



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

Κατασκευή Θαλάμου Επώασης με Χρήση Μικροεπεξεργαστή

Κυριάκος Εμμανουήλ

Αριθμός Μητρώου: 48014043

Επιβλέπων Καθηγητής

Γκλώτσος Δημήτριος, Καθηγητής

Αθήνα 24/07/2023

Η τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Γκλώτσος Δημήτριος
Καθηγητής Τμήμα
Μηχανικών Βιοϊατρικής

Παντελεήμων Ασβεστάς
Καθηγητής Τμήμα
Μηχανικών Βιοϊατρικής

Σπυρίδων Κωστόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Μηχανικών
Βιοϊατρικής

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Κυριάκος Εμμανουήλ του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 48014043 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ημερομηνία

24/07/2023

Ο Δηλών

Κυριάκος Εμμανουήλ



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχίζοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Δημήτριο Γκλώτσο για την καθοδήγηση του καθώς και την υπομονή του. Επιπλέον , θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπαλλήλους του νεφρολογικού κέντρου Φροντίς που μοιράστηκαν μαζί μου τις γνώσεις του στο θέμα της καλλιέργειας μικροοργανισμών μέσω θαλάμου επώασης. Επιπρόσθετα είναι υποχρέωση μου να αφιερώσω την διπλωματική αυτή εργασία στους γονείς μου που υπήρξαν στήριγμα όλα τα χρόνια φοίτησης μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Στόχος αυτής της εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός θαλάμου επώασης για βακτηριακή καλλιέργεια χρησιμοποιώντας προσβάσιμα υλικά και εξαρτήματα. Η θερμοκοιτίδα θα παρέχει ένα ελεγχόμενο περιβάλλον απαραίτητο για την ανάπτυξη και τη μελέτη των βακτηρίων. Η εργασία εστιάζει στη δημιουργία μιας λειτουργικής και οικονομικά αποδοτικής λύσης που πληροί τις απαιτήσεις θερμοκρασίας για βέλτιστη ανάπτυξη βακτηρίων.

Ο θάλαμος επώασης θα ενσωματώνει βασικά χαρακτηριστικά όπως έλεγχο θερμοκρασίας, δυνατότητες παρακολούθησης και φιλική προς το χρήστη διεπαφή. Θα σχεδιαστεί για να διασφαλίζει την ενεργειακή απόδοση, την ευκολία συναρμολόγησης και την οικονομική προσιτότητα, καθιστώντας το προσβάσιμο σε ερευνητές και εκπαιδευτικούς με περιορισμένους πόρους.

Η εργασία θα χρησιμοποιήσει έναν αισθητήρα θερμοκρασίας LM35 για την ακριβή παρακολούθηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θαλάμου. Ένας μικροελεγκτής Arduino θα προγραμματιστεί να ελέγχει μια μονάδα ρελέ, η οποία θα ρυθμίζει την παροχή ρεύματος σε μια λάμπα πυρακτώσεως. Το σύστημα θα σχεδιαστεί για να διατηρεί το επιθυμητό εύρος θερμοκρασίας για την ανάπτυξη βακτηρίων.

Επιπλέον, θα ενσωματωθεί μια οθόνη LCD για να παρέχει ενδείξεις θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο και φιλική προς το χρήστη διεπαφή για παρακολούθηση. Η οθόνη LCD θα συνδεθεί μέσω μιας μονάδας I2C για να μειωθεί η πολυπλοκότητα της καλωδίωσης.

Με την ολοκλήρωση αυτού του έργου, θα δημιουργηθεί ένας λειτουργικός θάλαμος επώασης, παρέχοντας σε ερευνητές και εκπαιδευτικούς μια οικονομικά αποδοτική λύση για την καλλιέργεια βακτηρίων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ΘΑΛΑΜΟΣ ΕΠΩΑΣΗΣ , ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ , ΚΥΚΛΩΜΑ , ΚΩΔΙΚΑΣ , ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

SUMMARY – KEY WORDS

The aim of this project is to design and develop an incubation chamber for bacterial cultivation using accessible materials and components. The incubator will provide a controlled environment necessary for the growth and study of bacteria. The project focuses on creating a functional and cost-effective solution that meets the temperature requirements for optimal bacterial growth.

The incubation chamber will incorporate essential features such as temperature control, monitoring capabilities, and a user-friendly interface. It will be designed to ensure energy efficiency, ease of assembly, and affordability, making it accessible to researchers and educators with limited resources.

The project will use an LM35 temperature sensor to accurately monitor the temperature inside the chamber. An Arduino microcontroller will be programmed to control a relay module, which will regulate the power supply to an incandescent light bulb. The system will be designed to maintain the desired temperature range for bacterial growth.

Additionally, an LCD display will be incorporated to provide real-time temperature readings and user-friendly interface for monitoring. The LCD will be connected via an I2C module to reduce the complexity of wiring.

By completing this project, a functional incubation chamber will be created, providing researchers and educators with a cost-effective solution for bacterial cultivation.

KEY WORDS: INCUBATION CHAMBER , TEMPERATURE , CIRCUIT , CODE, CULTIVATION

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	4
SUMMARY – KEY WORDS	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1. Υπόβαθρο	7
1.2. Ιστορική Αναδρομή στους Θαλάμους Επώασης	7
1.3. Σημασία των Θαλάμων Επώασης στην Ιατρική και την Έρευνα	8
1.4. Δυνατότητες των Θαλάμων Επώασης	8
1.4.1. Θάλαμοι διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂)	8
1.4.2. Μικροβιολογικοί Θάλαμοι Επώασης	9
1.4.3. Θάλαμοι Επώασης Ανακίνησης	10
1.5. Κόστος θαλάμων επώασης	11
1.6. Μικροεπεξεργαστές	11
1.6.1. Λειτουργία των μικροεπεξεργαστών	11
1.6.2. Αρχιτεκτονική των μικροεπεξεργαστών	12
1.6.3. Εισαγωγή στο Arduino	12
1.6.4. Προγραμματισμός του Arduino	13
1.6.5. Λειτουργικότητα του Arduino	13
1.7. Fritzing	14
1.8. FreeCAD	15
1.9. Αισθητήρας θερμοκρασίας LM35	15
1.10. Σκοπός της Εργασίας	16
1.11. Δομή της Εργασίας	17
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	18
2.1. Υλικά κυκλώματος	18
2.2. Υλικά θαλάμου	21
2.3. Υλικά πειραματικής διάταξης	22
2.4. Εξοπλισμός Κατασκευής	23
2.5. Προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν	23
2.6. Συνολικό κόστος κατασκευής	23
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	24
3.1. Σχεδιασμός Και Κατασκευή Κυκλώματος	24
3.1.1. Συνδεσμολογία Κυκλώματος	25
3.1.2. Κώδικας Λειτουργίας	26
3.1.2.1. Απεικόνιση θερμοκρασίας στο serial monitor του Arduino IDE	26
3.1.2.2. Απεικόνιση θερμοκρασίας σε οθόνη LCD 1602	27
3.1.2.3. Χρήση ρελέ για τον έλεγχο του λαμπτήρα πυρακτώσεως	28
3.2. Σχεδιασμός Και Κατασκευή Του Θαλάμου	31
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	41
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	43
5.1. Σύγκριση κατασκευής έναντι αγοράς	43
5.2. Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών του θαλάμου της εργασίας έναντι θαλάμων του εμπορίου	45
5.3. Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών του θαλάμου της εργασίας έναντι άλλων πειραματικών θαλάμων	46
5.4. Λάθη κατά την δημιουργία του κυκλώματος και του προγράμματος	46
5.5. Λάθη κατά την κατασκευή του θαλάμου επώασης	47
5.6. Μελλοντικές βελτιώσεις	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υπόβαθρο

Οι θάλαμοι επώασης έχουν ζωτικό ρόλο για διάφορες επιστημονικές και ιατρικές εφαρμογές, παρέχοντας πλήρως ελεγχόμενα περιβάλλοντα για την καλλιέργεια και την ανάπτυξη βιολογικών δειγμάτων. Αυτές οι εξειδικευμένες συσκευές είναι σχεδιασμένες για την διατήρηση ακριβούς θερμοκρασίας, υγρασίας και άλλων περιβαλλοντικών συνθηκών που είναι απαραίτητες για την επιτυχημένη επώαση κυττάρων, βακτηρίων και άλλων οργανισμών (Pallardy, 2021). Σε αυτή την εργασία σκοπεύουμε στον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός θαλάμου επώασης χρησιμοποιώντας διαθέσιμα στο γενικό εμπόριο υλικά και εργαλεία, όσο το δυνατόν χαμηλότερου κόστους και εύκολης χρήσης από μη εξειδικευμένα άτομα.

1.2 Ιστορική Αναδρομή στους Θαλάμους Επώασης

Η γενικότερη έννοια της επώασης υπάρχει αρκετούς αιώνες, με τις πρώιμες παρατηρήσεις της φυσικής επώασης που συμβαίνει στις φωλιές διάφορων πτηνών. Ήδη, από τον 4^ο αιώνα π.Χ. στην αρχαία Αίγυπτο, υπήρχε συστηματική χρήση θαλάμων επώασης για την εκκόλαψη αυγών. Αυτοί οι πρώιμοι θάλαμοι αποτελούσαν από ένα πέτρινο ή φτιαγμένο από τούβλα κτίσμα, για την θέρμανση του οποίου χρησιμοποιούσαν μια εστία φωτιάς με χαμηλή ένταση (Marcelo PANIAGO, 2005).

Ωστόσο, η ανάπτυξη συστημάτων τεχνητής επώασης για επιστημονικούς και ιατρικούς λόγους αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα. Η επινόηση του θαλάμου επώασης αποδίδεται συχνά στον Dr. Étienne Stéphane Tarnier, ένας Γάλλος μαιευτήρας ο οποίος σχεδίασε τον πρώτο θάλαμο επώασης για νεογνά το 1881 για να παρέχει ένα ελεγχόμενο περιβάλλον στα πρόωρα μωρά. Παρατηρώντας πως η σταθερή θερμοκρασία δεν επαρκούσε για την επιβίωση πρόωρων μωρών, επέμεινε στην απομόνωση, την διατήρηση της υγιεινής και την παροχή σωστής και σταθερής υγρασίας στο περιβάλλον ενός μωρού. Με αυτό τον τρόπο πέτυχε, στο νοσοκομείο Paris Maternite όπου εργαζόταν, μείωση στη θνησιμότητα των πρόωρων μωρών κατά 28% σε μια τριετή περίοδο (Dunn, 2002). Αυτή η ανακάλυψη στην φροντίδα των νεογνών οδήγησε σε σημαντική πρόοδο την τεχνολογία της επώασης βασιζόμενη στην

ήδη υπάρχουσα γνώση πως κάθε οργανισμός χρειάζεται σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες προκειμένου να αναπτυχθεί ή/και να αναπαραχθεί.

Στον τομέα της μικροβιολογίας, οι πρώτοι μικροβιολογικοί θάλαμοι επώασης αναπτύχθηκαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, επιτρέποντας σε επιστήμονες και ερευνητές να δημιουργήσουν ελεγχόμενα περιβάλλοντα για την καλλιέργεια βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών. Έκτοτε, οι θάλαμοι επώασης έχουν υποστεί σημαντικές και ουσιαστικές βελτιώσεις, ενσωματώνοντας προηγμένες λειτουργίες και ενισχυμένες διεπαφές χρηστών.

1.3 Σημασία των Θαλάμων Επώασης στην Ιατρική και την Έρευνα

Οι θάλαμοι επώασης έχουν γίνει απαραίτητα εργαλεία στην Ιατρική, την Φαρμακευτική και γενικότερα την έρευνα λόγω την ικανότητα τους να δημιουργούν ένα ελεγχόμενο περιβάλλον που μιμείται τις ιδανικές συνθήκες για την κυτταρική ανάπτυξη. Προσφέρουν μια πληθώρα εφαρμογών όπως καλλιέργεια ιστών, μικροβιολογία, μοριακή βιολογία, φαρμακευτική έρευνα, ή ακόμα και τεχνολογίες υποβοηθούμενης αναπαραγωγής. Παρέχοντας ένα σταθερό περιβάλλον, οι θάλαμοι αυτοί διευκολύνουν την μελέτη κυτταρικής συμπεριφοράς, δοκιμής φαρμάκων και την παραγωγή βιολογικών παραγόντων. Εξαιτίας των δυνατοτήτων τους έχουν βοηθήσει στην γενικότερη προώθηση της επιστημονικής κατανόησης, επιτρέποντας καινοτομίες σε τομείς όπως η αναγεννητική ιατρική, (*Jeannerat, 2021*) η έρευνα βλαστοκυττάρων ή ακόμα και στην μελέτη του καρκίνου (*Caracciolo, 2014*).

1.4 Δυνατότητες των Θαλάμων Επώασης

Οι σύγχρονοι θάλαμοι επώασης είναι εξοπλισμένοι με διάφορες δυνατότητες προκειμένου να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της επιστημονικής και γενικότερα της ερευνητικής κοινότητας. Κάποια είδη θαλάμων επώασης είναι τα εξής:

1.4.1 Θάλαμοι διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Οι θάλαμοι διοξειδίου του άνθρακα είναι ειδικά σχεδιασμένοι για εφαρμογές καλλιέργειας ιστών ή κυτταρικής καλλιέργειας. Παρέχουν ακριβή έλεγχο

θερμοκρασίας, υγρασίας, και διοξειδίου του άνθρακα προκειμένου να παρέχουν ένα περιβάλλον βέλτιστο για την κυτταρική ανάπτυξη. Παραδείγματα γνωστών θαλάμων επώασης διοξειδίου του άνθρακα είναι των εταιριών Thermo Fischer Scientific (TFS), Eppendorf καθώς και Memmert.

Ενδεικτικά παρατίθενται πληροφορίες για τον θάλαμο επώασης της εταιρείας Thermo Scientific: Midi CO₂ incubator (Εικόνα 1), 40L, Polished Stainless Steel. (*Thermo Scientific*)

Η τιμή του θαλάμου κυμαίνεται περίπου στα 6.000€ και έχει τις εξής δυνατότητες:

- Έλεγχος και ρύθμιση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα από 0% έως 20%.
- Χωρητικότητα 40L (40 λίτρα).
- LED φωτισμός
- Ρύθμιση θερμοκρασίας από 5 °C έως 50 °C.
- Πηγή υγρασίας (δισκίο με νερό).
- Ηχητική ειδοποίηση θερμοκρασίας και ποσοστού διοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 1: Midi CO₂ incubator, 40L, Polished Stainless Steel. (*Thermo Scientific*)

1.4.2 Μικροβιολογικοί Θάλαμοι Επώασης

Οι μικροβιολογικοί θάλαμοι επώασης χρησιμοποιούνται ευρέως για επώαση γενικής χρήσης όπως καλλιέργεια βακτηρίων, μαγιάς και άλλων μικροοργανισμών. Τυπικά παρέχουν έλεγχο θερμοκρασίας συνήθως με επιπρόσθετες λειτουργίες όπως η ικανότητα ανακίνησης. Παραδείγματα γνωστών μικροβιολογικών θαλάμων επώασης είναι των εταιριών BINDER, SHEL LAB και Labnet.

Ενδεικτικά παρατίθενται πληροφορίες για τον θάλαμο επώασης της εταιρίας Labnet: Labnet I5110A Mini Microbiology and Hematology Incubator (Εικόνα 2) (*Labnet I5110A Mini Microbiology and Hematology Incubator*)

Η τιμή του θαλάμου κυμαίνεται περίπου στα 370€ και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Εύρος θερμοκρασίας από 5 °C έως 60 °C.
- Χωρητικότητα 9,2L (9,2 λίτρα).
- Θερμαντικά στοιχεία τοποθετημένα στην βάση και στις πλευρές του θαλάμου για ομοιόμορφη κατανομή της θέρμανσης.
- Φως που ειδοποιεί πότε ο θάλαμος θερμαίνεται και πότε όχι.
- Ράφι με τρεις διαφορετικές θέσεις τοποθέτησης.
- Πλεξίγκλας εμπρόσθιο παράθυρο για παρακολούθηση του εσωτερικού του θαλάμου.



Εικόνα 2: Labnet I5110A Mini Microbiology and Hematology Incubator (Labnet I5110A Mini Microbiology and Hematology Incubator)

1.4.3 Θάλαμοι Επώασης Ανακίνησης

Οι θάλαμοι επώασης αυτοί συνδυάζουν την ανακίνηση με τον έλεγχο θερμοκρασίας , καθιστώντας τους πάρα πολύ χρήσιμους σε εφαρμογές που απαιτούν την ανάμειξη καλλιιεργειών. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε κλάδους όπως η μοριακή βιολογία, μικροβιολογία και η βιοτεχνολογία. Παραδείγματα γνωστών θαλάμων επώασης με δυνατότητα ανακίνησης είναι των εταιρειών Percival Scientific, Conviron και Aralab.

Ενδεικτικά παρατίθενται πληροφορίες για τον θάλαμο επώασης της εταιρίας Labnet: VorTemp 56 Shaking Incubator S2056A for Microtubes and Microplates (Εικόνα 3). *(VorTemp 56 Shaking Incubator S2056A for Microtubes and Microplates)*



Εικόνα 3: VorTemp 56 Shaking Incubator S2056A for Microtubes and Microplates (VorTemp 56 Shaking Incubator S2056A for Microtubes and Microplates)

Η τιμή του θαλάμου κυμαίνεται περίπου στα 2.500€ και έχει τις εξής δυνατότητες:

- Δυνατότητα περιστροφικής κίνησης με ταχύτητα 200-1200 στροφές ανά λεπτό.
- Έλεγχος και ρύθμιση θερμοκρασίας από 5 °C έως 99°C.
- Χωρητικότητα 56 δοκιμαστικών σωλήνων των 2ml

1.5 Κόστος θαλάμων επώασης

Όπως φάνηκε και με τα προηγούμενα παραδείγματα, το κόστος των θαλάμων επώασης διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος, τις δυνατότητες, την εταιρεία παραγωγής ή τις επιπρόσθετες δυνατότητες. Οι απλούστεροι θάλαμοι επώασης που χρησιμοποιούνται για βασικές εφαρμογές όπως απλή βακτηριακή καλλιέργεια έχουν τιμές που κυμαίνονται περίπου από 400€ έως 2.000€. (Labnet I5110A Mini Microbiology and Hematology Incubator) Θάλαμοι επώασης με πιο σύνθετες δυνατότητες και μεγαλύτεροι σε χωρητικότητα έχουν τιμές που κυμαίνονται περίπου από 2.000€ έως 10.000€. (VorTemp 56 Shaking Incubator S2056A for Microtubes and Microplates) Τέλος οι θάλαμοι επώασης με πολύ προηγμένες τεχνολογίες που είναι σχεδιασμένοι για πολύπλοκες μελέτες φτάνουν σε τιμές που ξεπερνούν τα 20.000€. (*Memmert Constant Climate Chamber HPP2200eco Peltier System, 115V - 2140L, n.d.*)

1.6 Μικροεπεξεργαστές

Οι μικροεπεξεργαστές είναι ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται ως κεντρικές μονάδες επεξεργασίας (central processing unit, CPU) ενός υπολογιστικού συστήματος. Έχουν την ικανότητα να εκτελούν εντολές, να πραγματοποιούν υπολογισμούς και γενικότερα να ελέγχουν την λειτουργία ενός συστήματος. Οι μικροεπεξεργαστές είναι η καρδιά των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων με χρήσεις από κινητά τηλέφωνα έως συστήματα εκτόξευσης πυραύλων. (*A.Αλεξανδρίδης, 1980*)

1.6.1 Λειτουργία των μικροεπεξεργαστών

Οι μικροεπεξεργαστές είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να επεξεργάζονται δεδομένα και να πραγματοποιούν διαδικασίες βασισμένοι σε οδηγίες που είναι αποθηκευμένες στην μνήμη τους. Αποτελούνται από μια αριθμητική μονάδα που οποία πραγματοποιεί μαθηματικές και λογικές εργασίες, μονάδες ελέγχου που ερμηνεύουν και εκτελούν εντολές και μονάδες καταχώρησης που αποθηκεύουν δεδομένα προσωρινά κατά τη διάρκεια επεξεργασιών. Όλες αυτές οι μονάδες λειτουργούν μαζί προκειμένου να γίνει επεξεργασία και εκτέλεση των εντολών. (*A.Αλεξανδρίδης, 1980*)

1.6.2 Αρχιτεκτονική των μικροεπεξεργαστών

Κάθε μικροεπεξεργαστής έχει δική του αρχιτεκτονική η οποία είναι και ένας από τους παράγοντες που καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας τους. Η αρχιτεκτονική τους αλλάζει ανάλογα με τον τρόπο που επεξεργάζεται δεδομένα και εκτελεί εντολές ο κάθε μικροεπεξεργαστής. Κάποια είδη αρχιτεκτονικής δομής είναι τα παρακάτω:

- a. x86: Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη αρχιτεκτονική μικροεπεξεργαστών. Ξεκίνησε αρχικά στον μικροεπεξεργαστή της intel (intel 8086), στα τέλη του 1970. Ο λόγος που είναι τόσο διαδεδομένη μορφή είναι εξαιτίας της συμβατότητας που παρέχουν με ένα πολύ μεγάλο πλήθος υπολογιστικών συστημάτων. (CONNATSER, 2023)
- b. ARM: Η αρχιτεκτονική ARM (Advanced RISC Machine) είναι αρκετά διαδεδομένη εξαιτίας της απλοποιημένης μορφής της. Επικεντρώνεται σε πολύ απλουστευμένες διαδικασίες και οδηγίες με γρήγορη εκτέλεση. Οι επεξεργαστές ARM είναι επίσης γνωστοί για την εξοικονόμηση ενέργειας τους η οποία συμβάλλει επίσης σε μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίας. Για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιούνται αρκετά σε κινητά τηλέφωνα, tablet και έξυπνα ρολόγια. (Richard, 2011)
- c. MIPS: Η αρχιτεκτονική MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages). Οι μικροεπεξεργαστές με αυτή την αρχιτεκτονική είναι γνωστοί για την πολύ καλή αποδοτικότητα όπως επίσης και την επεκτασιμότητα τους. Βρίσκουν εφαρμογές σε συσκευές όπως ψηφιακές τηλεοράσεις και κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών. (Swift, 2023)
- d. PowerPC: Πρόκειται για μια αρχιτεκτονική η οποία ισορροπεί την επίδοση με την αποδοτικότητα μπαταρίας. Τέτοιου είδους αρχιτεκτονική χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ από την εταιρία Apple από τα μέσα του 1990 έως τα μέσα του 2000. (Reinhardt, 1999)

1.6.3 Εισαγωγή στο Arduino

Το arduino είναι μια πλατφόρμα που χρησιμοποιεί μικροελεγκτές για την δημιουργία διαδραστικών λειτουργιών που παρέχει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον για προγραμματισμό. Για την λειτουργία του απαιτείται η χρήση του λογισμικού IDE (Arduino Integrated Development Environment). (Arduino.cc, 2022)

Υπάρχουν διάφορα είδη μικροεπεξεργαστή Arduino , το καθένα από τα οποία χρησιμοποιείται για διαφορετικούς σκοπούς. Πιο αναλυτικά:

- a. ATmega328P: Πρόκειται για το γνωστό ως Arduino uno, το πιο διαδεδομένο είδος μικροεπεξεργαστή Arduino. Προσφέρει καλή ισορροπία μεταξύ απλότητας στην χρήση και επίδοσης στην επεξεργασία και εκτέλεση εντολών. Διαθέτει 14 ακροδέκτες ψηφιακής εισόδου / εξόδου, 6 ακροδέκτες αναλογικής εισόδου και λειτουργεί στα 5V. Είναι καταλληλότερο για απλές διαδικασίες και εργασίες και για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε αυτό το είδος στην εργασία για κατασκευή θαλάμου επώασης.
- b. Mega: Είναι σχεδιασμένο για εργασίες που απαιτούν περισσότερους ακροδέκτες. Διαθέτει 54 ακροδέκτες ψηφιακής εισόδου / εξόδου, 16 ακροδέκτες αναλογικής εισόδου και λειτουργεί στα 5V.
- c. Nano: Αντίθετα με το προηγούμενο είδος Arduino, το Arduino Nano είναι σχεδιασμένο για εργασίες με περιορισμένο χώρο που δεν απαιτούν την χρήση πολλών ακροδεκτών. Διαθέτει 14 ακροδέκτες ψηφιακής εισόδου / εξόδου , 8 ακροδέκτες αναλογικής εισόδου και λειτουργεί στα 5V. Όπως φαίνεται είναι παρόμοιο με το μοντέλο Uno ωστόσο διαθέτει αρκετά μικρότερη επιφάνεια.
- d. Due: Πρόκειται για πιο προηγμένη μορφή συγκριτικά με τις προηγούμενες. Διαθέτει 54 ακροδέκτες ψηφιακής εισόδου / εξόδου, 12 ακροδέκτες αναλογικής εισόδου και λειτουργεί στα 3.3V. Επειδή προσφέρει ανεπτυγμένες ικανότητες επεξεργασίας δεδομένων και εκτέλεσης διαδικασιών είναι καταλληλότερο για πιο σύνθετες εργασίες.

1.6.4 Προγραμματισμός του Arduino

Για τον προγραμματισμό του χρησιμοποιείται μια πιο απλοποιημένη μορφή της προγραμματιστικής γλώσσας C/C++. Ο κώδικας αποτελείται από την ενότητα setup όπου εκτελείται μια φορά στην αρχή του προγράμματος, και από την ενότητα loop όπου εκτελείται σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος. (ARDUINO LAB, n.d.)

1.6.5 Λειτουργικότητα του Arduino

Ένας από τους λόγους που ο μικροεπεξεργαστής Arduino είναι τόσο διαδεδομένος είναι η δυνατότητα σύνδεσης μεγάλου πλήθους ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως

αισθητήρες, οθόνες και μονάδες επικοινωνίας. Μέσω των βιβλιοθηκών που παρέχονται στο διαδίκτυο, γίνεται εύκολη η χρήση των παρακάτω εξαρτημάτων επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργούν από απλά συστήματα όπως η λειτουργία φωτεινής ένδειξης LED έως πιο σύνθετα συστήματα όπως έλεγχος ενός κινητήρα για προηγμένες διαδικασίες.

1.7 Fritzing

Το Fritzing είναι ένα εργαλείο λογισμικού ανοιχτού κώδικα σχεδιασμένο για εύχρηστη ηλεκτρονική παρουσίαση και σχεδιασμό κυκλωμάτων. Είναι δημοφιλές μεταξύ των ερασιτεχνών, των κατασκευαστών και των μαθητών καθώς παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για τη δημιουργία και την τεκμηρίωση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Το λογισμικό επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν διαγράμματα κυκλωμάτων, να σχεδιάζουν προσαρμοσμένες πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων (PCB) και ακόμη και να δημιουργούν εικονικές προβολές breadboard για δοκιμή και προσομοίωση. Το Fritzing χρησιμοποιείται ευρέως για εκπαιδευτικούς σκοπούς, ειδικά στη διδασκαλία ηλεκτρονικών ειδών και στη δημιουργία πρωτοτύπων σε αρχάριους. Παρέχει έναν πρακτικό τρόπο οπτικοποίησης και πειραματισμού με ηλεκτρονικά κυκλώματα πριν τα κατασκευαστούν φυσικά. *(Fritzing, n.d.)*

Η λειτουργία του βασίζεται στα εξής:

- a. Προσφέρει ένα εικονικό breadboard όπου οι χρήστες μπορούν – όπως σε ένα κανονικό breadboard – να τοποθετήσουν ηλεκτρονικά εξαρτήματα για λόγους προσομοίωσης.
- b. Επιτρέπει την δημιουργία διαγραμμάτων των κυκλωμάτων που σχηματίζει κάθε χρήστης, τα οποία διαγράμματα δείχνουν τις συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων.
- c. Επιτρέπει τον σχεδιασμό PCB (προσαρμοσμένες πλάκες) για την προσομοίωση κατασκευής τους.
- d. Προσφέρει μια εκτενή βιβλιοθήκη εξαρτημάτων και ανταλλακτικών για την χρήση σε κάθε είδους κύκλωμα.
- e. Προωθεί τον διαμοιρασμό γνώσεων προσφέροντας την δυνατότητα κοινής χρήσης κάθε έργου που ολοκληρώνει ένας χρήστης του προγράμματος.

(Fritzing, n.d.)

1.8 FreeCAD

Το FreeCad είναι ένα παραμετρικό λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης με τη βοήθεια υπολογιστή ανοιχτού κώδικα (CAD). Είναι ένα ισχυρό και ευέλικτο εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων και σχεδίων για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της μηχανολογίας, του σχεδιασμού προϊόντων, της αρχιτεκτονικής και άλλων. Το FreeCad επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν ακριβή και λεπτομερή τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό 2D σκίτσων και τρισδιάστατων χαρακτηριστικών. Το FreeCad χρησιμοποιείται συνήθως από μηχανικούς, σχεδιαστές, ερασιτέχνες και φοιτητές που απαιτούν ένα δωρεάν και προσβάσιμο εργαλείο τρισδιάστατης μοντελοποίησης για τα έργα τους. *(FreeCAD, n.d.)*

Η λειτουργία του βασίζεται στα εξής:

- a. Υποστηρίζει την παραμετρική μοντελοποίηση, δηλαδή ο κάθε χρήστης μπορεί να ορίσει και να ελέγξει τις διαστάσεις και τις ιδιότητες των αντικειμένων που σχεδιάζει χρησιμοποιώντας παραμέτρους.
- b. Προσφέρει διαφορετικούς πάγους εργασίας, ο καθένας επικεντρωμένος σε διαφορετικό τρόπο σχεδίασης.
- c. Επιτρέπει την δωρεάν χρήση του από κάθε ενδιαφερόμενο καθώς και την επεξεργασία και τροποποίηση σου. Με αυτό τον τρόπο προωθεί την βελτίωση και εξέλιξη του.
- d. Υποστηρίζει την εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων και μοντέλων διευκολύνοντας την αξιοποίηση της δουλειάς του χρήστη.

(FreeCAD, n.d.)

1.9 Αισθητήρας θερμοκρασίας LM35

Το LM35 είναι ένα δημοφιλές και ευρέως χρησιμοποιούμενο ολοκληρωμένο κύκλωμα αναλογικού αισθητήρα θερμοκρασίας (IC) που παρέχει ακριβείς και γραμμικές μετρήσεις θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου. Χρησιμοποιείται συνήθως σε διάφορα ηλεκτρονικά έργα και εφαρμογές που απαιτούν ανίχνευση θερμοκρασίας. Το LM35 κατασκευάζεται από πολλές εταιρείες ημιαγωγών και διατίθεται σε διαφορετικές συσκευασίες, όπως TO-92, TO-220. *(Corporation, 2000)*

Η λειτουργία του βασίζεται στα εξής:

- a. Παράγει μια γραμμική αναλογική έξοδο τάσης ανάλογη με τη θερμοκρασία που μετρά. Ο συντελεστής θερμοκρασίας του είναι $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, δηλαδή η τάση εξόδου αλλάζει κατά 10 millivolt για κάθε βαθμό Κελσίου.
- b. Έχει εύρος θερμοκρασίας σε ευρύ φάσμα, από -60°C έως $+150^{\circ}\text{C}$, και έτσι είναι κατάλληλο για διάφορες εφαρμογές.
- c. Είναι ικανό να λειτουργήσει κανονικά σε ευρύ φάσμα τάσης τροφοδοσίας, από 4V έως 30V.
- d. Επιτρέπει την γρήγορη και εύκολη σύνδεση του με μικροελεγκτές και άλλα αναλογικά κυκλώματα λόγω της γραμμικής εξόδου του.

(Corporation, 2000)

1.10 Σκοπός της Εργασίας

Είναι εύκολα λοιπόν κατανοητό πως οι τιμές αυτές δεν είναι προσιτές για όλους τους ενδιαφερόμενους, ιδιαίτερα για εκπαιδευτικούς που θέλουν μόνο να κάνουν επίδειξη των λειτουργιών ενός θαλάμου επώασης ή για ανθρώπους με ερασιτεχνικό ενδιαφέρον για τέτοιου είδους διαδικασίες και μελέτες .

Ο πρωταρχικός σκοπός της εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός θαλάμου επώασης ελεγχόμενο από έναν μικροεπεξεργαστή με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος. Χρησιμοποιώντας εύκολα προσβάσιμα εργαλεία και υλικά σκοπεύεται η δημιουργία ενός λειτουργικού και αποδοτικού θαλάμου επώασης που καλύπτει τις απαιτήσεις και τις προϋποθέσεις για ανάπτυξη βακτηρίων. Ο θάλαμος επώασης θα περιέχει σημαντικά στοιχεία ενός βασικού θαλάμου όπως έλεγχος και διατήρηση θερμοκρασίας εντός ορίων που αποφασίζονται από τον χρήστη, δυνατότητες παρακολούθησης της θερμοκρασίας και ειδοποίησης του χρήστη για τυχόν σφάλματα στην λειτουργία όπως επίσης και μια διεπαφή φιλική στον χρήστη. Ο σχεδιασμός θα έχει ως προτεραιότητα την εύκολη και φθηνή κατασκευή ώστε μελετητές και εκπαιδευτικοί με περιορισμένους πόρους να μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα περιβάλλον εύκολης καλλιέργειας μικροοργανισμών.

1.11 Δομή της Εργασίας

Η εργασία χωρίζεται σε αρκετά μέρη με σκοπό την πλήρη κατανόηση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης όπως επίσης και την εκτίμηση του θαλάμου επώασης. Περιλαμβάνει μια εις βάθος ανάλυση των χαρακτηριστικών του θαλάμου επώασης, των κριτηρίων επιλογής κάθε μέρους του , το σκεπτικό πίσω από τον σχεδιασμό , τον προγραμματισμό και τις προτάσεις για μελλοντική βελτίωση των λειτουργιών του θαλάμου.

Ολοκληρώνοντας, η εργασία αυτή σκοπεύει στην συμβολή του κλάδου της βακτηριακής καλλιέργειας σχεδιάζοντας έναν χαμηλού κόστους και εύκολης οικιακής χρήσης θάλαμο επώασης. Τα επόμενα μέρη της εργασίας θα εμβαθύνουν στα πιο τεχνικά κομμάτια του σχεδιασμού και θα παρέχουν αναλυτική περιγραφή και εξήγηση της διαδικασίας ανάπτυξης και κατασκευής του.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Από την αρχή, η δομή του θαλάμου επώασης αποφασίστηκε να είναι αρκετά παρόμοια με τη δομή των θαλάμων του εμπορίου. Ένα ορθογώνιο κουτί το οποίο σκοπεύει στην διατήρηση σταθερών περιβαλλοντικών συνθηκών για να επιτευχθεί η καλλιέργεια μικροοργανισμών. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένα θερμαντικό στοιχείο και ένα κύκλωμα, σε συνεργασία με κώδικα μικροεπεξεργαστή, το οποίο ελέγχει και διατηρεί την θερμοκρασία και ταυτόχρονα ενημερώνει τον χρήστη για αυτήν αλλά και για οποιοδήποτε πρόβλημα εμφανιστεί.

Έτσι λοιπόν ο θάλαμος επώασης αυτός αποτελείται από τα εξής στοιχεία που αναλύονται παρακάτω.

2.1 Υλικά κυκλώματος

α) Breadboard πλήρους μεγέθους με 830 σημεία επαφής: Τα breadboards γενικά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή γρήγορων και προσωρινών κυκλωμάτων. Είναι αναγκαίο εργαλείο για την εργασία αυτή, καθώς σε αυτό θα συνδεθούν όλα τα υπόλοιπα στοιχεία μας – επικοινωνώντας και μεταξύ τους – όπως επίσης επειδή επιτρέπει σε όλα τα στοιχεία να προστεθούν και να αφαιρεθούν με άνεση.

β) Μικροεπεξεργαστής (arduino uno r3): Το arduino είναι ο «εγκέφαλος» του κυκλώματος. Επιτρέπει όχι μόνο την επικοινωνία μεταξύ των στοιχείων, αλλά ταυτόχρονα τον έλεγχο τους ανάλογα με τις εντολές που δίνονται μέσω του προγράμματος που κατασκευάζεται (θα αναλυθεί στην επόμενη ενότητα). Ο μικροεπεξεργαστής συνδέεται με τον προσωπικό υπολογιστή προκειμένου να του μεταφερθεί το πρόγραμμα και οι εντολές που έχουμε θέσει για την λειτουργία της διάταξης. Ταυτόχρονα από τον υπολογιστή γίνεται και η παροχή ρεύματος τάσης 5V.

γ) Οθόνη LCD 1602: Πρόκειται για τον επιλεγμένο τρόπο απεικόνισης της θερμοκρασίας εσωτερικά του θαλάμου. Η απεικόνιση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο καθώς είναι ένας τρόπος ενημέρωσης του χρήστη σχετικά με την λειτουργία της διάταξης.

δ) i2c αντάπτορας: Πρόκειται για έναν αντάπτορα ο οποίος συνδέεται με την LCD οθόνη και επιτρέπει την πιο εύκολη συνδεσμολογία αφού με την χρήση του μειώνουμε τα σημεία σύνδεσης μεταξύ arduino και LCD.

ε) Αισθητήρας θερμοκρασίας LM35. Πρόκειται για έναν πολύ απλό αισθητήρα θερμοκρασίας του εμπορίου. Μετρά την θερμοκρασία (ανά χρονικά διαστήματα που ορίζουμε εμείς) και στέλνει το σήμα στον μικροελεγκτή προκειμένου ο τελευταίος να δώσει τις κατάλληλες εντολές.

στ) Λαμπτήρας Πυρακτώσεως 65W: Πρόκειται για το θερμαντικό στοιχείο του κυκλώματος μας. Επικοινωνώντας με το arduino , ο λαμπτήρας θα ανάβει όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω από ένα, ορισμένο από εμάς, κατώφλι προκειμένου να αυξηθεί ξανά και θα σβήνει όταν η θερμοκρασία ξεπερνά ένα δεύτερο κατώφλι προκειμένου να μειωθεί ξανά.

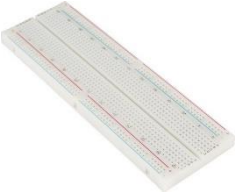






η) Ντουί , καλώδια , φις: Είναι τα τρία εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται προκειμένου ο λαμπτήρας να συνδεθεί στην παροχή ρεύματος (σε πρίζα). Ο λαμπτήρας συνδέεται στο ντουί , το οποίο με την σειρά του συνδεόμενο με καλώδια φτάνει στο φις. Το τελευταίο τοποθετείται στην πρίζα ώστε να γίνει η παροχή στον λαμπτήρα.

θ) Ρελέ: Πρόκειται για το εξάρτημα που χρησιμοποιείται ώστε να παρεμβάλλεται σε ένα από τα καλώδια που φτάνουν στο φις. Ταυτόχρονα συνδέεται με τον μικροελεγκτή μας. Έτσι ο μικροελεγκτής μπορεί να δώσει εντολή στο ρελέ να κλείσει το κύκλωμα με σκοπό να ανάψει η λάμπα (για το κατώτατο κατώφλι) ή αντίστοιχα να δώσει την εντολή να ανοίξει το κύκλωμα με σκοπό να σβήσει η λάμπα (για το ανώτατο κατώφλι).

Παρακάτω παρατίθενται όλα τα υλικά και οι εξοπλισμοί που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κυκλώματος λειτουργίας. Επίσης για το κάθε ένα από τα παρακάτω αναφέρονται και οι τιμές αγοράς προκειμένου να μπορεί να γίνει σύγκριση με ένα απλό θάλαμο επώασης του εμπορίου.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΑΛΑΜΟΥ ΕΠΩΑΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ

Πίνακας 1: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο κύκλωμα

Περιγραφή	Κόστος αγοράς	Σκοπός / Χρήση	Εικόνα
Breadboard πλήρους μεγέθους με 830 σημεία σύνδεσης.	3,70€	Σύνδεση όλων των στοιχείων	
Μικροελεγκτής (arduino uno r3) με usb καλώδιο για σύνδεση με υπολογιστή.	7,20€	Έλεγχος του κυκλώματος	
Οθόνη LCD 1602	2,90€	Απεικόνιση της θερμοκρασίας	
I2C ανάπτορας	1,50€	Ευκολότερη συνδεσμολογία οθόνης.	
Αισθητήρας θερμοκρασίας LM35	1,20€	Λήψεις μετρήσεων θερμοκρασίας	
Λαμπτήρας Πυρακτώσεως	1,49€	Θέρμανση θαλάμου	
Ντουί	0,86€	Είσοδος του λαμπτήρα	

Ρελέ 5V (KY-019)	1,80€	Έλεγχος (άνοιγμα – κλείσιμο) του λαμπτήρα	
Φις ρεύματος	0,69€	Σύνδεση του λαμπτήρα στην παροχή ρεύματος	
Καλώδια σύνδεσης	1,30€	Καλώδια σύνδεσης όλων των στοιχείων	

2.2 Υλικά θαλάμου




α) Ξύλο κόντρα πλακέ: Για την εξωτερική κατασκευή του θαλάμου χρησιμοποιήθηκαν ξύλα κόντρα πλακέ τα οποία βοηθούν στο να είναι σταθερό το περίβλημα της κατασκευής αλλά και στην θερμομόνωση του θαλάμου μας.

β) Φελιζόλ: Το φελιζόλ αποσκοπεί μόνο στην θερμομόνωση του θαλάμου. Συγκεκριμένα το φελιζόλ σαν υλικό έχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα το οποίο το καθιστά πολύ χρήσιμο υλικό για θερμομόνωση.

γ) Μεντεσέδες: Χρησιμοποιούνται στην πόρτα του θαλάμου προκειμένου να μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στο εσωτερικό του.

Παρακάτω παρατίθενται όλα τα υλικά και οι εξοπλισμοί που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του εξωτερικού του θαλάμου. Επίσης για το κάθε ένα από τα παρακάτω αναφέρονται και οι τιμές αγοράς προκειμένου να μπορεί να γίνει σύγκριση με ένα απλό θάλαμο επώασης του εμπορίου.

Πίνακας 2: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στον θάλαμο


Περιγραφή	Κόστος αγοράς	Σκοπός / Χρήση	Εικόνα
Ξύλο κόντρα πλακέ	0€	Εξωτερικό περίβλημα του θαλάμου	
Φελιζόλ	3,19€	Εσωτερική κάλυψη του θαλάμου για θερμομόνωση	
Μεντεσέδες	2,90€	Για άνοιγμα και κλείσιμο της πόρτας	


2.3 Υλικά πειραματικής διάταξης

α) Δισκία Petri: Τα δισκία χρησιμοποιούνται για να απομονώνουν την καλλιέργεια από το εξωτερικό περιβάλλον και να μην επηρεάζεται από τις μεταβολές του. Πρόκειται για τον χώρο στον οποίο έγινε η βακτηριακή καλλιέργεια μας.

β) Άγαρ: Το Άγαρ χρησιμοποιείται στην εργασία ως τροφή και περιβάλλον ανάπτυξης των βακτηρίων καθώς αποτελείται από πολυσακχαρίτες.

Πίνακας 3: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διάταξη

Περιγραφή	Κόστος αγοράς	Σκοπός / Χρήση	Εικόνα
Δισκία Petri	1,40€	Απομονωμένο περιβάλλον ανάπτυξης μικροοργανισμών	

Άγαρ	1,20€	Τροφή για τους μικροοργανισμούς	
------	-------	---------------------------------	---

2.4 Εξοπλισμός Κατασκευής

Ο εξοπλισμός της κατασκευής είναι βασικά αντικείμενα που χρειάζεται μια τέτοια ξύλινη κατασκευή όπως:

- α) Ξυλόκολλα για να ενωθούν οι πλευρές της κατασκευής μεταξύ τους και σφυρί και καρφιά ώστε να γίνει πιο σταθερή η κατασκευή καρφώνοντας την κάθε πλευρά με εκείνη που έρχεται σε επαφή.
- β) Κατσαβίδι και βίδες προκειμένου να ενωθούν οι μεντεσέδες με την πόρτα της κατασκευής.
- γ) Χαρτοταινία ώστε να κρατηθούν σταθερά τα ξύλα μέχρι να ενωθούν με καρφιά και κόλλα.
- δ) Ταινία διπλής όψεως για να κρατηθεί σταθερό το φελιζόλ εσωτερικά της κατασκευής.

2.5 Προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν

- α) Fritzing: Για τον σχεδιασμό του κυκλώματος.
- β) Arduino IDE: Για την συγγραφή του κώδικα του μικροελεγκτή.
- γ) Free Cad: Για τον σχεδιασμό του θαλάμου επώασης.

2.6 Συνολικό κόστος κατασκευής

Το συνολικό κόστος της κατασκευής ανήλθε περίπου στα 32€ για την αγορά όλων των αντικειμένων, εργαλείων και διατάξεων. Στο κόστος δεν περιλαμβάνεται η ξύλινη κατασκευή καθώς πρόκειται για ξύλο κόντρα πλακέ το οποίο προσφέρθηκε δωρεάν από την εταιρεία *Candia Strom*.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθεί η μεθοδολογία όλων των επιμέρους κατασκευών της διάταξης. Θα αναλυθεί το κύκλωμα, το πρόγραμμα αλλά και η κατασκευή του θαλάμου.

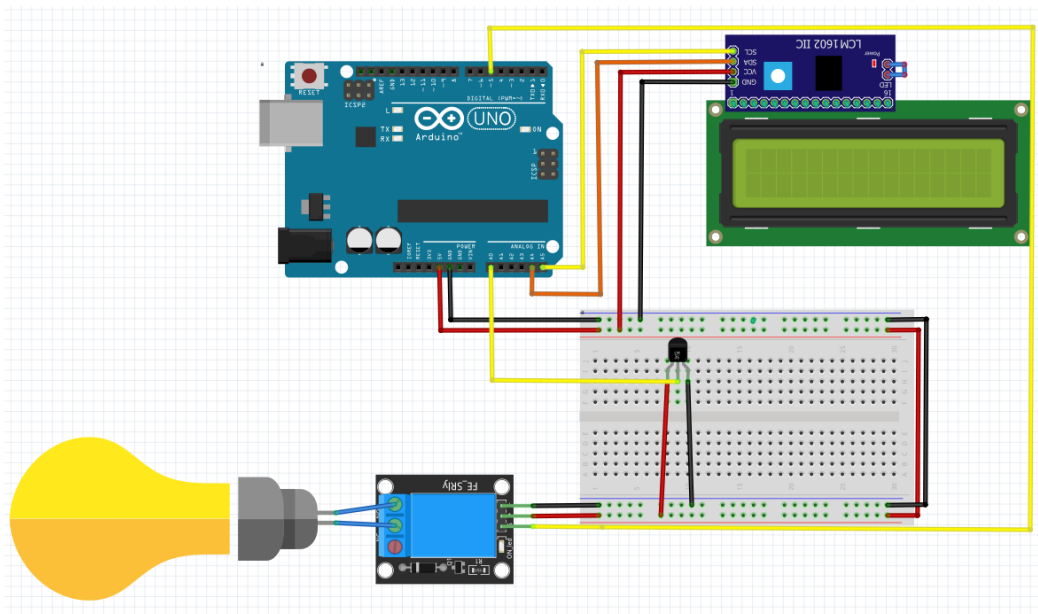
3.1 Σχεδιασμός Και Κατασκευή Κυκλώματος

Το κύκλωμα της διάταξης σχεδιάστηκε για τις εξής λειτουργίες:

Παρακολούθηση της θερμοκρασίας εσωτερικά του θαλάμου επώασης με χρήση αισθητήρα θερμοκρασίας LM35.

1. Διατήρηση της θερμοκρασίας εντός ενός αποδεκτού – για την καλλιέργεια μικροοργανισμών – εύρους, χρησιμοποιώντας ένα ρελέ και λαμπτήρα πυρακτώσεως.
2. Απεικόνιση της θερμοκρασίας μέσω μίας οθόνης LCD.

Έτσι στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 4) φαίνεται το κύκλωμα – σε breadboard και στο schematic - που αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί για να εκτελέσουμε τις παραπάνω λειτουργίες.



Εικόνα 4: Το κύκλωμα της κατασκευής όπως σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα Fritzing.

3.1.1. Συνδεσμολογία Κυκλώματος

Τα βήματα της συνδεσμολογίας είναι τα εξής:

1. Τοποθέτηση του breadboard σε μια σταθερή επιφάνεια για ευκολία χρήσης.
2. Ένωση με καλώδια της πάνω με την κάτω γείωση και της πάνω με την κάτω είσοδο (+5V) μεταξύ τους στο breadboard προκειμένου να επικοινωνούν και να εφαρμοστεί η συνδεσμολογία σε κάθε σειρά του.
3. Σύνδεση της γείωσης του arduino (pin GND) με την γείωση και τα 5V του arduino με την είσοδο των 5V στο breadboard.
4. Σύμφωνα με το datasheet του LM35 συνδέεται (κατά πρόσοψη) το δεξί πόδι στην γείωση του breadboard , το αριστερό πόδι με τα 5V και το μεσαίο πόδι στο A0 των αναλογικών θέσεων του arduino.
5. Συνεχίζοντας έχουμε τον αντάπτορα i2c. Εφαρμόζεται κάθε pin του αντάπτορα με κάθε pin της οθόνης προκειμένου να επικοινωνούν σωστά. Η σύνδεση γίνεται πολύ πιο ασφαλής αν γίνει συγκόλληση μεταξύ των pin ώστε να μην χάνεται επαφή. Στην περίπτωση αυτή , προκειμένου να αποφευχθούν επιπλέον έξοδα , σφηνώθηκε ένα χαρτί μεταξύ αντάπτορα και οθόνης , το οποίο τα κρατάει στην θέση της καλύτερης επαφής.
6. Συνδέονται τα pin GND και VCC με τη γείωση και τα 5V του breadboard αντίστοιχα. Τα άλλα δύο pin του αντάπτορα (SDA και SCL) συνδέονται με τα A4 και A5 των αναλογικών θέσεων στο breadboard αντίστοιχα.
7. Συνδέονται το θετικό (+) και το αρνητικό (-) pin του ρελέ με τα 5V και την γείωση του breadboard αντίστοιχα. Το τρίτο pin , που είναι η επικοινωνία μεταξύ ρελέ και arduino , συνδέεται με το D5 στις ψηφιακές θέσεις του arduino.
8. Για την σύνδεση με το ρελέ , ανοίγεται το μονωτικό πλαστικό των καλωδίων του λαμπτήρα με ένα κοπίδι. Κόβεται το ένα από τα δύο καλώδια έτσι ώστε να υπάρχουν δύο σημεία σύνδεσης. Στο ένα σημείο συνδέεται το Normally Closed (NC) του ρελέ και στο άλλο συνδέεται το Common (CO). Έτσι επιτυγχάνεται η σύνδεση μεταξύ τους και το ρελέ λειτουργεί σαν διακόπτης.
9. Τέλος, συνδέεται με καλώδιο usb το arduino με τον προσωπικό υπολογιστή ώστε να περαστεί το πρόγραμμα που θα εξηγηθεί παρακάτω και να επιτευχθούν οι λειτουργίες που αναφέρθηκαν.

3.1.2. Κώδικας Λειτουργίας

Για τον κώδικα λειτουργίας έχουν χρησιμοποιηθεί κάποιες τιμές (χρόνοι καθυστέρησης, εύρη θερμοκρασιών) μόνο για λόγους επίτευξης των επιθυμητών διαδικασιών. Αργότερα θα εξηγηθεί πως βάσει δοκιμασιών και ελέγχων θα χρησιμοποιηθούν οι πραγματικές τιμές λειτουργίας.

Ο κώδικας κατασκευάστηκε τμηματικά, με κάθε λειτουργία του να επιτυγχάνεται και να ελέγχεται προτού προχωρήσουμε στην επόμενη πιο σύνθετη μορφή του κυκλώματος και του κώδικα.

Παρακάτω φαίνονται οι κώδικες που χρησιμοποιήθηκαν:

3.1.2.1. Απεικόνιση θερμοκρασίας στο serial monitor του Arduino IDE

Παρακάτω (εικόνα 5) απεικονίζεται ο κώδικας προγραμματισμού του Arduino IDE για την απεικόνιση της θερμοκρασίας στο serial monitor με σκοπό τον άμεσο έλεγχο από τον παρατηρητή.

```

1  const int lm35Pin = A0; // Αναλογικό pin συνδεδεμένο στον αισθητήρα
2  void setup() {
3  Serial.begin(9600); // Αρχικοποίηση του serial monitor
4  }
5  void loop() {
6  int sensorValue = analogRead(lm35Pin); //Διάβασμα αναλογικής τιμής του αισθητήρα
7  float temperature = (sensorValue * 0.48875); // Μετατροπή αναλογικής τιμής σε βαθμούς Κελσίου
8  // Απεικόνιση θερμοκρασίας στο serial monitor
9  Serial.print("Temperature: ");
10 Serial.print(temperature);
11 Serial.println(" °C");
12 delay(2000); // Καθυστέρηση δύο δευτερολέπτων για την επανάληψη απεικόνισης
13 }

```

Εικόνα 5: Κώδικας προγραμματισμού Arduino IDE για την απεικόνιση θερμοκρασίας στο serial monitor

Αναλυτικότερα:

- Const in lm35Pin = A0, η εντολή αυτή ορίζει σε ποιο αναλογικό pin είναι συνδεδεμένος ο αισθητήρας θερμοκρασίας.
- Serial begin(9600), η εντολή αυτή δίνει την εντολή στο arduino να ετοιμαστεί για επικοινωνία με το serial monitor σε ρυθμό 9600 bits ανά δευτερόλεπτο.

- Int sensorValue = analogRead(A0) , η εντολή αυτή διαβάζει την αναλογική τιμή που στέλνει ο αισθητήρας καθώς ο αισθητήρας δεν μετράει στην πραγματικότητα θερμοκρασία.
- Float temperature = (sensorValue * 0.48875) , η εντολή αυτή μετατρέπει την αναλογική τιμή σε τιμή θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου.
- Serial.print , οι εντολές αυτές χρησιμοποιούνται για την τύπωση της θερμοκρασίας στο serial monitor.

3.1.2.2. Απεικόνιση θερμοκρασίας σε οθόνη LCD 1602:

Κατόπιν, προστέθηκε στο κύκλωμα μια οθόνη LCD 1602 για την απεικόνιση της θερμοκρασίας σε αυτή με σκοπό να τοποθετηθεί στο επάνω μέρος του θαλάμου και να είναι ορατή από κάθε άτομο, ανεξαρτήτως πρόσβασης στον υπολογιστή.

Για την προσθήκη της οθόνης χρειάστηκε να προστεθούν τα libraries:

1. Wire.h και
2. LiquidCrystal_I2C.h (για το i2c).

Ο κώδικας για την λειτουργία αυτή ήταν ο εξής (εικόνα 6):

```

1  #include <Wire.h> // Επικοινωνία I2C
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h> // Είσοδος του LiquidCrystal_I2C library
3  const int LM35Pin = A0; // Αναλογικό πιν για τον LM35
4  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Διεύθυνση και διαστάσεις του LCD I2C
5  void setup() {
6  lcd.init(); // Αρχικοποίηση LCD απεικόνισης
7  lcd.backlight(); // Πίσω φως του LCD
8  Serial.begin(9600); // Αρχικοποίηση επικοινωνίας
9  }
10 void loop() {
11 int sensorValue = analogRead(LM35Pin); // Ανάγνωση τιμής LM35
12 float temperature = (sensorValue * 0.488); // Μετατροπή σε βαθμούς Κελσίου
13 Serial.print("Temperature: ");
14 Serial.print(temperature);
15 Serial.println(" °C");
16 // Απεικόνιση θερμοκρασίας στο LCD
17 lcd.setCursor(0, 0);
18 lcd.print("Temp: ");
19 lcd.print(temperature);
20 lcd.print(" °C");
21 delay(1000); // Καθυστερήση μεταξύ μετρήσεων
22 }

```

Εικόνα 6: Κώδικας προγραμματισμού Arduino IDE για την απεικόνιση της θερμοκρασίας και σε οθόνη LCD

Αναλυτικότερα:

- #Include <wire.h> , η εντολή αυτή αρχικοποιεί την επικοινωνία με το i2c.
- #include <LiquidCrystal_I2C.h> , η εντολή αυτή εισάγει τη βιβλιοθήκη για την οθόνη LCD.
- LiquidCrystal_I2C lcd(0x27 , 16 , 2) , η εντολή αυτή ορίζει τη διεύθυνση και τις διαστάσεις της LCD οθόνης.
- Lcd.init() , η εντολή αυτή αρχικοποιεί την οθόνη.
- Lcd.backlight() , η εντολή αυτή θέτει σε λειτουργία το πίσω φως της οθόνης.
- Lcd.setCursor(0,0) , η εντολή αυτή θέτει τον κέρσορα της οθόνης στην πρώτη θέση της.
- Lcd.print , η εντολή αυτή απεικονίζει την θερμοκρασία στην LCD οθόνη.

3.1.2.3. Χρήση ρελέ για τον έλεγχο του λαμπτήρα πυρακτώσεως:

Τέλος στον κώδικα προστέθηκε το ρελέ το οποίο θα ελέγχει τον λαμπτήρα πυρακτώσεως. Ο κώδικας δίνει εντολή στο ρελέ να κρατά αναμμένο τον λαμπτήρα πυρακτώσεως όσο η θερμοκρασία είναι κάτω από τους 37°C, ενώ όταν η θερμοκρασία φτάσει σε αυτό το κατώφλι, δίνεται εντολή να σβήσει ο λαμπτήρας για 20 δευτερόλεπτα.

Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε ως ανώτατο κατώφλι οι 37°C είναι επειδή είναι η βέλτιστη θερμοκρασία μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στο σώμα του ανθρώπου, αφού αυτή είναι περίπου και η εσωτερική θερμοκρασία ενός ανθρώπου. Έτσι στοχεύεται η προσομοίωση της εσωτερικής θερμοκρασία του ανθρώπου.

Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε το χρονικό διάστημα 20 δευτερολέπτων είναι επειδή ύστερα από δοκιμές και μετρήσεις παρατηρήθηκε πως αφού φτάσει η θερμοκρασία στο κατώφλι , τότε μετά από 20 δευτερόλεπτα με σβηστό λαμπτήρα η θερμοκρασία φτάνει στους 36°C περίπου. Έτσι επιτυγχάνεται η διατήρηση σχεδόν σταθερής θερμοκρασίας για καλλιέργεια μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε αυτή τη θερμοκρασία.

Ο κώδικας για την λειτουργία αυτή είναι ο εξής (εικόνα 7):

```

1  #include <Wire.h> // Επικοινωνία I2C
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h> // Είσοδος του LiquidCrystal_I2C library
3  const int LM35Pin = A0; // Αναλογικό πιν για τον LM35
4  const int relayPin = 5; // Ψηφιακό πιν για έλεγχο του ρελέ
5  const int openDelay = 20000 // Καθυστέρηση 20 δευτερολέπτων ώστε να μένει ανοιχτό το ρελέ
6  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Διεύθυνση και διαστάσεις του LCD I2C
7  void setup() {
8  lcd.init(); // Αρχικοποίηση LCD απεικόνισης
9  lcd.backlight(); // Πίσω φως του LCD
10 pinMode(relayPin, OUTPUT); // Θέτουμε ως έξοδο το πιν του ρελέ
11 digitalWrite(relayPin, LOW); // Αρχικοποίηση επικοινωνίας
12 Serial.begin(9600); // Αρχικοποίηση επικοινωνίας
13 }
14 void loop() {
15 int sensorValue = analogRead(LM35Pin); // Ανάγνωση τιμής LM35
16 float temperature = (sensorValue * 0.488); // Μετατροπή σε βαθμούς Κελσίου
17 Serial.print("Temperature: ");
18 Serial.print(temperature);
19 Serial.println(" °C");
20 // Απεικόνιση θερμοκρασίας στο LCD
21 lcd.setCursor(0, 0);
22 lcd.print("Temp: ");
23 lcd.print(temperature);
24 lcd.print(" °C");
25 // Έλεγχος του ρελέ σύμφωνα με τη θερμοκρασία
26 if (temperature >= 37) {
27 digitalWrite(relayPin, HIGH); // Άνοιγμα ρελέ
28 delay(openDelay); // Διατήρηση ανοιχτού ρελέ
29 digitalWrite(relayPin, LOW); // Κλείσιμο ρελέ
30 delay(1000); // Καθυστέρηση ενός δευτερολέπτου έως την επόμενη μέτρηση
31 }
32 delay(1000); // Καθυστέρηση μεταξύ μετρήσεων
33 }

```

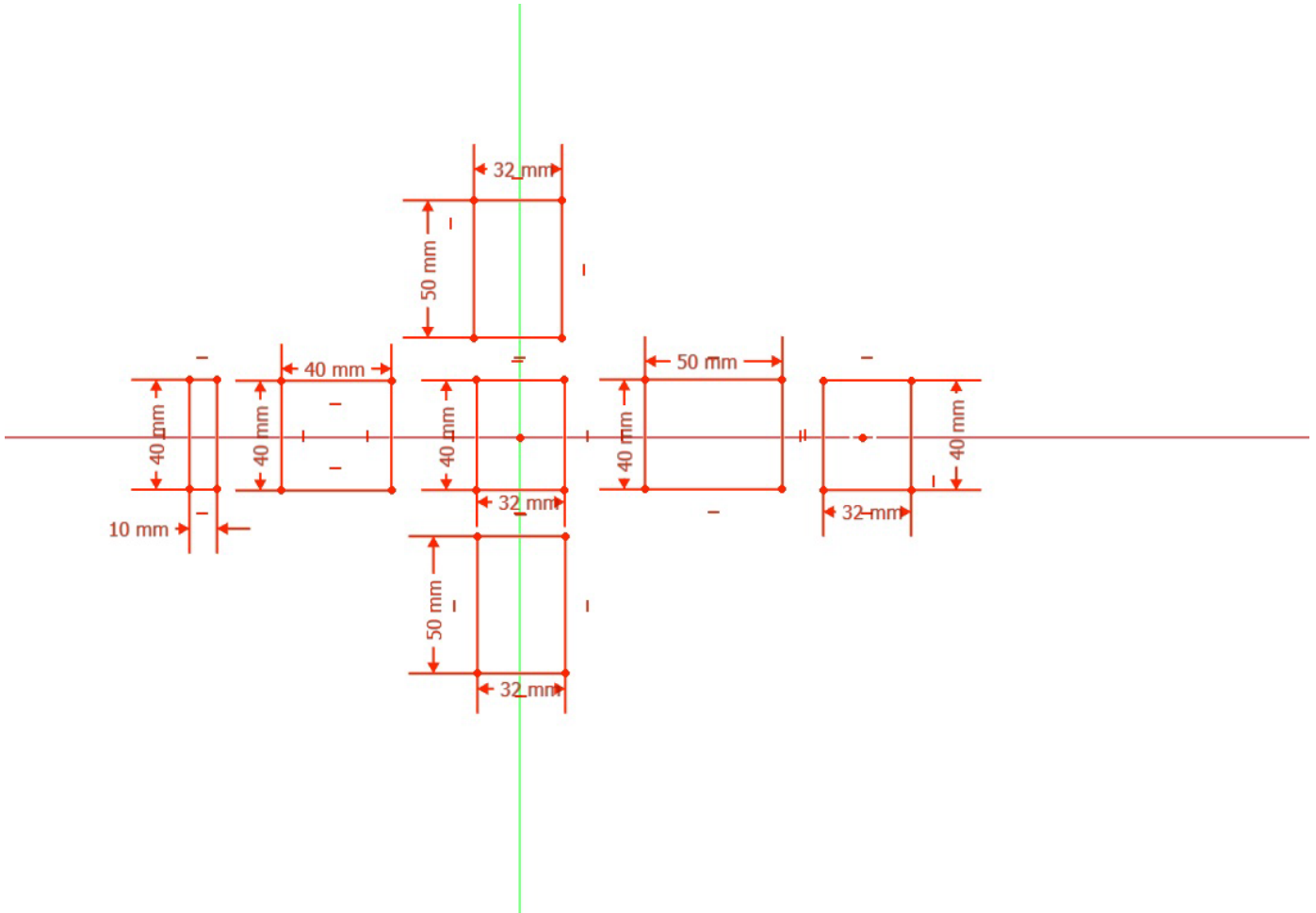
Εικόνα 7: Κώδικας προγραμματισμού Arduino IDE για έλεγχο ρελέ

Αναλυτικότερα:

- Const int relayPin = 5 , η εντολή αυτή ορίζει το ψηφιακό pin που συνδέεται το ρελέ
- Const int openDelay = 20000 , η εντολή αυτή ορίζει το χρονικό διάστημα των 20 δευτερολέπτων.
- pinMode(relayPin , OUTPUT) , η εντολή αυτή θέτει το pin που είναι συνδεδεμένο το ρελέ ως έξοδο του σήματος του.
- digitalWrite(relayPin, LOW) , η εντολή αυτή ορίζει την αρχή του ρελέ ως κλειστό.
- if (temperature >= 37)
digitalWrite(relayPin, HIGH)
delay(openDelay)
digitalWrite(relayPin, LOW) , η εντολή αυτή ορίζει πως όταν η θερμοκρασία φτάνει να είναι μεγαλύτερη από 37 βαθμούς Κελσίου τότε το ρελέ ανοίγει (οπότε και σβήνει η λάμπα) για 20 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια ελέγχεται πάλι η θερμοκρασία.

3.2 Σχεδιασμός Και Κατασκευή Του Θαλάμου

Το παρακάτω ανάπτυγμα της κατασκευής σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα FreeCad (Εικόνα 8) και απεικονίζει τις διαστάσεις κάθε πλευράς του θαλάμου επώασης. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 7 κομμάτια ξύλου Nonoran με τις διαστάσεις:

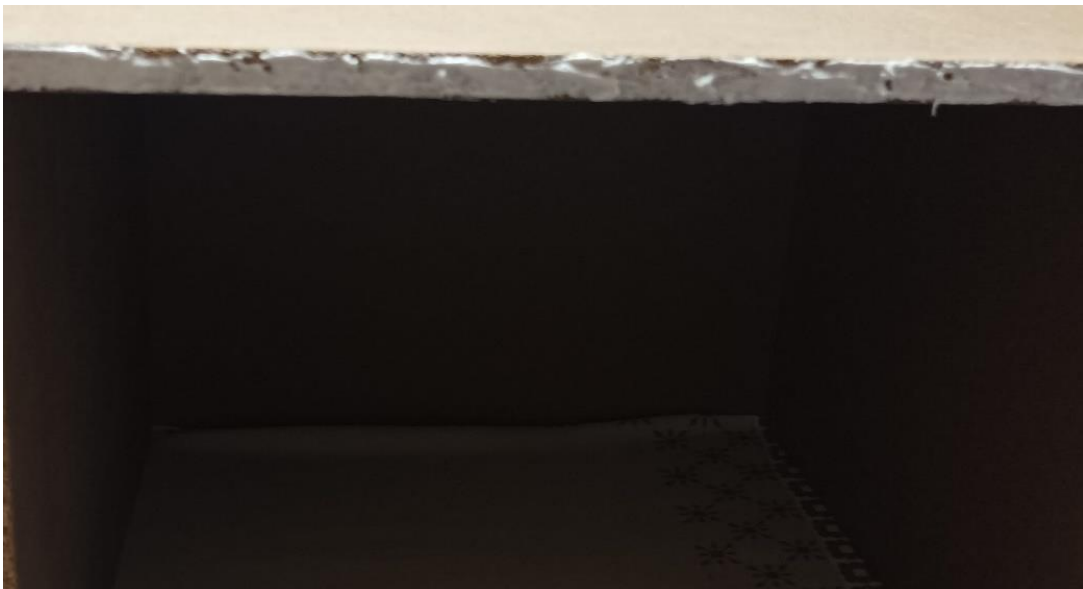


Εικόνα 8: Ανάπτυγμα κατασκευής του θαλάμου επώασης. Σχέδιο από το πρόγραμμα FreeCad

- | | |
|---|--------------------------------------|
| a. Πόρτα θαλάμου: 40cm×40cm | e. Πίσω μέρος: 40cm×50cm |
| b. Κομμάτι πάνω από την πόρτα:
10cm×40cm | f. Πάνω μέρος: 40cm×32cm |
| c. Δεξιά πλευρά: 32cm×50cm | g. Κάτω μέρος: 40cm×32cm |
| d. Αριστερή πλευρά: 32cm×50cm | h. Τρύπα για το ντουί: διάμετρος 6cm |

Παρακάτω περιγράφεται βήμα – βήμα η κατασκευή του θαλάμου επώασης και παρατίθενται φωτογραφίες της διαδικασίας:

- A. Μαζεύουμε όλα τα εργαλεία που θα βοηθήσουν στην πραγματοποίηση της κατασκευής και αναφέρθηκαν νωρίτερα: κατσαβίδι, βίδες, καρφιά, σφυρί, ξυλόκολλα και χαρτοταινία, καθώς και τα κομμάτια κόντρα πλακέ που θα χρησιμοποιήσουμε για το εξωτερικό περίβλημα του θαλάμου και τα κομμάτια φελιζόλ για το εσωτερικό του.
- B. Παίρνουμε το κομμάτι που θα αποτελέσει την πίσω πλευρά του θαλάμου και εφαρμόζουμε ξυλόκολλα στα άκρα της μεγαλύτερης διάστασης του, δεξιά και αριστερά προκειμένου να τοποθετηθεί ανάμεσα από τις δύο πλαϊνές πλευρές του θαλάμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 9).



Εικόνα 9: Εφαρμογή ξυλόκολλας στα σημεία ένωσης.

- Γ. Ακουμπάμε τις δύο πλαϊνές πλευρές (δεξιά και αριστερά) του θαλάμου στα άκρα που τοποθετήσαμε την ξυλόκολλα, και πιέζουμε προκειμένου να γίνει καλή επαφή και να μην δημιουργηθούν κενά, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 10).



Εικόνα 10: Εφαρμογή πίεσης στο σημείο ένωσης.

Δ. Καλύπτουμε τα σημεία επαφής με χαρτοταινία ώστε να διατηρηθεί προσωρινά σταθερή η κατασκευή μέχρι να στεγνώσει πλήρως η ξυλόκολλα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 11).



Εικόνα 11: Κάλυψη των σημείων επαφής με χαρτοταινία μέχρι να στεγνώσει η ξυλόκολλα.

- Ε. Γυρνάμε την κατασκευή στο πλάι μετά από 5 λεπτά αφού έχει στεγνώσει αρκετά η κόλλα ώστε να ξεκινήσουμε να τοποθετήσουμε τα καρφιά για να ενισχύσουμε την στιβαρότητα της κατασκευής, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 12).



Εικόνα 12: Γυρίζουμε την κατασκευή από την άλλη πλευρά για την τοποθέτηση καρφιών.

- ΣΤ. Χρησιμοποιούμε το σφυρί και τα καρφιά για να σταθεροποιηθεί πλήρως η μέχρι στιγμής διάταξη. Τοποθετούμε τρία καρφιά στην μία πλευρά που γίνεται η επαφή μεταξύ του πίσω μέρους και της αριστερής πλευράς του θαλάμου και άλλα τρία καρφιά στην άλλη πλευρά που γίνεται η επαφή μεταξύ του πίσω μέρους και της δεξιάς πλευράς του εξωτερικού περιβλήματος του θαλάμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 13).



Εικόνα 13: Τοποθέτηση καρφιών.

Ζ. Παίρνουμε το κάτω μέρος (βάση) του θαλάμου και εφαρμόζουμε περιμετρικά ξυλόκολλα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 14).



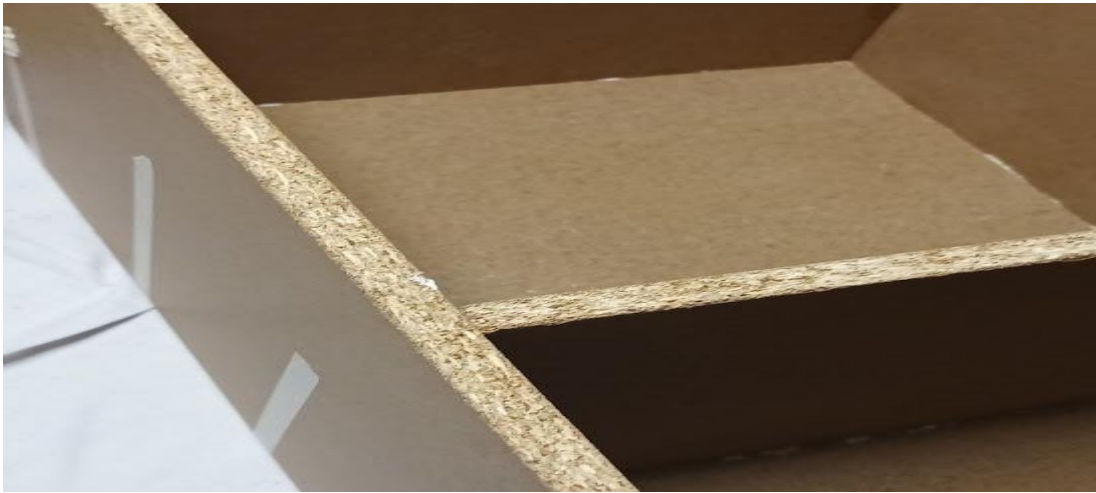
Εικόνα 14: Εφαρμογή ξυλόκολλας περιμετρικά του κάτω μέρους.

Η. Τοποθετούμε τη βάση στο κάτω μέρος του θαλάμου και την σταθεροποιούμε με χαρτοταινία. Για ευκολία τοποθετούμε και το πάνω μέρος ώστε να υπολογίσουμε σωστά την απόσταση τοποθέτησης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 15).



Εικόνα 15: Σταθεροποίηση της βάσης με χαρτοταινία.

- Θ. Αφού στεγνώσει η κόλλα συνεχίζουμε καρφώνοντας την βάση στα σημεία επαφής της με τις υπόλοιπες πλευρές του θαλάμου.
- Ι. Εφαρμόζουμε ξυλόκολλα και στην κορυφή του θαλάμου επώασης και την τοποθετούμε 10 εκατοστά από το μέγιστο ύψος (καθώς θέλουμε το κύκλωμα της διάταξης να εφαρμόσει πάνω του και εκτός του εσωτερικού του θαλάμου. Καρφώνουμε και την κορυφή μόλις η κόλλα στεγνώσει επαρκώς, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 16).



Εικόνα 16: Τοποθέτηση της κορυφής του θαλάμου.

- ΙΑ. Εφαρμόζουμε ξυλόκολλα στην μπροστά όψη του θαλάμου, στα 10 πρώτα εκατοστά, προκειμένου να τοποθετηθεί το κάλυμμα πάνω από την πόρτα του θαλάμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 17).



Εικόνα 17: Εφαρμογή ξυλόκολλας στο σημείο που θα τοποθετηθεί το κάλυμμα πάνω από την πόρτα.

ΙΒ. Συνεχίζοντας, καρφώνουμε και αυτό το κομμάτι στη θέση του, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 18).



Εικόνα 18: Καρφώνουμε το κάλυμμα πάνω από την πόρτα.

ΙΓ. Παίρνουμε τους μεντεσέδες και τους τοποθετούμε ανοιχτούς με την μία πλευρά να ακουμπάει στο εσωτερικό του θαλάμου και την άλλη στο εσωτερικό της πόρτας. Συνεχίζουμε βιδώνοντας τους, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 19).



Εικόνα 19: Τοποθέτηση μεντεσέδων.

ΙΔ. Αφού έχει ολοκληρωθεί η ξύλινη κατασκευή, παίρνουμε το ντουί, το ανοίγουμε και τοποθετούμε στις επαφές του τα δύο καλώδια του φις, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 20).



Εικόνα 20: Τοποθέτηση του ντουί και ένωση των καλωδίων τους φις στις επαφές του.

ΙΕ. Αφού κάνουμε αυτή τη σύνδεση, τοποθετούμε το ντουί στην κορυφή του θαλάμου στο εσωτερικό της τρύπας, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 21).



Εικόνα 21: Τοποθέτηση του ντουί στην κορυφή του θαλάμου.

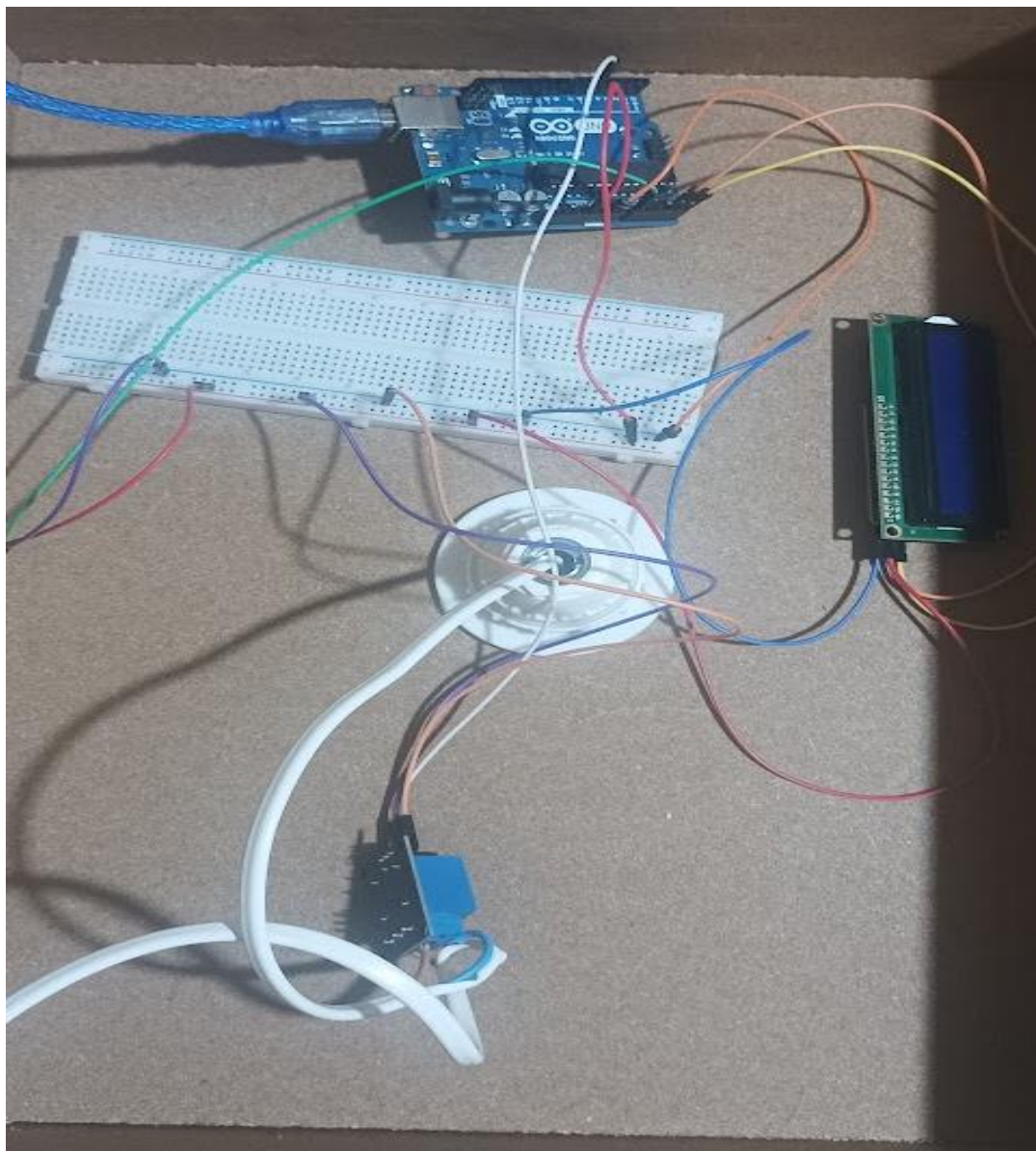
ΙΣΤ. Πριν την τοποθέτηση του φελιζόλ, περνάμε τον αισθητήρα θερμοκρασίας από την μικρή οπή που βρίσκεται πίσω από το ντουί προκειμένου να τοποθετηθεί εντός του θαλάμου επώασης.

ΙΖ. Τελευταίο κομμάτι του θαλάμου είναι η εσωτερική επένδυση από φελιζόλ. Παίρνουμε τα κομμάτια φελιζόλ και μετράμε εσωτερικά τις διαστάσεις των δεξιά , αριστερά και πίσω πλευρών όπως επίσης και της βάσης του θαλάμου. Κόβουμε σε αυτές τις διαστάσεις τα κομμάτια φελιζόλ (ταυτόχρονα κάνουμε και μια μικρή οπή στο φελιζόλ που θα τοποθετηθεί στην πίσω πλευρά ώστε να περαστεί ο αισθητήρας θερμοκρασίας) και τα τοποθετούμε εσωτερικά με τη βοήθεια ταινίας διπλής όψης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 22).



Εικόνα 22: Τοποθέτηση των κομματιών του φελιζόλ και δημιουργία τρύπας για τον αισθητήρα LM35.

ΙΗ. Συνδέεται το υπόλοιπο κύκλωμα και τοποθετείται στο πάνω μέρος του θαλάμου επώασης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 23).



Εικόνα 23:Σύνδεση του υπόλοιπου κυκλώματος.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή θα γίνει παρουσίαση της επιτυχούς λειτουργίας του θαλάμου επώασης μέσω απλής βακτηριακής καλλιέργειας. Επιπλέον θα συγκριθεί η καλλιέργεια που έγινε εντός θαλάμου επώασης, με καλλιέργεια που έγινε εκτός θαλάμου σε ένα σκιερό μέρος με θερμοκρασία δωματίου.

Ένας από τους ελέγχους λειτουργίας του θαλάμου είναι η σύγκριση που αναφέρθηκε παραπάνω. Έγινε προσπάθεια καλλιέργειας βακτηρίων με χρήση τρυβλίων. Για το μέσο καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν εύκολα προσβάσιμα υλικά όπως άγαρ, ζάχαρη και ζωμός βοδινού. Για την ανάπτυξη βακτηρίων χρησιμοποιήθηκε μια μπατονέτα η οποία ήρθε σε επαφή με νεροχύτη κουζίνας. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τρυβλία, ένα το οποίο τοποθετήθηκε εντός του θαλάμου επώασης, και εκτός του θαλάμου επώασης αλλά στον ίδιο χώρο. Έτσι, το τρυβλίο που τοποθετήθηκε εντός δοκιμάστηκε σε θερμοκρασία εύρους 37-36 °C ενώ το τρυβλίο που έμεινε εκτός του θαλάμου δοκιμάστηκε σε θερμοκρασία δωματίου (λόγω καλοκαιρινής εποχής η θερμοκρασία αυτή ήταν συνήθως μεταξύ 27°C και 30°C).

Παρακάτω φαίνεται η κάθε καλλιέργεια ξεχωριστά ώστε να γίνεται σύγκριση ανάλογα με τον ρυθμό ανάπτυξης.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΑΛΑΜΟΥ ΕΠΩΑΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ



Εικόνα 24: Ημέρα 1^η εκτός θαλάμου



Εικόνα 25: Ημέρα 1^η εντός θαλάμου



Εικόνα 26: Ημέρα 2^η εκτός θαλάμου



Εικόνα 27: Ημέρα 2^η εντός θαλάμου



Εικόνα 28: Ημέρα 3^η εκτός θαλάμου



Εικόνα 29: Ημέρα 3^η εντός θαλάμου



Εικόνα 30: Ημέρα 4^η εκτός θαλάμου



Εικόνα 31: Ημέρα 4^η εντός θαλάμου

Είναι ορατό από τις παραπάνω φωτογραφίες πως η καλλιέργεια εντός του θαλάμου επώασης αναπτύχθηκε πολύ γρηγορότερα από την καλλιέργεια εκτός θαλάμου. Ιδιαίτερα την 3^η και την 4^η μέρα η καλλιέργεια εντός θαλάμου είχε πολύ μεγαλύτερη ανάπτυξη από την καλλιέργεια εκτός θαλάμου.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή θα παρατεθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του θαλάμου επώασης που δημιουργήθηκε για αυτή την εργασία, σε σχέση με την αγορά ενός θαλάμου επώασης του εμπορίου. Επίσης συζητηθούν τα λάθη τα οποία πραγματοποιήθηκαν σε οποιαδήποτε διαδικασία της εργασίας, όπως επίσης και μελλοντικές βελτιώσεις που μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να αναβαθμιστεί η διάταξη.

5.1 Σύγκριση κατασκευής έναντι αγοράς

Τα πλεονεκτήματα κατασκευής του θαλάμου έναντι αγοράς είναι τα εξής:

- a. Χαμηλό κόστος: Η κατασκευή του θαλάμου επώασης, σε περίπτωση όπου κάποιος χρειάζεται πολύ απλές λειτουργίες (όπως αναφέρθηκε και πριν η εργασία αυτή μπορεί να απευθύνεται σε ερασιτέχνες ερευνητές ή εκπαιδευτές που επιθυμούν επίδειξη λειτουργίας ενός τέτοιου θαλάμου) είναι μια ξεκάθαρη μείωση δαπάνης χρημάτων. Το συνολικό κόστος της κατασκευής όπως αναφέρθηκε νωρίτερα ήταν περίπου 32€. Σε σύγκριση με το κόστος αγοράς θαλάμων επώασης του εμπορίου η διαφορά στο κόστος είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα.
- b. Προσαρμογή και επέκταση δυνατοτήτων: Ένα άλλο πολύ μεγάλο πλεονέκτημα της κατασκευής αυτής έναντι της αγοράς είναι πως υπάρχει η δυνατότητα εύκολης προσαρμογής ή επέκτασης των δυνατοτήτων του θαλάμου και του κυκλώματος. Για παράδειγμα, είναι πολύ εύκολο να τοποθετηθεί ένας αισθητήρας υγρασίας σε περίπτωση που κάποια εργασία απαιτεί την μέτρηση της υγρασίας εντός του θαλάμου. Επίσης είναι εύκολο να τοποθετηθεί ένα ανεμιστήρας υπολογιστή το οποίο μπορεί να ελέγχεται από το Arduino και να φροντίζει τον διαμοιρασμό της θερμοκρασίας εξίσου σε όλο το εσωτερικό του θαλάμου.
- c. Απόκτηση εμπειρίας: Επίσης, όπως με οποιαδήποτε διαδικασία που επιβάλλει την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων για την επίτευξη της, έτσι και στην κατασκευή του θαλάμου ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι η ευκαιρία επέκτασης των γνώσεων του ατόμου για ηλεκτρονικά, κατασκευές, κυκλώματα ή ακόμα και βιολογίας των μικροοργανισμών.

d. Επιβράβευση: Ένα τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα είναι η συναισθηματική επιβράβευση του ατόμου λόγω της επίτευξης ενός σύνθετου στόχου όπως είναι η κατασκευή ενός εργαλείου – συσκευής που χρησιμοποιείται για σύνθετες και πολύπλοκές ιατρικές/ερευνητικές διαδικασίες. Κάθε τέτοιου είδους διαδικασία ενεργοποιεί την δημιουργικότητα και επιβραβεύει την προσπάθεια είτε γίνει η επίτευξη του στόχου είτε όχι.

Τα μειονεκτήματα κατασκευής τους θαλάμου έναντι αγοράς είναι τα εξής:

a. Περιορισμένα χαρακτηριστικά: Χαρακτηριστικά όπως η ρύθμιση της θερμοκρασίας του θαλάμου, στον θάλαμο της εργασίας μπορούν να γίνουν μόνο μέσω ενός υπολογιστή και αλλαγής του προγράμματος. Αντίθετα στους θαλάμους του εμπορίου υπάρχει διαπαφή πάνω στον θάλαμο όπου διευκολύνει τον έλεγχο της θερμοκρασίας.

b. Ακρίβεια μετρήσεων: Οι θάλαμοι του εμπορίου, πριν την κυκλοφορία τους, περνούν από δεκάδες ή εκατοντάδες τεστ τα οποία δοκιμάζουν κάθε λειτουργία τους και κάθε μέτρηση που μπορούν να εκτελέσουν. Η διάταξη της εργασίας αυτής έχει δοκιμαστεί σε μετρήσεις θερμοκρασίας μέσω τοποθέτησης και εμπορικού θερμομέτρου ωστόσο η μέτρηση αυτή δεν επιβεβαιώνει την μακροπρόθεσμη λειτουργία και θα πρέπει να γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

c. Ζητήματα ασφαλείας: Ξανά οι θάλαμοι του εμπορίου περνούν από διάφορα τεστ τα οποία επιβεβαιώνουν αρχικά την ασφάλεια λειτουργίας τους αλλά επίσης την συμμόρφωση με κανονισμούς που ορίζουν οι εκάστοτε οργανισμοί που είναι υπεύθυνοι. Η διάταξη της εργασίας έχει θέματα ασφαλείας (εκτεθειμένα καλώδια και επαφές) και για τον λόγο αυτό χρειάζεται προσοχή στην λειτουργία του.

5.2 Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών του θαλάμου της εργασίας έναντι θαλάμων του εμπορίου.

ΜΟΝΤΕΛΟ	Κλίβανος επώασης WIG-32 φυσικής κυκλοφορίας (WIG, n.d.)	Κλίβανος επώασης WIG-50 φυσικής κυκλοφορίας (WIG, n.d.)	Κλίβανος επώασης WIG-105 φυσικής κυκλοφορίας (WIG, n.d.)	Κλίβανος επώασης WIG-150 φυσικής κυκλοφορίας (WIG, n.d.)	Θάλαμος επώασης της εργασίας
Εξωτερικές διαστάσεις (WxHxD)	481 x 458 x 624mm	541 x 518 x 701mm	633 x 595 x 879mm	709 x 641 x 906mm	320 x 500 x 400
Εσωτερικές διαστάσεις	310 x 290 x 360mm	370 x 350 x 420mm	485 x 410 x 535mm	550 x 475 x 600mm	280 x 360 x 360
Χωρητικότητα	32 lit	50 lit	105 lit	150 lit	36 lt
Υλικό κατασκευής	ανοξείδωτο χάλυβα	ανοξείδωτο χάλυβα	ανοξείδωτο χάλυβα	ανοξείδωτο χάλυβα	Ξύλο novarpan
Βάρος					8kg
Τάση	230V 50/60Hz	230V 50/60Hz	230V 50/60Hz	230V 50/60Hz	230 V (+ / - 10%)
Θερμοστάτης	NAI, 200W	NAI, 200W	NAI, 400W	NAI, 400W	OXI
Αισθητήρες θερμοκρασίας	12	12	12	12	LM36 (TO-92)
Εύρος θερμοκρασίας	+5°C - 70°C	+5°C - 70°C	+5°C - 70°C	+5°C - 70°C	-60°C έως +150°C
Απόκλιση					±0.5°C
Χρονοδιακόπτης	99 hr/59 min	99 hr/59 min	99 hr/59 min	99 hr/59 min	OXI
Οθόνη	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
Ράφι	2	2	2	2	1

ΜΟΝΤΕΛΟ	Κλίβανος - PERFECT Series (Κλίβανος - PERFECT Series, n.d.)	Επωαστικός κλίβανος Memmert (Mettmert, Δίγκας Γ. Ιατρικά, n.d.)	Κλίβανοι επώασης διοξειδίου του άνθρακα CO2 ICO 108med (ICOMed, n.d.)	Κλίβανος επώασης Cultura M (Cultura, n.d.)	Θάλαμος επώασης της εργασίας
Εξωτερικές διαστάσεις (WxHxD)	550 x 680 x 480mm	585 x 707x 434mm	719 x 551 x 750 mm	310 x 155 x 168 mm	320 x 500 x 400
Εσωτερικές διαστάσεις	400 x 400 x 330mm	400 x 320 x 250mm	560 x 400 x 480 mm	220 x 120 x 150 mm	280 x 360 x 360
Χωρητικότητα		32 lt	107 lt	N/A	36 lt
Υλικό κατασκευής	ανοξείδωτο ατσάλι	ανοξείδωτο χάλυβα	ανοξείδωτο ατσάλι	N/A	Ξύλο novarpan
Βάρος			70 kg	1.1 kg	8kg
Τάση	230 V (+ / - 10%), 50/60 Hz	220V/50HZ	230 V (± 10 %), 50 / 60 Hz	26 w/220 Volt	230 V (+ / - 10%)
Θερμοστάτης	OXI	OXI	NAI	OXI	OXI
Αισθητήρες θερμοκρασίας	N/A	N/A	2 Pt100	N/A	LM36 (TO-92)
Εύρος θερμοκρασίας	έως 160 °C	+5°C - 70°C	20 °C – 50 °C	25 °C – 45 °C	-60°C έως +150°C
Απόκλιση		± 0.5 °C	± 0.3 °C at 37 °C.	± 1.0 °C	±0.5°C
Χρονοδιακόπτης	NAI	1 λεπτού – 99 ώρες 59 λεπτά	NAI	NAI	OXI
Οθόνη	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI
Ράφι	1	1	2	1	1

5.3 Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών του θαλάμου της εργασίας έναντι άλλων πειραματικών θαλάμων.

ΜΟΝΤΕΛΟ	Πειραματικός θάλαμος επώασης 1	Πειραματικός θάλαμος επώασης 2	Θάλαμος επώασης της εργασίας
Εξωτερικές διαστάσεις (WxHxD)	N/A	N/A	320 x 500 x 400
Εσωτερικές διαστάσεις	N/A	N/A	280 x 360 x 360
Χωρητικότητα	N/A	N/A	36 lt
Υλικό κατασκευής	Κόντρα πλακέ	Styrofoam	Ξύλο novarap
Βάρος	N/A	N/A	8kg
Τάση	110V / 220V	230V 50/60Hz	230 V (+ / - 10%)
Θερμοστάτης	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Αισθητήρες θερμοκρασίας	Thermocouple Amplifier MAX31855	DS18B20	LM36 (TO-92)
Εύρος θερμοκρασίας	-200°C to +1350°C	-55°C to +125°C	-60°C έως +150°C
Απόκλιση	±2°C - ±6°C	±0.5°C A	±0.5°C
Χρονοδιακόπτης	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Οθόνη	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Ράφι	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ

5.4 Λάθη κατά την δημιουργία του κυκλώματος και του προγράμματος

Το πρώτο λάθος κατά την δημιουργία του κυκλώματος έγινε με τον πρώτο κώδικα που χρησιμοποιήθηκε. Η πρώτη έκδοση του κώδικα ήταν αρκετά παρόμοια με την τελική ωστόσο είχε την εξής διαφορά: όριζε πως όταν η θερμοκρασία φτάνει σε ανώτατο κατώφλι ο λαμπτήρας θα σβήνει, ενώ όταν φτάνει σε ένα κατώτατο κατώφλι ο λαμπτήρας θα ανάβει προκειμένου να φτάσει πάλι η θερμοκρασία σε επιθυμητές τιμές (εικόνα 25). Ο κώδικας αυτός, παρά τις πολλές προσπάθειες δεν λειτούργησε καθώς όταν έφτανε ο θάλαμος στο ανώτατο κατώφλι θερμοκρασίας (π.χ. 37 °C) ο αισθητήρας ξεκινούσε να δίνει μια λάθος και μια σωστή τιμή κάθε δευτερόλεπτο της μέτρησης θερμοκρασίας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 24). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το πρόγραμμα να δίνει την εντολή στον λαμπτήρα να ανάβει κατά τη μια μέτρηση αλλά να σβήνει κατά την άλλη μέτρηση. Έτσι ο λαμπτήρας το ένα δευτερόλεπτο άναβε και το άλλο έσβηνε.

Το δεύτερο λάθος κατά τη δημιουργία του κυκλώματος έγινε κατά τη σύνδεση του πρώτου αισθητήρα θερμοκρασίας LM35. Όταν ελέγχθηκε το datasheet του δεν είχε δοθεί προσοχή στο γεγονός ότι η συνδεσμολογία αναφερόταν σε κάτοψη και εφαρμόστηκε λανθασμένα με αποτέλεσμα ο αισθητήρας να υπερθερμανθεί και να χαλάσει.

```
Temperature: 53.22 °C
Temperature: 22.95 °C
Temperature: 53.22 °C
Temperature: 22.95 °C
Temperature: 53.71 °C
Temperature: 22.95 °C
Temperature: 53.71 °C
Temperature: 22.95 °C
Temperature: 53.71 °C
Temperature: 22.46 °C
Temperature: 53.71 °C
Temperature: 22.46 °C
Temperature: 53.22 °C
Temperature: 22.95 °C
Temperature: 53.22 °C
```

Εικόνα 32: Σφάλμα μέτρησης θερμοκρασίας

```
1  const int LM35Pin = A0;
2  const int relayPin = 3;
3  void setup()
4  {
5      pinMode(relayPin, OUTPUT);
6      digitalWrite(relayPin, LOW);
7      Serial.begin(9600);
8  }
9  void loop()
10 {
11     int sensorValue = analogRead(LM35Pin);
12     float temperature = (sensorValue * 0.488);
13     Serial.print("Temperature: ");
14     Serial.print(temperature);
15     Serial.println(" °C");
16     if (temperature >= 35)
17     {
18         digitalWrite(relayPin, LOW);
19     }
20     else if (temperature < 35)
21     {
22         digitalWrite(relayPin, HIGH);
23     }
24
25     delay(1000);
26 }
```

Εικόνα 33: Κώδικας μέτρησης θερμοκρασίας και ελέγχου ρελέ

5.5 Λάθη κατά την κατασκευή του θαλάμου επώασης

Ένα λάθος που συνέβη κατά την κατασκευή του θαλάμου έγινε στις διαδικασίες ένωσης των ξύλων μεταξύ τους. Τα όρια για τα καρφιά ήταν σχετικά μικρά, και λόγω έλλειψης εμπειρίας κάποια καρφιά μπήκαν στραβά.

5.6 Μελλοντικές βελτιώσεις

Η πρώτη βελτίωση που μπορεί να συμπεριληφθεί στον θάλαμο είναι σίγουρα μια ηχητική μέθοδος ειδοποίησης του χρήστη σε περίπτωση που η θερμοκρασία αποκλίνει από τα φυσιολογικά όρια.

Η δεύτερη βελτίωση που μπορεί να συμπεριληφθεί στον θάλαμο θα ήταν ένας μικρός ανεμιστήρας ο οποίος θα βοηθούσε στην κυκλοφορία του αέρα καθώς και ένα δισκίο με νερό που θα ρύθμιζε την υγρασία εσωτερικά του θαλάμου. Έτσι θα επεκτείνονταν

οι δυνατότητες του θαλάμου και σε άλλου είδους διαδικασίες όπως η καλλιέργεια μυκήτων ή η επώαση αυγών.

Μια τελευταία βελτίωση θα ήταν να τοποθετηθούν ράφια προκειμένου να είναι η δυνατή η πλήρης εκμετάλλευση του εσωτερικού του θαλάμου.

Βιβλιογραφία

1. ARDUINO LAB. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://arduinolaboratory.weebly.com/pirhoomicrongammarhoalphamumualphatauiotasigmamuomicronsigmaf-arduino.html>
2. Arduino.cc. (2022, April 11). Ανάκτηση από <https://www.arduino.cc/en/hardware>
3. Caracciolo, G. (2014, November 1). Size and charge of nanoparticles following incubation with human plasma of healthy and pancreatic cancer patients. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 123*, σσ. 673-678.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.10.008>
4. CONNATSER, M. (2023, MAY 27). x86: History, what is it, and everything else you need to know. *QXDA*.
5. Corporation, N. S. (2000). *www.national.com*. Ανάκτηση από <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8866/NSC/LM35.html>
6. Cultura, K. ε. (χ.χ.). *Δίγκας Γ. Ιατρικά*. Ανάκτηση από <https://www.digas.gr/el/ergastiriakos-exoplismos/mihanimata-exoplismos/klibanoi/klibanoi-epoasis/klibanos-epoasis-cultura-m>
7. David, P. (2019). Historical Perspective and Further . Στο P. David, *Computer Organization and Design* (σσ. 4.16-4.16-7).
8. Dunn, P. (2002). Stéphane Tarnier (1828-1897), the architect of perinatology in France. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.*(86(2)), σσ. F137-F139.
doi:10.1136/fn.86.2.f137
9. FreeCAD. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.freecad.org/features.php>
10. Frey, B. (2005, February 24). *WAY BACK MACHINE*. Ανάκτηση από PowerPC Architecture Book, Version 2.02:
<https://web.archive.org/web/20201129235141/https://www.ibm.com/developerworks/systems/library/es-archguide-v2.html>
11. Fritzing, e. m. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://fritzing.org/>
12. ICOMed, K. ά. (χ.χ.). *Δίγκας Γ. Ιατρικά*. Ανάκτηση από <https://www.digas.gr/el/ergastiriakos-exoplismos/mihanimata-exoplismos/klibanoi/klibanoi-dioxeidiou-tou-anthraka-co2/klibanoi-epoasis-dioxeidiou-tou-anthraka-co2>
13. Jeannerat. (2021). Hypoxic Incubation Conditions for Optimized Manufacture of Tenocyte-Based Active Pharmaceutical Ingredients of Homologous Standardized Transplant Products in Tendon Regenerative Medicine. *Cells*.
doi:<https://doi.org/10.3390/cells10112872>
14. Labnet I5110A Mini Microbiology and Hematology Incubator. (χ.χ.). Ανάκτηση από STELLAR SCIENTIFIC, Simplifying your World:
<https://www.stellarscientific.com/labnet-i5110a-mini-microbiology-and-hematology-incubator/>

15. Marcelo PANIAGO, D. M. (2005, September). ARTIFICIAL INCUBATION OF POULTRY EGGS. *Ceva Animal Health Asia Pacific*(Issue No.2). Ανάκτηση από <https://web.archive.org/web/20191118000309/https://pdfs.semanticscholar.org/2279/f8e45d61fe90c68bed9c554c42c2bca4565a.pdf>
16. *Memmert Constant Climate Chamber HPP2200eco Peltier System, 115V - 2140L*. (χ.χ.). Ανάκτηση από STELLAR SCIENTIFIC, Simplifying your world: <https://www.stellarscientific.com/memmert-constant-climate-chamber-hpp2200eco-peltier-system-115v-2140l/>
17. Memmert, E. κ. (χ.χ.). *Δίγκας Γ. Ιατρικά*. Ανάκτηση από <https://www.digas.gr/el/ergastiriakos-exoplismos/mihanimata-exoplismos/klibanoi/klibanoi-epoasis/epoastikos-klibanos-memmert-me-fusiki-kukloforia-aera>
18. Memmert, E. κ. (χ.χ.). *Δίγκας Γ. Ιατρικά*. Ανάκτηση από <https://www.digas.gr/el/ergastiriakos-exoplismos/mihanimata-exoplismos/klibanoi/klibanoi-epoasis/epoastikos-klibanos-memmert-me-fusiki-kukloforia-aera>
19. Pallardy, R. (2021, December 17). *britannica*. Ανάκτηση από www.britannica.com: <https://www.britannica.com/technology/incubator/additional-info#history>
20. Reinhardt, S. K. (1999). *PowerPC Architecture and Assembly Language*.
21. Richard, G. (2011). "ARMv8-A Technology Preview". Ανάκτηση από WAY BACK MACHINE.
22. Swift, T. (2023, April 23). *eComputerTips.Com*. Ανάκτηση από What is MIPS Architecture? (Explained): <https://ecomputertips.com/what-is-mips-architecture/>
23. Thermo Scientific. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/3403>
24. VorTemp 56 Shaking Incubator S2056A for Microtubes and Microplates. (χ.χ.). Ανάκτηση από STELLAR SCIENTIFIC, Simplifying your world: <https://www.stellarscientific.com/vortemp-56-shaking-incubator-s2056a-for-microtubes-and-microplates/>
25. WIG, K. (χ.χ.). *Δίγκας Γ. Ιατρικά*. Ανάκτηση από <https://www.digas.gr/el/ergastiriakos-exoplismos/mihanimata-exoplismos/klibanoi/klibanoi-epoasis/klibanos-epoasis-wig-fusikis-kukloforias>
26. Α.Αλεξανδρίδης, Ν. (1980). "ΜΙΚΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ".
27. Κλίβανος - PERFECT Series, π. π. (χ.χ.). *Δίγκας Γ. Ιατρικά* . Ανάκτηση από <https://www.digas.gr/el/ergastiriakos-exoplismos/mihanimata-exoplismos/klibanoi/klibanoi-epoasis/klibanos-perfect-series-pliros-programmatizomenos>