

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε. - Τ.Ε.Ι.  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ:**

**Συστήματα διάχυτου υπολογισμού για τη βελτίωση καλλιιεργειών**

**Μήτρο Αντουέλ**

**ΑΜ:1749**

**Ταπόγλου-Φωτάκης Γεώργιος**

**ΑΜ:1821**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ι. Δ. Ζαχαράκης**

*Αντίρριο, Σεπτέμβριος 2017*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. Εισαγωγή στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων(IoT).....</b>	<b>4</b>
<b>2. Προβλήματα και Ανάγκες Σύγχρονων Καλλιέργειών.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Περιγραφή Ιδέας Σχετικών Συστημάτων IoT.....</b>	<b>7</b>
3.1 Απαιτήσεις Δημιουργίας.....	7
3.2 Απαιτήσεις Λειτουργίας.....	9
<b>4. Υποσυστήματα Απαραίτητα Για Την Υλοποίηση.....</b>	<b>11</b>
4.1 Απαιτήσεις δημιουργίας υποσυστημάτων.....	12
4.2 Απαραίτητα Συστατικά Υποσυστημάτων.....	16
4.3 Απαιτήσεις Διασύνδεσης Υποσυστημάτων.....	19
<b>5. Περιγραφή και Διασύνδεση Έργου.....</b>	<b>20</b>
<b>6. Λειτουργία Έργου.....</b>	<b>29</b>
6.1 Αλληλεπίδραση Συστήματος με το χρήστη του.....	31
6.2 Παρομοίως Λειτουργικά Συστήματα.....	33
6.3 Λόγοι Επιλογής Τελικής Μορφής Συστήματος.....	35
6.4 Τελική Διαμόρφωση και Λειτουργία.....	36
6.5 Αύξηση και Επέκταση Δυνατοτήτων.....	39
6.6 Διατίμηση.....	40
<b>7. Βιβλιογραφία.....</b>	<b>41</b>

*"The Internet of Things has the potential to change the world, just as the Internet did. Maybe even more so."*

*Kevin Ashton, 2009*

*"And men got dreaming. Shouldn't there be a network that made all my devices collaborate at all times, converse spontaneously among themselves and with the rest of the world, and all together make up a kind of single virtual computer – the sum of their respective intelligence, knowledge and know how?"*

*Rafi Haladjian, 2005*

# 1 Εισαγωγή στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)

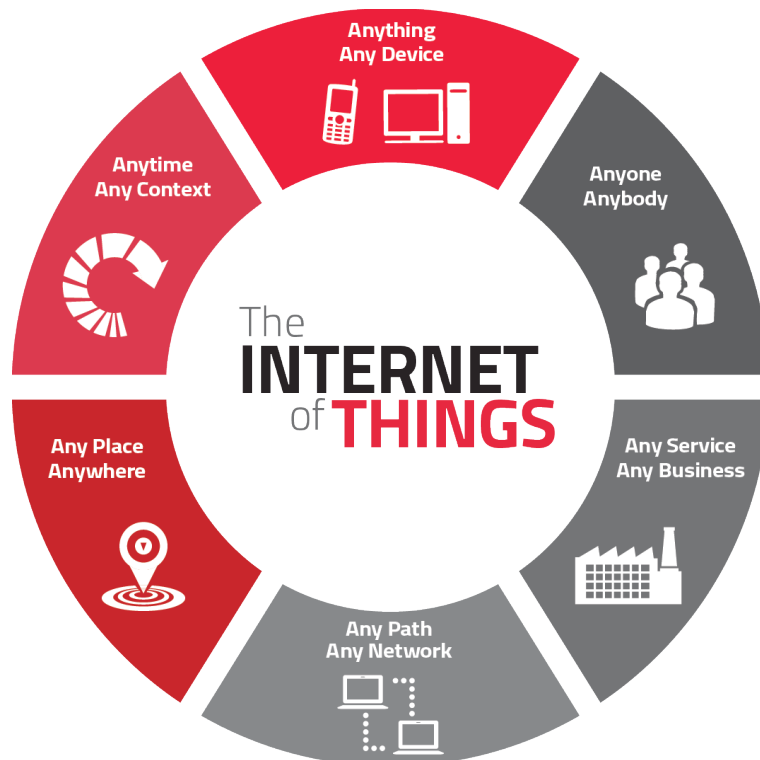
Σήμερα, οι χρήστες τεχνολογικών προϊόντων είναι όλο και περισσότερο “βυθισμένοι” σε ένα σύνθετο πλέγμα πληροφοριών. Η εξέλιξη των απανταχού παρουσών υπολογιστικών τεχνολογιών, όπως τα ασύρματα δίκτυα και οι φορητές συσκευές, έχει υπεραυξήσει την διαθεσιμότητα των ψηφιακών πληροφοριών και υπηρεσιών στην καθημερινότητά μας και έχει αλλάξει τον τρόπο, που τις προσεγγίζουμε και τις χρησιμοποιούμε. Φυσικά αντικείμενα συνδέονται όλο και περισσότερο με ψηφιακές πηγές. Σε αυτό το γενικό πλαίσιο, φυσικές, κινητές αλληλεπιδράσεις επιτρέπουν στους χρήστες να λαμβάνουν εικονικές πληροφορίες και να επικαλούνται υπηρεσίες μέσω φυσικών, απτών αντικειμένων.

Μία ακόμα τεχνολογία που εκτείνει ψηφιακούς πόρους στον πραγματικό κόσμο είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet Of Things-IoT). Πραγματοποιείται συνδέοντας αυτούς τους πόρους (πληροφορίες) με μία ποικιλία καθημερινών αντικειμένων ή πραγμάτων “επεκτείνοντας” τα με RFIDS (Ταυτότητα ραδιοσυχνότητας), ετικέτες (tags), αισθητήρες (sensors), ενεργοποιητές (actuators) κ.λπ., που συνδέονται με μια IP διεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο, μπορούν πλέον να γίνουν μέλη δικτύων ή ομάδων που συνδέονται με τις παραπάνω υπηρεσίες και πληροφορίες. Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να αλληλεπιδράσουν με διάφορους τρόπους με σκοπό να ανακαλύψουν, να συλλέξουν ή και να χρησιμοποιήσουν πληροφορίες από άλλα ταυτοποιημένα αντικείμενα ή γενικώς να επικοινωνήσουν, ώστε να επιτύχουν κάποιο κοινό σκοπό.

Επί του παρόντος, υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις ως προς τις ήδη υπάρχουσες εφαρμογές που λαμβάνουν υπόψιν αυτές τις αλληλεπιδράσεις καθώς και για εκείνες που πρόκειται, ενδεχομένως να δημιουργηθούν. Οι περισσότερες από αυτές είναι ιδιόκτητες, σχεδιασμένες για ένα συγκεκριμένο τύπο εφαρμογών ή τεχνική αλληλεπίδρασης και δεν παρέχουν γενικές ιδέες για την περιγραφή υπηρεσιών του πραγματικού κόσμου. Αναμφίβολα όμως, το κύριο προτέρημα της ιδέας του IoT είναι η σημαντική επίπτωση που θα έχει σε πολλούς διαφορετικούς τομείς της καθημερινότητας και συμπεριφοράς των πιθανών χρηστών μελλοντικά. Από την οπτική γωνία ενός ιδιωτικού χρήστη, η σύσταση του IoT θα είναι προφανής σε περιβάλλοντα τόσο οικιακά όσο και εργασίας. Στο πλαίσιο αυτό, “έξυπνα σπίτια”, συστήματα υποστήριξης, ηλεκτρονικής φροντίδας, βελτίωσης μάθησης είναι μόνο κάποια από τα παραδείγματα πιθανών σεναρίων εφαρμογών, στα οποία θα έχει καθοριστικό ρόλο το IoT στο άμεσο μέλλον. Παρομοίως, από την οπτική γωνία επαγγελματιών, οι επιπτώσεις θα είναι ορατές σε πεδία όπως αυτά της αυτοματοποίησης και βιομηχανικής παραγωγής, λογιστικής, διαχείρισης επιχειρήσεων/διεργασιών, έξυπνης μετακίνησης

υλικών και αγαθών.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, το IoT μπορεί να εξετασθεί με πολλαπλούς τρόπους, όσες δηλαδή οι εφαρμογές του στο φυσικό κόσμο (όπως φαίνεται στην εικόνα 1.0). Σκοπός αυτού του συγγράμματος είναι να ενημερώσει το δέκτη για τις πιθανές εφαρμογές του γύρω από ζητήματα φυτικών καλλιεργειών, να προτείνει τρόπους χρήσης και ενσωμάτωσής του σε αυτές, αλλά και να αναλύσει τις εφαρμογές του γύρω από τις ανάγκες που ικανοποιούν, καταλήγοντας στην ιδεατή για εμάς λύση των προβλημάτων που θα πραγματευτούμε. Αυτή τη λύση θα αναλύσουμε με κάθε δυνατή λεπτομέρεια, όσον αφορά τη δημιουργία και λειτουργία του συστήματος που προϋποθέτει, αλλά και τη σωστή χρήση του και τις περαιτέρω δυνατότητες που μπορούν να προκύψουν με πιθανή εξέλιξή του.



*1.0 Προσβασιμότητα σε πόρους του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)*

## 2 Προβλήματα και Ανάγκες Σύγχρονων Καλλιεργειών

Τη σημερινή εποχή, ο αγροτικός τομέας βρίσκεται υπό συνεχή ύφεση όσον αφορά τον αριθμό των ανθρώπων που ασχολούνται με αυτόν. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχει πληθώρα προβλημάτων που τον πλήττουν και όχι ικανοποιητικές λύσεις προς αυτά. Ειδικότερα, το υψηλό κόστος καλλιέργειας σε συνδυασμό με τις τιμές παραγωγού που παραμένουν σχετικά χαμηλές, αποτελεί ένα από τα κυριότερα προβλήματα των παραγωγών. Ταυτόχρονα, οι τιμές των σπόρων, λιπασμάτων, γεωργικών φαρμάκων κ.λπ. έχουν αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια. Στη διατήρηση του υψηλού κόστους παραγωγής συντελεί και η ουσιαστική έλλειψη οικονομικής ενίσχυσης της καλλιέργειας. Τέλος, ένα σοβαρό πρόβλημα που έχει επιδεινωθεί τα τελευταία χρόνια, είναι η δυσκολία αντιμετώπισης των ζιζανίων, κυρίως στις ξηρικές καλλιέργειες, λόγω της απόσυρσης από την αγορά πολλών ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνταν για την αντιμετώπισή τους. Κάθε ένα από αυτά τα προβλήματα είναι επαρκής λόγος για αναζήτηση καλύτερων συνθηκών καλλιέργειας, ενώ ο συνδυασμός τους καθιστά αδύνατη την ενασχόληση με την γεωργία ενός άπειρου ενδιαφερόμενου, υπό συνθήκες εύθραυστες που μπορούν με μικρή τυπική απόκλιση να στοιχίσουν σε ιδιαίτερω μεγάλο βαθμό.

Έτσι, υπάρχει η ανάγκη συνεχούς επιτήρησης από τον παραγωγό, δημιουργίας και διατήρησης των κατάλληλων συνθηκών, ικανότητας παρέμβασης και επιδιόρθωσης των πιθανών ανωμαλιών που παρουσιάζονται και σε μεγάλο βαθμό δυνατότητας πρόβλεψης αστάθμητων παραγόντων (όπως για παράδειγμα οι καιρικές συνθήκες -ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, υγρασία-, μια έξαρση των προαναφερθέντων ζιζανίων, κ.λπ.). Για να είναι πραγματοποιήσιμο οποιοδήποτε από τα παραπάνω σε βαθμό που το ρίσκο ανεπανόρθωτης ζημιάς μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο, είναι αναγκαία η συνεχής χρονική δέσμευση κάποιου ειδικού, η δυνατότητα μέτρησης πιθανής απόκλισης από τις ιδεατές συνθήκες με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού και ένα περιβάλλον ελεγχόμενο, ανεπηρέαστο όσο το δυνατόν περισσότερο από οποιονδήποτε αστάθμητο παράγοντα.

Τέτοια περιβάλλοντα έχουν αρχίσει να γίνονται όλο και πιο συχνό φαινόμενο, με τη μορφή σύγχρονων θερμοκηπίων. Τα θερμοκήπια, με τη μορφή που συναντώνται συχνότερα σήμερα, δίνουν ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα των απρόβλεπτων καιρικών συνθηκών, παρέχοντας χώρο επικαλυπτόμενο και συνεπώς σε μεγάλο βαθμό ανεπηρέαστο από πιθανή υπερβολική βροχόπτωση, πτώση χαλαζιού, αέρα πολλών μοφοφόρ κ.λπ.. Συνήθως υπάρχει ενσωματωμένο σε αυτά σύστημα αυτόματης άρδευσης, που λειτουργεί ανεξαρτήτως συνθηκών, συγκεκριμένες ώρες

τη μέρα. Ταυτόχρονα, λειτουργεί ανασταλτικά στη λειτουργία τους ο οικονομικός παράγοντας, αλλά και το γεγονός ότι παραμένει αναγκαία η συνεχής παρουσία κάποιου ειδικού με σκοπό την παρακολούθηση και επίβλεψη των συνθηκών και πιθανής ουσιώδους διαφοροποίησής τους από τις ιδεατές για την καλλιέργεια. Τέλος, παραμένει επιτακτική ανάγκη η χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού για την μέτρηση και επαναφορά των εύκολα μεταβλητών συνθηκών στα ενδεικνυόμενα κατά περίπτωση επίπεδα.

Εξετάζοντας τις διάφορες λύσεις που έχουν υλοποιηθεί για την αντιμετώπιση των υπολοίπων προαναφερθέντων προβλημάτων, δηλαδή την δυνατότητα αγοράς και χρήσης του κατάλληλου εξοπλισμού και την διαρκή παρουσία κάποιου ειδικού με σκοπό την παρακολούθηση των συνθηκών, (θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού)όσο και δυνατότητα επαναφοράς των τιμών τους στα όρια των ιδεατών, δεν υπάρχει καμία λύση που να έχει επικρατήσει και αυτό καθιστά τη συνεχή αναζήτηση νέων λύσεων αναγκαία.

Σε αυτή τη συνεχή αναζήτηση, πρότασή μας είναι να δώσει τέλος η υλοποίηση της ιδέας του Internet of Things, μέσω ενός συστήματος διάχυτου υπολογισμού, ειδικά σχεδιασμένου για κάθε τύπου καλλιέργεια.

### 3 Περιγραφή Ιδέας Σχετικών Συστημάτων ΙΟΤ

- 3.1 Απαιτήσεις Δημιουργίας

Ένα σύστημα διάχυτου υπολογισμού, μπορεί να λειτουργήσει με τον συνεργιστικό τρόπο που αναφέραμε παραπάνω όσον αφορά τα συστατικά του, προς την εξαγωγή συμπερασμάτων και την υλοποίηση ενεργειών που οι συνθήκες καθιστούν αναγκαίες. Η αντικατάσταση των συστημάτων αυτοματισμού, που επικρατούν σήμερα, με τέτοια συστήματα διάχυτου υπολογισμού, θα είχε ως αποτέλεσμα συστήματα που δρουν με σύνθετα κριτήρια, και που παίρνουν αποφάσεις ως προς τη λειτουργία τους συνδυάζοντας τα στοιχεία που παρέχουν πάνω από ένα συστατικά τους. Σκοπός μιας τέτοιας εφαρμογής του ΙοΤ, όσον αφορά τη διεπαφή της με το χρήστη, θα ήταν το κάθε τέτοιου τύπου σύστημα να είναι εύκολα διαχειρίσιμο από αυτόν, ο οποίος επίσης θα μπορεί, αν υπάρξει αντίστοιχη ανάγκη, να το παραμετροποιήσει κατάλληλα, να αναστείλει τη λειτουργία του ή και να το μεταβάλλει σε συγκεκριμένα πλαίσια ως προς τον τρόπο λειτουργίας του. Αντίθετα, τα σύγχρονα συστήματα αυτοματοποίησης, παρόμοιου ειδικού σκοπού (π.χ. αυτόματης άρδευσης), είναι αδύνατο να τα παραμετροποιήσει κάποιος, πέρα από τον άνθρωπο που τα εγκαθιστά ή κάποιον άλλο αρμόδιο εργαζόμενο της εταιρίας που σχεδίασε το προϊόν. Ακόμα, το σύστημα θα πρέπει να είναι προσαρμόσιμο ως προς το μέγεθος της καλλιέργειας, αλλά και πιθανής μεταβολής της έκτασής της, όπως και ανεκτικό ως προς την λειτουργία του, σε περίπτωση βλάβης κάποιου υποσυστήματος ή συστατικού του. Ένας τρόπος να επιτευχθεί αυτό είναι η ανεξαρτητοποίηση των επιμέρους υποσυστημάτων όσον αφορά τη λειτουργία τους, ώστε να μην αναστέλλεται η λειτουργία ολοκλήρου του συστήματος εξ αιτίας μίας μικρής έκτασης ή εύκολα διορθώσιμης βλάβης. Τέλος, το σύστημα θα πρέπει να είναι όσον το δυνατόν οικονομικό, κάτι που εξαρτάται από τρεις διαφορετικές παραμέτρους :

1) Το κόστος αγοράς των συστατικών, τα οποία κοστολογούνται με κριτήριο τις δυνατότητες αλλά και επιδόσεις τους. Σε μεγαλύτερων απαιτήσεων ή και έκτασης καλλιέργειας, οι ανάγκες και απαιτήσεις γύρω από τις δυνατότητες του υλικού αυξάνονται και συνεπώς το κόστος των απαραίτητων συστατικών παρουσιάζει επίσης αύξηση, η οποία δεν είναι ομαλή (συχνά εκθετική).

2) Το κόστος της δημιουργίας του και εγκατάστασής του, το οποίο είναι ανάλογο της πολυπλοκότητας που ορίζουν οι απαιτήσεις ως απαραίτητη για την ικανοποιητική λειτουργία του εκάστοτε συστήματος.



3)Το κόστος λειτουργίας του, που εξαρτάται από την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος. Είναι επίσης ανάλογο της πολυπλοκότητας του συστήματος, δηλαδή του αριθμού υποσυστημάτων ή συσκευών που το αποτελούν.

- *3.2 Απαιτήσεις Λειτουργίας*

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, πιστεύουμε ότι το IoT μπορεί να δώσει λύση στα διάφορα γεωργικά προβλήματα της εποχής μας. Κάθε πρόβλημα που προκαλείται από τις καιρικές συνθήκες δεν λύνεται επαρκώς μόνο με την εξασφάλιση καλυπτόμενου χώρου, ή με κάποιο σύστημα άρδευσης (ή παρόμοιας λειτουργίας σύστημα συγκεκριμένου σκοπού), το οποίο δεν λειτουργεί δυναμικά και συνεπώς δεν μπορεί να δεχθεί προσαρμογές, ακόμα και όταν οι συνθήκες το καθιστούν αναγκαίο, παραμένει σοβαρός κίνδυνος για κάθε τύπου φυτική καλλιέργεια. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε πως κάθε σύστημα που δημιουργείται με σκοπό τη διευκόλυνση του παραγωγού ως προς τη διαχείριση των παραπάνω προβλημάτων, θα πρέπει να είναι εγκατεστημένο σε χώρο ελεγχόμενο, όπως αυτός που παρέχει ένα σύγχρονο θερμοκήπιο. Αυτό είναι μία επιτακτική ανάγκη για τη σωστή προστασία των συστατικών του από συνθήκες στις οποίες αυτά είναι υπερευαίσθητα, όπως η έντονη βροχόπτωση, ο δυνατός άνεμος που μπορεί να μεταφέρει χώμα στο εσωτερικό των επεξεργαστών, ή η παρουσία εντόμων και κάθε είδους ζωντανών οργανισμών που μπορεί με κάθε τρόπο να το επηρεάσει μη αντιστρέψιμα. Σε περίπτωση που το σύστημα δεν προστατεύεται, δεν μπορεί να επισφραγισθεί η σωστή, μακρόχρονη λειτουργία του.

Οι απαιτήσεις του συστήματος ως προς την λειτουργία του καθορίζονται από τα παραπάνω σύνθετα ως τώρα προβλήματα. Θα πρέπει λοιπόν ένα τέτοιο σύστημα να μπορεί να παρέχει ακριβή στοιχεία όσον αφορά τις συνθήκες, που είναι οι σημαντικότερες για τη σωστή ανάπτυξη κάθε φυτού (τυπικά αυτές είναι η θερμοκρασία, η υγρασία χώματος, το φως, η οξύτητα χώματος και η ποσότητα λιπάσματος). Επίσης, ένα τέτοιου τύπου ιδεατό σύστημα θα πρέπει να μπορεί να μεταβάλλει τους παραπάνω παράγοντες σε σημείο που να μην υπάρχει μεγαλύτερη απόκλιση από αυτήν που ορίζεται ως τυπική, για κάθε είδος καλλιέργειας, από τις ιδεατές συνθήκες. Τέλος, θα πρέπει να περιλαμβάνει μηχανισμό που ενημερώνει το χρήστη για το ιστορικό λειτουργίας του, το ποιες ήταν οι αποκλίσεις και πότε υπήρξαν και άλλα δεδομένα, ώστε να μπορεί ο ίδιος με τη σειρά

του να προβλέψει ευκολότερα τα προβλήματα, που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά από μηχανικά μέσα (όπως π.χ. μια επιδρομή ζιζανίων ή κάποια διαρροή νερού λόγω βλάβης σε αντλία).

Προς την ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων, είναι απαραίτητη η δημιουργία διαφορετικών υποσυστημάτων, τα συστατικά των οποίων δρουν συνεργιστικά για να υλοποιήσουν τον σκοπό τους. Τέλος, είναι θεμιτή και η συνεργιστική λειτουργία των υποσυστημάτων, ώστε να μπορούν να παρουσιαστούν τα δεδομένα με τρόπο κατανοητό και οργανωμένο.

Κάθε λοιπόν 'δράση' που θα είναι σχεδιασμένο να κάνει το σύστημά μας, άσχετα με τον τύπο της, θα προϋποθέτει ένα συγκεκριμένου και διαφορετικού από τα υπόλοιπα τύπου υποσύστημα. Το υποσύστημα αυτό θα πρέπει να μπορεί να λειτουργήσει σωστά ως μέλος του συνόλου των υποσυστημάτων που ορίζουν το τελικό σύστημα, αλλά και ταυτόχρονα με τα υπόλοιπα υποσυστήματα που απαρτίζουν αυτό το σύνολο. Οι ανάγκες για κάθε υποσύστημα αφορούν τόσο το υλικό, όσο και το λογισμικό που περιλαμβάνει. Είναι απαραίτητο το υλικό μας να έχει τις δυνατότητες που απαιτεί η ικανοποίηση των αναγκών, για τις οποίες θα είναι υπεύθυνο το υποσύστημα, αλλά και να είναι ρυθμισμένο σωστά με τη βοήθεια κώδικα, ώστε να δρα στα επιθυμητά πλαίσια, και να μην υπολειτουργεί ή λειτουργεί σε βάρος του τελικού συστήματος. Συνεπώς, θα πρέπει πριν υπάρξει προσπάθεια δημιουργίας υποσυστήματος, να έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα πάνω στα υλικά, τόσο όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά τους όσο και τις δυνατότητες ρύθμισης και προσαρμογής τους.

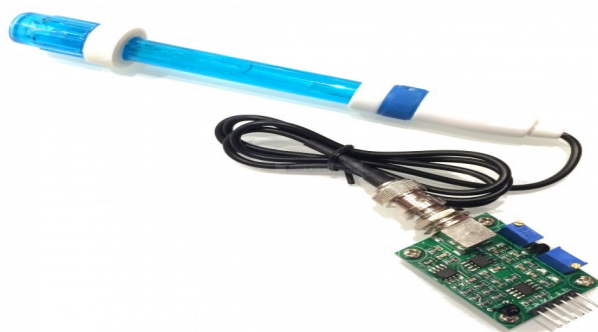
## 4 Υποσυστήματα Απαραίτητα Για Την Υλοποίηση

Όπως αναφέραμε νωρίτερα, προσπαθώντας να δημιουργήσουμε ένα σύστημα το οποίο θα συμβάλλει στην επίλυση των σημαντικότερων από τα γεωργικά προβλήματα της εποχής, ρυθμίζοντας και μετρώντας τις απαραίτητες συνθήκες (pH χώματος, υγρασία χώματος, ποσότητα λιπάσματος, θερμοκρασία, φωτεινότητα), γρήγορα θα διαπιστώσουμε πως η διαδικασία δε μπορεί παρά να γίνει τμηματικά, δημιουργώντας ένα υποσύστημα τη φορά, ειδικά σχεδιασμένο για την εκπλήρωση ενός σκοπού. Μόνο όταν τα περισσότερα τμήματα του τελικού συστήματος, όπως το φανταζόμαστε, είναι έτοιμα, μπορούμε να ξεκινήσουμε τη διαδικασία συνδυαστικής λειτουργίας και τη ρύθμιση των περαιτέρω αναγκαίων παραμέτρων για την επίτευξή της. Σήμερα, η εξέλιξη του Internet of Things έχει πλέον καταστήσει τέτοιου τύπου συστήματα αρκετά κοινότυπα, λόγω του κοινωνικού αντικτύπου που έχει ήδη αρχίσει να έχει στις καθημερινές μας ζωές. Αυτό άμεσα συνεπάγεται πως η τεχνολογία γύρω από τα απαραίτητα συστατικά, παρόμοια με αυτά που τείνουν να χρησιμοποιούνται προς δημιουργία των παραπάνω υποσυστημάτων έχει εξελιχθεί δραματικά, παρέχοντας στον μέσο χρήστη τεχνολογικών προϊόντων δυνατότητα δημιουργίας τόσο σύνθετων λειτουργικά, όσο και απλών χρηστικά συστημάτων. Συνεπώς, η αγορά κατάλληλων αισθητήρων, μοτέρ, μικροεπεξεργαστών, και άλλων απαραίτητων συστατικών, είναι συμφέρουσα λειτουργικά, οικονομικά και χρονικά συγκριτικά με την δημιουργία τους. Κάθε συστατικό ενός υποσυστήματος λειτουργίας παρόμοιας με τα παραπάνω (sensor, actuator, μοτέρ και άλλα), βρίσκεται στη διάθεση του χρήστη, συνήθως με σχετικά ευτελές αντίτιμο, άμεσα, έτοιμο για την ενσωμάτωσή του σε υποσύστημα χωρίς να υπάρχει ανάγκη ιδιαίτερων ρυθμίσεων ή προσαρμογών. Το ίδιο ισχύει για τα υλικά που είναι απαραίτητα για την σύνδεση και συνεργιστική λειτουργία των υποσυστημάτων, όπως μικροεπεξεργαστές, breadboards, συγκεκριμένων διαστάσεων καλώδια και άλλα. Τέλος το απαραίτητο λογισμικό (πλατφόρμα) για την επικοινωνία με τον μικροεπεξεργαστή και την παραμετροποίηση και ρύθμιση των υποσυστημάτων μέσω κώδικα, τείνει να είναι διαθέσιμο δωρεάν από αυθεντικές πηγές της εταιρίας που λανσάρει τον μικροεπεξεργαστή στην αγορά, εύχρηστο και ελαφρύ όσον αφορά τις απαιτήσεις λειτουργίας του.

- *4.1 Απαιτήσεις δημιουργίας υποσυστημάτων*

Συγκεκριμένα, θεωρώντας πως το σύστημά μας θα καλύπτει τις ανάγκες που δημιουργεί η επίβλεψη των προαναφερθεισών συνθηκών θα χρειαστούμε πληθώρα διαφορετικών υποσυστημάτων:

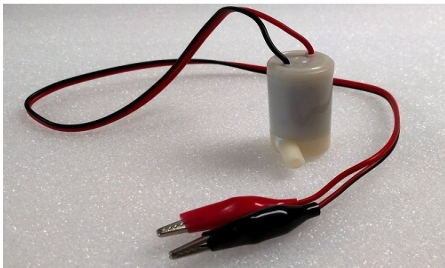
1) Υποσύστημα υπεύθυνο για την τακτική μέτρηση του pH χώματος, μέσω κατάλληλου αισθητήρα (εικόνα 1.1), την καταγραφή των μετρήσεων και κάθε πιθανής μεγαλύτερης απόκλισης αυτού από την τυπική. Ανάλογα με την επιθυμητή πολυπλοκότητα και τους περιορισμούς κατανάλωσης ενέργειας του υποσυστήματος, μπορεί να υπάρξει μηχανισμός που εμπλουτίζει το υπάρχον χώμα με κατάλληλα συμπληρώματα με σκοπό την επαναφορά στις επιθυμητές τιμές οξύτητας. Ένα τέτοιο υποσύστημα μετρά το pH με κατάλληλο αισθητήρα σχεδιασμένο για αυτό το σκοπό, οι μετρήσεις του οποίου πρέπει να αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων, σχεδιασμένη κατάλληλα για την οργάνωση των τιμών. Ταυτόχρονα, πρέπει να υπάρχει ένα μοτέρ το οποίο ενεργοποιείται σε περίπτωση ανεπιθύμητης απόκλισης, με σκοπό να τροφοδοτεί το χώμα με συμπληρώματα προς σταθεροποίηση της οξύτητας, όταν και θα καθίσταται ξανά ανενεργό.



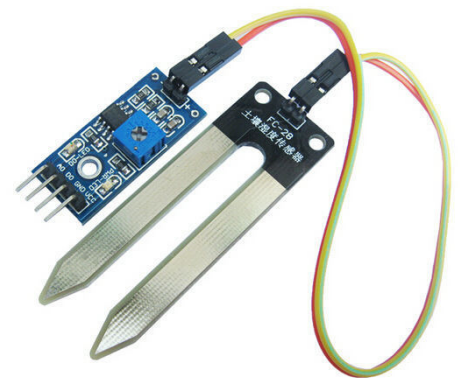
*1.1 Τυπικός Αισθητήρας Μέτρησης Οξύτητας Χώματος*

2) Υποσύστημα υπεύθυνο για την τακτική μέτρηση της υγρασίας χώματος, μέσω κατάλληλου

αισθητήρα (εικόνα 1.3), την καταγραφή των μετρήσεων και κάθε πιθανής μεγαλύτερης απόκλισης από την τυπική. Οι μετρήσεις πρέπει επίσης να αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων δημιουργημένη για το συγκεκριμένο σκοπό και κατάλληλη για τη σωστή οργάνωσή τους. Ακόμα, πρέπει να υπάρχει αντλία νερού (εικόνα 1.2), καθώς και κάποιος αποθηκευτικός χώρος που το περιέχει και με τον οποίο το μοτέρ της αντλίας επικοινωνεί. Σκοπός είναι ξανά η λειτουργία του μοτέρ, ώστε να υπάρχει παροχή νερού, όταν η απόκλιση από την επιθυμητή υγρασία χώματος το απαιτεί, μέχρι την ολική επαναφορά στα ιδεατά ποσοστά. Δεν υπάρχει ανάγκη μηχανισμού που θα είναι υπεύθυνος για την μείωση της υγρασίας, καθώς αν ένα τέτοιο υποσύστημα λειτουργεί υπό ελεγχόμενο περιβάλλον δεν θα επηρεάζεται η καλλιέργεια από κάποια πιθανή βροχόπτωση (δεν θα υπάρχει ποτέ υπέρβαση του ορίου υγρασίας χώματος). Το υποσύστημα θα αναστέλλει τη λειτουργία του μοτέρ όταν τα επίπεδα υγρασίας χώματος προσεγγίζουν τα επιθυμητά. Αξίζει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο, πως ένα τέτοιο υποσύστημα προσδίδει όχι απλώς μία οικονομικότερη και ξεκούραστη λύση όσον αφορά τις μη μηχανικές εναλλακτικές του, αλλά και έναν αποδοτικότερο τρόπο ποτίσματος. Η γενική συνήθεια του ποτίσματος κάποιες συγκεκριμένες ώρες της μέρας κάποιες φορές είναι ακόμα και βλαπτική για τα φυτά. Η συγκεκριμένη λύση κρατά τα επίπεδα υγρασίας στα ιδεατά πλαίσια κατά την διάρκεια όλου του εικοσιτετραώρου, κάτι υγιέστερο για την καλλιέργεια.



*1.2 Τυπική Μίνι Αντλία Νερού*



*1.3 Τυπικός Αισθητήρας Μέτρησης Υγρασίας Χώματος*

3) Υποσύστημα υπεύθυνο για το φωτισμό της καλλιέργειας. Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις και αναγκαιότητες όσον αφορά το συγκεκριμένο υποσύστημα, ανάλογα με την φύση και την τοποθεσία της καλλιέργειας. Σε περίπτωση που η κατασκευή είναι εξωτερικού χώρου, ένα τέτοιο υποσύστημα μπορεί να λειτουργεί με αισθητήρα φωτός, ο οποίος τις σκοτεινές μέρες μπορεί να δίνει έναρση για τη λειτουργία των λαμπών (εικόνα 1.4). Σε περίπτωση εσωτερικής κατασκευής, ανεπηρέαστης από το φως του ηλίου, την λειτουργία αυτού μπορούν να προσομοιώνουν οι λάμπες του υποσυστήματος, λειτουργώντας χωρίς αισθητήρα αλλά σε συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο. Το συγκεκριμένο υποσύστημα καθιστά μεγάλη προτεραιότητα σε καλλιέργειες εξωτερικού χώρου κυρίως σε χώρες σκανδιναβικού κλίματος, με μεγάλες χρονικές περιόδους απουσίας φυσικού φωτός.

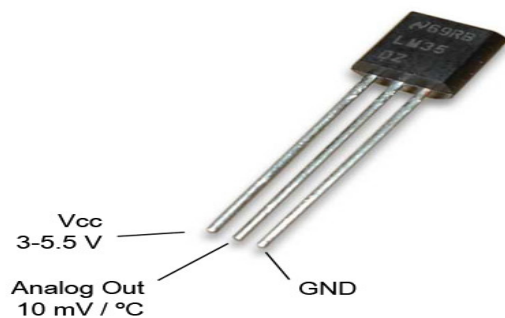


*1.4 Τυπική Λάμπα Δωματίου Ισχύος 3W*

4) Υποσύστημα υπεύθυνο για την παρουσία κατάλληλης ποσότητας λιπάσματος στην καλλιέργεια. Επαρκές για το συγκεκριμένο υποσύστημα είναι να λειτουργεί με κάποιου είδους χρονικό πλαίσιο, απουσίας αισθητήρα, καθώς οι ανάγκες των φυτών όσον αφορά το λίπασμα είναι σταθερές, και σχεδόν ανεπηρέαστες από άλλους παράγοντες. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ένας ασφαλισμένος χώρος αποθήκευσης του λιπάσματος και μοτέρ που θα λειτουργεί με σκοπό τον εμπλουτισμό του χώματος με λίπασμα ανά τακτά, καθορισμένα χρονικά διαστήματα.

5) Υποσύστημα υπεύθυνο για την μέτρηση και ρύθμιση της θερμοκρασίας της καλλιέργειας, αλλά και καταγραφής των μετρήσεων αυτής. Ένα τέτοιου τύπου υποσύστημα προϋποθέτει ύπαρξη

κατάλληλου αισθητήρα θερμοκρασίας (εικόνα 1.5), ο οποίος είναι όσο το δυνατότερο ακριβής στις μετρήσεις θερμοκρασίας του χώρου. Προτείνεται ξανά η χρήση βάσης δεδομένων προς οργανωμένη αποθήκευση των μετρήσεων. Ακόμα, θα πρέπει να υπάρχουν τρόποι επαναφοράς τις θερμοκρασίας, σε περίπτωση ουσιώδους απόκλισης, στα φυσιολογικά για την καλλιέργεια επίπεδα. Ο πιο κοινός μηχανισμός παροχής θερμότητας ενσωματωμένος σε τέτοιου τύπου υποσυστήματα είναι οι κόκκινες λάμπες (εικόνα 1.6), που όμως έχουν μεγάλες ανάγκες τάσης. Για τον ίδιο σκοπό, σε περίπτωση ανάγκης μείωσης της θερμοκρασίας (κυρίως τους μήνες του καλοκαιριού) θα χρησιμοποιούνται μικροί ανεμιστήρες (εικόνα 1.7) ή κάποιο παρόμοιο σύστημα ψύξης, που επίσης είναι σχεδόν απαραίτητη για τη λειτουργία τους η παροχή εξωτερικής τάσης. Το τελευταίο μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κατάλληλου ρυθμιστή εξωτερικής τάσης (εικόνα 1.8).



1.5 Τυπικός Αισθητήρας Θερμοκρασίας



1.6 Τυπική “Κόκκινη” Λάμπα



1.7 Τυπικός Ανεμιστήρας Παρομοίων Συστημάτων



1.8 Τυπικός Ρυθμιστής Εξωτερικής Τάσης (Relay)

Τα παραπάνω υποσυστήματα συνήθως ρευματοδοτούνται μέσω κάποιου μικροεπεξεργαστή ή παρόμοιου τύπου συσκευή, εκτός από συστατικά μεγάλων απαιτήσεων (όπως η κόκκινη λάμπα), στα οποία παρέχεται τάση κατευθείαν από την πηγή. Αυτό συμβαίνει διότι ο μικροεπεξεργαστής είναι συχνά σύστημα αδύνατο να διαχειριστεί μεγάλη τάση χωρίς ρίσκο ανεπανόρθωτης βλάβης. Τέλος, ο μικροεπεξεργαστής περιέχει και τον κώδικα για τη σωστή λειτουργία των υποσυστημάτων και συστατικών τους.

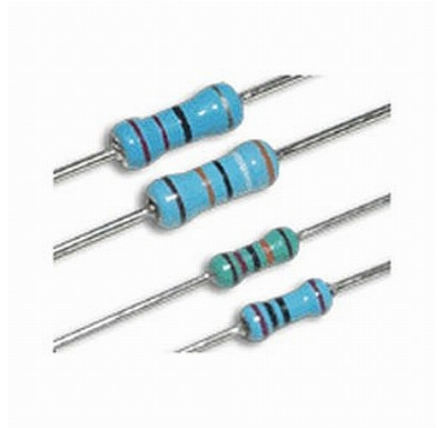
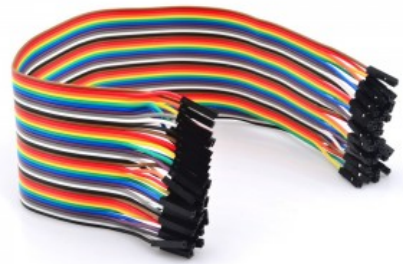
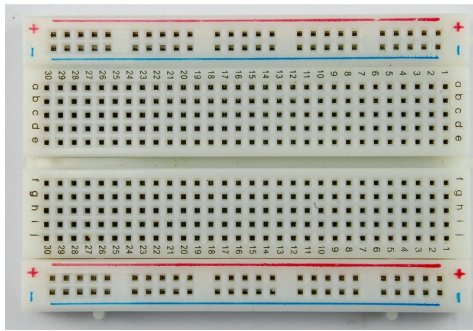
Η διαδικασία δημιουργίας υποσυστημάτων σαν τα παραπάνω είναι εξίσου σημαντική με την διαδικασία διασύνδεσής τους, τόσο μοναδιαία όσο και συνολικά ως συστατικά του τελικού συστήματος. Όμως, απαραίτητη προϋπόθεση για να λειτουργήσει συνεργιστικά με τα υπόλοιπα το κάθε υποσύστημα και συστατικό υποσυστήματος έχει και κάποιου τύπου λογισμικό που δρα ως ρυθμιστής και ελεγκτής της ροής επικοινωνίας. Το λογισμικό αυτό θα είναι σύμφωνο με τον μικροεπεξεργαστή που μέσω αυτού δίνεται και η απαραίτητη τάση στα συστατικά για την σωστή λειτουργία τους. Συνήθως έχει τη μορφή μίας πλατφόρμας (π.χ. Arduino IDE για μικροεπεξεργαστές τύπου Arduino, που είναι και οι πιο διαδεδομένοι), χρησιμοποιήσιμης σε υπολογιστή ή παρομοίου τύπου συσκευή (tablet, μικροεπεξεργαστή, και άλλα). Η πλατφόρμα ή το αντίστοιχου τύπου λογισμικό που έχει οριστεί ως μέσο επικοινωνίας με τον μικροεπεξεργαστή είναι και ο διάυλος επικοινωνίας και παραμετροποίησης των υποσυστημάτων αλλά και των συστατικών τους με τη μορφή κώδικα.

#### • 4.2 Απαραίτητα Συστατικά Υποσυστημάτων

Για τα παραπάνω υποσυστήματα υπάρχουν κάποιες καθολικές ανάγκες προς σωστή λειτουργία τους, τόσο όσον αφορά το υλικό, όσο και το λογισμικό τους:

- Καλώδια, αντιστάσεις και breadboards (εικόνα 1.9) για την επικοινωνία με τον πάροχο τάσης (μικροεπεξεργαστής) και την ασφαλή λειτουργία των υποσυστημάτων.
- Πλατφόρμα για την επικοινωνία με τον μικροεπεξεργαστή και την παραμετροποίηση και ρύθμιση των υποσυστημάτων μέσω κώδικα.
- Βάση δεδομένων για την αποθήκευση χρήσιμων πληροφοριών, σχετικών με την λειτουργία του υποσυστήματος
- Κώδικας που επιτρέπει την επικοινωνία με βάση δεδομένων, την αποθήκευση των μετρήσεων του αισθητήρα και την λειτουργία του actuator (διαφέρουν ανάλογα το υποσύστημα) όταν οι συνθήκες το απαιτούν.





1.9 Φυσικά Μέσα Διασύνδεσης Συστήματος (Breadboard, Επεκτάσεις, Καλώδια, Αντιστάσεις)

Ταυτόχρονα, κάθε υποσύστημα μπορεί να έχει περαιτέρω ανάγκες για την επίτευξη της σωστής λειτουργίας του, οι οποίες εξαρτώνται σε αριθμό, φύση και πολυπλοκότητα από τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί στον δημιουργό. Τυπικά, τα παρακάτω συστατικά είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση καθενός από τα παραπάνω τύπου υποσυστήματα :

1) Περαιτέρω συστατικά συστήματος μέτρησης και ρύθμισης pH:

- Αισθητήρας κατάλληλος για μέτρηση pH (οξύτητας) χόματος (Εικόνα 1.1). Τέτοιοι αισθητήρες, είναι σχεδιασμένοι ώστε να μπορούν να πάρουν μετρήσεις (οξύτητας χόματος, υγρασίας χόματος κ.λπ., ανάλογα τον τύπο τους) απλώς και μόνο με παροχή τάσης, επαρκής για τη λειτουργία τους.
- Υποσύστημα που με λειτουργία μοτέρ δρα ως μηχανισμός εμπλουτισμού του υπάρχοντος χόματος με κατάλληλα συμπληρώματα (μέσω φυσικού δοχείου).

2) Περαιτέρω συστατικά συστήματος μέτρησης και ρύθμισης υγρασίας:

- Αισθητήρας κατάλληλος για μέτρηση υγρασίας χόματος (Εικόνα 1.2).
- Υποσύστημα που με λειτουργία αντλίας νερού με μοτέρ δρα ως μηχανισμός επαναφοράς της υγρασίας στο επιθυμητό επίπεδο (απαραίτητη η επικοινωνία της αντλίας με μέσο αποθήκευσης νερού) (Εικόνα 1.3).

3) Περαιτέρω συστατικά συστήματος ρύθμισης θερμοκρασίας:

- Αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας (Εικόνα 1.6).
- Κόκκινη λάμπα (ή παρόμοιος μηχανισμός παροχής θερμότητας) (Εικόνα 1.5).
- Ανεμιστήρας (ή παρόμοιος μηχανισμός ψύξης χώρου).
- Παροχή εξωτερικής τάσης.

4) Περαιτέρω συστατικά συστήματος ρύθμισης ποσότητας λιπάσματος:

- Υποσύστημα που με λειτουργία μοτέρ δρα ως μηχανισμός επαναφοράς της ποσότητας λιπάσματος στο επιθυμητό επίπεδο. (απαραίτητη η επικοινωνία του μοτέρ με μέσο αποθήκευσης λιπάσματος).

5) Περαιτέρω συστατικά συστήματος ρύθμισης φωτισμού:

- Λάμπα (ή παρόμοιο μέσο παροχής φωτός).
- Παροχή εξωτερικής τάσης.

- *4.3 Απαιτήσεις Διασύνδεσης Υποσυστημάτων*

Σε κάθε καλλιέργεια, ανάλογα με τις ανάγκες που έχει όσον αφορά την διατήρηση των βέλτιστων για αυτή συνθηκών, μπορούμε να ενσωματώσουμε, οποιοδήποτε συνδυασμό, οποιοδήποτε αριθμού, των παραπάνω υποσυστημάτων (ή παρόμοιας μορφής τους). Για να μπορούν να λειτουργήσουν όμως δύο ή παραπάνω υποσυστήματα αρμονικά, ταυτόχρονα, είτε ανεξάρτητα είτε συνδυαστικά, πρέπει να υπάρχει σωστή διασύνδεση. Για να επιτευχθεί σωστή διασύνδεση υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν από τον σχεδιαστή του τελικού συστήματος, κατά τον σχεδιασμό αυτού.

- 1) Θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα παροχής ικανοποιητικής τάσης για ταυτόχρονη λειτουργία των sensors και actuators των υποσυστημάτων, σε περίπτωση που αυτό είναι απαραίτητο.
- 2) Θα πρέπει ο μικροεπεξεργαστής να είναι συμβατός με τους sensors και actuators των υποσυστημάτων.
- 3) Θα πρέπει ο μικροεπεξεργαστής να έχει αρκετή επεξεργαστική ισχύ προς λειτουργία του απαραίτητου λογισμικού για το σύστημα. Το 'φορτίο' του λογισμικού αυτού συνήθως θα περιλαμβάνει την επιβάρυνση του μικροεπεξεργαστή από : Τη λειτουργία της πλατφόρμας, του απαραίτητου κώδικα για τη λειτουργία των υποσυστημάτων, της βάσης δεδομένων και του λογισμικού επικοινωνίας της βάσης με την πλατφόρμα.

Αν αυτές οι συνθήκες ικανοποιούνται, η διαδικασία της διασύνδεσης εκλεπτύνεται σε παραγωγή καταλλήλου κώδικα ταυτόχρονης λειτουργίας των υποσυστημάτων και σωστής φυσικής διασύνδεσης των συστατικών τους με τον μικροεπεξεργαστή (χρησιμοποιώντας καλώδια, breadboards και άλλες επεκτάσεις, αντιστάσεις κ.λπ.).

## 5 Περιγραφή και Διασύνδεση Έργου

Το έργο που αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ένα παράδειγμα συστήματος, όμοιας λογικής και σκοπού με τα παραπάνω, διαφορετικών όμως απαιτήσεων και διασυνδέσεων από τις πρώτου επιπέδου περιγραφόμενες στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι απαιτήσεις που έπρεπε να καλύψει επαρκώς, είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μίας εφαρμογής διάχυτου υπολογισμού για τη βελτίωση καλλιεργειών, η οποία θα εκδηλώνει τη συμπεριφορά της μέσω φυσικής διεπαφής με το χρήστη και θα παρέχει υπηρεσίες αδιάλειπτης διατήρησης των κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης. Το τελικό σύστημα, που δημιουργήσαμε, περιλαμβάνει, όσον αφορά το φυσικό κομμάτι του τρία υποσυστήματα ειδικού σκοπού :

- 1)Υποσύστημα υπεύθυνο για τη μέτρηση υγρασίας χώματος (μέσω κατάλληλου αισθητήρα) και ρύθμισή της (μέσω actuator μορφής αντλίας νερού με μοτέρ).
- 2)Υποσύστημα υπεύθυνο για τη μέτρηση θερμοκρασίας χώρου (μέσω κατάλληλου αισθητήρα) και ρύθμισή της (μέσω actuator μορφής κόκκινης λάμπας).
- 3)Υποσύστημα υπεύθυνο για τη ρύθμιση του φωτισμού του χώρου (μέσω κοινής λάμπας δωματίου).

Σε αυτό το σημείο μπορεί να παρατηρηθεί πως το συγκεκριμένο έργο δεν περιλαμβάνει το σύνολο των περιγραφόμενων παραπάνω υποσυστημάτων, διότι δεν έχουν ενσωματωθεί σε αυτό:

- 1) Υποσύστημα υπεύθυνο για την παρουσία κατάλληλης ποσότητας λιπάσματος στην καλλιέργεια.
- 2) Υποσύστημα υπεύθυνο για μέτρηση και ρύθμιση οξύτητας (pH) χώματος στο περιβάλλον (γλάστρα).

Αυτή η έλλειψη αποτέλεσε συνειδητή επιλογή που οι διαθέσιμοι για εμάς πόροι κατέστησαν αναγκαία. Η μέγιστη δυνατότητα παροχής τάσης του διαθέσιμου μικροεπεξεργαστή, αλλά και οποιουδήποτε μικροεπεξεργαστή παρομοίου είδους της αγοράς, δεν είναι ικανοποιητική για τη λειτουργία των συστατικών (components) που είναι απαραίτητα για την δημιουργία του συνόλου των περιγραφόμενων υποσυστημάτων. Ταυτόχρονα, το απαραίτητο λογισμικό για τη λειτουργία ενός συστήματος περισσότερων δυνατοτήτων, θα δημιουργούσε προβλήματα, λόγω της περιορισμένης επεξεργαστικής ισχύος των μικροεπεξεργαστών. Ειδικότερα, θα ήταν απαραίτητος

αρκετά μεγαλύτερος όγκος κώδικα για τη συνεργιστική λειτουργία των υποσυστημάτων αλλά και για την αποθήκευση των μετρήσεών τους στην μεγαλύτερων 'διαστάσεων' βάση δεδομένων. Ακόμα, το σύστημα θα ήταν λιγότερο οικονομικό ως προς την αγορά των components, τη δημιουργία του αλλά και την λειτουργία του (κατανάλωση ενέργειας), καθιστώντας το λιγότερο ελκυστική λύση όσον αφορά καλλιέργειες μικρών διαστάσεων. Επιπλέον, θα υπήρχε επιπρόσθετη πολυπλοκότητα, η οποία θα το καθιστούσε λιγότερο φιλικό προς τον χρήστη ως προς την λειτουργία του, αλλά και την κατανόηση και παρουσίασή του σε ευρύτερο κοινό. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, πως κατασκευαστικά, η διαδικασία προσαρμογής του συστήματος προς ικανοποίηση απαιτήσεων που προϋποθέτουν ύπαρξη υποσυστημάτων παρόμοια με τα μη ενσωματωμένα, είναι διαδικασία ιδιαίτερος απλή για κάποιον που κατανοεί πλήρως τις διασυνδέσεις και τη λειτουργία που χαρακτηρίζουν το ήδη υπάρχον σύστημα.

Όσον αφορά λοιπόν το έργο, με την τωρινή μορφή του, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω συστατικά προς δημιουργία και διασύνδεση των υποσυστημάτων του:

-Arduino UNO Board (μικροεπεξεργαστή τύπου Arduino UNO).

-Raspberry 3 Model B (μικροεπεξεργαστή τύπου Raspberry 3 μοντέλο B).

-Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (δεν υπάρχουν έντονες απαιτήσεις για την επίδοση και ισχύ του).

-Temperature Sensor (αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας) τύπου LM35.

-Heat-Red lamp (Κόκκινη λάμπα θέρμανσης, λειτουργίας στα 180V).

-Soil Hygrometer/Moisture Detection Module (αισθητήρας μέτρησης υγρασίας εδάφους) της εταιρίας OEM, και καταλλήλου συνοδευτικού κυκλώματος προς διασύνδεση με μικροεπεξεργαστή τύπου Arduino (ή και παρομοίου τύπου συσκευή).

-Brushless Motor Submersible Water Pump (μίνι αντλία νερού με βυθιζόμενο, αδιάβροχο μοτέρ), λειτουργίας 3-6V και δύναμης 120L/h (δυνατότητας παροχής 120 λίτρα ανά ώρα).

-Transistor - 2N5551 (λειτουργίας έως 160V, 0.6A, τύπου NPN)

-Δοχείο αποθήκευσης νερού.

-Λάμπα δωματίου ισχύς 3W.

-2-Channel Relay Module Board (ρυθμιστή εξωτερικής τάσης με δύο κανάλια, λειτουργίας στα 5 volt), σχεδιασμένο για Arduino η παρόμοιο μικροεπεξεργαστή.

-Καλώδια, breadboard και επεκτάσεις κατάλληλων διαστάσεων για το κύκλωμα.

-Γλάστρα που δρα ως μικρογραφία καλλιέργειας.

-Χώρος που δρα ως ελεγχόμενο, ανεπηρέαστο εξωτερικές συνθήκες περιβάλλον.

Τα παραπάνω, συμβάλλουν στη λειτουργία των υποσυστημάτων που υπάρχουν προς επίβλεψη και ρύθμιση των απαραίτητων συνθηκών, ώστε να επιτευχθεί η κατά το δυνατόν διατήρησή τους στις επιθυμητές τιμές, αποτελώντας το φυσικό κομμάτι τους και του τελικού συστήματος. Δηλαδή :

- Το φυσικό κομμάτι του υποσυστήματος μέτρησης και ρύθμισης υγρασίας *απαρτίζεται από:*

- 1)Τον αισθητήρα μέτρησης υγρασίας εδάφους και το κατάλληλου τύπου συνοδευτικό κύκλωμα.
- 2)Την αντλία νερού με μοτέρ.
- 3)Το δοχείο αποθήκευσης νερού.
- 4)Κατάλληλη καλωδίωση

- Το φυσικό κομμάτι του υποσυστήματος μέτρησης και ρύθμισης θερμοκρασίας *απαρτίζεται από:*

- 1)Τον αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας χώρου και το κατάλληλου τύπου συνοδευτικό κύκλωμα.
- 2)Την κόκκινη λάμπα θερμότητας.
- 3)Τον ρυθμιστή εξωτερικής τάσης (1ο κανάλι).
- 4)Την απαραίτητη καλωδίωση.

-Το φυσικό κομμάτι του υποσυστήματος ρύθμισης φωτισμού *απαρτίζεται από:*

- 1)Την λάμπα δωματίου.

2)Τον ρυθμιστή εξωτερικής τάσης (2ο κανάλι).

3)Την απαραίτητη καλωδίωση.

Ταυτόχρονα υπάρχουν και ανάγκες όσον αφορά το λογισμικό, τόσο ως προς το κάθε υποσύστημα ξεχωριστά όσο και ως προς τη διασύνδεση του τελικού συστήματος, οι οποίες έπρεπε να καλυφθούν για να υπάρξει το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα λειτουργικότητας του έργου. Το απαραίτητο λογισμικό είναι το εξής :

-Πλατφόρμα για την επικοινωνία με τον μικροεπεξεργαστή και την παραμετροποίηση και ρύθμιση των υποσυστημάτων μέσω κώδικα. Η πλατφόρμα που χρησιμοποιήσαμε ήταν η προκαθορισμένη για μικροεπεξεργαστές τύπου Arduino, το Arduino IDE (Arduino Integrated Development Environment) .

-Βάση δεδομένων για την αποθήκευση χρήσιμων πληροφοριών, σχετικών με την λειτουργία του υποσυστήματος. Η βάση δεδομένων που δημιουργήσαμε προς αποθήκευση και σωστή οργάνωση των δεδομένων μας, είναι βάση της MySQL.

-Κώδικας που επιτρέπει την επικοινωνία του μικροεπεξεργαστή Arduino με τη βάση δεδομένων της MySQL. Ο συγκεκριμένος κώδικας έχει ως απαραίτητο Module για τη λειτουργία του αυτό της MySQLdb, και έχει γραφεί σε γλώσσα Python.

-Πρόγραμμα Python 2 (έκδοσης 2.7)

-Κώδικας που επιτρέπει τη σωστή λειτουργία των sensors και actuators του συστήματος παραμετροποιώντας τους και θέτοντας σε λειτουργία τα pins (ακίδες) του μικροεπεξεργαστή που είναι υπεύθυνα για τη ρευματοδότησή τους. Ο κώδικας αυτός είναι γραμμένος στην πλειοψηφία του όγκου του σε γλώσσα C, που υποστηρίζει η πλατφόρμα Arduino IDE.

Πριν όμως εξετάσουμε το σύστημα συνολικά, πρέπει να δούμε λεπτομερώς τη διαδικασία δημιουργίας και διασύνδεσης κάθε υποσυστήματος ξεχωριστά καθώς και να εξετάσουμε τον τρόπο παραμετροποίησης των συστατικών τους. Όπως αναφέραμε νωρίτερα, το συγκεκριμένο έργο περιλαμβάνει τρία υποσυστήματα, υπεύθυνα για τα επίπεδα υγρασίας χώματος, θερμοκρασίας και φωτός. Η διαδικασία υλοποίησής τους, έχει πολλές ομοιότητες, αλλά και ουσιώδεις διαφορές. Για

την ολοκλήρωσή της, ακολουθήθηκε πληθώρα βημάτων, γύρω τόσο από την καλωδίωση (διασύνδεση των συστατικών) όσο και τη ρύθμιση του κάθε υποσυστήματος. Η διαδικασία, με τη μορφή που υλοποιήθηκε από εμάς για κάθε υποσύστημα ξεχωριστά, περιγράφεται ως εξής:

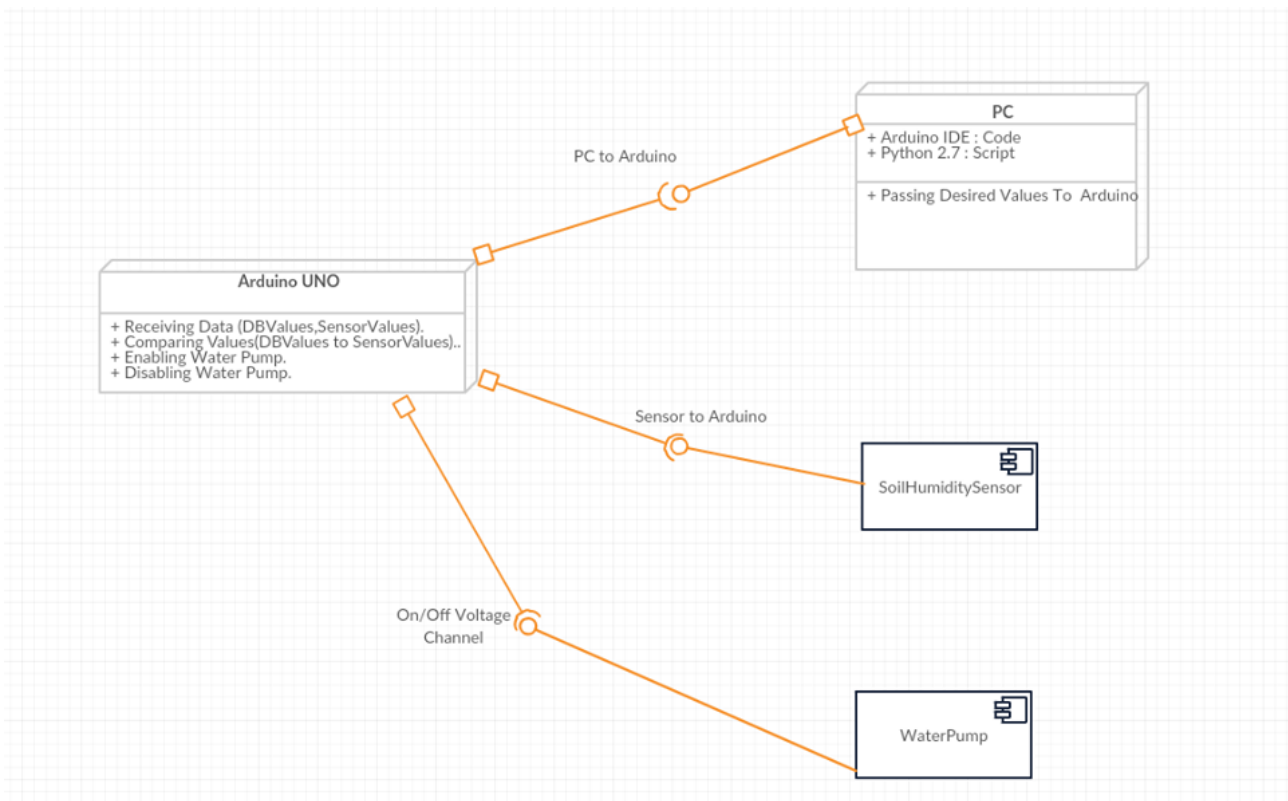
- Υποσύστημα μέτρησης και ρύθμισης υγρασίας χώματος (εικόνα 1.10):

1) Σύνδεση του αισθητήρα μέτρησης υγρασίας χώματος (Soil Hygrometer/Moisture Detection Module της εταιρίας OEM) με το απαραίτητο συμπληρωματικό κύκλωμα, που τον συνοδεύει κατά την αγορά, και μέσω αυτού με τον μικροεπεξεργαστή Arduino. Ο αισθητήρας μέτρησης υγρασίας έχει δύο υποδοχές καλωδίων, που λειτουργούν ως πόλοι κατά τη διασύνδεσή του με το συμπληρωματικό κύκλωμα, προς ρευματοδότησή του. Το συμπληρωματικό κύκλωμα, έχει 3 υποδοχές. Μία από αυτές είναι κατάλληλη για τη διασύνδεσή του (και συνεπώς, έμμεσα του παραπάνω Sensor) με αριθμημένο pin του μικροεπεξεργαστή Arduino, προς αναγνώρισή του από αυτόν. Το καλώδιο που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση αυτή καθιστά εφικτό να δώσουμε στον μικροεπεξεργαστή τη δυνατότητα να ελέγχει τους χρόνους που παρέχει τάση στη συσκευή (ανεξάρτητα από τη ρευματοδότηση του ιδίου). Η δεύτερη από τις υποδοχές (με το θετικό σύμβολο '+'), συνδέεται με το pin του μικροεπεξεργαστή με την ένδειξη 5V, το οποίο είναι και το υπεύθυνο pin για παροχή τάσης στο συγκεκριμένο (αλλά και σε κάθε παρόμοιο) συστατικό. Τέλος, η τρίτη υποδοχή (με το αρνητικό σύμβολο '-'), πρέπει να συνδέεται μέσω καλωδίου με το pin του μικροεπεξεργαστή Arduino, που παρέχει γείωση στο κύκλωμα. Επίσης, ο αισθητήρας υγρασίας χώματος, πρέπει να είναι σε επαφή με το χώμα της γλάστρας για να λειτουργεί με τον ενδεδειγμένο τρόπο.

2) Σύνδεση της αντλίας νερού (Brushless Motor Submersible Water Pump) με τον μικροεπεξεργαστή Arduino. Η αντλία νερού μπορεί να δεχθεί μόνο 2 καλώδια, αυτά που προορίζονται για το pin του μικροεπεξεργαστή με την ένδειξη 5V (δηλαδή το pin παροχής τάσης), και αυτό με την ένδειξη Ground (δηλαδή το pin γείωσης). Το γεγονός αυτό αποτελεί πρόβλημα, διότι υλοποιώντας τη συγκεκριμένη διασύνδεση δεν έχουμε τη δυνατότητα να αναστέλλουμε τη λειτουργία της αντλίας χωρίς να βγάλουμε το καλώδιο τάσης. Ταυτόχρονα, δεν είναι ρυθμίσιμος ο ρυθμός λειτουργίας της, κάτι που ξεφεύγει από το σκοπό δημιουργίας του υποσυστήματος. Η λύση που διαλέξαμε στο πρόβλημα αυτό ήταν η χρήση τρανζίστορ (NPN- 2N5551). Το τρανζίστορ, είναι



το μέσο διασύνδεσης με την τάση και γείωση του μικροεπεξεργαστή Arduino, που παράλληλα παρέχει δυνατότητα τρίτης διασύνδεσης, με άλλο αριθμημένο pin του μικροεπεξεργαστή. Το αριθμημένο pin, του παρέχει τρόπο αναγνώρισης (ταυτότητα) από την πλατφόρμα. Έτσι, με τη βοήθεια κώδικα μπορεί να ρυθμιστεί η λειτουργία του και να διασφαλιστούν λύσεις στα παραπάνω προβλήματα. Τέλος, το μοτέρ της αντλίας νερού είναι βυθισμένο στο δοχείο νερού, και η άκρη της αντλίας σε επαφή με τη γλάστρα, ώστε με τη λειτουργία του μοτέρ να ρέει από την αντλία νερό προς το φυτό.



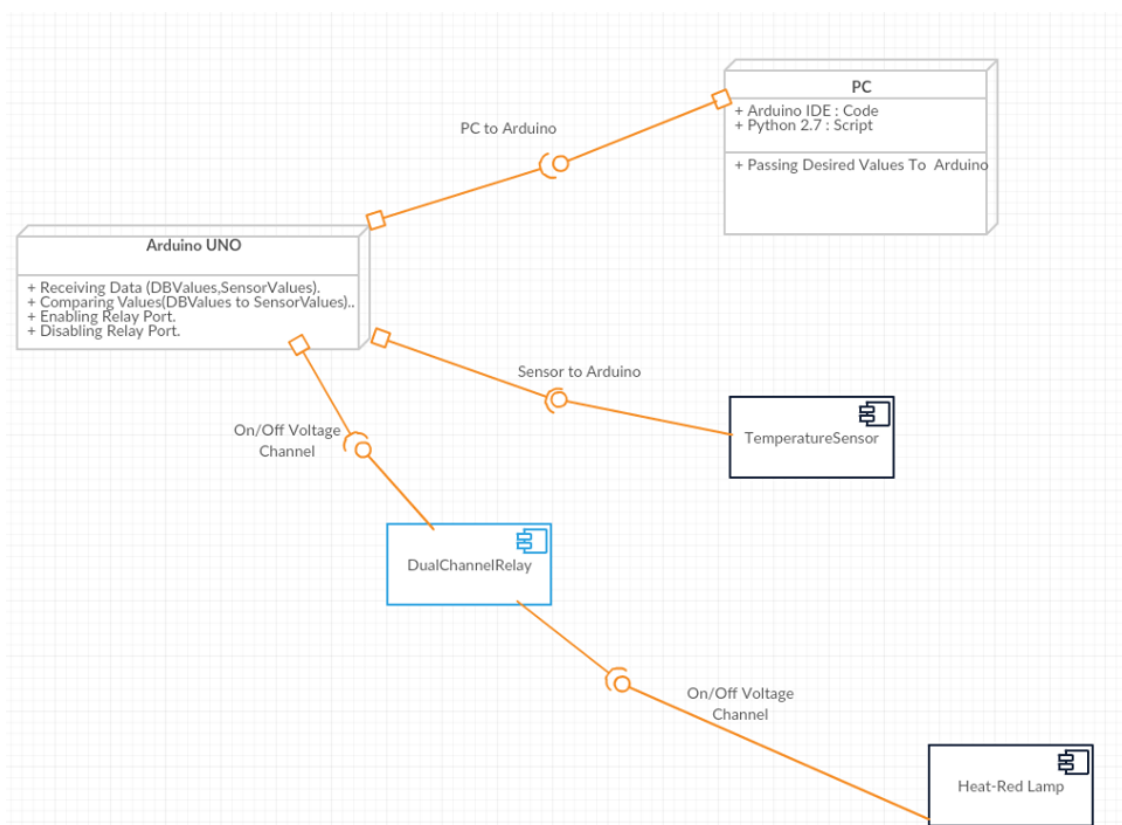
1.10 Αρχιτεκτονικό Διάγραμμα δομής και διασύνδεσης υποσυστήματος μέτρησης και ρύθμισης υγρασίας

- Υποσύστημα μέτρησης και ρύθμισης θερμοκρασίας χώρου (εικόνα 1.11):

1) Σύνδεση του αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας (Temperature Sensor LM35) με τον μικροεπεξεργαστή Arduino. Για την πραγματοποίηση αυτής της σύνδεσης χρησιμοποιήσαμε καλώδια, που καθιστούν την επικοινωνία των δύο αυτών στοιχείων εφικτή με τρόπο όμοιο με αυτόν που πραγματοποιείται η επικοινωνία Arduino-transistor. Δηλαδή : ο αισθητήρας μέτρησης

θερμοκρασίας έχει 3 υποδοχές, προοριζόμενες για τα pin ισχύος, γείωσης και ένα τρίτο αριθμημένο pin, που του επιτρέπει να υποστεί κατάλληλη ρύθμιση μέσω κώδικα στην πλατφόρμα.

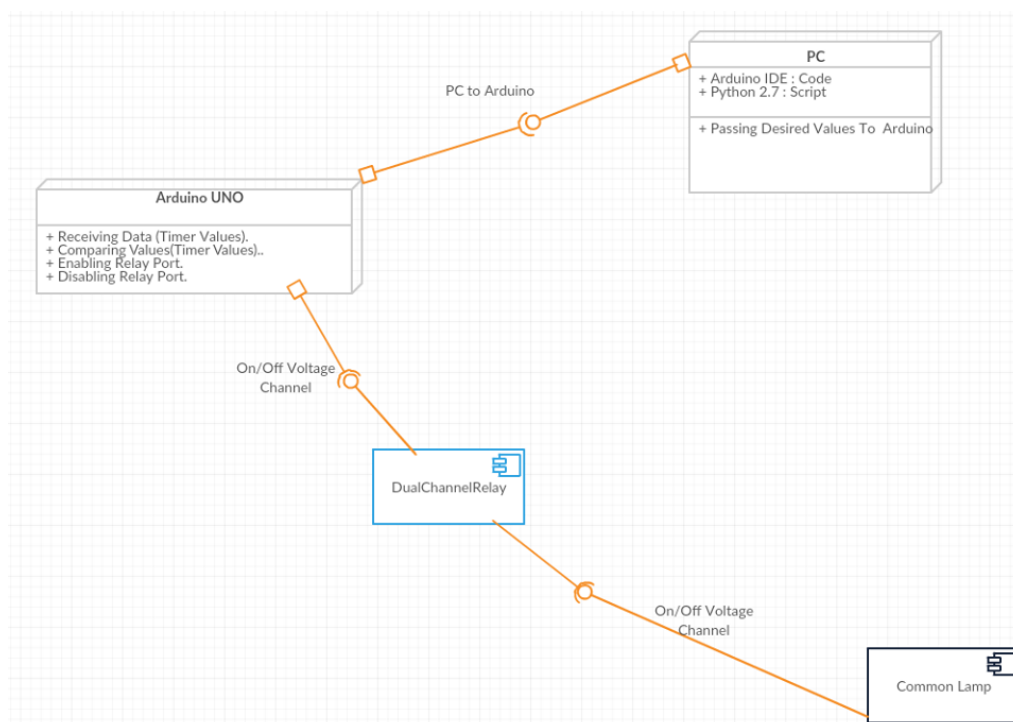
2) Ενσωμάτωση της κόκκινης λάμπας (Heat-Red Lamp 180V) στο υποσύστημα. Για την υλοποίηση της ενσωμάτωσης αυτής είναι αναγκαίες τόσο η σύνδεση της κόκκινης λάμπας με τον μικροεπεξεργαστή Arduino και με το ρυθμιστή εξωτερικής τάσης (2-Channel Relay Module Board), όσο και με πρίζα ρεύματος, λόγω των απαιτητικών αναγκών τάσης της λάμπας που δεν μπορεί να καλύψει ο μικροεπεξεργαστής. Το relay που χρησιμοποιήσαμε (2-Channel Relay Module Board 5V), έχει κοινή τάση και γείωση για τα δύο κανάλια του. Το ένα από τα inputs πυλών (λειτουργούν ως κανάλια), συνδέεται με τον μικροεπεξεργαστή Arduino, σε αριθμημένο και ταυτοποιημένο pin του, προσδίδοντας δυνατότητα αναστολής και έναρξης λειτουργίας της λάμπας όταν οι συνθήκες το απαιτούν, με τη βοήθεια κώδικα και ανεξάρτητα από την λειτουργία του μικροεπεξεργαστή. Τα inputs γείωσης και τάσης του ρυθμιστή εξωτερικής τάσης (relay), συνδέονται με τα αντίστοιχα pin γείωσης και τάσης του μικροεπεξεργαστή Arduino με την βοήθεια καλωδίων. Τέλος, τα δύο καλώδια της κόκκινης λάμπας συνδέονται με το relay αλλά και με την πρίζα ρεύματος για να επιτευχθεί η ρευματοδότησή της.



1.11 Αρχιτεκτονικό Διάγραμμα δομής και διασύνδεσης υποσυστήματος μέτρησης και ρύθμισης θερμοκρασίας

- Υποσύστημα υπεύθυνο για τη ρύθμιση φωτισμού του χώρου (εικόνα 1.12) :

Σύνδεση της λάμπας δωματίου με τον μικροεπεξεργαστή Arduino μέσω του relay και με πρίζα ρεύματος. Η διαδικασία αποτέλεσε επανάληψη της διασύνδεσης της κόκκινης λάμπας, με μόνη διαφορά τη χρήση διαφορετικού αριθμημένου pin του μικροεπεξεργαστή Arduino και του δευτέρου καναλιού του relay, λόγω της κατάληψης του πρώτου από την κόκκινη λάμπα. Το relay, όπως αναφέραμε νωρίτερα, έχει κοινή τάση και γείωση για τα δύο κανάλια, και δεδομένου ότι προηγήθηκε η σύσταση του υποσυστήματος θερμοκρασίας και κατά συνέπεια η διασύνδεση της κόκκινης λάμπας, δεν υπήρξε ανάγκη για περαιτέρω ενέργειες. Τέλος, το δεύτερο καλώδιο της λάμπας δωματίου συνδέεται με πρίζα ρεύματος.



1.12 Αρχιτεκτονικό Διάγραμμα δομής και διασύνδεσης υποσυστήματος ρύθμισης φωτισμού

Εξετάζοντας τις παραπάνω διασυνδέσεις προκύπτει πως τα pin του επεξεργαστή, που είναι ρυθμισμένα για παροχή τάσης και γείωση, δεν είναι επαρκή σε αριθμό για να εξυπηρετήσουν όλα τα συστατικά των υποσυστημάτων. Συνεπώς, η χρήση breadboard ή συσκευής παρόμοιας λειτουργίας καθίσταται απαραίτητη για την επίτευξη της τελικής, συνολικής διασύνδεσης. Οι χωρικοί περιορισμοί, που δημιουργούνται κατά τη διασύνδεση σύνθετων συστημάτων όπως το

έργο αυτό, μπορούν να περιοριστούν με σωστή οργάνωση της καλωδίωσης αλλά και χρήση αρκετών επεκτάσεων καλωδίων.

Η διαδικασία διασύνδεσης ολοκληρώνεται με την παραγωγή κατάλληλου κώδικα. Ο κώδικας, που αφορά στη λειτουργία των συστατικών των υποσυστημάτων, ενεργοποιεί τα pins με τα οποία είναι συνδεδεμένο κάθε συστατικό, στους χρόνους και κατά περίπτωση που είναι αναγκαία η χρήση του για την επίτευξη των απαιτήσεων σχεδιασμού. Δηλαδή, για τη λειτουργία κάθε αισθητήρα (σχεδόν συνεχή), ο κώδικας ενεργοποιεί τα αντίστοιχα αριθμημένα pin (ταυτοποίησης), δίνοντάς τους τη δυνατότητα να διαπεραστούν από ηλεκτρικό ρεύμα, που με την βοήθεια των καλωδίων φτάνει στους αισθητήρες. Αντίστοιχα, όταν οι συνθήκες το απαιτούν (μη συνεχή λειτουργία), με τη βοήθεια του κώδικα, ο μικροεπεξεργαστής Arduino, βάσει του κώδικα, παίρνει μία απόφαση να ενεργοποιήσει το αριθμημένο pin που τον συνδέει με τον εκάστοτε ενεργοποιητή, με αποτέλεσμα την επαναφορά της συνθήκης, για την οποία είναι υπεύθυνος, στο επιθυμητό επίπεδο. Όταν αυτό γίνει, ο μικροεπεξεργαστής Arduino παίρνει την απόφαση να απενεργοποιήσει το αντίστοιχο αριθμημένο pin, αναστέλλοντας τη λειτουργία του ενεργοποιητή. Οι συνθήκες που ορίζονται ως κατάλληλες για έναρξη λειτουργίας του εκάστοτε ενεργοποιητή, έχουν τεθεί στον κώδικα και η απόφαση λαμβάνεται συγκρίνοντας τις τιμές των αισθητήρων με αυτές του κώδικα. Ο ενεργοποιητής που είναι υπεύθυνος για τη ρύθμιση του φωτισμού, ενεργοποιείται μετά από απόφαση που παίρνεται από τον μικροεπεξεργαστή Arduino, με μόνο κριτήριο το χρόνο από την τελευταία ενεργοποίηση του pin με το οποίο είναι συνδεδεμένο το αντίστοιχο κανάλι του relay (το κανάλι 2, που επικοινωνεί με τη λάμπα δωματίου), προσομοιώνοντας τη λειτουργία του ηλίου. Με την ολοκλήρωση των διασυνδέσεων, απαραίτητη διαδικασία είναι η βελτιστοποίηση του κώδικα γύρω από τους χρόνους λειτουργίας, την οργάνωση και τη συνεργασία των συστατικών και υποσυστημάτων, για την απρόσκοπτη και ομαλή λειτουργία του τελικού συστήματος. Η περιπλοκότητα της διαδικασίας βελτιστοποίησης, κατά γενικό κανόνα, τελεί σε συνάρτηση με τον αριθμό και την πολυπλοκότητα των συστατικών και υποσυστημάτων του τελικού συστήματος.

Ο παραπάνω κώδικας είναι ένα τμήμα αυτού που βρίσκεται στην πλατφόρμα Arduino IDE, ενώ το υπόλοιπο τμήμα του τελευταίου είναι υπεύθυνο για διαδικασίες που θα εξετάσουμε στο επόμενο κεφάλαιο.

## 6 Λειτουργία Έργου

Έχοντας περιγράψει τη διαδικασία διασύνδεσης των συστατικών κάθε υποσυστήματος του έργου και έχοντας πλήρη εικόνα για τη λειτουργία κάθε υποσυστήματος όσον αφορά στην επέκτασή του στον φυσικό κόσμο, μπορούμε να εξετάσουμε το λογισμικό, που είναι απαραίτητο για την ολοκλήρωση του συστήματος και κάλυψη του συνόλου των απαιτήσεων δημιουργίας του.

-Πλατφόρμα επικοινωνίας PC με το μικροεπεξεργαστή Arduino (Arduino IDE) : Αναφερθήκαμε ήδη στη συγκεκριμένη πλατφόρμα και τη χρήση της όσον αφορά στη λειτουργία των υποσυστημάτων, όμως ο ρόλος της στο έργο δεν περιορίζεται εκεί. Η πλατφόρμα είναι επίσης ικανή να κρατάει ιστορικό μετρήσεων των αισθητήρων για αρκετή ώρα, όπως και να το παρουσιάζει στο χρήστη εύκολα και οργανωμένα, με τη βοήθεια του serial monitor, που διαθέτει, και με τη συμβολή ενός ακόμα τμήματος κώδικα.

-Πλατφόρμα επικοινωνίας PC με το Arduino IDE (Python 2.7) : Τα δεδομένα που υπάρχουν στο ιστορικό του Arduino IDE, αποθηκεύονται εκεί για κάποια λεπτά, χρόνο όμως ανεπαρκή για την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων ως προς τη λειτουργία του συστήματος και τις συνθήκες, που επικρατούν στο κλειστό περιβάλλον του φυτού. Συνεπώς, πρέπει να αποθηκεύονται κάπου αλλού, κάτι που είναι συνετό και προς αποφυγή μεγάλης επιβάρυνσης του Arduino IDE. Το ρόλο του data extraction (εξαγωγής δεδομένων) έχει ένα τμήμα κώδικα (script σε Python), που τρέχει στην Python 2.7.. Το ίδιο script είναι υπεύθυνο για την προώθηση και αποθήκευση των δεδομένων αυτών στους προκαθορισμένους 'χώρους' (databases – tables – rows ...) της βάσης δεδομένων, αλλά και εξαγωγής δεδομένων από την ίδια τη βάση.

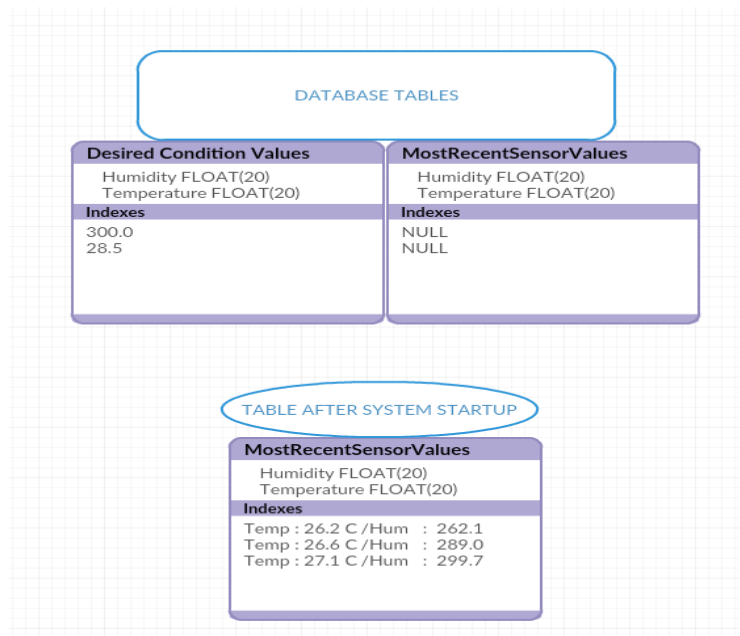
-Βιβλιοθήκη που επιτρέπει την επικοινωνία του παραπάνω script με τη βάση δεδομένων(MySQLdb): Η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη, καλούμενη στην αρχή του script (όντας ενσωματωμένη στην Python 2), με τη βοήθεια κατάλληλου κώδικα , δημιουργεί ένα κανάλι επικοινωνίας του υπολογιστή με το μικροεπεξεργαστή Raspberry Pi, στον οποίο βρίσκεται η βάση δεδομένων, δίνοντας στις δύο συσκευές τη δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών. Για να

επιτευχθεί επικοινωνία, πρέπει ακόμα να υπάρχει δίκτυο, στο οποίο βρίσκονται ταυτόχρονα ο υπολογιστής και ο μικροεπεξεργαστής Raspberry Pi.

-Βιβλιοθήκη που δημιουργεί ένα κανάλι επικοινωνίας κατάλληλων παραμέτρων από το Python Script προς την πλατφόρμα Arduino IDE, για τη μεταφορά του περιεχομένου του πίνακα βάσης δεδομένων που περιέχει τις ιδεατές τιμές συνθηκών και μελλοντική σύγκρισή τους με αυτές των μετρήσεων των αισθητήρων (Serial).

-Βιβλιοθήκη που μετατρέπει τις τιμές που πρόκειται να συγκριθούν στο Arduino IDE προς λήψη αποφάσεων σχετικών με την λειτουργία των ενεργοποιητών σε κοινούς, κατάλληλους προς σύγκριση, τύπους (Struct).

-Βάση δεδομένων : Δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα MySQL, που εγκαταστήσαμε στον μικροεπεξεργαστή Raspberry Pi. Η βάση δεδομένων είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση των δεδομένων στους χώρους που δημιουργήσαμε για το συγκεκριμένο σκοπό. Ταυτόχρονα, σε άλλο αντίστοιχο χώρο (table) υπάρχουν τα δεδομένα, που περιγράφουν τις ιδανικές συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας και άλλων στοιχείων για την ανάπτυξη και διατήρηση του φυτού.



### 1.13 Μορφή Βάσης Δεδομένων

- *6.1 Αλληλεπίδραση συστήματος με το χρήστη του*

Εξετάζοντας περαιτέρω το απαραίτητο λογισμικό για τη λειτουργία του τελικού έργου, προκύπτει πως ο χρήστης του έχει αρκετές δυνατότητες αλλά και περιορισμούς όσον αφορά τη διεπαφή του με το σύστημα. Συγκεκριμένα, έχει δυνατότητα διεπαφής με τον κώδικα που περιλαμβάνουν τα Arduino IDE και Python Script και συνεπώς το “δικαίωμα” να παραμετροποιήσει με πολλούς τρόπους το έργο. Κάποιοι από αυτούς είναι οι παρακάτω :

1) Δυνατότητα αλλαγής δράσης του χρονομετρητή λειτουργίας της λάμπας φωτός ως προς τη μονάδα μέτρησης του (δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρες ή άλλα τεχνητά διαμορφωμένα χρονικά διαστήματα), αλλά και τις τιμές ενεργοποίησής της λάμπας δωματίου μέσω επεξεργασίας του κατάλληλου τμήματος κώδικα του Python Script και του Arduino IDE αντίστοιχα. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να επηρεάσει τους χρόνους λειτουργίας της λάμπας φωτός (δηλαδή να υπάρχει πιο συχνή ή αραιή χρονικά λειτουργία).

2) Δυνατότητα αλλαγής τιμών έναρξης και τερματισμού λειτουργίας των ενεργοποιητών, μέσω πρόσβασης στη βάση που εμπεριέχει τις ιδεατές τιμές σχετιζόμενες με κάθε ενεργοποιητή και αλλαγή αυτών, από το Python Script. Ταυτόχρονα, υπάρχει δυνατότητα αλλαγής των μέγιστων θεμιτών αποκλίσεων από αυτές μεταβάλλοντας το αντίστοιχο τμήμα κώδικα της πλατφόρμας Arduino IDE. Το αποτέλεσμα αντίστοιχων μετατροπών στον κώδικα, είναι η μεταβολή των χρόνων και της αποδοτικότητας της λειτουργίας των ενεργοποιητών.

3) Δυνατότητα αλλαγής αριθμού δειγμάτων πριν την εξαγωγή του μέσου όρου και διαγραφής των περιεχομένων του αντίστοιχου table τιμών της βάσης δεδομένων. Αυτή η διαδικασία περιγράφεται, ως προς τη σημασία της και το χρόνο που λαμβάνει χώρα, στο κεφάλαιο της τελικής διαμόρφωσης και λειτουργίας του έργου.

4) Δυνατότητα αλλαγής αριθμού μετρήσεων αισθητήρων που αποστέλλονται από το Arduino Serial Monitor στον κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο (table) της βάσης δεδομένων με κάθε επανάληψη του κώδικα. Η ύπαρξη της συγκεκριμένης δυνατότητας είναι σημαντική σε περίπτωση αύξησης του αριθμού υποσυστημάτων, προς αποφυγή ακατάλληλης αντιστοίχισης χρονισμών και τιμών, δηλαδή ώστε να αντιστοιχούν πάντα οι τιμές που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων με τη δεδομένη χρονική στιγμή.

5) Δυνατότητα αναστολής και έναρξης λειτουργίας των ενεργοποιητών, ανεξαρτήτως μετρήσεων των αισθητήρων του αντίστοιχου υποσυστήματος. Η συγκεκριμένη δυνατότητα είναι σημαντική σε περίπτωση υποψίας βλάβης αισθητήρα. Σε τέτοια περίπτωση συνιστάται η

αντικατάσταση της μεθόδου συγκρίσεων τιμών με χρονομετρητή λειτουργίας του ενεργοποιητή, δηλαδή η εκλέπτυνση του υποσυστήματος και του αντίστοιχου ενεργοποιητή σε προσομοίωση του τρόπου λειτουργίας του υποσυστήματος ρύθμισης φωτισμού και της λάμπας δωματίου, μέχρι να υπάρξει αντικατάσταση του δυσλειτουργικού αισθητήρα.

6) Δυνατότητα αλλαγής του χρόνου λειτουργίας του έργου. Τέτοιες αλλαγές είναι προσθήκες και αφαιρέσεις ενσωματωμένων χρόνων αναμονής ενεργειών στον κώδικα, αν υπάρχουν αντίστοιχες απαιτήσεις. Η συγκεκριμένη δυνατότητα είναι επιθυμητή σε περίπτωση κλιμάκωσης της πολυπλοκότητας του έργου μέσω προσθήκης περισσότερων επεξεργαστών ή υποσυστημάτων, και συνεπώς ανάγκης διαφορετικού συγχρονισμού μεταγωγής δεδομένων και μετρήσεων από τον ήδη υπάρχον.

Οι αλλαγές που μπορούν να γίνουν στο σύστημα μέσω των παραπάνω δυνατοτήτων δεν “λογοδοτούν” σε χρονικούς περιορισμούς όσον αφορά τη λειτουργία του συστήματος. Συνεπώς, μπορούν να γίνουν όσο το σύστημα είναι είτε ενεργό, είτε σε κατάσταση αναστολής. Η μόνη επιπλοκή που προκύπτει, για κάποιες από αυτές, είναι πως τίθεται απαραίτητη η επανεκκίνηση της λειτουργίας του συστήματος, ώστε να ισχύσουν.

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να επισημάνουμε πως η απαραίτητη διεπαφή του χρήστη με το σύστημα προς την επίτευξη των παραπάνω αλλαγών απαιτεί βαθιά κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος και προϋποθέτει υπόβαθρο γνώσεων παραγωγής και επεξεργασίας του αντίστοιχου, κατάλληλου τμήματος κώδικα (Δηλαδή δεν είναι μία “User Friendly” τύπου διεπαφή). Ως άμεσο συμπέρασμα των παραπάνω προκύπτει πως ο περιορισμός του χρήστη στην άσκηση κάποιων ή όλων των παραπάνω δυνατοτήτων, είναι συχνά θεμιτός ή απαραίτητος για εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του συστήματος. Ένας άπειρος χρήστης μπορεί μέσω διεπαφής με τον κώδικα να καταστήσει το σύστημα μη λειτουργικό ως προς τις απαιτήσεις δημιουργίας του. Ο θεμιτός βαθμός περιορισμού πρέπει να διασφαλισθεί από τον δημιουργό ή διαχειριστή του συστήματος ανά περίπτωση, κατά την φάση της ολοκλήρωσης του έργου.



- *6.2 Συστήματα Παρόμοιας Λειτουργίας και Δυνατοτήτων*

Από το διαμοιρασμό του λογισμικού στις συσκευές, μπορούν να συναχθούν τα εξής συμπεράσματα:

1)Ο μικροεπεξεργαστής Arduino, χωρίς την πλατφόρμα Arduino IDE, δεν μπορεί να δεχθεί κώδικα και συνεπώς αδυνατεί να λειτουργήσει ως παροχέας τάσης των αισθητήρων και ενεργοποιητών, καθώς δεν θα υπάρχουν συνθήκες ρευματοδότησης των αριθμημένων pin, που συνδέονται με αυτούς.

2)Μπορούν να προκύψουν απλοϊκότερα συστήματα από το συγκεκριμένο έργο, αφαιρώντας τμήματα κώδικα και άλλου λογισμικού. Το ίδιο σύστημα, αν οι απαιτήσεις δεν το υπαγορεύουν, μπορεί να λειτουργήσει χωρίς βάση δεδομένων, και συνεπώς χωρίς τον μικροεπεξεργαστή Raspberry Pi, ή και χωρίς την ανάγκη συνεχούς επικοινωνίας με υπολογιστή (αφότου το Arduino αποθηκεύσει τον κώδικα του Arduino IDE). Ταυτόχρονα, αφαιρώντας τα αντίστοιχα τμήματα κώδικα από την πλατφόρμα Arduino IDE και το Python script, θα προκύψει λειτουργικό σύστημα με λιγότερα υποσυστήματα.

3)Επίσης, υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας συστήματος όμοιας λειτουργίας, με την απουσία είτε του υπολογιστή είτε του μικροεπεξεργαστή Raspberry Pi, διαμοιράζοντας όλο το λογισμικό στην παρούσα υπό κάθε συνθήκη συσκευή. Οι λόγοι, που σχεδιάσαμε το σύστημα κατά μία συσκευή περισσότερη από τον αριθμό των απολύτως απαραίτητων, είναι αρκετοί και αφορούν στη λειτουργία, στο σχεδιασμό και στις δυνατότητες αύξησης πολυπλοκότητας του έργου, αν αυτή απαιτείται.

Συγκεκριμένα, ένα όμοιο λειτουργικά σύστημα, σχεδιασμένο με χρήση δύο αντί τριών μικροεπεξεργαστών μπορεί να έχει κάνει χρήση των εξής δύο ζευγών υπολογιστικών συσκευών :

1)Μικροεπεξεργαστής Arduino - Μικροεπεξεργαστής Raspberry Pi

2)Μικροεπεξεργαστής Arduino - Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (Pc)

Δοκιμάζοντας στην πράξη και τους δύο τύπους διασυνδέσεων, προέκυψαν προβλήματα στη λειτουργικότητα του έργου.

Όσον αφορά την πρώτου τύπου διασύνδεση, οι διαφορές από την τελική μορφή του έργου, αφορούν κυρίως στο λειτουργικό και όχι τόσο στο υλικό. Ειδικότερα: Τα υποσυστήματα (μέτρησης και ρύθμισης θερμοκρασίας και υγρασίας, ρύθμισης φωτισμού) είναι συνδεδεμένα με τον ίδιο

ακριβώς τρόπο, που περιγράψαμε νωρίτερα στο μικροεπεξεργαστή Arduino. Όμως, η πλατφόρμα Arduino IDE, η Python 2.7 και η βάση δεδομένων MySQL λειτουργούν στο μικροεπεξεργαστή Raspberry Pi. Συγκρίνοντας αυτή τη διασύνδεση με την τελική μορφή του έργου, παρατηρούμε τα εξής:

- 1) Έχει πολύ μικρότερο κόστος δημιουργίας, καθώς ο ηλεκτρονικός υπολογιστής έχει αρκετά μεγαλύτερη αγοραστική αξία από τους μικροεπεξεργαστές.
- 2) Υπάρχει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, καθώς έχουμε μικρότερο αριθμό διασυνδέσεων και συσκευών. Στο συγκεκριμένο σύστημα δεν είναι απαραίτητη η χρήση οθόνης (monitor) παρά μόνο για τη διεπαφή του χρήστη με τη βάση δεδομένων.
- 3) Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί σημαντικά λιγότερο χώρο (ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι πολύ ογκώδης συγκριτικά με τους μικροεπεξεργαστές).
- 4) Δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης κάποιου διαύλου επικοινωνίας (δικτύου), πέραν της φυσικής διασύνδεσης μεταξύ των μικροεπεξεργαστών Arduino και Raspberry Pi. Αυτό συνεπάγεται αρκετά ευκολότερη παραγωγή κατάλληλου κώδικα Python.
- 5) Το Raspberry Pi, έχοντας περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ και σηκώνοντας όλο το βάρος του λογισμικού αποκλειστικά, πολλές φορές, έχει μεγάλους χρόνους απόκρισης και κατά συνέπεια κάνει μεταγωγή δεδομένων, που δεν αντιστοιχούν στη δεδομένη χρονική στιγμή.

Η διασύνδεση δευτέρου τύπου (μικροεπεξεργαστής Arduino – Ηλεκτρονικός Υπολογιστής), διαφέρει στην πράξη από την πρώτη μόνο στο γεγονός πως το απαραίτητο λογισμικό λειτουργεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η διασύνδεση αυτή έχει επίσης κάποια προτερήματα συγκριτικά με τη μορφή του τελικού έργου. Τα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω :

- 1) Μικρότερο κόστος δημιουργίας και μειωμένη κατανάλωση ενέργειας (οι διαφορές δεν είναι τόσο μεγάλες όσο αυτές της πρώτης διασύνδεσης με το έργο, αν και παραμένουν αισθητές). Αυτό συμβαίνει για όμοιο λόγο με την πρώτη περίπτωση (λιγότερες διασυνδέσεις, λιγότερες συσκευές που πρέπει να ρευματοδοτηθούν και μειωμένη πολυπλοκότητα συστήματος).
- 2) Επίσης δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης καναλιού επικοινωνίας (δικτύου), πέραν της φυσικής διασύνδεσης του μικροεπεξεργαστή Arduino και του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Τα μειονεκτήματα θα προκύψουν αναλύοντας τους λόγους που καταλήξαμε στο σύστημα που περιλαμβάνει και τις τρεις υπολογιστικές συσκευές. Οι λόγοι αυτοί αφορούν την οργάνωση της βάσης δεδομένων γύρω από τα δικαιώματα των χρηστών του έργου, την καλύτερη επίβλεψη των συνθηκών αλλά και τον τρόπο επέκτασης του έργου προς την κάλυψη αναγκών περισσότερων φυτών.

- *6.3 Λόγοι Επιλογής Τελικής Μορφής Υποσυστήματος*

Σε κάθε από τα παραπάνω δύο συστήματα, δεν υπάρχει δυνατότητα επίβλεψης της καλλιέργειας από απόσταση, και συνεπώς δεν δίνουν λύση στην ανάγκη συνεχής παρουσίας κάποιου ειδικού. Αντιθέτως, προσομοιώνοντας συνθήκες απομακρυσμένης πρόσβασης (remote access) στη βάση, δείχνουμε πως ο χρήστης του έργου μπορεί να αποφύγει τον περιορισμό που θέτει η ανάγκη συνεχής παρουσίας του στην καλλιέργεια, και να παρευρίσκεται μόνο όταν οι τιμές στη βάση δείχνουν, για τις επιβλεπόμενες συνθήκες, ανησυχητικές αποκλίσεις. Επιπλέον, οργανώνοντας τη βάση δεδομένων, μπορούμε να δώσουμε πρόσβαση σε παραπάνω από έναν χρήστες, η οποία μπορεί να είναι διαφορετικού τύπου (Read Only, Read And Write κ.λπ.). Ακόμα, μπορεί κάποιος ακόμα και να μεταβάλλει τη λειτουργία των ενεργοποιητών και τις συνθήκες έναρξης λειτουργίας τους, απλώς και μόνο έχοντας πρόσβαση στη βάση που είναι αποθηκευμένες οι αντίστοιχες τιμές και επεξεργάζοντάς τες. Τέλος, το έργο με τη σημερινή μορφή του, είναι πολύ ευκολότερο να παραμετροποιηθεί ώστε να μπορεί να καλύψει ανάγκες μεγαλύτερων καλλιεργειών. Σε τέτοια περίπτωση, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ή ο μικροεπεξεργαστής Raspberry Pi (ανάλογα σε ποια συσκευή έχει δημιουργηθεί η βάση δεδομένων) θα συλλέγουν τα στοιχεία από τα serial monitor των μικροεπεξεργαστών Arduino με τον ίδιο τρόπο, μεταδίδοντάς τα αργότερα στην άλλη συσκευή και στη βάση δεδομένων.

## • 6.4 Τελική Διαμόρφωση και Λειτουργία

Έχοντας στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράψει το σύνολο των συστατικών και υποσυστημάτων, τόσο του υλικού όσο και του λογισμικού του έργου, μπορούμε πλέον να εξετάσουμε τη διαδικασία λειτουργίας του, τα δυνατά αποτελέσματά της και τη ροή πληροφορίας, που ακολουθεί το συνολικό σύστημα.

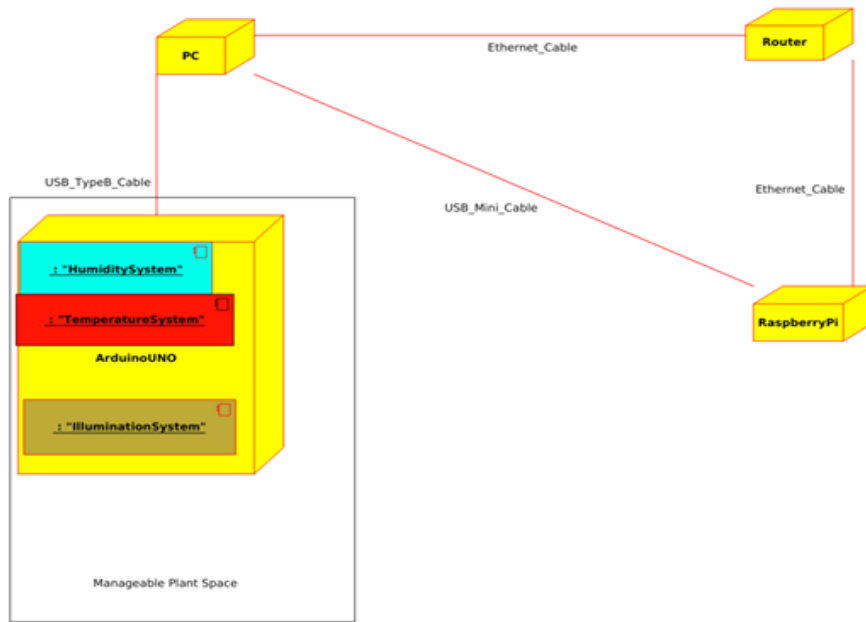
Αρχικά, δεδομένου ότι οι διασυνδέσεις των υποσυστημάτων, όπως ακριβώς περιγράφονται στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχουν ολοκληρωθεί, συνδέουμε τα υπόλοιπα στοιχεία (λάμπα δωματίου, κόκκινη λάμπα, ηλεκτρονικό υπολογιστή) σε πρίζες ρεύματος. Στη συνέχεια, συνδέουμε το μικροεπεξεργαστή Arduino με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και αυτόν μαζί με τον μικροεπεξεργαστή Raspberry Pi στο router του δικτύου (χρησιμοποιήσαμε τοπικό δίκτυο στην τελική μορφή), που θα χρησιμοποιήσουμε, με καλώδιο Ethernet. Έτσι, το σύστημα ρευματοδοτείται πλήρως.

Τρέχουμε το script της Python, που δημιουργήσαμε για την επικοινωνία του μικροεπεξεργαστή Arduino με τη βάση δεδομένων MySQL και ανοίγουμε την πλατφόρμα Arduino IDE, ώστε να θέσουμε σε λειτουργία τον κώδικα (σε περίπτωση που δεν είναι ήδη αποθηκευμένος στο μικροεπεξεργαστή Arduino) και το πρόγραμμα της MySQL, στο οποίο έχει αποθηκευτεί η βάση δεδομένων. Πλέον το σύστημα έχει τεθεί σε λειτουργία και προβαίνει στις προκαθορισμένες ενέργειες μέτρησης, σύγκρισης και αποθήκευσης δεδομένων. Η σειρά και ο τρόπος, με τους οποίους λαμβάνουν χώρα οι ενέργειες αυτές, είναι το θέμα που θα παραθέσουμε στη συνέχεια.

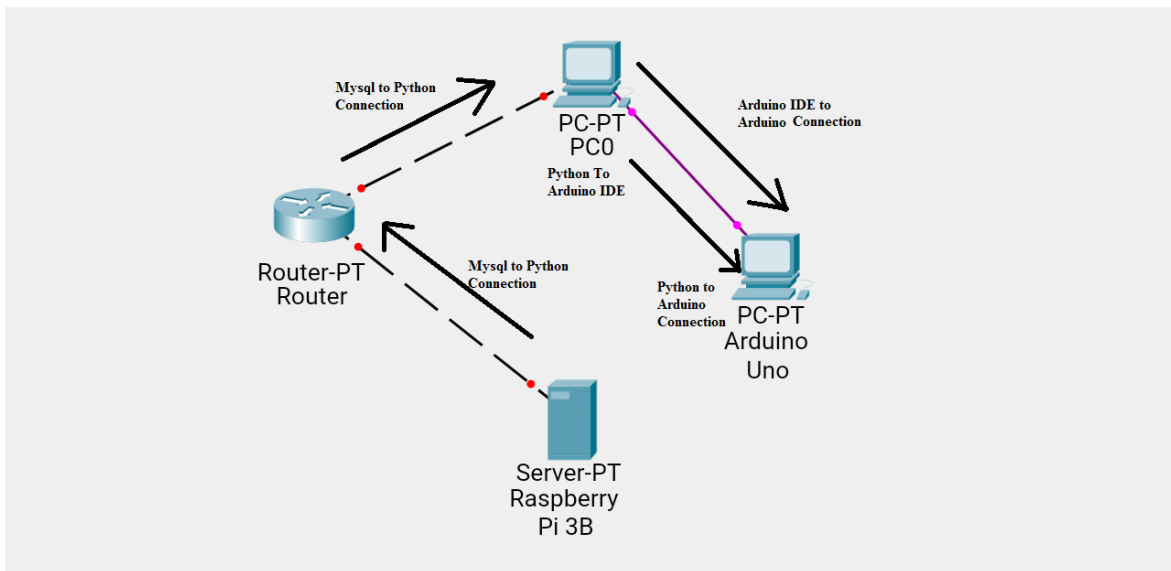
Αφού τρέξουμε το script της Python, το πρώτο πράγμα που κάνει είναι να δημιουργήσει κανάλι επικοινωνίας με τη βάση δεδομένων (δηλαδή μεταξύ ηλεκτρονικού υπολογιστή και μικροεπεξεργαστή Raspberry Pi), χρησιμοποιώντας το κοινό δίκτυο. Για να συμβεί αυτό, γίνεται χρήση της βιβλιοθήκης MySQLdb. Επίσης, δημιουργεί κανάλι επικοινωνίας της Python με την πλατφόρμα Arduino IDE με χρήση της βιβλιοθήκης Serial (και οι δύο εφαρμογές βρίσκονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή). Αφού τρέξουμε τον κώδικα της πλατφόρμας Arduino IDE, ενεργοποιούνται τα αριθμημένα pin, όπου βρίσκονται οι αισθητήρες, οι οποίοι αρχίζουν να λαμβάνουν μετρήσεις, αποθηκευόμενες προσωρινά στο Arduino Serial Monitor. Στη συνέχεια, το script της Python, μεταφέρει στο Arduino IDE τις τιμές, που λειτουργούν ως όρια ενεργοποίησης των actuators (Κόκκινη λάμπα, αντλία νερού, λάμπα δωματίου), όπως είναι αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων. Το script της Python ταυτόχρονα μεταφέρει τις τιμές του Arduino Serial Monitor στη κατάλληλη βάση δεδομένων, δημιουργημένη για την αποθήκευσή τους. Το Arduino IDE

συνεχίζει να συγκρίνει τις τιμές μέτρησης των αισθητήρων με αυτές των ορίων ενεργοποίησης των actuators, που έλαβε από τη βάση δεδομένων. Σε περίπτωση υπέρβασης της μέγιστης τυπικής απόκλισης που θέτουν τα όρια, ενεργοποιεί τα αριθμημένα pin, στα οποία είναι διασυνδεδεμένοι οι actuators, θέτοντας τους σε λειτουργία. Όταν επιτευχθεί η πρώτη τιμή, που δεν ξεπερνά το μέγιστο επιθυμητό όριο απόκλισης για κάθε αισθητήρα, το Arduino αναστέλλει την λειτουργία του αντίστοιχου actuator (που ανήκει στο ίδιο υποσύστημα). Οι διαδικασίες μέτρησης, αποθήκευσης των μετρήσεων στη βάση δεδομένων και ενεργοποίησης των actuator όταν αυτό απαιτείται, επαναλαμβάνονται συνεχώς, όσο λειτουργεί το σύστημα. Τέλος, υπάρχουν δύο χρονομετρητές στο script της Python, οι οποίοι αναστέλλουν τη λειτουργία της λάμπας δωματίου και διαγράφουν τις τιμές της βάσης δεδομένων, αποθηκεύοντας το μέσο όρο αυτών για κάθε στοιχείο (υγρασία, θερμοκρασία) σε μία άλλη βάση, δημιουργώντας δεδομένα, από τα οποία μπορούμε να εξάγουμε μακροπρόθεσμα συμπεράσματα. Για να είναι εφικτές οι παραπάνω μεταφορές και συγκρίσεις δεδομένων (καθώς συγκρίσεις υπάρχουν μόνο μεταξύ ίδιων τύπων δεδομένων), είναι απαραίτητο οι μεταβλητές να έχουν την επιθυμητή κατά κανόνα μορφή. Εξετάζοντας για κάθε τέτοιου τύπου διαδικασία ξεχωριστά :

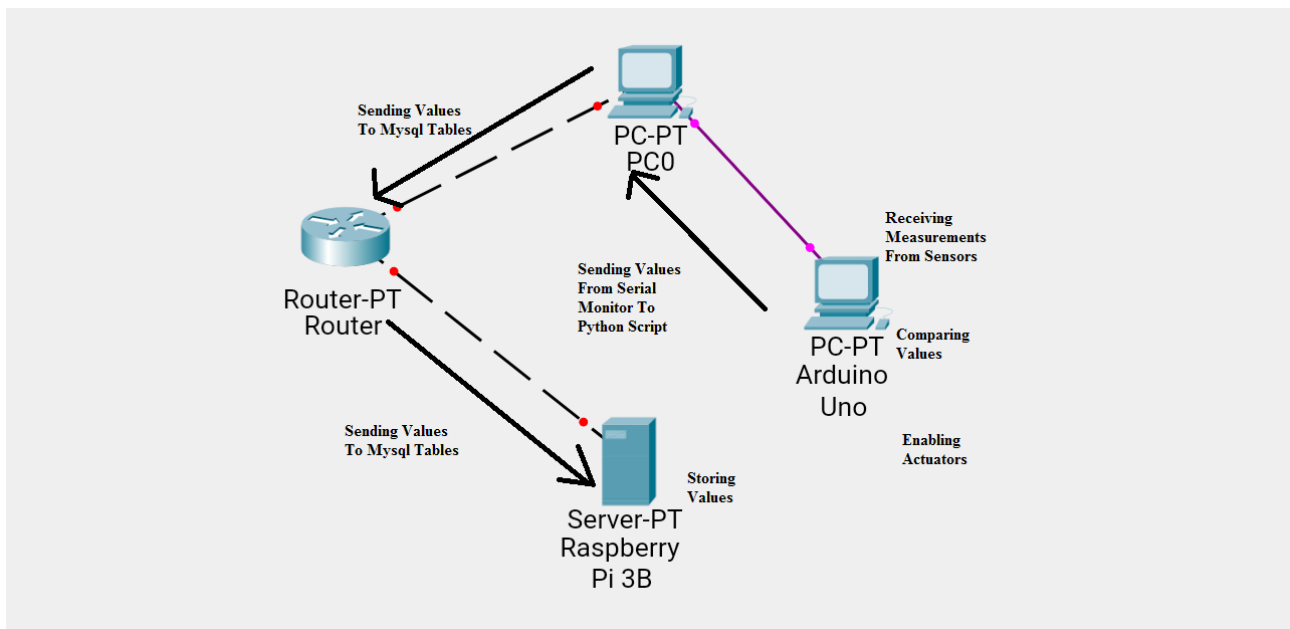
Τα στοιχεία που περιέχει ο χώρος ιδεατών συνθηκών της βάσης δεδομένων, αρχικά έχουν μορφή τύπου “float”. Για να μεταβιβασθούν από το Python Script (που κάνει την εξαγωγή τους) στην πλατφόρμα Arduino IDE και να αναγνωρισθούν από αυτήν, πρέπει να περάσουν καταχωρημένα σε μονοδιάστατο πίνακα από το κανάλι επικοινωνίας που δημιουργήθηκε από τη βιβλιοθήκη Serial. Αυτό συμβαίνει μετατρέποντας τα δεδομένα σε πακέτα τύπου δυαδικής μορφής και αργότερα επαναφορά τους σε τύπο “float” προς σύγκριση με της τιμές μέτρησης των αισθητήρων του Serial Monitor. Οι μετρήσεις των αισθητήρων, αντίστοιχα οργανώνονται με άλλα σχετικά δεδομένα σε πακέτα τύπου “String” και αποστέλλονται μέσω του ίδιου καναλιού επικοινωνίας στο Script της Python. Με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης MySQLdb μεταφέρονται στις κατάλληλα οργανωμένες θέσεις της βάσης δεδομένων, αφού μετατραπούν ξανά σε μεταβλητές τύπου “float”. Οι διαδικασίες αυτές, συμβαίνουν με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης Struct που καλείται στο Python Script.



1.14 Deployment diagram φυσικής χωροθέτησης συστήματος



1.15 Έναρξη Λειτουργίας



1.16 Ολοκλήρωση Κύκλου Λειτουργίας

- 6.5 Αύξηση και Επέκταση Δυνατοτήτων

Το έργο, καλύπτει κάθε ανάγκη που μπορεί να προκύψει όσον αφορά τη μέτρηση και ρύθμιση της υγρασίας και θερμοκρασίας και ρύθμιση του φωτός, στο χώρο που βρίσκεται το φυτό, όμως δεν ανταποκρίνεται σε απαιτήσεις διαφορετικού τύπου, που αφορούν άλλα υποσυστήματα για να ικανοποιηθούν. Βάσει της διασύνδεσης της τελικής μορφής του έργου, είναι αρκετά εύκολο να ενσωματώσουμε υποσύστημα μέτρησης και ρύθμισης pH, και ρύθμισης λιπάσματος. Η διαδικασία είναι παρόμοια με αυτές των διασυνδέσεων των υπάρχοντων υποσυστημάτων με το κόστος να παραμένει σχετικά μικρό. Επίσης, αν οι συνθήκες το απαιτούν, μπορεί να προστεθεί αισθητήρας μέτρησης φωτός (σε περίπτωση που το ελεγχόμενο περιβάλλον βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο), και κατάλληλη ρύθμιση των συνθηκών λειτουργίας της λάμπας δωματίου (συγκεκριμένες τιμές φωτεινότητας αντί για χρονομετρητή), κάτι που θα ελάττωνε και την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος. Οι παραπάνω υλοποιήσεις απαιτούν αλλαγές στον κώδικα του Arduino IDE, στο τμήμα των μετρήσεων και εμφάνισής τους στο serial monitor, στην βάση δεδομένων που είναι αποθηκευμένες οι ιδεατές συνθήκες, και στον κώδικα Python που μεταφέρει αυτές στο Arduino IDE sketch. Περαιτέρω δυνατές διαφοροποιήσεις στο σύστημα, προς βελτίωση του, περιέχουν αλλά δεν περιορίζονται στις παρακάτω :

1) Χρήση ασύρματης διασύνδεσης για την επικοινωνία Pc – Raspberry Pi. Αυτή η ενέργεια συνεπάγεται τη μη απαραίτητη χρήση καλωδίου Ethernet, αφού ο υπολογιστής και ο μικροεπεξεργαστής Raspberry Pi μπορούν να συνδεθούν στον ίδιο δρομολογητή μέσω Wi-Fi.

2) Δημιουργία ιστοσελίδας όπου εμφανίζονται με την επιθυμητή μορφή (γραφημάτων και λοιπών σχεδιαγραμμάτων) οι τελευταίες μετρήσεις των αισθητήρων. Μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση κάποιας γλώσσας διαδικτυακού προγραμματισμού και το απαραίτητο λογισμικό. Σε τέτοια περίπτωση, μπορεί κάποιος ανεξαρτήτου απόστασης, έχοντας πρόσβαση στο Internet να βλέπει τις συνθήκες που επικρατούν στην καλλιέργεια.

## • 6.6 Επίλογος

Έχοντας ολοκληρώσει το έργο, μπορούμε πλέον να συμπεράνουμε πως η αρχική υπόθεση, δηλαδή ότι το IoT (Internet of Things) μπορεί να δώσει λύση σε πολλά από τα προβλήματα που αφορούν τις σύγχρονες καλλιέργειες, είναι αληθής και ότι η υλοποίηση μίας τέτοιας λύσης δεν πραγματοποιείται απαραίτητα μέσω μεγάλης οικονομικής επιβάρυνσης προς το χρήστη της. Ταυτόχρονα, περιπλοκότερες υλοποιήσεις από το συγκεκριμένο έργο, θα μπορούν μελλοντικά να ικανοποιήσουν απαιτήσεις πολύ συνθετότερων βιοτικά και μεγαλύτερων χωρικά καλλιεργειών. Τελικά, τέτοια συστήματα αποτελούν, ευκολότερα στη ρύθμιση και προσαρμογή και αποδοτικότερα στη λειτουργία τους εργαλεία, από αυτά που παρέχουν οι σύγχρονες μέθοδοι απλού αυτοματισμού.



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Σύγχρονα προβλήματα και προοπτικές ανάπτυξης της καλλιέργειας των οσπρίων στην Ελλάδα – Δρ. Δημήτριος Βλαχοστέργιος, έκδοσης του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. (Εθνικό Ινστιτούτο Αγροτικής Έρευνας) Μάιος 2010.

-Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi- Charles Bell, έκδοσης Apress, 2013.

-Mobile Interaction with the Internet of Things- Sven Siorpaes, Gregor Broll, Massimo Paolucci, Enrico Rukzio, John Hamard, Matthias Wagner, Albrecht Schmidt. Το άρθρο δημοσιεύτηκε στην Computing Now τον Δεκέμβριο του 2009, προτύπου IEEE.

-Vision and Challenges for Realizing the Internet of Things- Harald Sundmaeker, Patrick Guillemin, Peter Friess, Sylvie Woelffle. Το άρθρο εκδόθηκε από την CERP-IoT (Cluster of European Research Projects on the Internet of Things), τον Μάρτιο του 2010.

-MySQL Cookbook- Paul DuBois. Το βιβλίο δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο του 2009 από τον εκδοτικό οίκο O'Reilly Media.

-Learning Python 2nd Edition- Mark Lutz. Το βιβλίο δημοσιεύτηκε τον Φεβρουάριο του 2009 από τον εκδοτικό οίκο O'Reilly Media.

-Εισαγωγή στον Κινητό και Διάχυτο Υπολογισμό- Ανδρέας Κομνινός. Το άρθρο δημοσιεύτηκε στην ιστοσελίδα του πανεπιστημίου Πατρών το Μάιο του 2012.