογή Ρελέ	41
4.3 Επιλογή υλικού διασύνδεσης	43
4.4 Σχεδιασμός του κυκλώματος	44
4.5 Κατασκευή του συστήματος	45
5 Προγραμματισμός και λειτουργία του συστήματος	48
5.1 Προγραμματισμός του κώδικα των λειτουργιών	48
5.2 Λειτουργία του συστήματος	54
6 Τελικά συμπεράσματα και σχόλια	60
Βιβλιογραφία	61
Πηγές φωτογραφιών	64

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ο ΎΘΡΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Θερμοκήπιο είναι ένας στεγασμένος και περιφραγμένος χώρος που καλύπτεται με διάφανες υλικό σχεδιασμένος για να μεγαλώνουν τα φυτά καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Τα θερμοκήπια έχουν ως σκοπό να εξασφαλίσουν ένα ελεγχόμενο περιβάλλον με ευνοϊκές τιμές για τις παραμέτρους ανάπτυξης των φυτών κυριότερες από τις οποίες είναι η θερμοκρασία, η υγρασία και η ένταση του φωτός.

Με το θερμοκήπιο αποφεύγονται ζημίες από τον αέρα και τη βροχή. Σημαντικό ρόλο για την αποτελεσματικότητα και τη λειτουργικότητα του θερμοκηπίου έχει η επιλογή της γεωγραφικής θέσης της εγκατάστασης, του προσανατολισμού αλλά και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών.

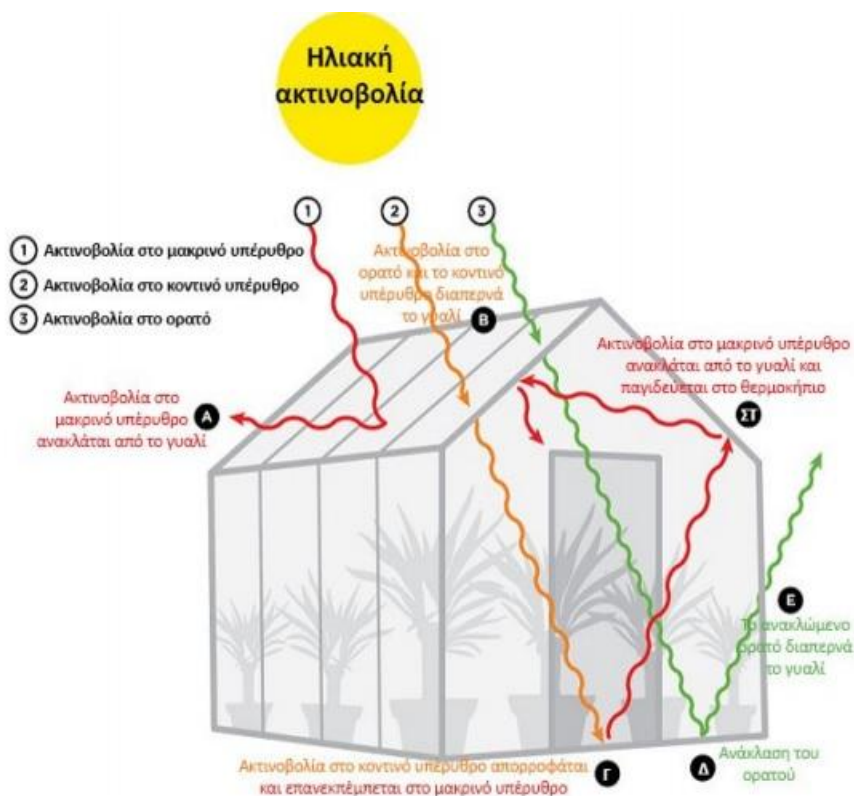
Οι κατάλληλες κλιματικές συνθήκες που ευνοούν την εγκατάσταση των θερμοκηπίων σε μια περιοχή είναι η μεγάλη διάρκεια και ένταση του φωτός και οι σχετικά υψηλές τιμές υγρασίας. Στη χώρας μας που ευνοείται από τη μεγάλη ηλιοφάνεια, το κυριότερο πρόβλημα παραμένει η εξασφάλιση ικανοποιητικών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου είναι περισσότερο προβληματική εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν.



Εικόνα 1: Θερμοκήπιο

Στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 40.000 στρέμματα με θερμοκήπια. Σε αυτά καλλιεργούνται κυρίως κηπευτικά και ανθοκομικά φυτά αλλά και δέντρα για παραγωγή φρούτων, ενώ υπάρχουν και ειδικά θερμοκήπια που χρησιμοποιούνται για έρευνα.

Τα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται εκτενώς από τους βοτανολόγους, τους καλλιεργητές αγροτικών προϊόντων για εμπορικούς σκοπούς και τους αφοσιωμένους κηπουρούς. Ιδιαίτερα στα δροσερά κλίματα, τα θερμοκήπια είναι χρήσιμα για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των καλλιεργειών, επειδή επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει και επίσης αποτρέπουν τη θερμότητα να διαφύγει. Η διαφανής κάλυψη επιτρέπει στο ορατό φως να εισέλθει χωρίς κανένα εμπόδιο, όπου και θερμαίνει το εσωτερικό, καθώς αυτό απορροφάται από το υλικό στο εσωτερικό του. Η διαφανής κάλυψη εμποδίζει επίσης τη θερμότητα να διαφύγει ανακλώντας την ενέργεια πίσω στο εσωτερικό κι εμποδίζοντας το εξωτερικό περιβάλλον να τη μεταφέρει μακριά.



Εικόνα 2: Αρχή λειτουργίας του θερμοκηπίου

Η ορατή ακτινοβολία από τον Ήλιο διέρχεται από το γυαλί και απορροφάται από τα φυτά και το έδαφος που βρίσκονται μέσα σε αυτό. Η θερμική ακτινοβολία, που εκπέμπεται από τα φυτά και το έδαφος, απορροφάται από το γυαλί, και αυτό με τη σειρά του εκπέμπει ξανά ένα μέρος της ακτινοβολίας προς το έδαφος. Έτσι το γυαλί δρα ως ένα κάλυμμα ακτινοβολίας που διατηρεί υψηλότερη θερμοκρασία στο θερμοκήπιο σε σχέση με το περιβάλλον.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

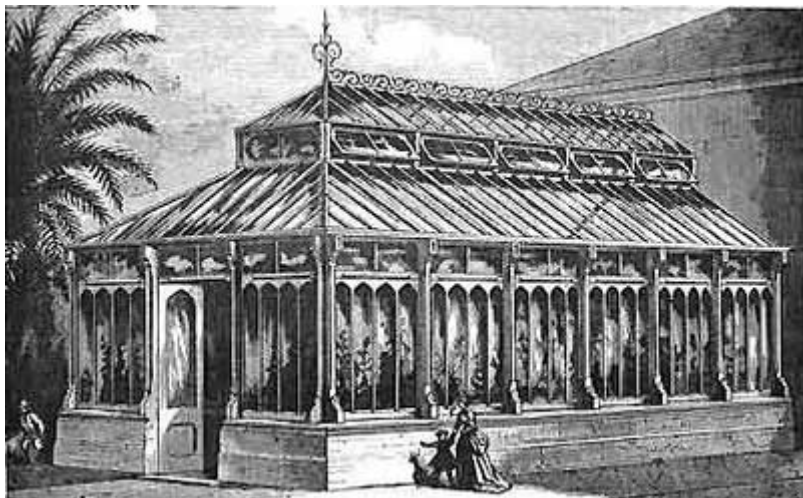
Είναι γνωστό από την αρχαιότητα, ότι ο άνθρωπος προσπαθούσε να καλλιεργήσει φυτά σε κλειστούς χώρους προκειμένου να αναπτύξει το ρυθμό επιτάχυνση τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σύμφωνα με τον Πλάτωνα ήταν οι φημισμένοι «Κήποι του Άδωνη» κατά τον 5^ο αιώνα π.Χ.

Παρόμοιες προσπάθειες έγιναν και κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο, όπου στόχος ήταν να δημιουργηθεί ένα τεχνητό περιβάλλον για αναπτυχθούν φυτά εκτός εποχής. Έτσι οι κηπουροί του Τιβέριου Καίσαρα κατάφεραν το χειμώνα να παράγουν καρπούς αγγουριάς, προκειμένου να του προσφέρουν στη σαλάτα το αγαπημένο του αγγούρι.

Στην Ευρώπη κατά το 17^ο αιώνα εμφανίζονται οι πρώτες μορφές θερμοκηπίων, όπου φυλάσσονταν φυτά για φαρμακευτικούς λόγους αρχικά και μετέπειτα για βοτανικούς και καλλωπιστικούς λόγους στις αυλές των αριστοκρατών. Σημαντικές βελτιώσεις στη κατασκευή των θερμοκηπίων σημειώθηκαν το 18^ο αιώνα κυρίως όσον αφορά τον τρόπο και τα υλικά κατασκευής. Σημαντικά έργα που κατασκευάστηκαν εκείνη την εποχή ήταν οι γνωστοί Βοτανικοί Κήποι του Gilford στην Αγγλία και του Πανεπιστημίου του Leyden στην Ολλανδία.

Τον 19^ο αιώνα άρχισε να χρησιμοποιείται το γυαλί ως υλικό κάλυψης στα θερμοκήπια, έτσι το 1842 κατασκευάζεται το Βικτωριανό θερμοκήπιο Kew Garden της Αγγλίας. Θεαματικές βελτιώσεις στις κατασκευές αλλά και στον εξοπλισμό τους εμφανίζονται κατά τον 20^ο αιώνα.

Σήμερα, τα θερμοκήπια είναι κατασκευασμένα από υλικά ελαφριά και ανθεκτικά, το υλικό κάλυψης είναι από γυαλί ή από πλαστικό ειδικής επεξεργασίας για να διαπερνά η επιθυμητή ακτινοβολία. Ο εξοπλισμός τους ειδικής τεχνολογίας δημιουργεί ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη φυτών. Τα θερμοκήπια σήμερα θεωρούνται από τις μεγαλύτερες μονάδες εκμετάλλευσης στο πρωτογενή τομέα της φυτικής παραγωγής.



Εικόνα 3: Βικτωριανό Θερμοκήπιο

1.3 ΣΥΜΒΟΥΛΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Ο άνθρωπος με το θερμοκήπιο, έχει τη δυνατότητα να καλλιεργεί φυτά ακόμα και αν δεν είναι η κατάλληλη εποχή. Έτσι μπορεί να απολαμβάνει φυτά και φρέσκα φρούτα όλη τη διάρκεια του χρόνου. Η ενασχόληση του ανθρώπου με τη γεωργία γενικότερα, του προσφέρει τη δυνατότητα να καλύψει επαρκώς και υγιεινά τις διατροφικές του ανάγκες. Επίσης προσφέρεται η δυνατότητα παραγωγής κηπευτικών ειδών για λόγους καλλωπισμού αλλά και βοτάνων για λόγους υγείας.

- Τα θερμοκήπια στη σημερινή εποχή συμβάλουν σημαντικά στην οικονομία και για αυτό αποτελούν ένα από τους πιο συνηθισμένους τρόπους καλλιέργειας. Ορισμένοι τρόποι συμβολής των θερμοκηπίων στην οικονομία είναι:
- Η εξασφάλιση εισοδήματος ακόμη και από ένα μικρής έκτασης γεωργικό έδαφος
- Η αύξηση της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των εξαγωγών σε περιοχές που οι κλιματολογικές συνθήκες είναι δυσμενής
- Ικανότητα παραγωγής βοτάνων και κηπευτικών φυτών ώστε να δημιουργηθούν προϊόντα που θα αποφέρουν έξτρα εισόδημα.
- Δημιουργία θέσεων εργασίας σε γεωργούς και ικανότητα πώλησης προϊόντων και τη χειμερινή περίοδο που οι κλιματολογικές συνθήκες δεν είναι πολύ ισχυρές.



Εικόνα 4: Θερμοκηπιακή μονάδα 100 στρεμμάτων στη Δράμα

1.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Υπάρχουν διάφορα είδη θερμοκηπίων από κατασκευαστικής πλευράς στο σχήμα και στις διαστάσεις της βασικής μονάδας καθώς και στα χρησιμοποιούμενα υλικά κάλυψης. Βασική κατασκευαστική μονάδα είναι το μικρότερο πλήρως τμήμα το, το οποίο επαναλαμβάνεται κατά μήκος και πλάτος σχηματίζει το σύνολο.

Ανάλογα με το σχήμα του θερμοκηπίου διακρίνονται σε αμφίρρικτα και τοξωτά:

1. ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

α) Αμφίρρικτο απλό

Λέμε την κατασκευή που σχηματίζεται με την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής του μονάδας



β) Αμφίρρικτο πολλαπλό

Λέμε την κατασκευή που σχηματίζεται με την κατά μήκος και πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας



Οι Βασικές Διαστάσεις ενός Αμφίρρικτου Θερμοκηπίου είναι:

A) Ελάχιστο Ύψος: 2,20m για χωρικού τύπου και 2,60m για τυποποιημένα

B) Πλάτος : 5m και στις 2 περιπτώσεις

Γ) Απόσταση Στύλων : 2m για χωρικού τύπου και 2,5m για τυποποιημένα.

Δ) Κλίση Οροφής : Η κλίση οροφής θα κυμαίνεται στους 20-30 τόσο στα θερμοκήπια τόσο στο χωρικό τύπου όσο και στα τυποποιημένα.

2.ΤΟΞΩΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Το θερμοκήπιο που η απλή κατασκευαστική του μονάδα καθορίζεται από δύο συνεχόμενα τόξα και έχει το παρακάτω σχήμα:



α) Τοξωτό απλό

Είναι το θερμοκήπιο που σχηματίζεται από την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής του μονάδας.



Τα τοξωτά θερμοκήπια που η απλή κατασκευαστική του μονάδα έχει ορθοστάτες και στέγη ονομάζονται τροποποιημένα τοξωτά. Τα τροποποιημένα τοξωτά διακρίνονται σε απλά και πολλαπλά.

β) Τοξωτά τροποποιημένα απλά

Είναι τα θερμοκήπια που σχηματίζονται με την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής τους μονάδας.



γ) Τοξωτό τροποποιημένο πολλαπλό

Είναι το θερμοκήπιο που σχηματίζεται από την κατά μήκος και πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.



Οι Βασικές Διαστάσεις Τοξοτών Θερμοκηπίων είναι:

A) Ελάχιστο Ύψος: 3m ελάχιστο στην κορυφή

B) Πλάτος :7m ελάχιστη τιμή

Οι βασικές Διαστάσεις Τοξοτών Τροποποιημένων Θερμοκηπίων είναι:

A) Ελάχιστο Ύψος Υδρορροής: 2,20m για χωρικού Τύπου και 2,60m για τυποποιημένα

B) Ελάχιστο Ύψος Κορυφής : 3,10m και τυποποιημένα 3,50m

Γ) Απόσταση Στύλων Κορυφής: 2m και στα χωρικού τύπου και στα τυποποιημένα

1.5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Κατά το σχεδιασμό ενός θερμοκηπίου βασικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι η καλύτερη δυνατή φωτεινότητα τη διάρκεια και την μείωση των απωλειών θερμότητας κατά την χειμερινή περίοδο. Όσον αφορά τη θερινή περίοδο σημαντική παράμετρος είναι η δυνατότητα εξαερισμού του θερμοκηπίου.

Πέρα όμως από αυτά τα χαρακτηριστικά έχει ιδιαίτερη σημασία η αντοχή και η στερεότητα της κατασκευής, χωρίς να επηρεάζεται αρνητικά η λειτουργικότητα και η ευκολία συναρμολόγησης του χώρου. Τα θερμοκήπια ανάλογο με το υλικό κατασκευής του σκελετού διακρίνονται σε ξύλινα, από αλουμίνιο και από μέταλλο.

Τα θερμοκήπια που έχουν ως βασικό υλικό κατασκευής το ξύλο ορίζονται ως:

- Τυποποιημένα Θερμοκήπια

Στα ξύλινα τυποποιημένα θερμοκήπια κρίνεται ως βασική προϋπόθεση η χρήση της εμποτισμένης ξυλείας. Ο εμποτισμός της ξυλείας πρέπει να γίνεται σε όλη τη μάζα του ξύλου είτε με υπό πίεση είτε με θερμή μέθοδο και με κατάλληλα συντηρητικά τα οποία όμως δεν θα πρέπει να είναι τοξικά για τα φυτά.

- Χωρικού Τύπου Θερμοκήπια

Στα χωρικού τύπου ξύλινα θερμοκήπια η χρήση εμποτισμένης ξυλείας συνίσταται χωρίς να είναι υποχρεωτική. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται ξυλεία καστανιάς θα πρέπει αυτά να καίγονται στο κάτω μέρος που μπαίνει στο έδαφος μέχρι να σχηματιστεί στρώμα από κάρβουνο πάχους 0,5cm.

Τα θερμοκήπια που έχουν ως βασικό υλικό κατασκευής το μέταλλο ορίζονται τα παρακάτω:

- Τυποποιημένα Θερμοκήπια

Στα μεταλλικά τυποποιημένα θερμοκήπια ,όλα τα μεταλλικά μέρη του σκελετού θα πρέπει να είναι γαλβανισμένα εν θερμό. Το ελάχιστος πάχος των τοιχωμάτων των γαλβανικών σωλήνων που χρησιμοποιούνται για σκελετικά στοιχεία 1,5mm και 2mm για τα πρεσαριστά ανοικτά προφίλ.

- Χωρικού τύπου Θερμοκήπια

Στα μεταλλικά θερμοκήπια χωρικού τύπου δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση των προηγούμενων μεθόδων και συνίσταται ψυχρό γαλβανισμό των μεταλλικών μερών του σκελετού.

Σε περίπτωση που το θερμοκήπιο έχει σαν υλικό κατασκευής το αλουμίνιο πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες διατομές και να είναι κατάλληλα αναδύμενο. Επίσης τα σημεία που έρχεται σε επαφή με άλλα μεταλλικά μέρη θα πρέπει να παρεμβάλλεται διαχωριστική μεμβράνη για να αποφεύγεται η διάβρωση.

1.6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ

Τα υλικά κάλυψης που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια είναι το τζάμι, τα σκληρά πλαστικά και τα φύλλα πλαστικά.

Όσον αφορά το τζάμι το ελάχιστος πάχος του υλικού θα πρέπει να είναι 4mm ενώ οι διαστάσεις των τεμαχίων θα πρέπει να καθορίζονται από τη μαθηματική σχέση $1.8 \leq \text{μήκος} / 3 \leq \text{πλάτος}$.

Σε περίπτωση που το υλικό κάλυψης είναι σκληρά πλαστικά , το υλικό δεν θα πρέπει να έχει περατότητα μικρότερη από 80% της περατότητας του γυαλιού για μια χρονική περίοδο 10 χρόνων κάτω από συνθήκες αγρού.

Τα πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου θα πρέπει να φέρουν σταθεροποιητή και το πάχος τους στη στέγη του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 170 μικρά και στις μεγάλες τιμές 125 μικρά .Στα σημεία επαφής των μεταλλικών και ξύλινων μερών του σκελετού με το πλαστικό να συνίσταται και να βάφεται με λευκό χρώμα .Επίσης συνίσταται όπου είναι δυνατό να περιορίζονται τα καρφώματα κατά την στερέωση και να πιάνεται το πλαστικό με θηλύκωμα και συνεχείς κατάλληλους συνδετήρες(κλιπ).

2. ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το περιβάλλον του θερμοκηπίου αντιπροσωπεύεται από μια ομάδα μέσων τιμών κλιματικών παραγόντων όπως η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα. Αυτοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών και η ρύθμισή τους ορίζεται ως μικροκλίμα θερμοκηπίου.

Η διαφορά μεταξύ μικροκλίματος θερμοκηπίου και του εξωτερικού καιρού, οφείλεται σε δύο μηχανισμούς. Ο πρώτος είναι ο αέρας που περικλείεται στο θερμοκήπιο και ο οποίος είναι εγκλωβισμένος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εναλλαγές του θερμοκηπίου αέρα με τον εξωτερικό αέρα να είναι μειωμένες και οι ταχύτητες του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο να είναι μικρές σε σχέση με αυτές του εξωτερικού αέρα. Η μείωση των εναλλαγών του αέρα (ή του εξαερισμού) επιδρά άμεσα στα ισοζύγια ενέργειας και μάζας, ενώ οι μικρότερες ταχύτητες επηρεάζουν την ανταλλαγή ενέργειας, την εξάτμιση νερού και το διοξείδιο του άνθρακα ανάμεσα στον αέρα του θερμοκηπίου και στα άλλα στοιχεία του θερμοκηπίου (καλλιέργεια, έδαφος, κάλυμμα, σύστημα θέρμανσης).

Ο δεύτερος είναι ο μηχανισμός της ακτινοβολίας κατά τον οποίο η όποια μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται από τα διάφανα στοιχεία του θερμοκηπίου ενώ η ανταλλαγή της μεγάλης μήκους ακτινοβολίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος είναι αποτέλεσμα ραδιομετρικών ιδιοτήτων των υλικών κάλυψης.

Το μικρόκλιμα επηρεάζεται από το προσανατολισμό, το γεωγραφικό πλάτος, την περιοχή του θερμοκηπίου, το δομικό σχεδιασμό και τις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στη κατασκευή του θερμοκηπίου. Εξαρτάται από τα συστήματα θέρμανσης και εξαερισμού.

2.1 Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι πολύ σημαντική για τη ανάπτυξη των φυτών του θερμοκηπίου. Η θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου τη νύχτα εξαρτάται περισσότερο από την εξωτερική θερμοκρασία και το μέγεθος επιφάνειας του καλύμματος.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι σημαντικό, να μειωθεί η θερμοκρασία. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του εξαερισμού που εκτός από την μείωση της θερμοκρασίας συμβάλει και στον έλεγχο της σχετικής υγρασίας του χώρου και στην αναπλήρωση του διοξειδίου του άνθρακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν το τέλος της άνοιξης οι θερμοκρασίες ημέρας γίνονται πάρα πολύ υψηλές, με αποτέλεσμα να χρειαστεί ακόμα και σκίαση μέχρι τις αρχές του φθινοπώρου.

Σημαντικό ρόλο για τις τιμές της θερμοκρασίας έχει και το είδος του φυτού που επιθυμούμε να καλλιεργηθεί.

Τα συστήματα εξαερισμού των θερμοκηπίων επιτυγχάνονται με δύο τρόπους. Με τον φυσικό εξαερισμό και τον δυναμικό εξαερισμό.

Ο φυσικός εξαερισμός αυτός επιτυγχάνεται με την είσοδο του αέρα εντός του θερμοκηπίου μέσω των παραθύρων. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος του θερμοκηπίου τόσο περισσότερο ανεπαρκής είναι ο αέρας. Καλό πάντως στο άνοιγμα των παραθύρων είναι να υπάρχει αυτοματισμός που να συμβαδίζει με τις εποχές και τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Μάλιστα η χρήση του αυτοματισμού κάνει ευκολότερη την λειτουργία του φυσικού εξαερισμού συγκριτικά με τα παλαιότερα χρόνια.

Ο δυναμικός εξαερισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεμιστήρων. Σκοπός των ανεμιστήρων είναι να δημιουργούν αέρα και να τον εξάγουν τον εσωτερικό αέρα, ενώ στο θερμοκήπιο εισέρχεται και ο εξωτερικός αέρας. Ο κατάλληλος αριθμός ανεμιστήρων και μεγεθών που χρησιμοποιούμε είναι ανάλογος με τον ρυθμό εξαερισμού. Ο χρόνος εξαερισμού εξαρτάται φυσικά από την επιθυμητή θερμοκρασία, από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Σε περίπτωση που η φυσική θερμοκρασία είναι χαμηλή, όπως για παράδειγμα τη χειμερινή περίοδο πρέπει να βρεθούν τρόποι, που εξασφαλίζουν την άνοδο της θερμοκρασίας. Η θέρμανση του θερμοκηπίου επιτυγχάνεται μέσω τοπικών συστημάτων θέρμανσης όπως και κεντρικών συστημάτων θέρμανσης.

Η τοπική θέρμανση επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτρικών αερόθερμων πετρελαίου καθώς και με θερμάστρες. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της τοπικής θέρμανσης είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και οι ελάχιστες θερμικές απώλειες ενώ το μειονέκτημά της είναι η ανομοιομορφία θέρμανσης στα σκιασμένα μέρη.

Στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης η θερμότητα παράγεται στον καυστήρα και μεταφέρεται με νερό ή με ατμό σε ολόκληρο το χώρο του θερμοκηπίου. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτής της θέρμανσης είναι η ομοιόμορφη θέρμανση του θερμοκηπίου ενώ το μειονέκτημα είναι η καθυστέρηση θέρμανσης μετά την έναρξη λειτουργίας του συστήματος. Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα για μεγάλης έκτασης θερμοκήπια διότι η συντήρηση και η λειτουργία τους είναι φθηνότερα συγκριτικά με ένα μεγάλο αριθμό αερόθερμων.



Εικόνα 5: Σύστημα Εξαερισμού σε Θερμοκήπιο

2.2 Η ΥΓΡΑΣΙΑ

Η υγρασία αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες στο εναέριο περιβάλλον ενός θερμοκηπίου και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη θερμοκρασία.

Στο χώρο του θερμοκηπίου όταν έχει επέλθει ισορροπία, η απόλυτη υγρασία είναι ίδια σε όλο περίπου τον χώρο του θερμοκηπίου όμως η θερμοκρασία είναι διαφορετική σε κάποια σημεία του χώρου, συνεπώς η σχετική υγρασία του αέρα δεν έχει ίδια τιμή σε όλο τον χώρο του θερμοκηπίου. Η ανομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας είναι η βασική αιτία που έχουμε πρόβλημα με την υγρασία. Σε περιπτώσεις που η θερμοκρασία έχει χαμηλή τιμή όπως τη νύχτα η σχετική υγρασία είναι πολύ υψηλή.

Η σχετική υγρασία όταν επηρεάζει πολλούς παράγοντες στο θερμοκήπιο όπως η ικανότητα φωτοσύνθεσης, η παραγωγή και η ανάπτυξη των φυτών. Η μείωση της σχετικής υγρασίας αποτελεί λοιπόν αναγκαία συνθήκη για να είναι ευνοϊκές οι συνθήκες σε ένα θερμοκήπιο.

Όταν συναντάμε υψηλή υγρασία σε ένα θερμοκήπιο ένας συνηθισμένος τρόπος για να μειωθεί η υγρασία είναι ο εξαερισμός. Ανοίγοντας τα παράθυρα, μπαίνει εξαερισμός στο θερμοκήπιο και οι απώλειες θέρμανσης καλύπτονται από το σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου.

Εκτός της αφύγρανσης εξαερισμού μια άλλη μέθοδος για τη μείωση της σχετικής υγρασίας είναι η αφύγρανση με ψύξη. Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούνται εναλλάκτες. Αυτή η μέθοδος συνήθως περιλαμβάνει ένα εναλλακτή σε ένα ρεύμα αέρα, με ένα ψύχον μέσο να επανακυκλοφορεί μέσα στον εναλλακτή σε μια θερμοκρασία κάτω από το σημείο δρόσου του αέρα. Το ποσοστό της υγρασίας που εξαλείφεται εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα και την θερμοκρασία του εναλλακτή.

2.3 Ο ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση των φυτών συνεπώς αποτελεί και τη φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του Θερμοκηπίου. Όπως προαναφέραμε τις ηλιόλουστες μέρες οι θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο είναι πολύ υψηλές και τη νύχτα η θερμοκρασία πέφτει. Δεδομένου ότι θερμοκρασία και ακτινοβολία είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι μεταξύ τους παράγοντες.

Στόχος σε μια καλλιέργεια είναι να δοθεί η βέλτιστη ποσότητα φωτισμού για την καλύτερη δυνατή απόδοση. Η διάρκεια και η ποιότητα του φωτισμού παίζουν σημαντικό ρόλο ώστε να έχουμε τη διαθέσιμη ενέργεια για τη φωτοσύνθεση των φυτών. Ο φωτισμός του χώρου που καλύπτει το θερμοκήπιο επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά τις ιδιότητες του καλύμματος.

Οι φωτιστικές ανάγκες του θερμοκηπίου εξαρτώνται από την εποχή και το είδος των καλλιεργούμενων φυτών. Προκειμένου να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες γίνεται χρήση τεχνητού φωτισμού αλλά και μεθόδων μείωσης του φωτισμού.

Όταν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την φωτοσύνθεση όπως η φωτεινή ακτινοβολία, το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό κ.α. βρίσκονται στο ανώτερο επίπεδο τότε η φωτοσυνθετική διαδικασία βρίσκεται στο ανώτερο δυνατό σημείο.



Εικόνα 6.Σύστημα φωτισμού σε θερμοκήπιο

Ο φυσικός φωτισμός ενός θερμοκηπίου εξαρτάται από τους μετεωρολογικούς παράγοντες και από τα χαρακτηριστικά της κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα ιδιαίτερη σημασία έχουν τα υλικά κάλυψης και οι εναέριες που μειώνουν το φωτισμό, αλλά και η πυκνότητα των φυτών προκειμένου να μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες όλων των φυτών.

Όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό χρησιμοποιείται κυρίως για να καλυφθούν οι ανάγκες επαρκούς φωτισμού κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ο τεχνητός φωτισμός προέρχεται κυρίως από τους λαμπτήρες που μπορεί να είναι είτε λαμπτήρες πυρακτώσεως είτε λαμπτήρες αλογόνου.

Σε περίπτωση που θέλουμε να μειώσουμε την μείωση του φωτισμού ένας τρόπος σκίασης είναι οι κουρτίνες ή το δίχτυ σκίασης. Αυτές μπορούν να κλείνουν σε περίπτωση που θέλουμε να μειώσουμε το φωτισμό.



Εικόνα 7: Δίχτυ σκίασης σε αυτοσχέδιο θερμοκήπιο

2.4 ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ

Οι παραπάνω παράμετροι είναι εφικτό να ελέγχονται και να υλοποιούνται μέσω αυτοματοποιημένη εφαρμογής. Η σημαντική αυτοματοποιημένη εφαρμογή που συναντούμε συχνά είναι το έξυπνο θερμοκήπιο ή αλλιώς Smart Greenhouse.

Το Smart Greenhouse είναι ένα αυτορυθμιζόμενο περιβάλλον που ασχολείται με το μικροκλίμα του θερμοκηπίου και έχει ως σκοπό τη βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών. Συνθήκες κλιματολογικές όπως φωτεινότητα, η θερμοκρασία και η υγρασία εδάφους παρακολουθούνται συνεχώς. Οι μεταβολές των συγκεκριμένων συνθηκών καθορίζουν μια σειρά από αυτοματοποιημένες ενέργειες.

Αρχικά καταγράφονται οι τιμές των συνθηκών, και στη συνέχεια οι αλλαγές που εμφανίζονται αξιολογούνται και μέσω των αυτοματοποιημένων ενεργειών λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα με σκοπό τις βέλτιστες συνθήκες για την παραγωγή των φυτών.

Βασικά στοιχεία του smart greenhouse είναι οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές. Αυτοί συνδέονται με έναν μικροελεγκτή ο οποίος στέλνει δεδομένα και λαμβάνει εντολές από ένα κέντρο ελέγχου. Η επικοινωνία με το Smart Greenhouse επιτυγχάνεται μέσω ενός πίνακα ελέγχου.

Ο χρήστης με τον τρόπο αυτό έχει τον έλεγχο των παραμέτρων και των λειτουργιών χωρίς να χρειάζεται η συχνή επέμβασή του ή ακόμα και η παρουσία του σε περιπτώσεις όπου το σύστημα ελέγχεται μέσω ασύρματου δικτύου. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται βέλτιστο αποτέλεσμα με αξιόπιστο έλεγχο της ενέργειας που χρειάζεται να καταναλωθεί για την βελτιστοποίηση του μικροκλίματος.

Η Αρχιτεκτονική Arduino χωρίζεται σε αυτά τα τρία στοιχεία δηλαδή τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές, στο κέντρο ελέγχου και στις συσκευές αλληλεπίδρασης με τους χρήστες.

3. Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ARDUINO

Πρόκειται για μία πλατφόρμα ανάπτυξης ανοικτού κώδικα. Δηλαδή, μια μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία προγραμματίζεται με τη γλώσσα Wiring. Η γλώσσα Wiring ουσιαστικά είναι μια απλοποιημένη μορφή της γλώσσας προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο βιβλιοθηκών, επίσης βασισμένων στην C++. Η χρήση της συγκεκριμένης γλώσσας προσφέρει ευκολία και ταχύτητα στην ανάπτυξη εφαρμογών. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της πλατφόρμας Arduino σε σχέση με άλλες πλατφόρμες είναι:

- 1) Το χαμηλό κόστος: Οι πλακέτες Arduino είναι σχετικά φθηνές, σε σύγκριση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Μπορούμε επίσης να συναρμολογήσουμε μια πλακέτα Arduino, αφού το διάγραμμα και πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα, μειώνοντας ακόμα περισσότερο το κόστος.
- 2) Το απλό και σαφές περιβάλλον προγραμματισμού: Το λογισμικό Arduino (IDE) είναι εύκολο στη χρήση για αρχάριους, αρκετά ευέλικτο όμως για να επωφεληθούν και οι γνώστες του αντικειμένου
- 3) Η υψηλή συμβατότητα: Το λογισμικό Arduino (IDE) λειτουργεί σε λειτουργικά συστήματα Windows, Macintosh OSX και Linux. Ενώ, τα περισσότερα λογισμικά συστημάτων μικροελεγκτών λειτουργούν σε ένα μόνο λειτουργικό σύστημα.
- 4) Ο ανοικτός κώδικας: Ο καθένας μπορεί να βρει ένα κώδικα στο διαδίκτυο και να τον προσαρμόσει ανάλογα με την εφαρμογή, να δημιουργήσει δικές του βιβλιοθήκες ακόμα και να επεξεργαστεί το περιβάλλον ανάπτυξης.



Εικόνα 8: Το λογότυπο της εταιρίας

3.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ ARDUINO

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διάφορα μοντέλα μικροελεγκτών Arduino. Οι διαφορές τους έχουν να κάνουν με τους ακροδέκτες (pins) που έχουν, στην τάση εισόδου και εξόδου καθώς και στα χαρακτηριστικά των συστημάτων και των λειτουργιών που υλοποιούν. Για βιομηχανικά συστήματα συνήθως χρησιμοποιείται το μοντέλο Mega ενώ για ερασιτεχνικές κατασκευές πάνω σε συστήματα έρευνας ή έλεγχος απλών λειτουργιών ενός συστήματος χρησιμοποιείται ο Arduino Uno. Το συγκεκριμένο μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί και στη παρούσα ανάπτυξη συστήματος.



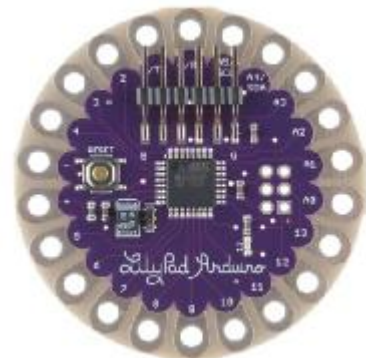
Εικόνα 9: Arduino Uno



Εικόνα 10: Arduino Pro



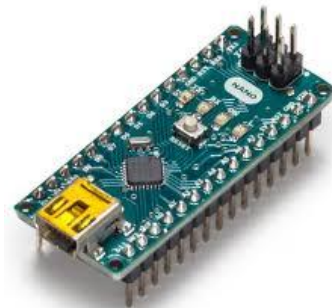
Εικόνα 11: Arduino Mega



Εικόνα 12: Arduino LilyPad



Εικόνα 13: Arduino Fio



Εικόνα 14: Arduino NANO

Όσο αναφορά την επικοινωνία με την πλατφόρμα αυτό επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση επιπλέον υλικό (hardware) στη πλατφόρμα προσδίδοντας της μία νέα ιδιότητα. Η διαδικασία αυτής είναι η έννοια του shields στην αρχιτεκτονική Arduino. Με την ενσωμάτωση του επιπλέον υλικού η επικοινωνία μέσω USB αντικαθίσταται από αυτή που αναλαμβάνει το shield. Κοινές shields που χρησιμοποιούνται για έλεγχο των λειτουργιών μέσω ασύρματης επικοινωνίας είναι η Arduino Wi-Fi και Arduino Ethernet shields.



Εικόνα 15: Arduino Wi-Fi shield



Εικόνα 16: Arduino Ethernet shield

Για επικοινωνία της πλατφόρμας μέσω κινητού τηλεφώνου απαιτείται η κάρτα GSM ενός τηλεφωνικού πάροχου κινητής τηλεφωνίας. Η χρήση του GSM δικτύου γίνεται μέσω της Arduino GSM shield , όπου και τοποθετείτε η κάρτα.



Εικόνα 17: Arduino GSM shield

3.2 ARDUINO UNO

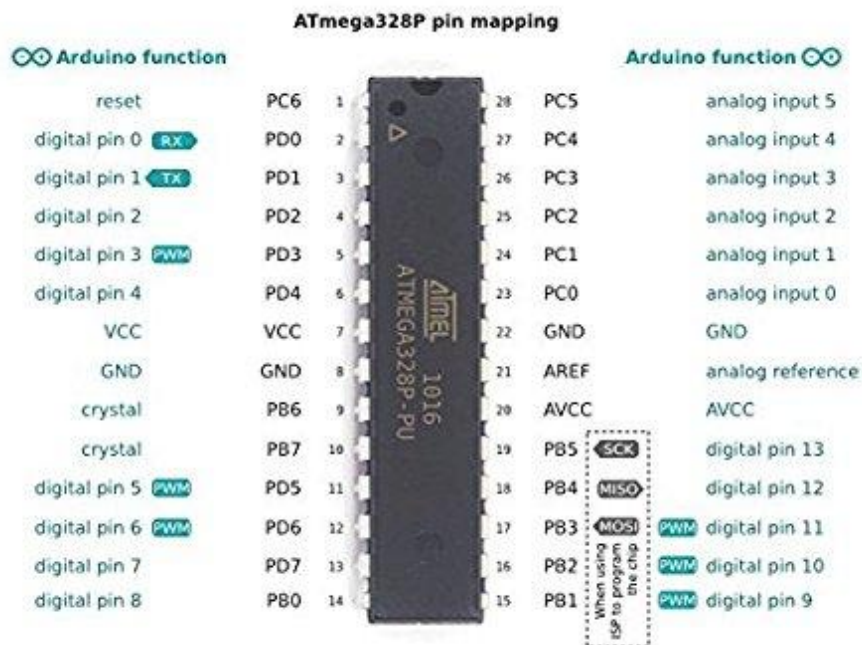
Στο σύστημα που αναπτύχθηκε επιλέχθηκε η πλατφόρμα Arduino Uno. Η εν λόγω κάρτα είναι κατάλληλη για της διαδικασίες που περατώθηκαν , συμβατή με τον επιπρόσθετο εξοπλισμό και οικονομικά προσιτή χωρίς να απαιτεί κάποια ιδιαίτερη μεγάλη παροχή ρεύματος.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας Arduino Uno είναι:

- Μικροελεγκτής: ATmega328
- Τροφοδοσία/Τάση αναφοράς: 5V
- Τάση εισόδου : 7-12V
- Όρια τάσης εισόδου: 6-20V
- Digital Output pins I/O: 14, 6 PWM
- Analog Input pins: 6

3.2.1 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ATmega328

Η δομή του μικροελεγκτή που περιέχεται στην πλακέτα Arduino UNO. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται που τοποθετούνται οι εισόδοι και οι έξοδοι καθώς και η τάση τροφοδοσίας και η γείωση.



Εικόνα 18: Δομή ATmega328

Ο Atmega328 είναι ένας 8-bit RISC μικροελεγκτής, ο οποίος χρονίζεται στα 16MHz ενώ διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη τριών τύπων:

1. 2Kb μνήμης SRAM που είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματά σας για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κ.λπ. κατά το runtime. Όπως και σε έναν υπολογιστή, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή αν γίνει reset.
2. 1Kb μνήμης EEPROM η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για «ωμή» εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων (χωρίς datatype) ανά byte από τα προγράμματά σας κατά το runtime. Σε αντίθεση με την SRAM, η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset οπότε είναι το ανάλογο του σκληρού δίσκου
3. 32Kb μνήμης Flash, από τα οποία τα 2Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το firmware αυτό που στην ορολογία του Arduino ονομάζεται bootloader είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των δικών σας προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικός hardwareprogrammer. Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή σας. Η μνήμη Flash, όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset. Επίσης, ενώ η μνήμη Flash υπό κανονικές συνθήκες δεν προορίζεται για χρήση runtime μέσα από τα προγράμματά σας, λόγω της μικρής συνολικής μνήμης που είναι διαθέσιμη σε αυτά (2Kb SRAM + 1Kb EEPROM), έχει σχεδιαστεί μια βιβλιοθήκη που επιτρέπει την χρήση όσου χώρου περισσεύει (30Kb μείον το μέγεθος του προγράμματός σας σε μεταγλωττισμένη μορφή).

3.2.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Το Arduino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φισ των 2.1mm (θετικός πόλος στο κέντρο) και βρίσκεται στην κάτω αριστερή γωνία του Arduino. Για να μην υπάρχουν προβλήματα, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC. Δίπλα από τα pin αναλογικής εισόδου, υπάρχει μια ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER.



Εικόνα 19: Pins τάσης εισόδου, γείωσης και τάσης παραγωγής

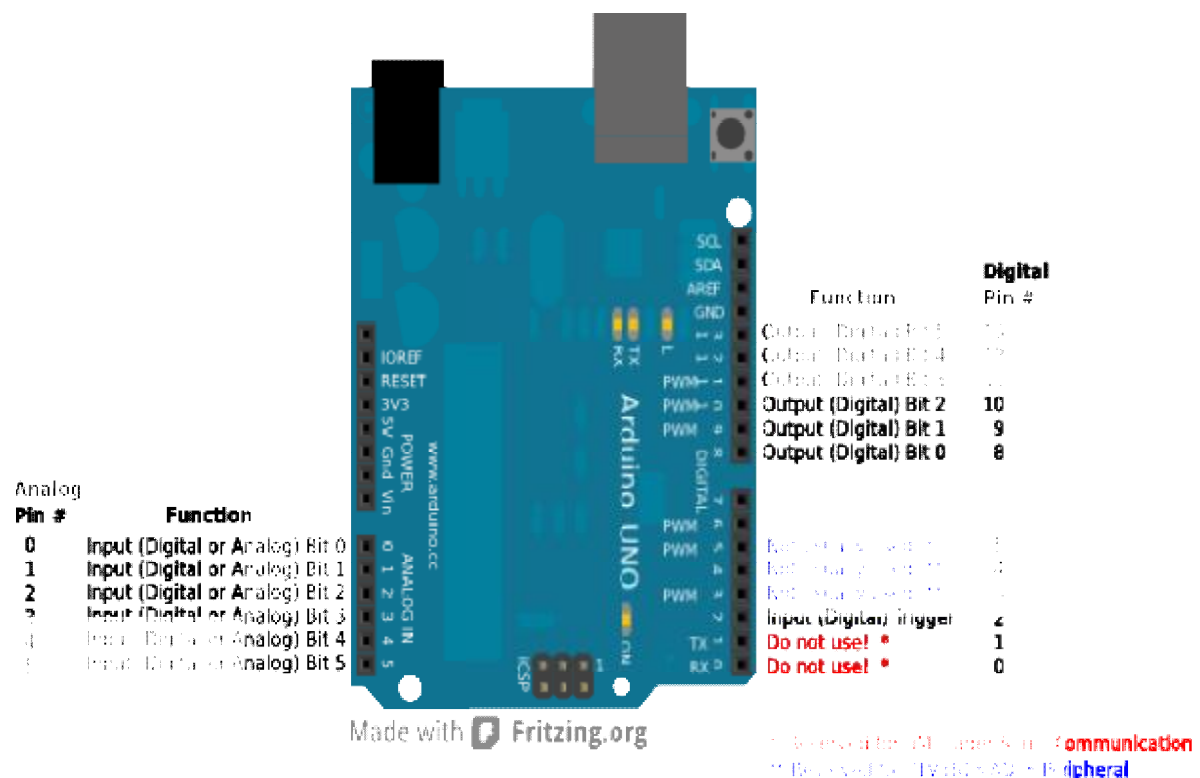
Η λειτουργία του καθενός έχει ως εξής:

- Το πρώτο, με την ένδειξη RESET, όταν γειωθεί (σε οποιοδήποτε από τα 3 pin με την ένδειξη GND που υπάρχουν στο Arduino) έχει ως αποτέλεσμα την επανεκκίνηση του Arduino.
- Το δεύτερο, με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA.
- Το τρίτο, με την ένδειξη 5V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως λειτουργεί στα 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης για να την «φέρει» στα 5V. Το τέταρτο και το πέμπτο pin, με την ένδειξη GND, είναι φυσικά γειώσεις.
- Το έκτο και τελευταίο pin, με την ένδειξη Vin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino, στην περίπτωση που δεν βολεύει να χρησιμοποιηθεί η υποδοχή του φισ των 2.1mm. Αν όμως υπάρχει ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φισ, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτό το pin για να τροφοδοτήσουμε εξαρτήματα με την 11 πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V.

3.2.3 ΕΙΣΟΔΟΙ – ΕΞΟΔΟΙ

Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για την μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και για αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται. Επιπλέον, στην πάνω πλευρά του Arduino βρίσκονται 14 θηλυκά pin, αριθμημένα από 0 ως 13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισόδους και εξόδους. Λειτουργούν στα 5V και καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί μέγιστο ρεύμα 40mA.

Ως ψηφιακή έξοδος, ένα από αυτά τα pin μπορεί να τεθεί από το πρόγραμμα σε κατάσταση HIGH ή LOW, οπότε το Arduino θα ξέρει αν πρέπει να διοχετεύσει ή όχι ρεύμα στο συγκεκριμένο pin. Αν πάλι ρυθμιστεί ένα από αυτά τα pin ως ψηφιακή είσοδος μέσα από το πρόγραμμα, μπορεί με την κατάλληλη εντολή να διαβάσει την κατάστασή του (HIGH ή LOW) ανάλογα με το αν η εξωτερική συσκευή που έχει συνδεθεί σε αυτό το pin διοχετεύει ή όχι ρεύμα στο pin.



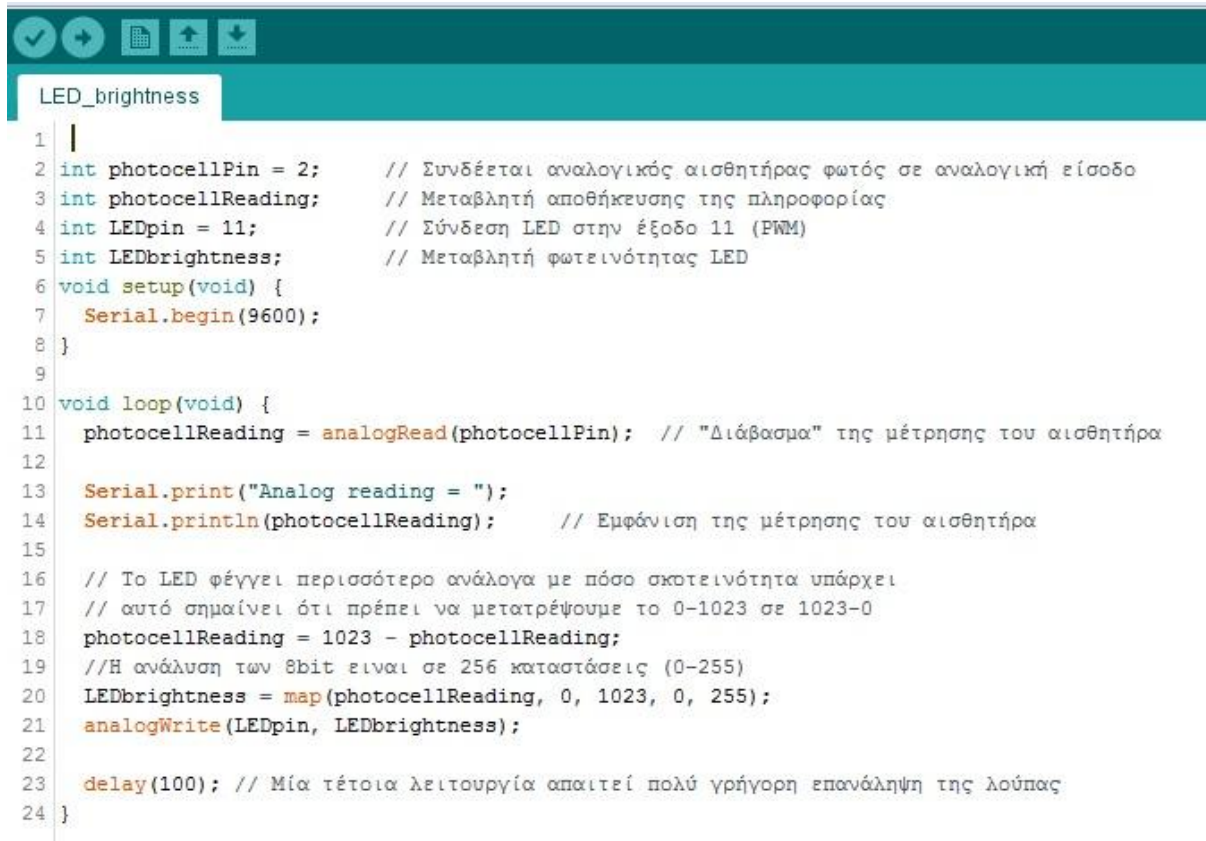
Εικόνα 20: Οι ακροδέκτες εισόδου/εξόδου της πλατφόρμας

Μερικά από αυτά τα 14 pin, εκτός από ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι έχουν και δεύτερη λειτουργία.

Συγκεκριμένα:

- Τα pin 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής όταν το πρόγραμμα ενεργοποιεί την σειριακή θύρα. Έτσι, όταν λόγω χάρη το πρόγραμμά στέλνει δεδομένα στην σειριακή, αυτά προωθούνται και στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB αλλά και στο pin 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια άλλη συσκευή. Αυτό σημαίνει ότι αν στο πρόγραμμά ενεργοποιηθεί το σειριακό interface, χάνονται 2 ψηφιακές είσοδοι /έξοδοι. Επίσης υπάρχουν δύο LED με τις σημάνσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το Arduino στέλνει ή λαμβάνει (αντίστοιχα) δεδομένα μέσω USB.
- Τα pin 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Ρυθμίζονται μέσα από το πρόγραμμα ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές είσοδοι στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές, η κανονική ροή του προγράμματος σταματάει και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.
- Τα pin 3, 5, 6, 9, 10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (PulseWidthModulation), δηλαδή το ίδιο σύστημα που διαθέτουν οι μητρικές των υπολογιστών για να ελέγχουν τις ταχύτητες των ανεμιστήρων. Έτσι, μπορεί να συνδεθεί λόγω χάρη ένα LED σε κάποιο από αυτά τα pin και να ελεγχθεί πλήρως η φωτεινότητά του με ανάλυση 8bit (256 καταστάσεις από 0-σβηστό ως 255- πλήρως αναμμένο) αντί να υπάρχει απλά η δυνατότητα αναμμένο-σβηστό που παρέχουν οι υπόλοιπες ψηφιακές έξοδοι(βλ. Εικόνα 21). Είναι σημαντικό να γίνει σαφές ότι το PWM δεν είναι πραγματικά αναλογικό σύστημα και ότι θέτοντας στην έξοδο την τιμή 127, δεν σημαίνει ότι η έξοδος θα δίνει 2.5V αντί της κανονικής τιμής των 5V, αλλά ότι θα δίνει ένα παλμό που θα εναλλάσσεται με μεγάλη συχνότητα και για ίσους χρόνους μεταξύ των τιμών 0 και 5V.

Υπάρχει μια ακόμη σειρά από 6 pin, αριθμημένα από το 0 ως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος κάνοντας χρήση του ADC (AnalogtoDigitalConverter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή. Η τροφοδότηση γίνεται με μία προρυθμισμένη τάση στα 5V. Είναι εφικτό επίσης η τροφοδότηση σε ένα από αυτά με μια τάση η οποία μπορούμε να μεταβληθεί με ένα ποτενσιόμετρο από 0V ως μια τάση αναφοράς Vref(τάση αναφοράς). Τότε, μέσα από το πρόγραμμα μπορούμε να «διαβάσουμε» την τιμή του pin ως ένα ακέραιο αριθμό ανάλυσης 10- bit, από 0 (όταν η τάση στο pin είναι 0V) μέχρι 1023 (όταν η τάση στο pin είναι 5V)



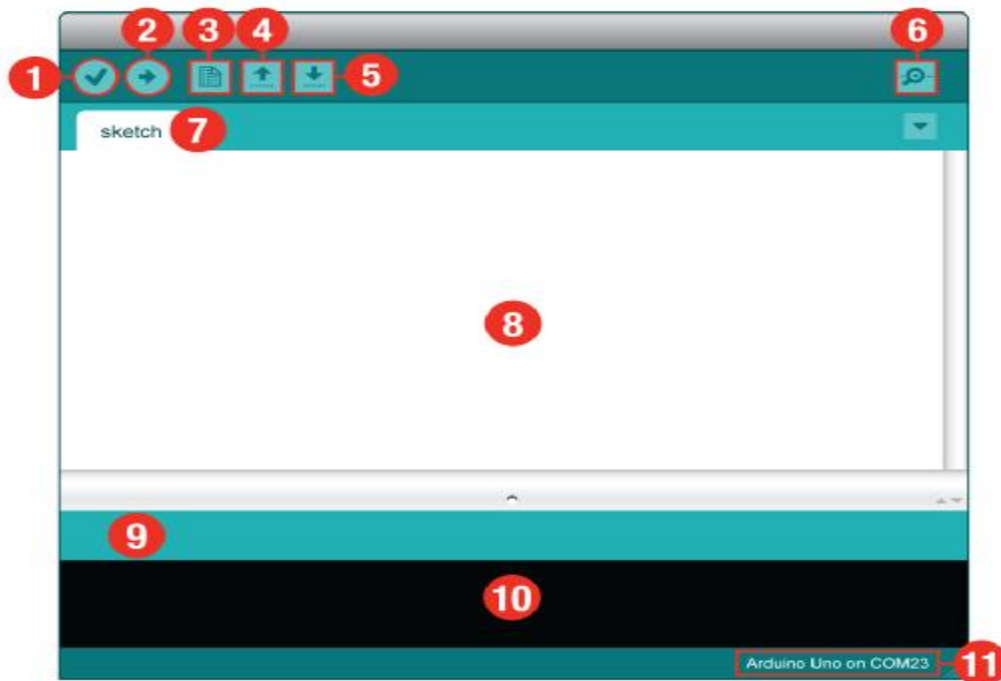
```
1 |
2 int photocellPin = 2; // Συνδέεται αναλογικός αισθητήρας φωτός σε αναλογική είσοδο
3 int photocellReading; // Μεταβλητή αποθήκευσης της πληροφορίας
4 int LEDpin = 11; // Σύνδεση LED στην έξοδο 11 (PWM)
5 int LEDbrightness; // Μεταβλητή φωτεινότητας LED
6 void setup(void) {
7   Serial.begin(9600);
8 }
9
10 void loop(void) {
11   photocellReading = analogRead(photocellPin); // "Διάβασμα" της μέτρησης του αισθητήρα
12
13   Serial.print("Analog reading = ");
14   Serial.println(photocellReading); // Εμφάνιση της μέτρησης του αισθητήρα
15
16   // Το LED φέγγει περισσότερο ανάλογα με πόσο σκοτεινότητα υπάρχει
17   // αυτό σημαίνει ότι πρέπει να μετατρέψουμε το 0-1023 σε 1023-0
18   photocellReading = 1023 - photocellReading;
19   //Η ανάλυση των 8bit είναι σε 256 καταστάσεις (0-255)
20   LEDbrightness = map(photocellReading, 0, 1023, 0, 255);
21   analogWrite(LEDpin, LEDbrightness);
22
23   delay(100); // Μία τέτοια λειτουργία απαιτεί πολύ γρήγορη επανάληψη της λούπας
24 }
```

Εικόνα 21: Προγραμματισμός φωτεινότητας Led μέσω PWM έξοδο

3.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΥ ARDUINO (IDE)

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino (IDE), παρέχεται δωρεάν από την επίσημη ιστοσελίδα του Arduino. Είναι μια εφαρμογή για πολλά λειτουργικά συστήματα (όπως Windows, Linux, macOS) και είναι δομημένο με την γλώσσα προγραμματισμού Java. Ενώ, ο προγραμματισμός του χρήστη γίνεται μέσω της γλώσσας Wiring. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με δυνατότητες όπως κοπή και επικόλληση κειμένου, αναζήτηση και αντικατάσταση κειμένου, αυτόματη εσοχή, αντιστοίχιση αγκυλών και επισήμανση κειμένου. Επίσης, με ευκολία μπορεί να μεταγλωττίσει (compile) και να μεταφορτώσει (upload) προγράμματα, σε μια πλακέτα Arduino. Περιέχει μια περιοχή μηνυμάτων, μια κονσόλα κειμένου και μια γραμμή εργαλείων για βασικές λειτουργίες.

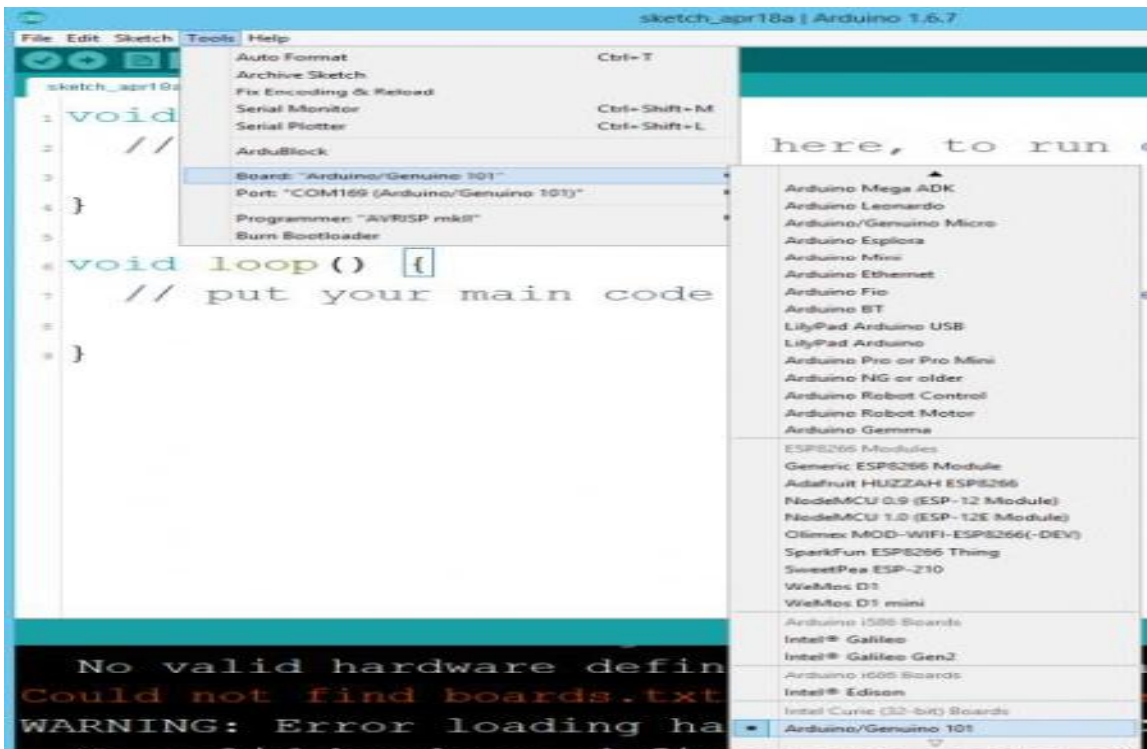
Για την λήψη του δωρεάν λογισμικού Arduino, θα χρειαστεί ένας υπολογιστής με πρόσβαση στο διαδίκτυο. Η λήψη του προγράμματος γίνεται εύκολα από την ιστοσελίδα www.arduino.cc Στην συνέχεια συνδέουμε την πλακέτα Arduino και εγκαθιστούμε το λογισμικό και τους drivers. Αφού εγκατασταθεί, ανοίγουμε το Arduino IDE για να επιλέξουμε την πλακέτα Arduino που είναι συνδεδεμένη στον υπολογιστή, καθώς και την θύρα USB που χρησιμοποιήσαμε για την σύνδεση.



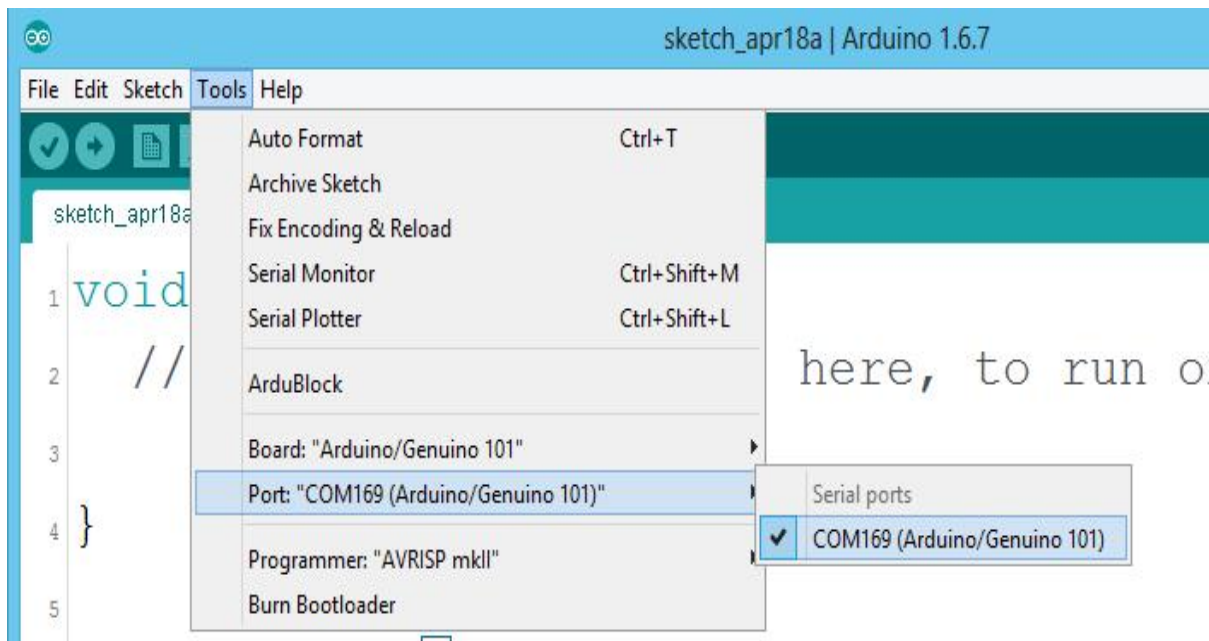
Εικόνα 21: Το γραφικό περιβάλλον Arduino IDE

Στο γραφικό περιβάλλον του Arduino IDE διακρίνονται τα εξής:

- 1) Επαλήθευση: Εξετάζει και εγκρίνει τον κώδικα. Εντοπίζει σφάλματα στη σύνταξη (όπως έλλειψη ερωτηματικών ή παρενθέσεων).
- 2) Μεταφόρτωση: Στέλνει τον κώδικα στην πλακέτα που είναι συνδεδεμένη.
- 3) Νέο: Ανοίγει μια νέα καρτέλα κώδικα.
- 4) Άνοιγμα: Μεταφορτώνει έναν υπάρχον κώδικα.
- 5) Αποθήκευση: Αποθηκεύει τον κώδικα που είναι ενεργός.
- 6) Σειριακό παράθυρο: Άνοιγμα παραθύρου που εμφανίζει τυχόν σειριακές πληροφορίες που μεταδίδει η πλακέτα. Χρήσιμο για τον εντοπισμό σφαλμάτων.
- 7) Όνομα κώδικα: Δείχνει το όνομα του κώδικα που είναι ενεργός.
- 8) Περιοχή κώδικα: Η περιοχή όπου γίνεται η σύνθεση του κώδικα.
- 9) Περιοχή μηνυμάτων: Ο τόπος όπου το IDE ενημερώνει για τυχόν σφάλματα στον κώδικα.
- 10) Κονσόλα κειμένου: Η κονσόλα κειμένου εμφανίζει πλήρη μηνύματα σφάλματος.
- 11) Πλακέτα και σειριακή θύρα: Παρουσιάζει την πλακέτα που είναι συνδεδεμένη και την σειριακή θύρα που γίνεται η σύνδεση.



Εικόνα 22: Επιλογή πλακέτας Arduino που χρησιμοποιείται



Εικόνα 23: Επιλογή σειριακής εξόδου (COM)

3.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ WIRING

Η βασική δομή της γλώσσας προγραμματισμού Wiring είναι αρκετά απλή και αποτελείται από τουλάχιστον δύο μέρη-λειτουργίες (functions):

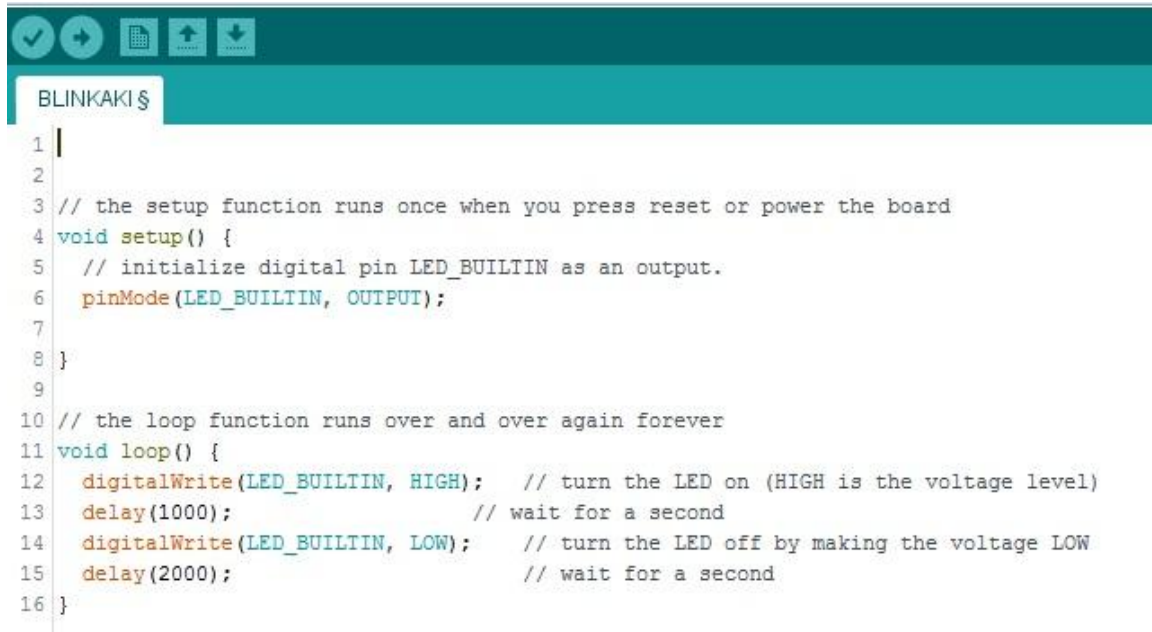
1) Void setup() { }: Σε αυτό το function γίνεται η προετοιμασία του προγράμματος. Ο κώδικας συντάσσεται ανάμεσα στις αγκύλες. Συνήθως, γίνεται ο ορισμός των ακροδεκτών ως εισόδου ή εξόδου και η εκκίνηση σειριακής επικοινωνίας. Εκτελείται μόνο μία φορά, μετά από κάθε ενεργοποίηση ή επαναφορά (reset).

2) Void loop() { }: Ο κώδικας που θα συνταχθεί ανάμεσα από τις αγκύλες, επαναλαμβάνεται συνεχώς. Διαβάζει εισόδους, ενεργοποιεί εξόδους και χρονικά, επιτρέποντας στο πρόγραμμα να αλλάξει και να ανταποκριθεί στα νέα δεδομένα.

Πριν από αυτές τις δύο λειτουργίες όμως, πρέπει να οριστούν οι μεταβλητές, οι σταθερές και οι βιβλιοθήκες του προγράμματος. Τα pins στο Arduino μπορούν να ρυθμιστούν είτε ως εισόδοι είτε ως εξόδοι, όμως από προεπιλογή είναι ρυθμισμένες ως εισόδοι. Επίσης αξίζει να σημειωθεί, ότι η πλειοψηφία των αναλογικών ακίδων του Arduino, μπορεί να ρυθμιστεί και να χρησιμοποιηθεί, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως οι ψηφιακές ακίδες.

Οι βασικές εντολές που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- pinMode(): Ρυθμίζει τη συγκεκριμένη ακίδα να συμπεριφέρεται ως είσοδος/ έξοδος
- digitalWrite(): Γράφει μια υψηλή (HIGH) ή μια χαμηλή (LOW) τιμή σε μια ψηφιακή ακίδα.
- digitalRead(): Διαβάζει την τιμή από μια συγκεκριμένη ψηφιακή ακίδα, που είναι είτε HIGH είτε LOW
- analogWrite(): Γράφει μια αναλογική τιμή (PWM κύμα) σε ένα pin
- analogRead(): Διαβάζει την τιμή από το καθορισμένο αναλογικό pin
- delay(): Ορίζει το χρόνο καθυστέρησης μέχρι να επαναληφθεί ότι περιέχεται στο void loop() {}
- if: Δομή ελέγχου μιας συνθήκης
- if...else: Δομή ελέγχου πολλαπλών συνθηκών



```
1 |
2 |
3 | // the setup function runs once when you press reset or power the board
4 | void setup() {
5 |   // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
6 |   pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
7 |
8 | }
9 |
10 | // the loop function runs over and over again forever
11 | void loop() {
12 |   digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
13 |   delay(1000); // wait for a second
14 |   digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
15 |   delay(2000); // wait for a second
16 | }
```

Εικόνα 24: Προγραμματισμός παλμού ενός LED

Οι βασικές δομές ελέγχου ροής προγράμματος είναι οι εξής:

- if(..): Δομή ελέγχου μίας συνθήκης
- if(..)...else: Δομή ελέγχου πολλαπλών συνθηκών
- for(..): Δομή επαναληπτικού ελέγχου ροής
- while(..): Δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης
- do...while(..): Δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης

4. ΜΕΛΕΤΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η αρχιτεκτονική Arduino επιτρέπει την σύνδεση διαφόρων εξωτερικών εξαρτημάτων (αισθητήρες, συσκευές) τα οποία με τον κατάλληλο προγραμματισμό επιτελούν έναν στόχο όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3. Με βάση τις αρχές αυτές θα επιτευχθεί ο προγραμματισμός των βασικών λειτουργιών που απαιτούνται στην περίπτωση ενός θερμοκηπίου.

Το υλικό μέρος θα περιέχει την πλακέτα του επεξεργαστή, ένα ρελέ τεσσάρων καναλιών, τους εξωτερικούς αισθητήρες, απαραίτητοι για την λήψη πληροφορίας από το περιβάλλον καθώς και τέσσερα λαμπάκια τύπου Led που θα αποτελούν τις ενδείξεις εξόδου, όσες και οι λειτουργίες που θα υλοποιούνται. Επίσης θα κατασκευαστεί, αφού γίνει ο προγραμματισμός των λειτουργιών, ένα κουτί που θα περιέχει όλο το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί.

4.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ

Οι παράμετροι του μικροκλίματος με τους οποίους θα ασχοληθεί η παρούσα εργασία είναι η θερμοκρασία, η φωτεινότητα, η υγρασία του χώματος καθώς και η ένταση του αέρα. Για την μέτρηση των παραμέτρων θα χρησιμοποιηθούν τέσσερις αναλογικοί αισθητήρες οι οποίοι θα συνδεθούν στις αναλογικές εισόδους της πλατφόρμας.

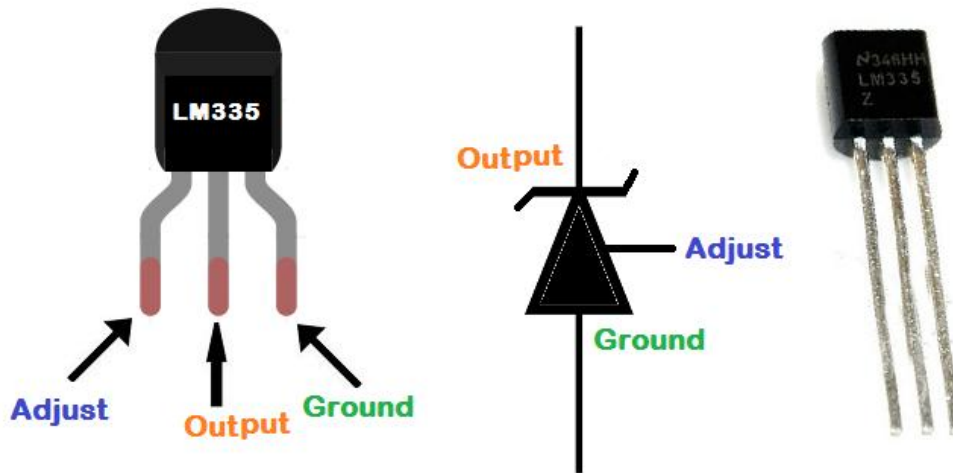
Τα κριτήρια με τους οποίους επιλέχτηκαν οι εκάστοτε αισθητήρες ήταν:

1. Η συμβατότητα με το μοντέλο του μικροελεγκτή
2. Η επιτρεπτή ως τάση εισόδου τα 5V, συμβάλλοντας και στη χαμηλή κατανάλωση του συστήματος
3. Δε χρειάζονται κάποιο χρόνο προθέρμανσης όπως αντίστοιχοι τους, καθιστώντας το σύστημα στο πρότυπο «plug n' play» , δηλαδή έτοιμο να τεθεί σε λειτουργία με το που συνδεθεί

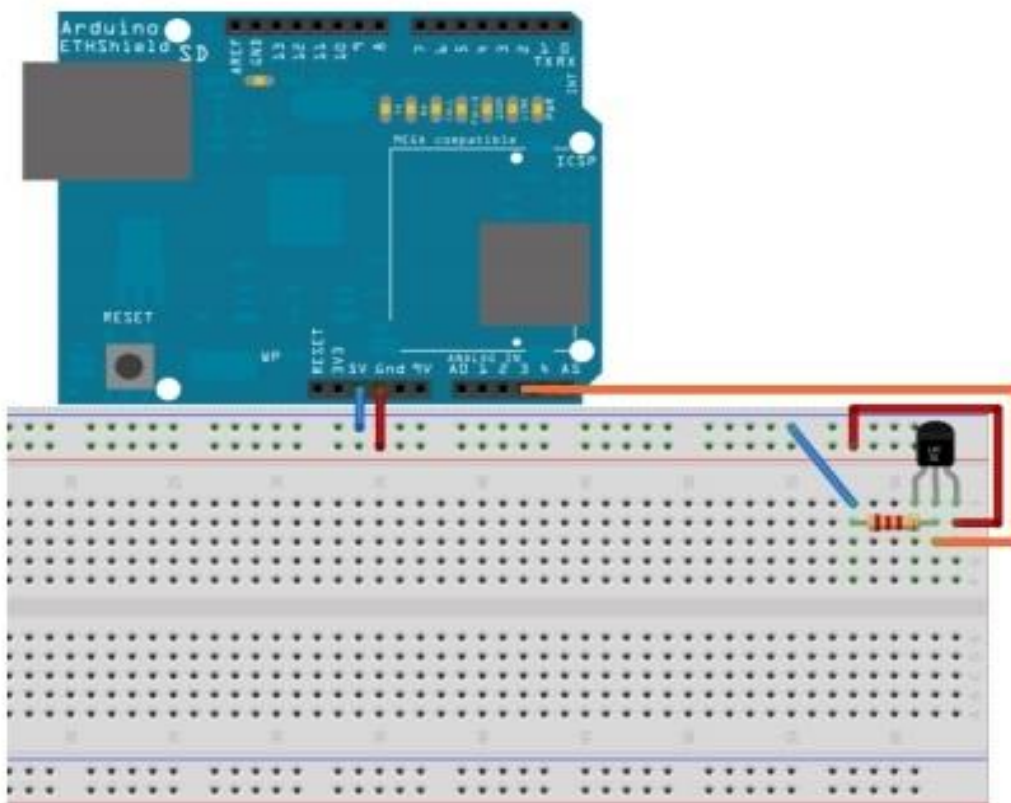
4.1.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκε ο αναλογικός αισθητήρας θερμοκρασία LM 335. Το συγκεκριμένο υλικό αποτελεί ουσιαστικά μία δίοδο, με την τάση στα άκρα της να είναι ανάλογη της θερμοκρασίας. Για κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 1 K (βαθμοί Kelvin) αντίστοιχα υπάρχει αύξηση ή μείωση της τάσης της τάξεως των 10mV.

Για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του οργάνου κατά τη λειτουργία του για μεγάλα χρονικά διαστήματα, τοποθετείται σε σειρά μία αντίσταση 2,2 kΩhm ώστε να μειώνεται η σταθερή τάση 5V που δίνει το Arduino , αποσκοπώντας στην ομαλή λειτουργία του αισθητήρα.



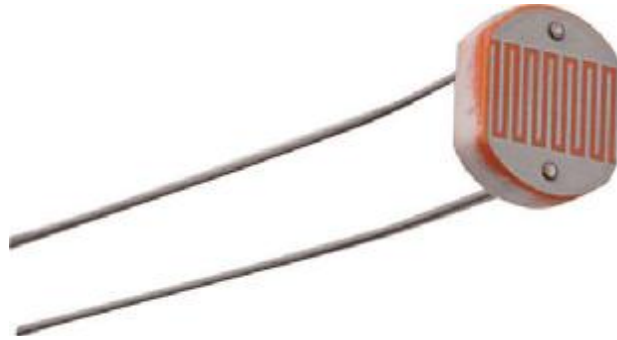
Εικόνα 25: Ο αισθητήρας LM335



Εικόνα 26: Συνδεσμολογία αισθητήρα LM335

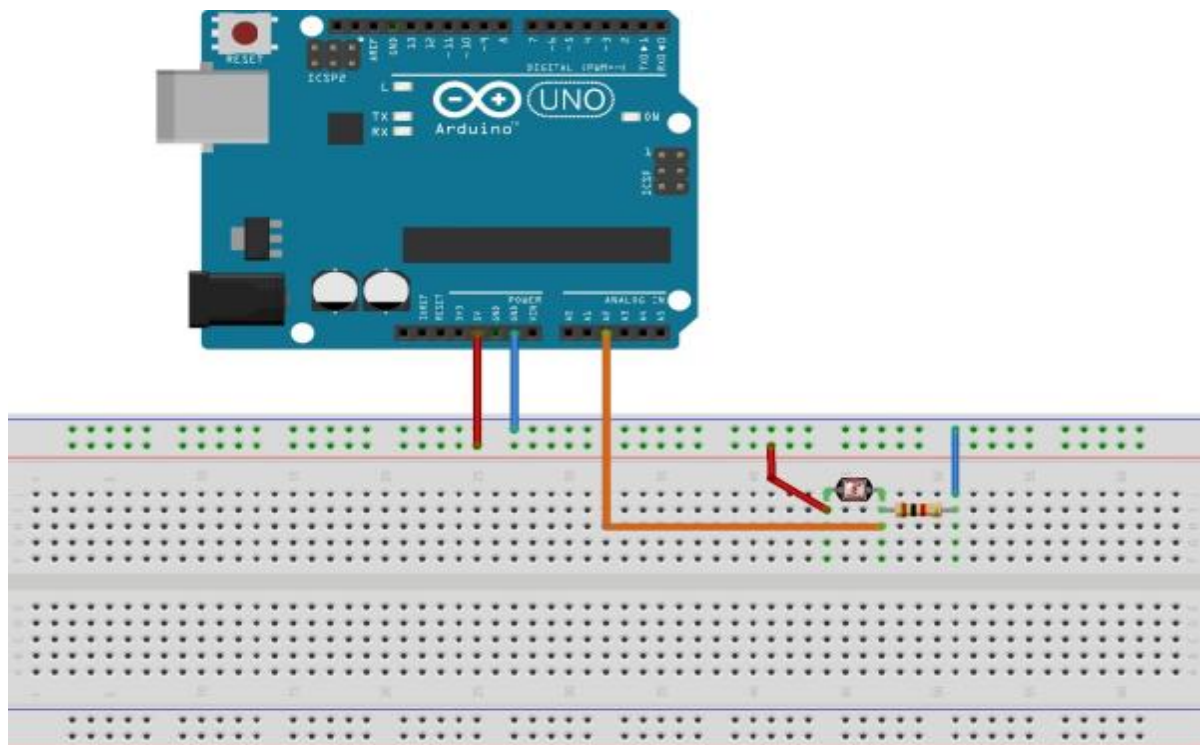
4.1.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΣ

Για την ανίχνευση της έντασης του φωτός στο χώρο χρησιμοποιήθηκε ένα Photocell. Ο αισθητήρας αυτός λειτουργεί σαν μία αντίσταση. Ανάλογα με τη φωτεινότητα που ανιχνεύει μεταβάλλει σε Ω μία μεταβλητή. Για τη συνδεσμολογία του απαιτείται μία αντίσταση $1k\Omega$ ή $10k\Omega$ τοποθετημένη σε σειρά. Χρησιμοποιήθηκε η πρώτη αντίσταση καθώς προσδίδει μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση της φωτεινότητας.



Εικόνα 27: Αισθητήρας έντασης φωτός Photocell

Το Photocell ανιχνεύει την ένταση του φωτός και ανάλογα αυξομειώνει την αντίστασή του. Με αυτό τον τρόπο μεταβάλλεται το ρεύμα που διατρέχει τις αντιστάσεις και ως αποτέλεσμα αλλάζει την τάση στα άκρα της αντίστασης, από όπου και λαμβάνεται η μέτρηση στην αναλογική είσοδο του μικροελεγκτή.

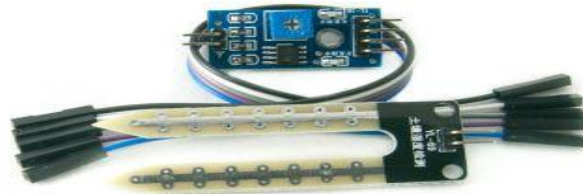


Εικόνα 28: Συνδεσμολογία Photocell

4.1.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

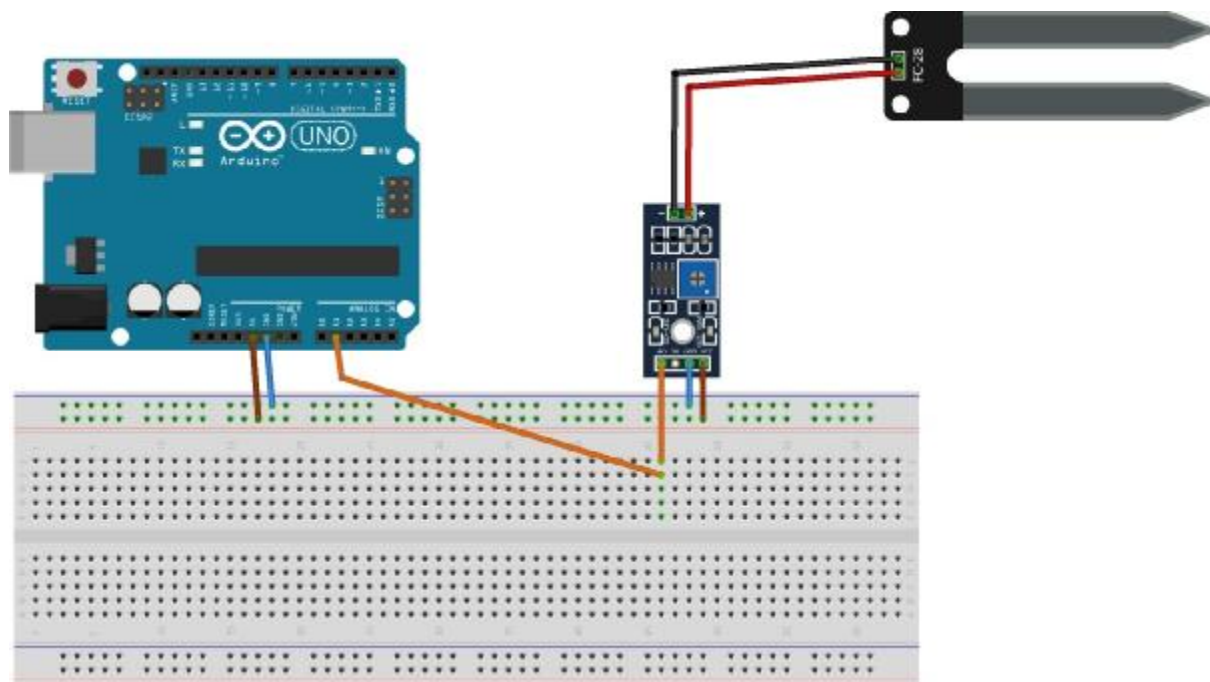
Για την μέτρηση της υγρασίας του χώματος χρησιμοποιήθηκε ένας απλός αισθητήρας που μπορεί να ανιχνεύει την περιεκτικότητα σε υγρασία που έχει το έδαφος.

Οι λόγοι που χρησιμοποιήθηκε ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι πως μπορεί να συνδεθεί απευθείας στην αναλογική είσοδο του μικροελεγκτή, έχει χαμηλό κόστος ενώ ενδείκνυται για αυτοματοποιημένα συστήματα.



Εικόνα 29: Ο αισθητήρας υγρασίας

Ο αισθητήρας αποτελείται από τη μοντούλα όπου γίνεται η σύνδεση με την τάση εισόδου τη γείωση και τη αναλογική είσοδο του μικροελεγκτή, καθώς και από ένα probe που τοποθετείται μέσα στο χώμα και λαμβάνει την απαραίτητη πληροφορία.



Εικόνα 30: Συνδεσμολογία αισθητήρα υγρασίας εδάφους

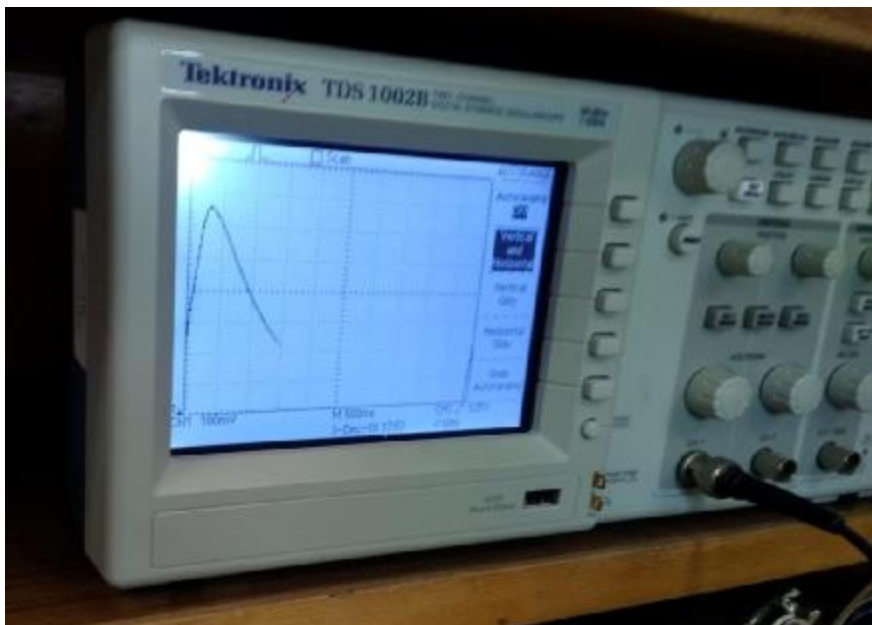
4.1.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΑΝΕΜΟΥ

Ως αισθητήρας ανέμου δεν επιλέχτηκε κάποιος από αυτούς του εμπορίου λόγο υψηλού κόστους. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε ένας αισθητήρας που καλύπτει τις απαιτήσεις του παρών συστήματος. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκε ένας μικρός ανεμιστήρας των 5V με σκοπό η περιστροφή του να δημιουργούσε την πληροφορία της ταχύτητας του ανέμου. Ο ανεμιστήρας παράγει DC τάση αλλά απαιτεί εξομάλυνση. Για το λόγο αυτό συνδέθηκε παράλληλα στα άκρα του ανεμιστήρα αντίσταση 10 kΩm καθώς και μία χωρητικότητα της τάξεως των 10 μ F.

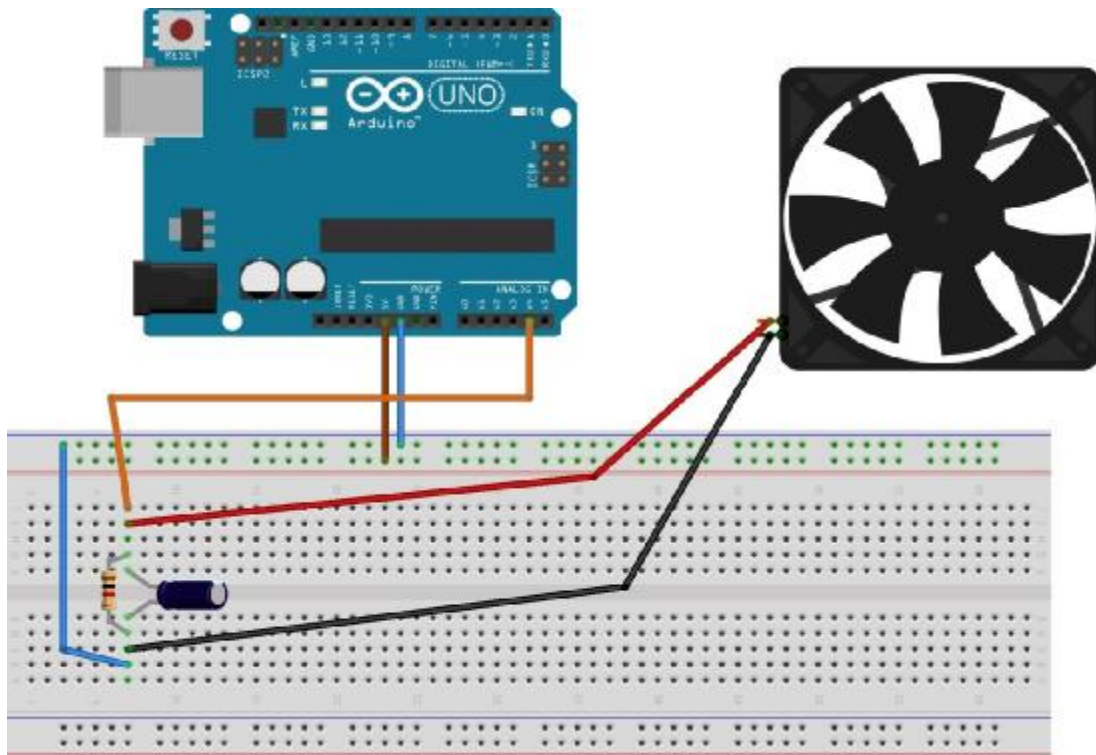


Εικόνα 31: Ο ανεμιστήρας και ο πυκνωτής που χρησιμοποιήθηκαν

Στη συνέχεια έγινε σύνδεση σε γείωση και στο pin αναλογικής εισόδου του μικροελεγκτή προκειμένου να γίνει ανάκτηση της πληροφορίας. Κάθε μεταβολή της τιμής του ανεμιστήρα κατά 1 μονάδα ισούται με αυξομείωση της τάσης κατά 0,5mV.



Εικόνα 31: Έλεγχος της παραγόμενης τάσης του αισθητήρα με παλμογράφο



Εικόνα 32: Συνδεσμολογία για την υλοποίηση του αισθητήρα ανέμου

4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΡΕΛΕ

Για τον έλεγχο των εξόδων του συστήματος επιλέχθηκε ένα ρελέ τεσσάρων καναλιών, όσες και οι λειτουργίες που πραγματοποιήθηκαν.

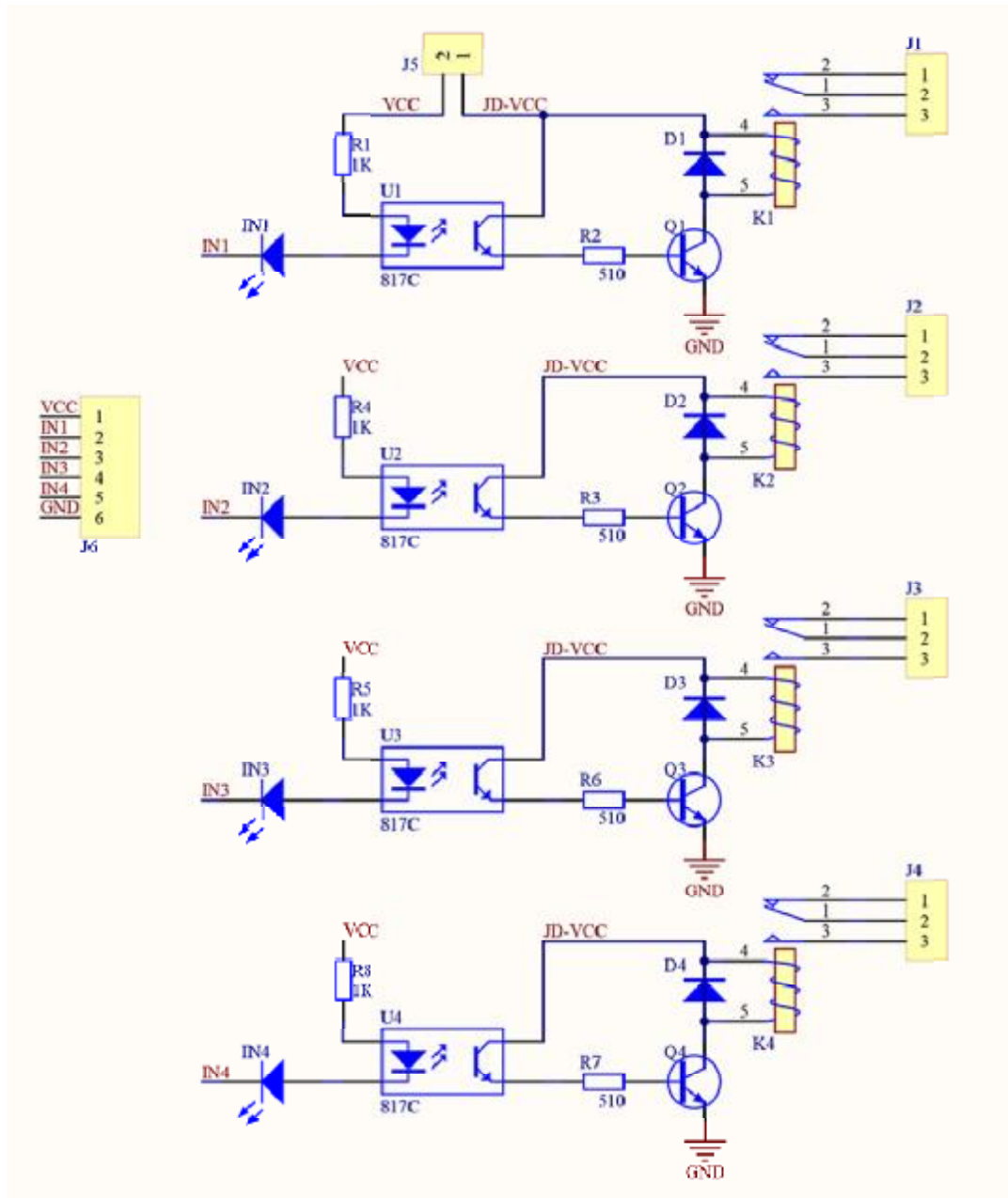
Οι λόγοι επιλογής του ήταν η συμβατότητά του με μία ευρεία γκάμα μικροελεγκτών (Arduino, AVR κ.α) , η δυνατότητά του να συνδέεται με τις ακίδες εξόδου του επεξεργαστή χωρίς να χρειάζεται επιπλέον εξοπλισμός καθώς και ο εύχρηστος τρόπος λειτουργίας του.



Εικόνα 33: Ρελέ τεσσάρων καναλιών

Το συγκεκριμένο υλικό έχει τάση λειτουργίας 5V, όση δηλαδή θα χρησιμοποιηθεί στο σύστημα και διαθέτει στην έξοδο των ρελέ ακροδέκτες NO (Normally Open) και NC (Normally Close). Στην είσοδό του το ρελέ δέχεται την τάση και τη γείωση που συνδέονται στα κανάλια, καθώς και το σήμα εισόδου που προέρχεται από τις ψηφιακές εξόδους του μικροελεγκτή. Οι έξοδοι του συστήματος συνδέθηκαν στους ακροδέκτες Normally Open.

Οι εισοδοί των καναλιών έχουν Active Low λειτουργία, δηλαδή η ενεργοποίησή τους γίνεται όταν το σήμα στην είσοδο είναι «0».



Εικόνα 34: Το σχέδιο του ρελέ

4.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ

Για την σύνδεση των επιμέρους υλικών του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη καλωδίων.

- Εύκαμπτα καλώδια τύπου blendage για τη σύνδεση των Led εξόδου και των αισθητήρων εισόδου με τον μικροελεγκτή



Εικόνα 35: Σύνδεση led μέσω εύκαμπτων καλωδίων

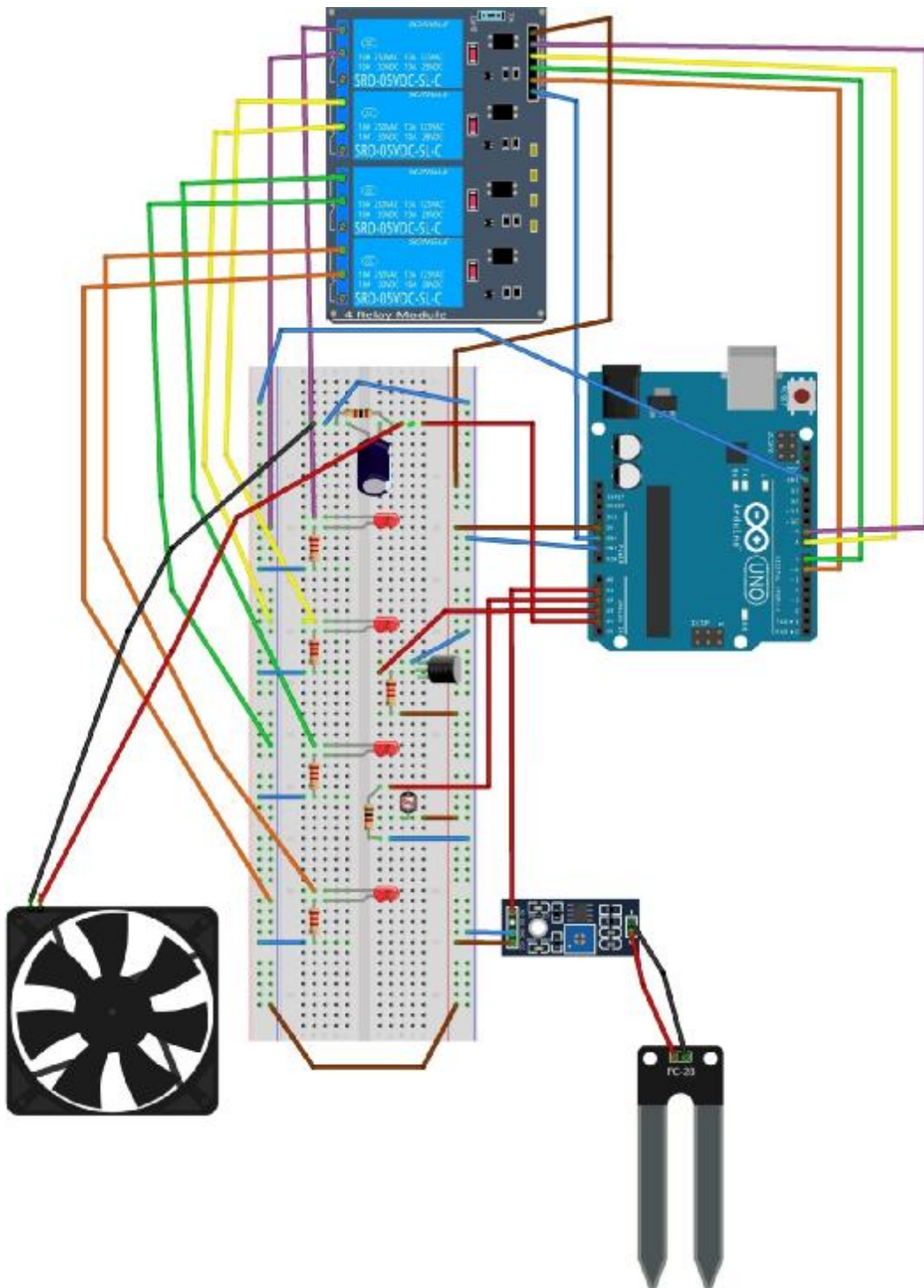
- Καλώδια με ακροδέκτες τύπου «καρφίτσα» (pin) για τη σύνδεση του μικροελεγκτή με το ρελέ σπλισμού των εξόδων.



Εικόνα 36: Καλώδια με ακροδέκτες pin

4.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Ο σχεδιασμός του κυκλώματος για τον έλεγχο των βασικών λειτουργιών ενός θερμοκηπίου έγινε με τη χρήση του προγράμματος Fritzing. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα πέρα από το ότι είναι αρκετά εύχρηστο παρέχει μία μεγάλη ποικιλία πλακετών και επιπρόσθετου υλικού για την σχεδίαση κυκλωμάτων.



Εικόνα 37: Σχεδιασμός του κυκλώματος μέσω του προγράμματος Fritzing

Οι αισθητήρες συνδέθηκαν σε μία κοινή γείωση (μπλε καλώδιο) και με την τάση (καφέ καλώδιο) καθώς και με τις εκάστοτε αναλογικές εισόδους του μικροελεγκτή (κόκκινο καλώδιο). Οι ψηφιακές έξοδοι του μικροελεγκτή συνδέθηκαν από μία σε ένα κανάλι του ρελέ, το οποίο συνδέθηκε με την τάση και τη γείωση.

Για κάθε έξοδο επιλέχθηκε διαφορετικό χρώμα καλωδίου. Τα led στην έξοδο του συστήματος συνδέθηκαν σε κοινή γείωση με μπλε καλώδιο και στη σύνδεσή τους με την τάση παρεμβλήθηκε μία Normally Open του ρελέ από όπου γίνεται και έλεγχος της λειτουργίας των led. Το πορτοκαλί καλώδιο επιλέχθηκε για τη σύνδεση του κυκλώματος του αισθητήρα υγρασίας, το πράσινο για του αισθητήρα φωτός, το κίτρινο για τον αισθητήρα θερμοκρασίας και το μωβ για τον αισθητήρα ανέμου.

Να σημειωθεί ότι για να λειτουργήσει το σύστημα οι εισοδοι και έξοδοι έπρεπε να συνδεθούν σε διαφορετικές γειώσεις, ενώ η τάση είναι κοινή.

4.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο χώρος στον οποίο θα λειτουργήσει το σύστημα είναι ένα box(κουτί) κατασκευών. Η κάλυψη του box κατασκευών επιλέξαμε να γίνει από ένα διάφανες πλαστικό υλικό τύπου plexiglass, το οποίο διαμορφώθηκε στις κατάλληλες διαστάσεις με τη χρήση μέγγενης. Αρχικά κόβοντας το υλικό με πριόνι και στη συνέχεια λιμάροντάς το. Στη συνέχεια με τρυπάνι ανοίχτηκαν οπές για την τοποθέτηση των led που θα λειτουργούν ως έξοδοι του συστήματος.

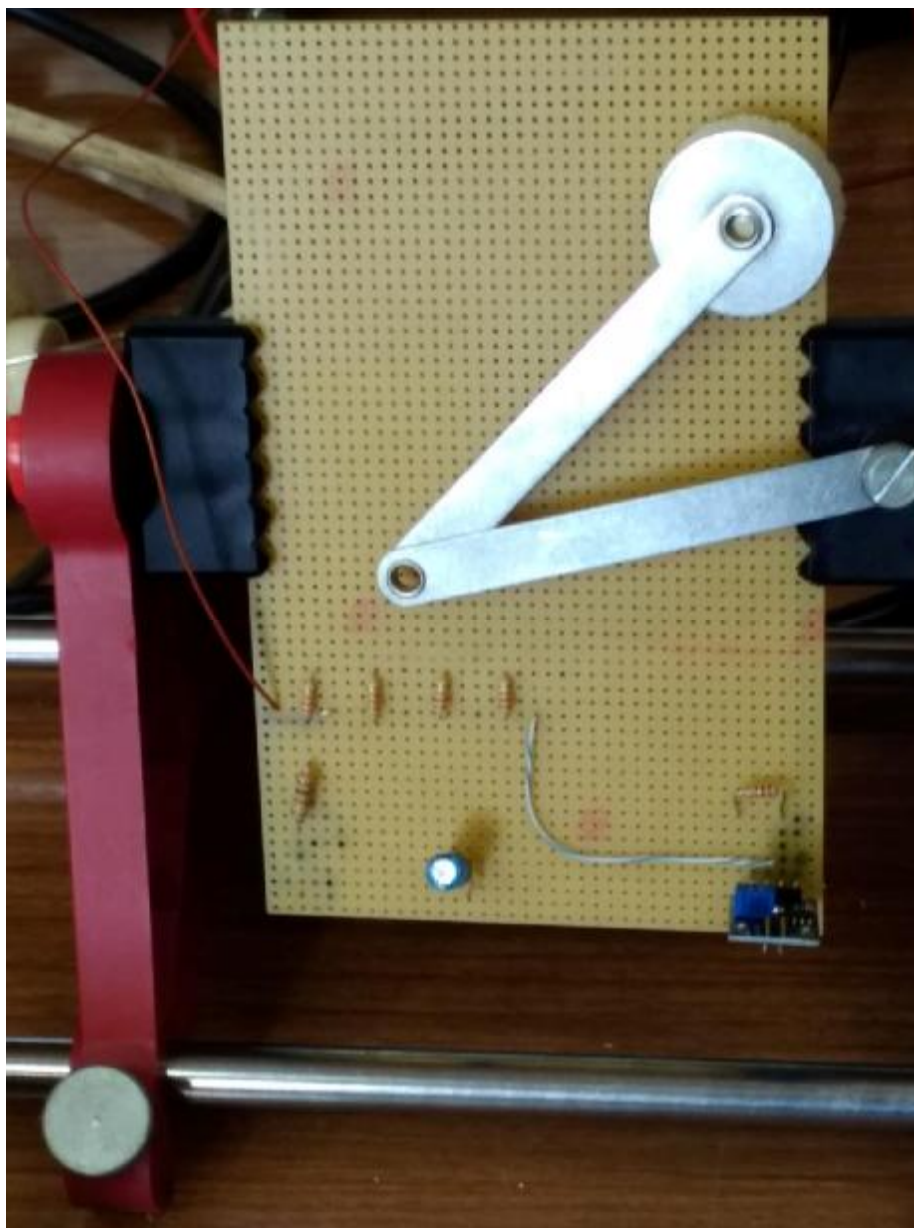


Εικόνα 38: Η μέγγενη και το πριόνι που χρησιμοποιήθηκαν

Στο εσωτερικό του box κατασκευών τοποθετήθηκε breadboard (κάρτα) πάνω στο οποίο γίνανε οι κατάλληλες συνδέσεις του συστήματος που χρειαζόντουσαν για να λειτουργήσει. Για την κόλληση των συνδέσεων χρησιμοποιήθηκε κολλητήρι.

Επίσης μετρήθηκαν οι επιθυμητές διαστάσεις για την κάρτα και με τη βοήθεια της μέγγενης η κάρτα διαμορφώθηκε σε αυτές.

Ολοκληρώνοντας τις διεργασίες που αφορούσαν την επιφάνεια του box κατασκευών, ασχοληθήκαμε με το εσωτερικό της κατασκευής προκειμένου να τοποθετηθούν κατάλληλα οι συσκευές. Στη πλευρά που υπάρχει κενό εντός του κουτιού τοποθετήσαμε τον μικροελεγκτή Arduino Uno προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσής σειριακής θύρας μέσω PC. Επίσης μέσα στο κουτί τοποθετήθηκε το ρελέ καθώς και μία κλέμα για την μεγαλύτερη ευκολία των συνδέσεων.



Εικόνα 39: Σύνδεση και κόλληση του υλικού πάνω στο breadboard

Οι αισθητήρες επειδή πρέπει να λαμβάνουν πληροφορία από το εξωτερικό περιβάλλον κολλήθηκαν με καλώδια εύκαμπτα τύπου blendage, ενώ αφού πραγματοποιήθηκε η κόλληση τοποθετήθηκε θερμοσυστελλόμενο για την αποφυγή βραχυκυκλώματος. Στα led επίσης πραγματοποιήθηκε κόλληση με εύκαμπτα καλώδια τύπου blendage και τοποθετήθηκε θερμοσυστελλόμενο.



Εικόνα 40: Άνοιγμα οπών στο plexiglass



Εικόνα 41: Τοποθέτηση του συστήματος μέσα στο κουτί



Εικόνα 42: Η τελική μορφή του συστήματος

5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

5.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Παρακάτω παρατίθεται ο κώδικας που συντάχθηκε για την λειτουργία του συστήματος και η επεξήγησή του.

// Δήλωση των ρελέ και των ακροδεκτών με τους οποίους αυτά συνδέθηκαν

```
#define relay1 6
```

```
#define relay2 7
```

```
#define relay3 8
```

```
#define relay4 9
```



```

// Δήλωση των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα
int soil;
int cell;
int temp;
int anemos;
int wind;

// Δήλωση των αναλογικών εισόδων που συνδέθηκαν οι αισθητήρες
const int hydrometer = A1;
const int photocell = A2;
const int temperature = A3;
const int windmeter = A4;

// Function το οποίο εκτελείται μόνο μία φορά
void setup() {
// Εκκίνηση της σειριακής επικοινωνίας με ταχύτητα 9600 baud
Serial.begin(9600);

// Ορισμός των μεταβλητών των ρελέ ως εξόδους
pinMode (relay1,OUTPUT);
pinMode (relay2,OUTPUT);
pinMode (relay3,OUTPUT);
pinMode (relay4,OUTPUT);

}

```

```

// Function το οποίο εκτελείται επαναλαμβανόμενα
void loop() {
// Ανάγνωση της μέτρησης του αισθητήρα υγρασίας
  soil = analogRead(hydrometer);
// Θέτονται τα όρια μέσα στο οποία λειτουργεί ο αισθητήρας
// Όταν τα φυτά είναι ποτισμένα ο αισθητήρας έχει την τιμή 400
// Όταν δεν υπάρχει καθόλου υγρασία ο αισθητήρας δίνει την τιμή 1023
  soil = constrain(soil,400,1023);
// Προσαρμογή της μέτρησης επί τοις εκατό
  soil = map(soil,400,1023,100,0);

// Ανάγνωση της μέτρησης του αισθητήρα φωτισμού
  cell= analogRead(photocell);

//Ανάγνωση της μέτρησης του αισθητήρα θερμοκρασίας
  temp= analogRead(temperature);
// Κάθε μεταβολή της μέτρησης ισούται με το πηλίκο της μέτρησης με το 1024 επί την τάση
αναφοράς 5V
// Μετατροπή της μέτρησης σε millivolts
  float mv = (temp/1024.0)* 5000;
// Μετατροπή των mv σε θερμοκρασία της κλίμακας Κελσίου
  float cel = (mv/10)-273.5;

//Ανάγνωση της μέτρησης του αισθητήρα ανέμου
  anemos= analogRead(windmeter);
  float wind= (anemos * 5);

```

```

// Εμφάνιση των μετρήσεων που λαμβάνονται
Serial.print("Η θερμοκρασία είναι ");
Serial.print(tem);
Serial.print("°C ");
Serial.print(" ");
Serial.print("Η υγρασία του εδάφους ισούται με");
Serial.print(soil);
Serial.print(" % ");
Serial.print(" ");
Serial.print("Φωτεινότητα = ");
Serial.print(light);
Serial.println();

// Έλεγχος της τιμής της υγρασίας
if (soil<30) {
// Περίπτωση που η υγρασία του χώματος είναι ανεπαρκής
digitalWrite(relay1,LOW);
Serial.println("Ενεργοποίηση άρδευσης");
}

// Περίπτωση που το χώμα έχει ποτιστεί
else {
digitalWrite(relay1,HIGH);
Serial.println("Άρδευση ανενεργή");
}

```

```

// Έλεγχος της τιμής της φωτεινότητας

// Η τιμή 550 ορίζεται ως η κρίσιμη τιμή πάνω από την οποία η ένταση του φωτός δεν είναι η
// θεμιτή για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών και το θερμοκήπιο πρέπει να προστατευτεί

    if (cell>=550) {

// Περίπτωση που ο φωτισμός είναι υψηλός

        digitalWrite(relay2,LOW);

        Serial.println("Ενεργοποίηση συστήματος σκίασης");

    }

// Περίπτωση που ο φωτισμός είναι χαμηλός

    else {

        digitalWrite(relay2,HIGH);

        Serial.println ("Σύστημα σκίασης εκτός λειτουργίας");

    }

}

// Έλεγχος της θερμοκρασίας

    if (cel<=23) {

// Περίπτωση που η θερμοκρασία είναι χαμηλή

        digitalWrite(8,LOW);

        Serial.println("Ενεργοποίηση συστήματος θέρμανσης");

    }

// Περίπτωση που η θερμοκρασία είναι υψηλή

    else {

        digitalWrite(8,HIGH);

        Serial.println("Απενεργοποιημένο το σύστημα θέρμανσης");

    }

}

```

```

// Έλεγχος της έντασης του ανέμου
if (wind>80){
// Περίπτωση όπου υπάρχει ισχυρός άνεμος
digitalWrite(9,LOW);
Serial.print("Ισχυρός άνεμος, ");
Serial.println("Οι τέντες κλείνουν");
}
// Περίπτωση όπου δεν υπάρχει άνεμος ή δεν είναι αρκετά ισχυρός για να δημιουργεί
πρόβλημα
else {
digitalWrite(9,HIGH);
Serial.println("Οι τέντες μένουν ανοικτές");
}
// Δήλωση καθυστέρησης του επαναλαμβανόμενου Function
delay (60000); // Ενδεικτικά δηλώθηκε το 1' της ώρας

```

Να σημειωθεί πως:

- Για να μπορεί το σύστημα να είναι αποδοτικό και να λειτουργεί ορθά ο έλεγχος των συνθηκών θα πρέπει να γίνεται ανά λίγα λεπτά ώστε το σύστημα να έχει το χρόνο να εκτελέσει τις εντολές που του έχουν δοθεί και να επιτύχει τον έλεγχο των παραμέτρων.
- Τα ρελέ του κυκλώματος έχουν συμπεριφορά active low για αυτό και στην έξοδο δόθηκε το ανάλογο σήμα
- Οι τιμές που δίνονται για έλεγχο προσεγγίζουν τις προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται για την ομαλή λειτουργία ενός θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της ημέρας
- Οι τιμές που καταγράφονται αλλά και η κατάσταση που βρίσκεται το σύστημα εμφανίζονται στο παράθυρο της παρακολούθησης της σειριακής επικοινωνίας.

5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μετά την ολοκλήρωση του προγραμματισμού των εντολών που θα εκτελεστούν ακολούθησε η δοκιμή για την λειτουργία του συστήματος βάση όσων είχαν σχεδιαστεί. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για πέντε πιθανές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το σύστημα έτσι ώστε να δοκιμαστεί η ορθή λειτουργία όλων των τμημάτων.

Για την παρακολούθηση της πορείας της καταγραφής των τιμών που λαμβάνονται από τους αισθητήρες αλλά και των εντολών που δίνονται στην έξοδο του μικροελεγκτή χρησιμοποιήθηκε το παράθυρο της σειριακής παρακολούθησης που παρέχεται από το πρόγραμμα Arduino IDE.



Εικόνα 43: Το παράθυρο της σειριακής παρακολούθησης

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται τα αποτελέσματα μετά από μία ολοκλήρωση του επαναλαμβανόμενου function:

- Οι αισθητήρες διαβάζουν τις τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας του εδάφους, της φωτεινότητας και ελέγχουν την ύπαρξη ισχυρού ανέμου.
- Οι επιθυμητές λειτουργίες του συστήματος με αυτές τις πληροφορίες είναι η ενεργοποίηση της άρδευσης λόγω της πληροφορίας που λαμβάνουμε σχετικά με την υγρασία εδάφους, η ενεργοποίηση του συστήματος θέρμανσης λόγω της τιμής της θερμοκρασίας.
- Το σύστημα σκίασης είναι εκτός λειτουργίας σύμφωνα με την τιμή της φωτεινότητας και οι τέντες παραμένουν ανοιχτές καθώς δεν υπάρχει ισχυρός άνεμος.



Εικόνα 44: Οι ενδείξεις των led

Για έξοδοι του συστήματος επιλέχθηκαν τέσσερις λυχνίες τύπου led που το καθένα αντικαθιστά το σύστημα που θα χρησιμοποιούταν για την ρύθμιση της εκάστοτε συνθήκης. Στην παραπάνω φωτογραφία ως συνέχεια των προηγούμενων έχουν ενεργοποιηθεί τα λαμπάκια της υγρασίας του εδάφους και της θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, σε σχέση με την προηγούμενη λειτουργία του μικροελεγκτή, μεταβάλλαμε την τιμή της θερμοκρασίας που μετρά ο αισθητήρας και συγκεκριμένα την αυξήσαμε.



Εικόνα 45: Το παράθυρο σειριακής παρακολούθησης κατά τη δεύτερη μέτρηση

Όπως βλέπουμε στην σειριακή παρακολούθηση, η τιμή της θερμοκρασίας έχει αυξηθεί και πλέον το σύστημα δεν εκτελεί τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης καθώς η τιμή της θερμοκρασίας σε επιθυμητά επίπεδα. Οι υπόλοιπες εντολές εφόσον δεν πραγματοποιήθηκε κάποια αλλαγή των συνθηκών παραμένουν αμετάβλητες.



Εικόνα 48: Οι ενδείξεις των led μετά την τρίτη μέτρηση

Το led της φωτεινότητας(Light Sensor) έχει ενεργοποιηθεί καθώς η τιμή της ξεπερνάει το όριο που είχε προγραμματιστεί στο κώδικα. Τα led της υγρασίας(humidity) και της θερμοκρασίας(temperature) είναι ενεργοποιημένα όπως αναμέναμε αφού δεν έγινε κάποια παρέμβαση ώστε να μεταβληθούν οι τιμές της.

Ακολούθως απομακρύναμε τον φακό από τον αισθητήρα της φωτεινότητας και τοποθετούμε τον αισθητήρα υγρασίας σε ένα φλιτζάνι με νερό προκειμένου να αυξηθεί η τιμή της. Οι υπόλοιποι αισθητήρες δεν δέχονται κάποια παρέμβαση και λαμβάνουμε πληροφορίες από το φυσικό περιβάλλον.



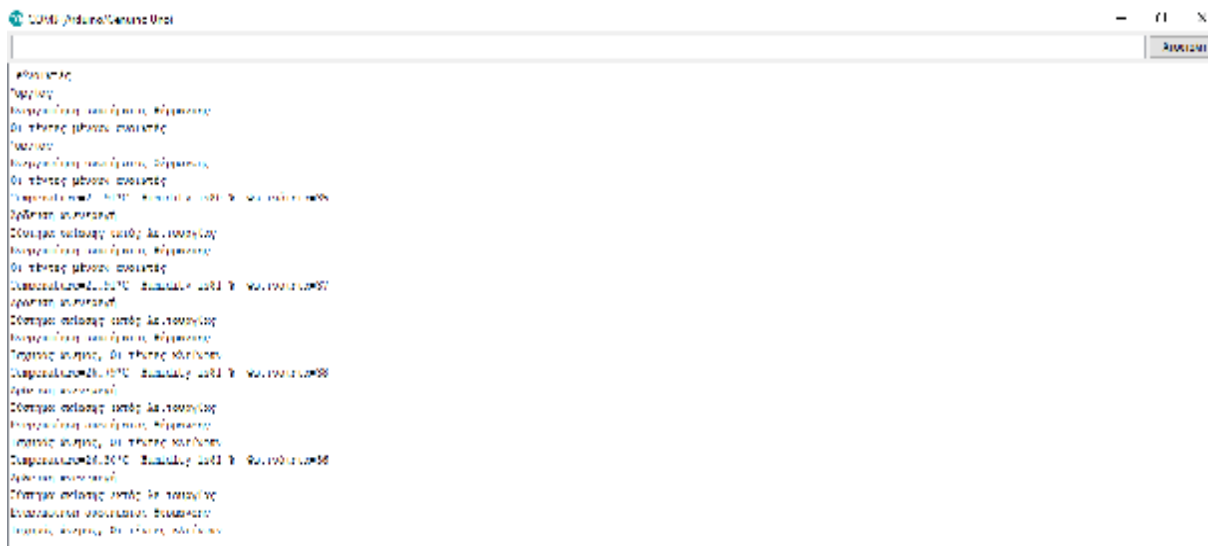
Εικόνα 49: Η σειριακή παρακολούθηση κατά την τέταρτη μέτρηση



Εικόνα 50: Οι ενδείξεις των led μετά την τέταρτη μέτρηση

Όπως ήταν αναμενόμενο το σύστημα έδωσε την εντολή να σταματήσει η λειτουργία της άρδευσης αφού ο αισθητήρα θα «διάβαζε» ότι το χώμα είναι ποτισμένο.

Τέλος χωρίς να μεταβάλουμε κάτι στον αισθητήρα υγρασίας, με παρέμβασή μας στο σύστημα περιστρέψαμε τον ανεμιστήρα που χρησιμοποιήθηκε ως αισθητήρας ανέμου.



Εικόνα 51: Το παράθυρο της σειριακής παρακολούθησης κατά την πέμπτη μέτρηση



Εικόνα 52: Οι ενδείξεις των led μετά την πέμπτη μέτρηση

Το led εξόδου του αισθητήρα ανέμου (Wind Sensor) είναι ενεργό καθώς παρουσιάστηκε ένδειξη για ισχυρό άνεμο. Αυτό σημαίνει την ενεργοποίηση του συστήματος προστασίας. Τα υπόλοιπα έχουν μείνει στην ίδια κατάσταση.

6 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Κατά τη διάρκεια της εργασίας επιτεύχθηκε ο έλεγχος βασικών λειτουργιών ενός θερμοκηπίου με τη χρήση της πλατφόρμας Arduino. Η χρήση του μικροελεγκτή Arduino Uno για την ρύθμιση των συνθηκών εντός του θερμοκηπίου είναι μία πολύ καλή επιλογή λόγω του χαμηλού κόστους αλλά και το ότι πρόκειται για μία εύχρηστη συσκευή. Ο προγραμματισμός της είναι σχετικά εύκολος και η γκάμα λειτουργιών που μπορεί να εκτελέσει ποικίλει.

Κατά την κατασκευή του συστήματος προέκυψαν κάποια προβλήματα όσο αναφορά τη σύνδεση του υλικού κάτι που οφείλεται στην ευαισθησία των ηλεκτρονικών και απαιτήθηκε ιδιαίτερη προσοχή.

Με την χρήση των μικροελεγκτών ο έλεγχος των παραμέτρων και η επίτευξη των κατάλληλων συνθηκών γίνονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα ενώ η παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα είναι σημαντική προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή λειτουργία αλλά είναι στιγμιαία και δεν απαιτεί συνεχή παρουσία του.

Υπάρχουν περιθώρια επέκτασης της παρούσας εργασίας όσο αναφορά το πλήθος των λειτουργιών που ελέγχονται αλλά και τον τρόπο επικοινωνίας με τον μικροελεγκτή τα οποία δε λήφθηκαν υπόψη λόγω πολυπλοκότητας και κόστους αγοράς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διαδίκτυο:

[1]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%91%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%B9%CE%B1 (Ανάκτηση 29/9/18)

[2]

http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/thermokipia/tehn_prod_thermokipion.pdf
(Ανάκτηση 29/9/18)

[3]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%AF%CE%BF%CF%85 (Ανάκτηση 29/9/18)

[4]

http://ecogreenhouses.gr/?page_id=862 (Ανάκτηση 29/9/18)

[5]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%B8%CE%AD%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CF%82_%CF%83%CF%84%CE%BF_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%B9%CE%BF (Ανάκτηση 30/9/18)

[6]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%85_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D_%CF%83%CF%84%CE%BF_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%B9%CE%BF (Ανάκτηση 30/9/18)

[7]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CF%83%CF%84%CE%BF_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%AF%CE%BF (Ανάκτηση 2/10/18)

[8]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9C%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%B9_%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82_%CF%83%CF%84%CE%BF_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%AF%CE%BF (Ανάκτηση 2/10/18)

[9]

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CE%BE%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%AF%CF%89%CE%BD (Ανάκτηση 7/10/18)

[10]

<https://www.hackster.io/synergy-flynn-9ffb33/smart-greenhouse-the-future-of-agriculture-5d0e68> (Ανάκτηση 11/10/18)

[11]

<https://randomnerdtutorials.com/guide-for-relay-module-with-arduino/> (Ανάκτηση 11/10/18)

[12]

<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples> (Ανάκτηση 13/10/18)

[13]

<http://www.ardumotive.com/auto-watering-system-en.html> (Ανάκτηση 15/10/18)

[14]

<https://www.arduino.cc/en/Main/software> (Ανάκτηση 15/10/18)

[15]

<http://www.ardumotive.com/soil-hygrometer-module-en.html> (Ανάκτηση 15/10/18)

[16]

<https://maredu.gunet.gr/modules/> (Ανάκτηση 22/10/18)

[17]

<http://users.sch.gr/manpoul/docs/arduino/ProgrammingArduino.pdf> (Ανάκτηση 22/10/18)

[18]

<https://www.hackster.io/porrey/use-a-pc-fan-as-a-sensor-265798> (Ανάκτηση 25/10/18)

[19]

<http://fritzing.org/home/> (Ανάκτηση 2/11/18)

[20]

http://www.geeetech.com/wiki/index.php/4-Channel_Relay_module (Ανάκτηση 9/11/18)

[21]

<https://www.allaboutcircuits.com/projects/design-a-luxmeter-using-a-light-dependent-resistor/>
(Ανάκτηση 10/11/18)

[22]

<https://learn.adafruit.com/photocells/using-a-photocell> (Ανάκτηση 10/11/18)

[23]

<http://forum.fritzing.org/t/fan-ventilador-5v-download-piece/2096> (Ανάκτηση 12/11/18)

[24]

http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf (Ανάκτηση 12/11/18)

ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Εικόνα 1: <https://agrotikes-eykairies.gr>

Εικόνα 2: <http://epri.korinthos.uop.gr>

Εικόνα 3: <http://el.wikipedia.org>

Εικόνα 4: <http://hellenic-college.gr>

Εικόνες ενότητας 4.1: <http://gaiapedia.gr>

Εικόνα 5: <https://i.ytimg.com/vi/7RpUORoTjR0/maxresdefault.jpg>

Εικόνα 6: <https://www2.aua.gr/el>

Εικόνα 7: <https://www2.aua.gr/el>

Εικόνες 8 έως 19, 21 έως 24: <https://www.arduino.cc/>

Εικόνα 25: <https://www.theengineeringprojects.com>

Εικόνα 27: <https://www.jsumo.com>

Εικόνα 29: <https://www.dhgate.com>

Εικόνα 31: <https://www.reichelt.de>

Εικόνα 32: <https://www.sainsmart.com>

Εικόνα 33: <http://el.wikipedia.org>

Εικόνα 34: <http://el.wikipedia.org>