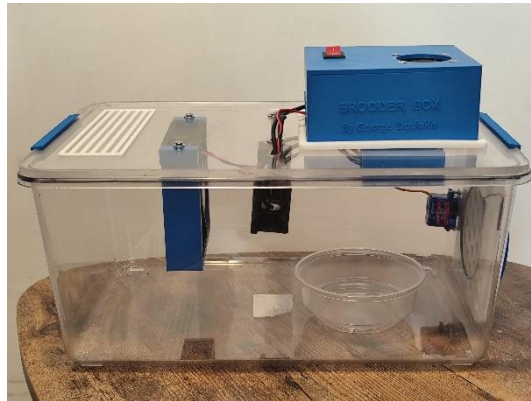


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη και κατασκευή θερμοκοιτίδας νεοσσών με δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας και NH_3 »



Του φοιτητή
Δουλάκη Γεωργίου
Αρ. Μητρώου: 516026

Επιβλέπων
Δρ. Τσιακμάκης Κυριάκος

Τίτλος Π.Ε. : Μελέτη και κατασκευή θερμοκοιτίδας νεοσσών με δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας και NH₃.

Κωδικός Π.Ε. : 21368

Όνοματεπώνυμο φοιτητή : Δουλάκης Γεώργιος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή : Τσιακμάκης Κυριάκος

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε. 15/10/23

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε. 23/01/25

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Γεωργίου Δουλάκη που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Στον Παππού μου, που μας μεγάλωσε με αγάπη από τις κότρες του»

Πρόλογος

Ένα από τα δημοφιλέστερα τρόφιμα τις τελευταίες δεκαετίες είναι το κοτόπουλο. Το 2020 μάλιστα ο παγκόσμιος πληθυσμός των εκτρεφόμενων κοτόπουλων έφτανε τα 33 δισεκατομμύρια [1], εκ των οποίων τα περισσότερα ξεκινούν την ζωή τους μέσα σε μια εκκολαπτική μηχανή και ζουν τις πρώτες ημέρες της ζωής τους σε ειδικές θερμοκοιτίδες. Πλέον η ανθρωπότητα έχει κάνει μεγάλα βήματα προς την βελτίωση των συνθηκών εκτροφής των ζώων και την παύση των βάρβαρων τεχνικών που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν. Σε αυτό το πλαίσιο λοιπόν, η πτυχιακή εργασία με τίτλο «Μελέτη και κατασκευή θερμοκοιτίδας νεοσσών με δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας και NH₃» στοχεύει στην μελέτη, σχεδίαση και την κατασκευή ενός κυκλώματος ελέγχου μιας θερμοκοιτίδας για νεοσσούς με δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου, με σκοπό να προσφέρει στους νεοσσούς τις καλύτερες δυνατές συνθήκες διαβίωσης.

Περίληψη

Στον σύγχρονο κόσμο ένα από τα δημοφιλέστερα πτηνά εκτροφής είναι η κότα. Τα προϊόντα που παράγει η εκτροφή τους, δηλαδή το κρέας και τα αυγά αποτελούν υγιεινή και οικονομική πηγή πρωτεϊνών με αποτέλεσμα η ζήτηση από τον κόσμο να είναι μεγάλη.

Τα εκτροφεία χρησιμοποιούν εκκολαπτικές μηχανές ώστε να αυξήσουν τον ρυθμό με τον οποίο αναπαράγονται τα πτηνά ώστε να καλύψουν αυτή την ζήτηση. Ωστόσο οι νεοσσοί μετά την εκκόλαψη τους έχουν ανάγκη από συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας για να επιβιώσουν μιας και κατά την φυσική εκκόλαψη θα έπαιρναν την απαραίτητη ζέστη από το σώμα της μητέρας τους. Τον ρόλο της μητέρας έρχονται να καλύψουν οι θερμοκοιτίδες νεοσσών, όπως και αυτή που θα μελετηθεί στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

Οι θερμοκοιτίδες νεοσσών είναι θάλαμοι με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας στους οποίους τοποθετούνται οι νεοσσοί κατά τις πρώτες εβδομάδες της ζωής τους ώστε να μεγαλώσουν σωστά. Ένα από τα προβλήματα που δημιουργούνται σε τέτοιες θερμοκοιτίδες είναι η αέρια αμμωνία που δημιουργείται από την διάσπαση των περιττωμάτων των νεοσσών. Αυτό είναι σημαντικό να ελεγχθεί έγκαιρα καθώς ακόμα και μικρά ποσοστά αμμωνίας στον αέρα μπορούν να καθυστερήσουν σημαντικά την ανάπτυξη των νεοσσών ενώ υψηλότερα επίπεδα μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και σε θάνατο νεοσσών.

Έτσι το αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η μελέτη και η κατασκευή μιας θερμοκοιτίδας με συνθήκες θερμοκρασίας που θα ελέγχονται αυτόματα, ενώ παράλληλα θα μπορούν να παρακολουθούνται απομακρυσμένα οι τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας αλλά και τα ποσοστά της αμμωνίας στον αέρα μέσα στην θερμοκοιτίδα. Το κύκλωμα που σχεδιάστηκε είναι βασισμένο στον ESP32 με σκοπό να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες του συγκεκριμένου μικροελεγκτή σε IoT εφαρμογές.

« STUDY AND CONSTRUCTION OF A BROODER BOX WITH REMOTE MONITORING OF TEMPERATURE, HUMIDITY AND NH₃ CONDITIONS»

«GEORGIOS DOULAKIS»

Abstract

In recent years, one of the most popular domesticated birds is the chicken. The products derived from their farming, namely meat and eggs, constitute a healthy and economical source of protein, resulting in high demand from consumers.

Farms use incubators to increase the rate at which birds reproduce to meet this demand. However, after hatching, chicks require specific temperature conditions to survive, as in natural hatching, they would receive the necessary warmth from their mother's body. The role of the mother is replaced by brooder boxes, like the one studied in this thesis.

Brooder boxes are chambers with controlled temperature conditions where chicks are placed during the first few weeks of their lives to ensure proper growth. One of the issues in such chambers is ammonia gas, which is produced by the decomposition of the chicks' waste. It is crucial to monitor and control this in a timely manner, as even small amounts of ammonia in the air can significantly hinder chick development, while higher levels can lead to chick mortality.

Therefore, the objective of this study is the design and construction of a brooder box with automatically controlled temperature conditions, while also allowing remote monitoring of temperature, humidity, and ammonia levels in the air inside. The designed circuit is based on the ESP32 microcontroller, leveraging the capabilities of this microcontroller for IoT applications.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την ψυχολογική και οικονομική στήριξη που μου παρείχε στο διάστημα της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας. Ειδικές ευχαριστίες στους φίλους μου Νίκο και Αγγελική για τις πολύτιμες γνώσεις που μοιράστηκαν μαζί μου και για την συμπαράσταση τους.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iv
Περίληψη	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες	vii
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Σχημάτων	x
Κατάλογος Πινάκων	xii
Συνομογραφίες.....	xiii
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή	1
1.1 Πτηνοτροφία	1
1.2 Παραδοσιακή πτηνοτροφία.....	1
1.3 Βιομηχανική πτηνοτροφία	1
1.4 Θερμοκοιτίδες νεοσσών.....	2
1.5 Ιδανικές συνθήκες Θερμοκοιτίδας	2
1.5.1 Εισαγωγή.....	2
1.5.2 Θερμοκρασία	2
1.5.3 Υγρασία.....	3
1.5.4 Επικίνδυνα αέρια	3
Κεφάλαιο 2ο: Ηλεκτρονικό κύκλωμα και πλακέτα.....	4
2.1 Εισαγωγή	4
2.2 Ηλεκτρονικό κύκλωμα.....	4
2.3 Τυπωμένη πλακέτα PCB.....	7
Κεφάλαιο 3ο: Εξαρτήματα και τρόπος λειτουργίας	11
3.1 Εισαγωγή	11
3.2 Ο Μικροελεγκτής ESP32.....	11
3.2.1 Εισαγωγή.....	11
3.2.2 Επεξεργαστής και Εσωτερική μνήμη.....	14
3.2.3 Διαχείριση Ενέργειας.....	14
3.2.4 Ασφάλεια.....	14
3.2.5 Λειτουργίες Wi-Fi και Bluetooth.....	14
3.2.6 ESP32 Pins	15
3.2.7 Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά.....	19

3.3	Αισθητήρας Θερμοκρασίας - Υγρασίας DHT22.....	20
3.3.1	Εισαγωγή.....	20
3.3.2	Λειτουργία και χαρακτηριστικά	20
3.3.3	Συνδέσεις.....	21
3.4	Αισθητήρας Αμμωνίας MQ-137	22
3.4.1	Εισαγωγή.....	22
3.4.2	Χαρακτηριστικά στοιχεία αισθητήρα	25
3.5	Θερμαντικό στοιχείο και On-Off control.....	27
3.5.1	Εισαγωγή.....	27
3.5.2	Κύκλωμα με IRLZ44N.....	27
3.5.3	Έλεγχος Θερμαντικού στοιχείου	29
3.6	Κινητήρας Servo	29
Κεφάλαιο 4ο: Φυσική Κατασκευή		31
4.1	Εισαγωγή	31
4.2	Συναρμολόγηση και υλικά.....	31
4.3	3D printed εξαρτήματα.....	32
4.3.1	Εισαγωγή.....	32
4.3.2	Τρισδιάστατη σχεδίαση.....	32
4.3.3	3D printing	32
Κεφάλαιο 5ο: Software		37
5.1	Εισαγωγή	37
5.2	Προγραμματισμός ESP32.....	37
5.3	Arduino IoT Cloud	38
5.4	Κώδικας	39
5.5	Dashboard	42
Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης		44
6.1	Εισαγωγή	44
6.2	Πειραματικές Μετρήσεις	44
6.3	Συμπεράσματα	48
6.4	Προτάσεις βελτίωσης	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΣ.....		50

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Το ηλεκτρονικό κύκλωμα.....	6
Σχήμα 2.2: Κατασκευή σε διάτρητη πλακέτα (πάνω όψη)	7
Σχήμα 2.3: Κατασκευή σε διάτρητη πλακέτα (πάνω όψη)	7
Σχήμα 2.4: Προεπισκόπηση τυπωμένης πλακέτα PCB.....	8
Σχήμα 2.5: Τυπωμένη πλακέτα PCB (πάνω όψη.....	9
Σχήμα 2.6: Τυπωμένη πλακέτα PCB (κάτω όψη).....	9
Σχήμα 2.7: Συναρμολογημένη πλακέτα PCB (πάνω όψη).....	10
Σχήμα 2.8: Συναρμολογημένη πλακέτα PCB (κάτω όψη)	10
Σχήμα 3.1: Ο ESP32	11
Σχήμα 3.2: ESP32 Μπλόκ διάγραμμα	12
Σχήμα 3.3: ESP32 Pins	15
Σχήμα 3.4: Χρόνους ρύθμισης(setup) και συγκράτησης(hold) των strapping pins.....	18
Σχήμα 3.5: Συνδεσμολογία EN και IO0.....	18
Σχήμα 3.6: DHT22.....	20
Σχήμα 3.7: Σύνδεση DHT22	22
Σχήμα 3.8: MQ-137	22
Σχήμα 3.9: Συνδεσμολογία MQ-137	23
Σχήμα 3.10: Διάγραμμα MQ-137	23
Σχήμα 3.11: Το κύκλωμα του MQ-137.....	26
Σχήμα 3.12: Θερμικό στοιχείο 12V	27
Σχήμα 3.13: Τάση Gate to Source για IRLZ44N.....	28
Σχήμα 3.14: Κύκλωμα διακόπτη με IRLZ44N.....	28
Σχήμα 3.15: Γράφημα θερμοκρασίας σε σχέση με τον χρόνο.....	29
Σχήμα 3.16: Ο SG92R	30
Σχήμα 3.17: Η σύνδεση του SG92R.....	30
Σχήμα 4.1: Φωτογραφία κατασκευής	31
Σχήμα 4.2: Σχεδίαση στο Fusion 360	32
Σχήμα 4.3: Πρόγραμμα Ultimaker Cura (Preview)	33
Σχήμα 4.4: Πρόγραμμα Ultimaker Cura (Prepare)	33
Σχήμα 4.5: Απόσπασμα από τον gcode που χρησιμοποιήθηκε	34
Σχήμα 4.6: 3D εκτύπωση εξαρτημάτων.....	35
Σχήμα 4.7: 3D printed καπάκι	36
Σχήμα 4.8: Η κατασκευή μετά την συναρμολόγηση	36
Σχήμα 5.1: CP2102 Board.....	37
Σχήμα 5.2: Code Verification.....	38
Σχήμα 5.3: Over the air update	38
Σχήμα 5.4: Devices (Arduino Cloud)	30
Σχήμα 5.5: Things (Arduino Cloud).....	39
Σχήμα 5.6: Dashboards (Arduino Cloud).....	39
Σχήμα 5.7: Sketch editor (Arduino Cloud)	39
Σχήμα 5.8: Διαχειριστικό για PC.....	42
Σχήμα 5.9: Charts Διαχειριστικού	42
Σχήμα 5.10: Διαχειριστικό για κινητά	43
Σχήμα 6.1: Μέτρηση 12V	44

Σχήμα 6.2: Μέτρηση 5V	45
Σχήμα 6.3: Μέτρηση 3.3V	45
Σχήμα 6.4: Μέτρηση A χωρίς φορτίο	46
Σχήμα 6.5: Μέτρηση A με φορτίο	46
Σχήμα 6.6: Μετρήσεις με τον DHT22	47
Σχήμα 6.7: Μετρήσεις με το θερμόμετρο Xiaomi	47

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά ESP32-WROOM-32D	13
Πίνακας 3.2: ESP32-WROOM-32D Pins	16
Πίνακας 3.3: ESP32-WROOM-32D Pins	16
Πίνακας 3.4: Strapping Pins	17
Πίνακας 3.5: Περιγραφές παραμέτρων των χρόνων ρύθμισης(setup) και συγκράτησης(hold)	18
Πίνακας 3.6: Συνηστώμενες συνθήκες λειτουργίας	19
Πίνακας 3.7: Απόλυτες μέγιστες τιμές.....	19
Πίνακας 3.8: DC Χαρακτηριστικά (3.3 V, 25 °C).....	19
Πίνακας 3.9: DC Χαρακτηριστικά (3.3 V, 25 °C).....	19
Πίνακας 3.10: Χαρακτηριστικά DHT22	21
Πίνακας 3.11: DHT22 Pins	21
Πίνακας 3.12: Χαρακτηριστικά MQ-137.....	25
Πίνακας 3.13: SG92R Pins.....	30
Πίνακας 5.1: Σύνδεση CP2102 με ESP32.....	37

Συντομογραφίες

ΔΙΠΙΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία
IoT	Internet of Things
SMD	Surface-Mounted Device
NPN	Negative-Positive - Negative
GPIO	General Purpose Input-Output
PCB	Printed Circuit Board
RF	Radio Frequency
SPI	Serial Peripheral Interface
DAC	Digital to Analog Converter
ADC	Analog to Digital Converter
CPU	Central Processing Unit
ROM	Read-Only Memory
SRAM	Static Random Access Memory
BLE	Bluetooth Low Energy
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
RTC	Real-Time Clock
PWM	Pulse Width Modulation
GND	Ground
DC	Direct Current
AC	Alternating current
LED	Light-Emitting Diode
IDE	Integrated Development Environment
MOSFET	Metal-oxide-semiconductor field-effect transistor
NH ₃	Ammonia
CO ₂	Carbon dioxide
SnO ₂	Tin(IV) oxide
THT	Through Hole Technology Mounting
OTA	Over-The-Air
MCU	Micro Controller Unit

CNC	Computer numerical control
PID	Proportional – Integral – Derivative
CAD	Computer-aided design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer-aided engineering
3D	Three-dimensional
I2C	Inter-Integrated Circuit
I2S	Inter-IC Sound
MAC	Media Access Control
SDIO	Secure Digital Input Output
SD	Secure Digital
Wi-Fi	Wireless Fidelity
eMMC	Embedded multimedia card
ppm	Parts per million
SoftAP	Software enabled access point
BR/EDR	Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate
AFH	Adaptive Frequency Hopping
SCO/eSCO	Synchronous Connection-Oriented/Extended
RC	Resistance-Capacitance Oscillator

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

1.1 Πτηνοτροφία

Η πτηνοτροφία είναι ο κλάδος της κτηνοτροφίας που ασχολείται με την εκτροφή πτηνών, κυρίως για την παραγωγή κρέατος, αυγών αλλά και άλλων προϊόντων. Η εκτροφή πτηνών δεν περιορίζεται μόνο στα κοτόπουλα αλλά σε μια ευρεία γκάμα από είδη πτηνών εκ των οποίων τα δημοφιλέστερα είναι οι γαλοπούλες, πάπιες, χήνες, περιστέρια και φυσικά τα κοτόπουλα. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα έχει εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, με επακόλουθο την υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών και πρακτικών που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της απόδοσης και την εξασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων. Μερικές από αυτές τις τεχνολογίες είναι οι εκκολαπτικές μηχανές και οι θερμοκοιτίδες νεοσσών που με την χρήση τους δίνουν την δυνατότητα στους πτηνοτρόφους να εκτρέφουν πολύ μεγάλους αριθμούς πτηνών. Αυτό αυξάνει την ταχύτητα και την αποδοτικότητα της παραγωγής, πράγμα που τις καθιστά αναγκαίες για την σύγχρονη πτηνοτροφική δραστηριότητα. Η σημασία της πτηνοτροφίας είναι τεράστια τόσο για την οικονομία όσο και για την διατροφή της σύγχρονης κοινωνίας, καθώς λόγω του μεγέθους της καλύπτει μεγάλο μέρος των διατροφικών αναγκών του ανθρώπου σε ζωική πρωτεΐνη και συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη, αφού παρέχει εισόδημα και θέσεις εργασίας σε εκατομμύρια ανθρώπους ανά τον κόσμο, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές.

1.2 Παραδοσιακή πτηνοτροφία

Η πτηνοτροφία μπορεί να διαχωριστεί σε δυο είδη, την βιομηχανική και την παραδοσιακή. Ξεκινώντας με χρονολογική σειρά, αρχικά έχουμε την παραδοσιακή πτηνοτροφία, η οποία είναι μια μορφή εκτροφής πτηνών που συνδέεται στενά με τις μικρές αγροτικές κοινότητες και την οικογενειακή γεωργία. Βασίζεται σε παλαιότερες πρακτικές, με τα πτηνά να έχουν μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων και συχνά εκτρέφονται σε ανοιχτούς χώρους ή αγροκτήματα. Επίσης δεν χρησιμοποιούνται σε μεγάλη συχνότητα φαρμακευτικά σκευάσματα και αντιβιώσεις, αλλά και η διαίτα των πτηνών περιέχει σε μεγάλο βαθμό φυσικές τροφές. Όλα αυτά έχουν ως στόχο την ευζωία των πτηνών και την υψηλότερης ποιότητας προϊόντα, όπως αυγά με πλουσιότερη γεύση ή κρέας με πιο φυσική υφή. Όπως όλα τα πράγματα όμως, έτσι και η παραδοσιακές μέθοδοι στην πτηνοτροφία έχουν και τα αρνητικά τους, όπως το ότι τα πτηνά επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, δηλαδή ακραία καιρικά φαινόμενα ή οι επιθέσεις από αρπακτικά ζώα. Έτσι συνολικά η εκτροφή με αυτή την μέθοδο καταλήγει να έχει σημαντικά μεγαλύτερο κόστος, γεγονός που επηρεάζει την ανταγωνιστικότητα στην αγορά. Στον σύγχρονο κόσμο η παραδοσιακή πτηνοτροφία εκτιμάται για την προσφορά της σε ποιοτικά και συχνά βιολογικά προϊόντα, που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις των καταναλωτών για υγιεινή και βιώσιμη διατροφή.

1.3 Βιομηχανική πτηνοτροφία

Η βιομηχανική πτηνοτροφία αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τρόπο εκτροφής πτηνών σε παγκόσμιο επίπεδο για την μαζική παραγωγή κρέατος και αυγών. Οι εγκαταστάσεις της χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό μηχανοποίησης και αυτοματοποίησης, με σύγχρονα συστήματα που ελέγχουν τη θερμοκρασία, την υγρασία, τον αερισμό και τη διατροφή των πτηνών. Τα πτηνά συνήθως εκτρέφονται σε μεγάλες ομάδες, σε κλειστούς χώρους, και υπό αυστηρές συνθήκες υγιεινής για την πρόληψη

ασθενειών. Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει υψηλή παραγωγικότητα και μειωμένο κόστος, γεγονός που καθιστά τα προϊόντα πιο προσιτά στον καταναλωτή. Παρά τα οφέλη, η βιομηχανική πτηνοτροφία αποτελεί συχνά αντικείμενο επικρίσεων σχετικά με τη μη ευνοϊκή μεταχείριση των πτηνών, καθώς αυτά περιορίζονται σε πολύ μικρούς χώρους, γεγονός που επηρεάζει την ευζωία τους. Άλλα αρνητικά της εκβιομηχάνισης της εκτροφής των πτηνών είναι και οι σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η μόλυνση του εδάφους και των υδάτων από απόβλητα και η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου. Επίσης, η υπερβολική χρήση αντιβιοτικών για την πρόληψη ασθενειών έχει δημιουργήσει ανησυχίες για την ανάπτυξη ανθεκτικών μικροβίων, που αποτελούν απειλή για τη δημόσια υγεία.

Η βιομηχανική πτηνοτροφία βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη, με πολλές εταιρείες να επενδύουν σε τεχνολογίες που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και βελτιώνουν τις συνθήκες διαβίωσης των πτηνών, όπως και το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας. Μια θερμοκοιτίδα που θα εξασφαλίζει στους εκκολαπτόμενους νεοσσούς τις βέλτιστες συνθήκες διαβίωσης, έως ότου είναι έτοιμοι να πάρουν την θέση τους σε κάποιο αγρόκτημα ή πτηνοτροφική μονάδα.

1.4 Θερμοκοιτίδες νεοσσών

Οι θερμοκοιτίδες νεοσσών είναι θάλαμοι οι οποίοι παρέχουν τις συνθήκες θερμοκρασίας που χρειάζονται οι νεοσσοί αμέσως μετά την εκκόλαψη και για τις επόμενες τουλάχιστον 5 εβδομάδες. Η ανάγκη για μια τέτοια συσκευή προκύπτει από το γεγονός ότι σε φυσικές συνθήκες τα νεογέννητα κοτοπουλάκια περνούν τις πρώτες εβδομάδες της ζωής τους προσκολλημένα στην μητέρα τους που τους παρέχει την απαραίτητη ζέστη χάρη στην θερμοκρασία του σώματος της και τα φτερά της. Σε ένα περιβάλλον εκτροφείου όπου τα μικρά κοτόπουλα γεννιούνται μέσα σε εκκολαπτικές μηχανές όπως είναι προφανές δημιουργείται η ανάγκη για μια τέτοια συσκευή, καθώς η εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών θερμοκρασίας είναι ζωτικής σημασίας για τα νεογέννητα κοτοπουλάκια καθώς χωρίς αυτές ενδέχεται να μην έχουν σωστή ανάπτυξη ή και να μην μπορέσουν να επιβιώσουν. Έτσι λοιπόν μια θερμοκοιτίδα για νεοσσούς είναι απαραίτητη σε μια πτηνοτροφική μονάδα αλλά και σε ερασιτέχνες που χρησιμοποιούν εκκολαπτικές μηχανές.

1.5 Ιδανικές συνθήκες Θερμοκοιτίδας

1.5.1 Εισαγωγή

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέραμε τις ιδανικές συνθήκες που πρέπει να επικρατούν σε μια θερμοκοιτίδα νεοσσών και σε αυτήν θα τις αναλύσουμε περισσότερο. Τα βασικά μεγέθη που θα μελετήσουμε είναι η θερμοκρασία, η υγρασία και το ποσοστό αερίου NH₃ στον αέρα της θερμοκοιτίδας.

1.5.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι η σημαντικότερη παράμετρος για μια θερμοκοιτίδα νεοσσών. Η τιμή της θερμοκρασίας ξεκινά από τους 35°C και σταδιακά μειώνεται όσο περνούν οι εβδομάδες έως ότου φτάσει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τα πουλάκια να μπορούν να ζήσουν αυτόνομα. Η κατάλληλη θερμοκρασία της θερμοκοιτίδας εκτός από ότι είναι αναγκαία για την επιβίωση των

νεοσσών μπορεί να καθορίσει και τον ρυθμό ανάπτυξης τους. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Barott and Pringle (1947, 1949, 1950) η ιδανική θερμοκρασία κατά τις πρώτες 18 ημέρες ξεκινούσε αρχικά από τους 35°C και έπεφτε ομοιόμορφα έως τους 26.7°C, ενώ μετά την 18^η και έως την 32^η με θερμοκρασία που έπεφτε ομοιόμορφα από τους 26.7°C έως τους 18,9°C βρήκαν ότι τα κοτοπουλάκια είχαν την μεγαλύτερη ανάπτυξη. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούμε και στη μελέτη των Moraes et al. (2002) στην οποία μελετήθηκε η ανάπτυξη 480 νεοσσών κατά τις πρώτες 7 ημέρες της ζωής τους σε 3 διαφορετικές θερμοκρασίες (20°C, 25°C και 35°C). Κατά την διάρκεια των πειραμάτων παρατηρήθηκε ότι οι νεοσσοί που μεγάλωναν στους 20°C καταλάωναν λιγότερο φαγητό και νερό σε σχέση με αυτούς που μεγάλωναν σε θερμοκρασίες 25°C και 35°C,

1.5.3 Υγρασία

Τα επίπεδα της υγρασίας είναι λιγότερο σημαντικά σε σχέση με αυτά της θερμοκρασίας. Ειδικότερα η έρευνα των Winn and Godfrey (1967) μετά από δοκιμές σε περιβάλλον με σταθερή θερμοκρασία και μεταβαλλόμενη υγρασία (από 40% έως 90%) δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στον ρυθμό ανάπτυξης ή την υγεία των νεοσσών. Έτσι συμπεραίνουμε ότι εφόσον τα επίπεδα υγρασίας στην θερμοκοιτίδα βρίσκονται σε αυτό το εύρος η ανάπτυξη των νεοσσών θα είναι ικανοποιητική, ωστόσο τα υψηλά επίπεδα υγρασίας βοηθούν στην παραγωγή αμμωνίας από τα περιττώματα των νεοσσών, η οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για την υγεία τους. Με βάση αυτά θεωρήθηκε προτιμότερο τα επίπεδα της υγρασίας να κυμαίνονται από 40% έως 70%.

1.5.4 Επικίνδυνα αέρια

Το πιο επιβλαβές αέριο για την υγεία των νεοσσών που μπορεί να βρεθεί μέσα σε μια θερμοκοιτίδα είναι η αμμωνία(NH₃). Η έρευνα των REECE et al. (1979) έδειξε ότι οι νεοσσοί που μεγάλωναν σε περιβάλλον με αέρια αμμωνία (50ppm) τις πρώτες 28 ημέρες την ζωής τους είχαν σημαντικά μικρότερη ανάπτυξη από αυτά που δεν είχαν έρθει σε επαφή με το αέριο. Οι νεοσσοί που ήρθαν σε επαφή με επίπεδα αμμωνίας 100ppm και 200ppm είχαν σημαντικά αυξημένη θνησιμότητα εκτός από μειωμένη ανάπτυξη. Τα προβλήματα που προκαλεί στους νεοσσούς η αμμωνία είναι προφανή με βάση τα παραπάνω στοιχεία, οπότε και ο έλεγχος της είναι αναγκαίος για την σωστή ανάπτυξη των νεοσσών στην θερμοκοιτίδα. Ένα περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία και υγρασία όπως αυτό που συναντάμε σε μια θερμοκοιτίδα βοηθά στην ανάπτυξη βακτηρίων τα οποία αποσυνθέτουν τα οργανικά υλικά παράγοντας αμμωνία. Πιο συγκεκριμένα η διάσπαση του ουρικού οξέος των περιττωμάτων των νεοσσών, που συμβαίνει λόγω αυτής της μικροβιακής δραστηριότητας οδηγεί στον σχηματισμό αμμωνίας. [6] Για να αποφευχθεί η συκέντρωση αμμωνίας η θερμοκοιτίδα πρέπει να αερίζεται επαρκώς, να μην υπάρχει υπερβολικός συνωστισμός από νεοσσούς και φυσικά να υπάρχει συχνός και επαρκής καθαρισμός.

Κεφάλαιο 2ο: Ηλεκτρονικό κύκλωμα και πλακέτα

2.1 Εισαγωγή

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα της θερμοκοιτίδας αποτελείται από δυο αισθητήρες που μετρούν τις τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της αμμωνίας στον αέρα. Στην συνέχεια ο μικροελεγκτής διαβάσει αυτές τις τιμές και χρησιμοποιώντας τις εξόδους του, ρυθμίζει ανάλογα της συνθήκης της θερμοκρασίας μέσα στην θερμοκοιτίδα. Για την θέρμανση της θερμοκοιτίδας υπάρχει ένα θερμαντικό στοιχείο που ελέγχεται από τον μικροελεγκτή ώστε να ρυθμίζεται η θερμοκρασία. Επίσης υπάρχει και ένα ελεγχόμενο πορτάκι και ανεμιστήρας για την ανανέωση του αέρα στον θάλαμο της θερμοκοιτίδας, το οποίο μπορεί να ανοίξει σε περίπτωση που ανιχνευτεί μεγαλύτερη ποσότητα αμμωνίας από την επιθυμητή.

2.2 Ηλεκτρονικό κύκλωμα

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα αποτελείται από τέσσερα(4) βασικά υποκυκλώματα. Το πρώτο υποκύκλωμα είναι το κύκλωμα τροφοδοσίας. Η λειτουργία αυτού του κυκλώματος είναι να σταθεροποιεί την τάση στα επιθυμητά επίπεδα ώστε να λειτουργούν σωστά τα υπόλοιπα υποκυκλώματα. Στο παρόν κύκλωμα χρησιμοποιούνται τρία επίπεδα τάσης, 12, 5 και 3.3 Volts. Η τάση 12V χρειάζεται για τις συσκευές που συνδέονται στις εξόδους, όπως το θερμαντικό στοιχείο, ο ανεμιστήρας και η αντλία. Τα 5V είναι απαραίτητα για την λειτουργία του αισθητήρα MQ-13 και του servo κινητήρα ο οποίος είναι υπεύθυνος για το κλείσιμο και το άνοιγμα του αεραγωγού, ενώ τα 3.3V είναι απαραίτητα για την σωστή λειτουργία του αισθητήρα DHT22, όπως και του μικροεπεξεργαστή ESP32, ο οποίος λειτουργεί σε ένα εύρος 3.0 V ~ 3.6 V. Το κύκλωμα τροφοδοτείται απευθείας με 12V από εξωτερικό τροφοδοτικό και στην συνέχεια για τα υπόλοιπα επιθυμητά επίπεδα τάσεων χρησιμοποιήθηκαν δυο σταθεροποιητές τάσης τύπου LM1085IT, ώστε σταθεροποιηθεί η τάση στα 5 Volts με τον LM1085IT-5.0 και στα 3.3 Volts με τον LM1085IT-3.3 αντίστοιχα.

Το δεύτερο υποκύκλωμα αποτελούν οι έξοδοι του κυκλώματος. Το συγκεκριμένο κύκλωμα έχει συνολικά επτά εξόδους που ελέγχονται από τα ψηφιακά πινάκια του μικροεπεξεργαστή (ESP32). Πιο συγκεκριμένα οι δύο από αυτές συνδέονται μέσω μιας αντίστασης 330Ω με τις εξόδους IO18 και IO19 του μικροελεγκτή και λειτουργώντας με PWM χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των μοτέρ servo. Οι υπόλοιπες 5 έξοδοι λειτουργούν σαν διακόπτες, οι έξοδοι IO26 και IO27 του μικροελεγκτή συνδέονται μέσω μιας αντίστασης 330Ω με την πύλη (GATE) δύο N-channel MOSFET IRLZ44N ώστε αυτά να λειτουργούν σαν διακόπτες και αν ανοιγοκλείνουν την γείωση και κατ' επέκταση ανοίγουν και κλείνουν το κύκλωμα του φορτίου, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το θερμαντικό στοιχείο που ρυθμίζει την θερμοκρασία και η αντλία που θα δίνει νερό στην θερμοκοιτίδα. Οι υπόλοιπες τρεις έξοδοι χρησιμοποιούν από ένα NPN switching transistor PN2222A συνδεδεμένο στις εξόδους IO32, IO33 και IO16 αντίστοιχα διαμέσω αντιστάσεων 1kΩ και λειτουργούν ως διακόπτες, διακόπτοντας την γείωση ώστε να διακόπτουν την ροή του ρεύματος στα συνδεδεμένα φορτία τα οποία είναι δυο ανεμιστήρες και μια έξτρα έξοδος για πιθανή χρήση στο μέλλον σε περίπτωση που καταστεί χρήσιμο. Σε όλες τις εξόδους έχουν προστεθεί και δίοδοι 1N4003 σε συνδεσμολογία flyback ώστε να αποφύγουμε την πιθανότητα κάποιο ανάστροφο ρεύμα να δημιουργήσει πρόβλημα στην λειτουργία του μικροελεγκτή.

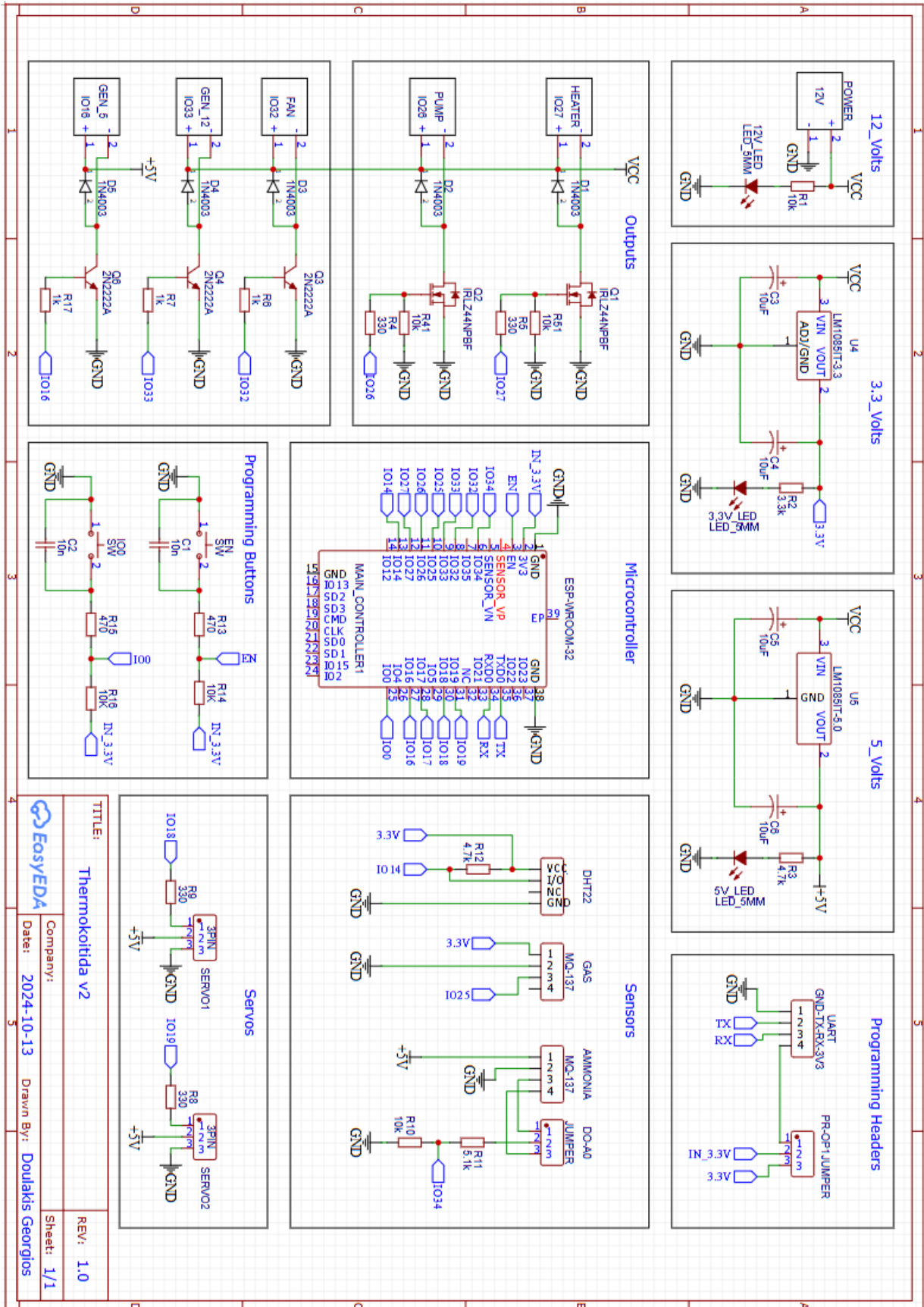
Το τρίτο υποκύκλωμα είναι το κύκλωμα των αισθητήρων, Ο DHT22 τροφοδοτείται με 3.3V και συνδέεται απευθείας στην ψηφιακή είσοδο IO14 του μικροελεγκτή και με μια Pull-up αντίσταση 4.7kΩ στα 3.3V. Ο δεύτερος αισθητήρας είναι ο MQ-137 που τροφοδοτείται με 5V και για αυτό τον λόγο στην έξοδο του αισθητήρα υπάρχει ένας απλός διαιρέτης τάσης με μια αντίσταση 5.1kΩ και μια 10kΩ

ώστε η τάση εξόδου στην αναλογική είσοδο IO34 να κυμαίνεται από 0 έως 3.3V αντί για 5V. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς ο ESP32 λειτουργεί με τάσεις έως 3.6V οπότε η σύνδεση του στα 5V θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη.

Το τέταρτο και τελευταίο υποκύκλωμα αποτελείται από τον μικροελεγκτή και το κύκλωμα προγραμματισμού. Ο μικροεπεξεργαστής ESP32 τροφοδοτείται με 3.3V μέσα από ένα jumper το οποίο μπορεί να βραχυκυκλωθεί είτε με τα 3.3V του σταθεροποιητή είτε με τα 3.3V του προγραμματιστή CP2102 (USB to UART) που χρησιμοποιείται για να γράψουμε τον κώδικά στον μικροελεγκτή μέσω σειριακής επικοινωνίας. Η χρησιμότητα αυτής της λειτουργίας είναι η απομόνωση του ESP32 από το υπόλοιπο κύκλωμα κατά την διάρκεια του προγραμματισμού, με στόχο την αποφυγή παρεμβολών από τα υπόλοιπα υποκυκλώματα και εξαρτήματα. Στην συνέχεια τα TX, RX και γείωση του ESP32 συνδέονται και αυτά σε πινάκια για να μπορεί να συνδεθεί ο προγραμματιστής.

Το τελευταίο κομμάτι του κυκλώματος προγραμματισμού είναι τα δυο κουμπάκια τα οποία είναι συνδεδεμένα έτσι ώστε κατά το πάτημα να ενώνουν με την γείωση τα πινάκια IO0 και EN του ESP32, στα οποία έχουμε συνδέσει pull-up αντιστάσεις 10kΩ στα 3.3V. Ακόμα παράλληλα με κάθε κουμπάκι υπάρχει ένας πυκνωτής 10nF που μας εξασφαλίζει ότι τα πινάκια θα γειωθούν σωστά χρονικά ώστε ο ESP32 να μπορέσει να μπει σε διαδικασία εγγραφής.

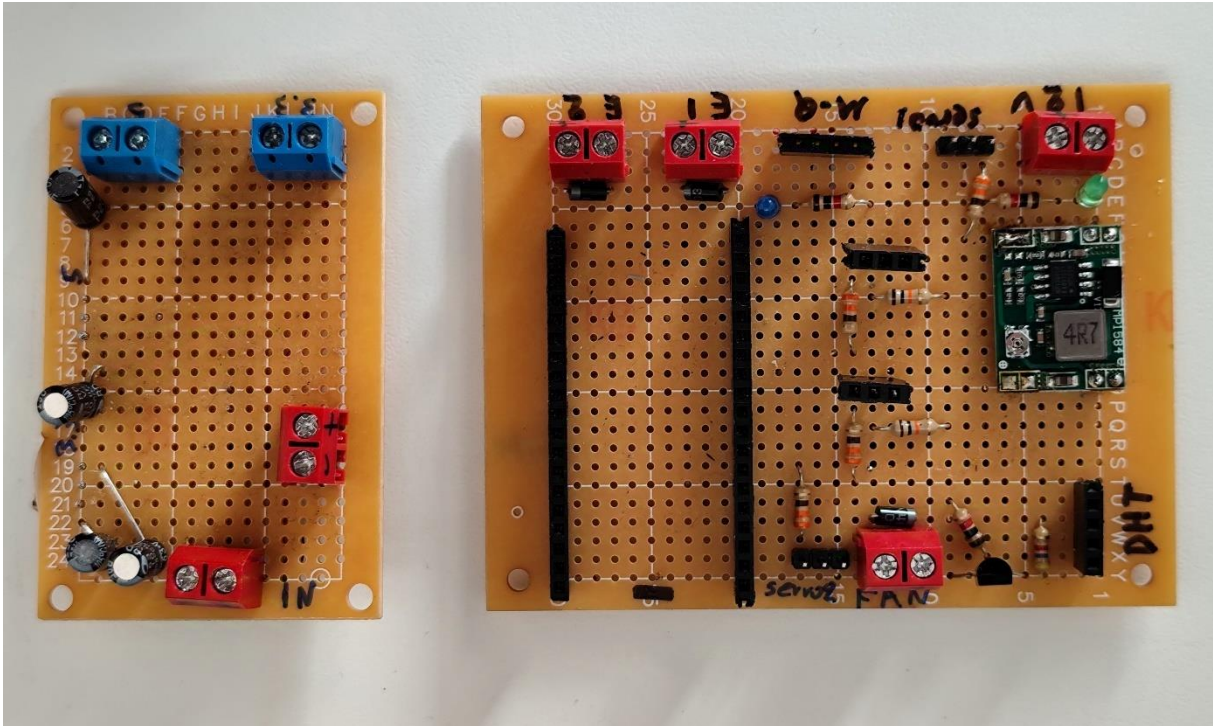
Εφόσον ο ESP32 έχει συνδεθεί με τον υπολογιστή η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί ώστε να μπει σε διαδικασία εγγραφής νέου κώδικα είναι αρχικά να κρατηθεί πατημένο το κουμπί που γειώνει το pin IO0 και μετά από μερικά δευτερόλεπτα να πατηθεί μια φορά το κουμπί που γειώνει το pin EN ενώ παράλληλα κρατάμε πατημένο για μερικά ακόμα δευτερόλεπτα γειωμένο το IO0. Έπειτα ο ESP32 θα μπορεί να επικοινωνήσει σειριακά με τον υπολογιστή και να προγραμματιστεί με τον επιθυμητό κώδικα.



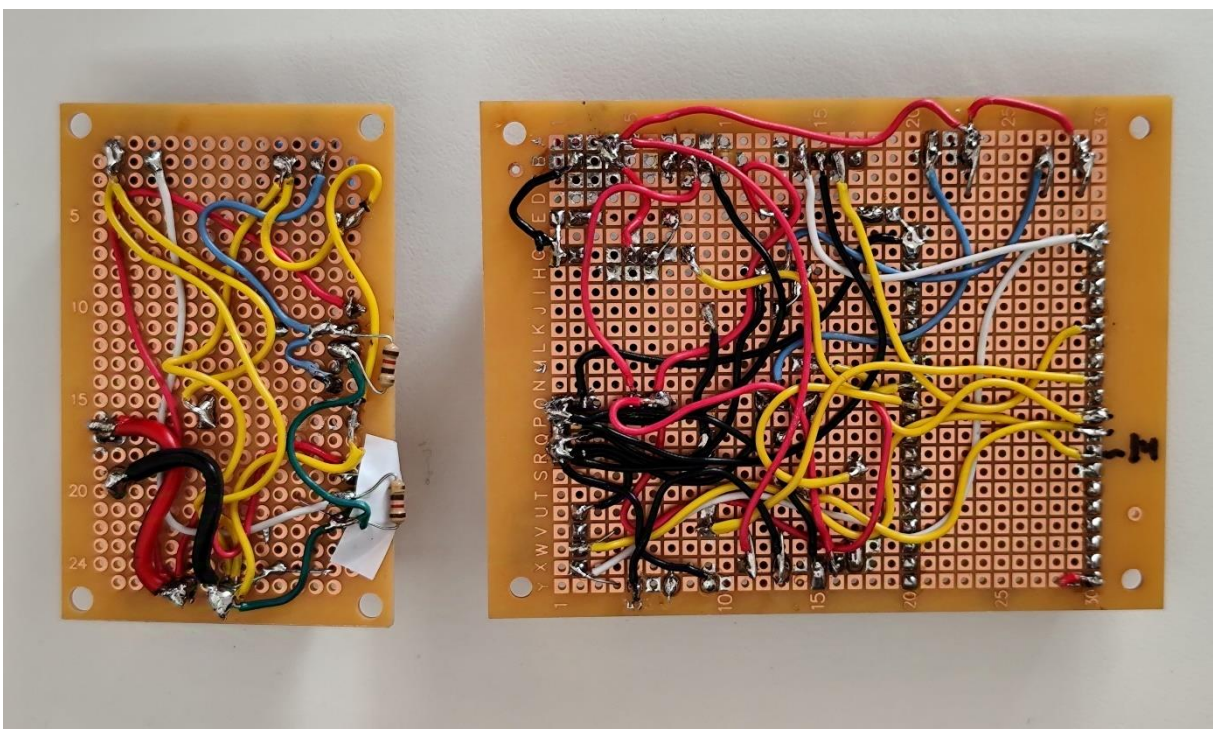
Σχήμα 2.1: Το ηλεκτρονικό κύκλωμα

2.3 Τυπωμένη πλακέτα PCB

Αρχικά το κύκλωμα υλοποιήθηκε σε διάτρητη πλακέτα με την χρήση αναπτυξιακής πλακέτας ESP32 και έτοιμου voltage regulator ώστε να διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία του υπόλοιπου κυκλώματος και να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις.

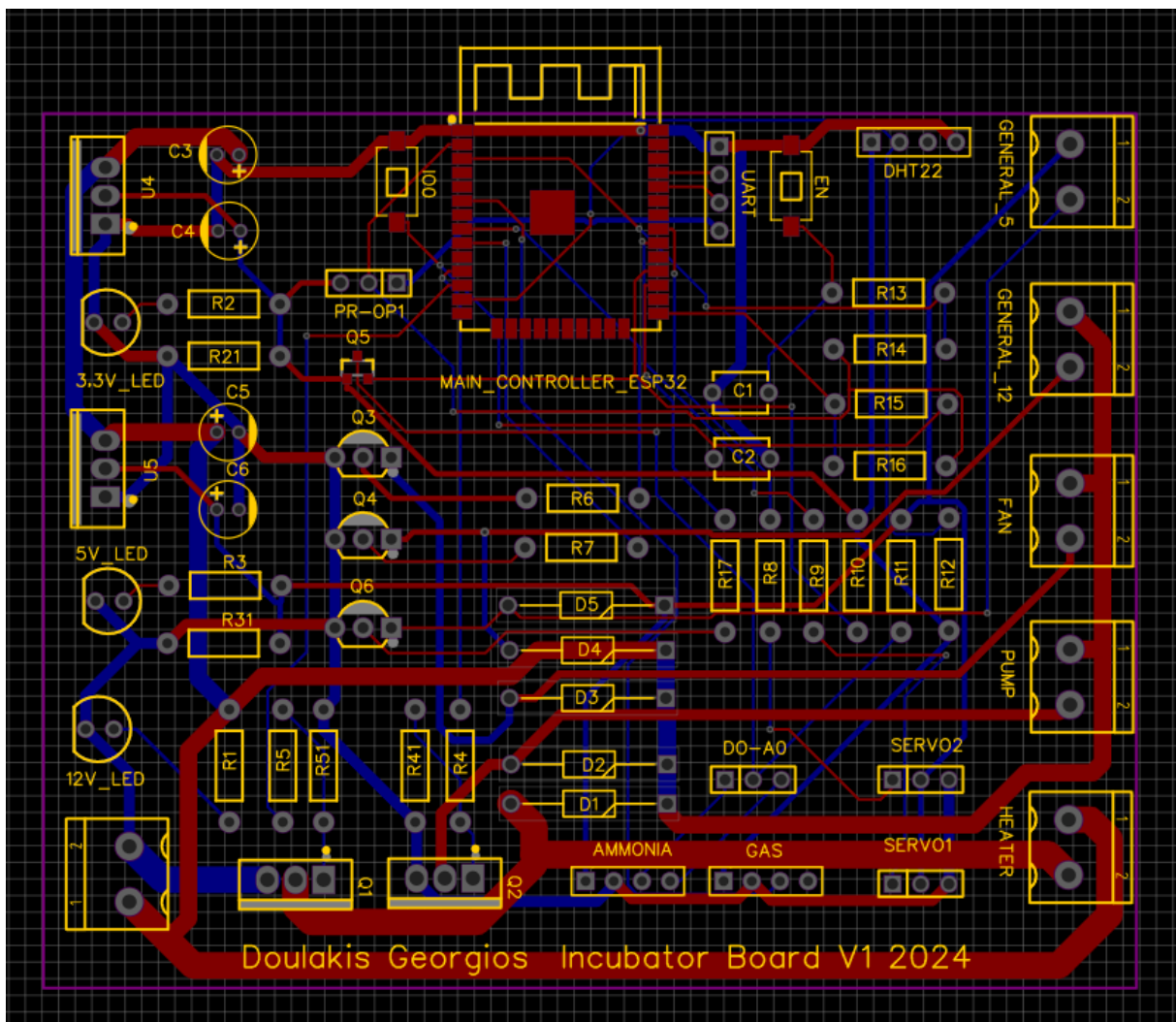


Σχήμα 2.2: Κατασκευή σε διάτρητη πλακέτα (πάνω όψη)



Σχήμα 2.3: Κατασκευή σε διάτρητη πλακέτα (πάνω όψη)

Στην συνέχεια σχεδιάστηκε η πλακέτα στην πλατφόρμα EasyEDA στην οποία έγινε και το σχηματικό και τυπώθηκε από την εταιρία JLCPCB. Η πλακέτα είναι δύο στρώσεων και έχει διαστάσεις: 98.6 mm μήκος 78.9 mm ύψος και 1.6 mm πάχος. Το υλικό κατασκευής της είναι το FR-4 και οι διαδρομές των αγωγών είναι φτιαγμένες από χαλκό. Το πλάτος των αγωγών κυμαίνεται από 0.254 mm έως 2.5 mm. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στους αγωγούς που καταλήγουν στην κλέμμη του θερμοαντικειμένου ώστε να έχουν επαρκές πλάτος για το ρεύμα που θα τους διαρρέει. Ακόμα ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε και στους αγωγούς της σειριακής επικοινωνίας TX και RX οι οποίοι προτιμήθηκε να είναι όσο το δυνατόν μικρότεροι σε διαδρομή ώστε να αποφευχθεί οιοσδήποτε θόρυβος. Το επάνω μέρος του μικροελεγκτή ESP32 επιλέχθηκε να προεξέχει σκόπιμα από το κύριο σώμα της πλακέτας, διότι περιέχει την κεραία του μικροελεγκτή. Αυτή η επιλογή στοχεύει στην αποφυγή παρεμβολών από τους αγωγούς της πλακέτας στην λειτουργία της κεραίας και την επικοινωνία του μικροελεγκτή με το δίκτυο.

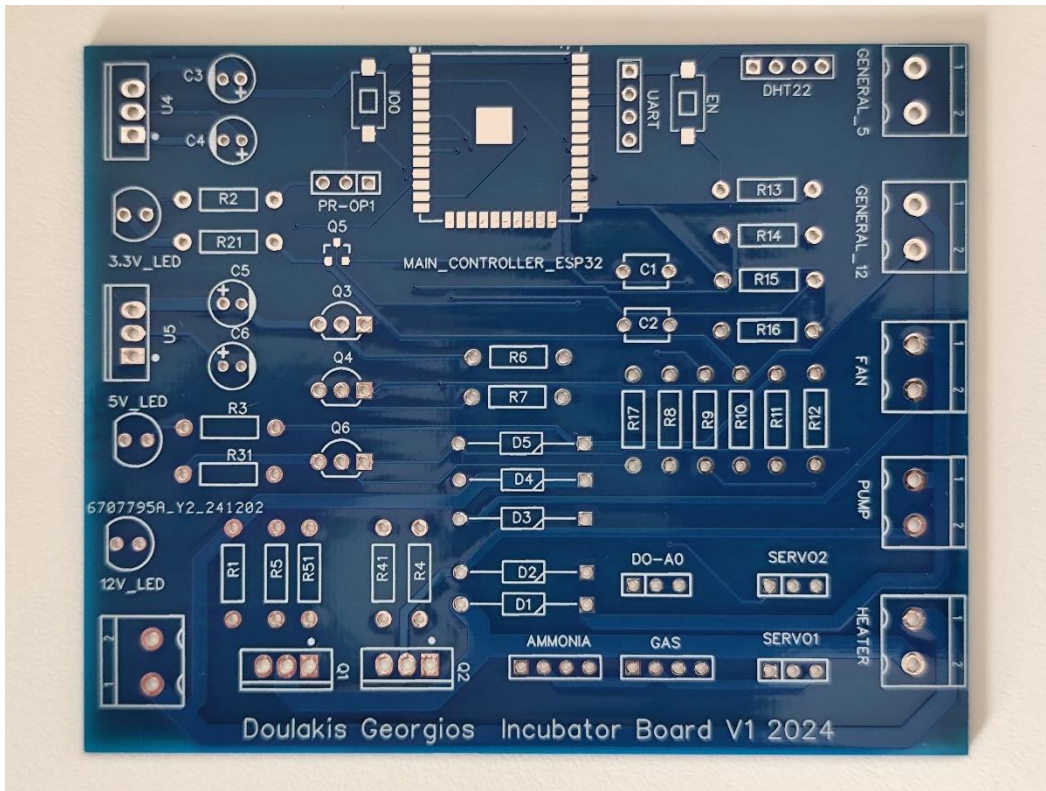


Σχήμα 2.4: Προεπισκόπηση τυπωμένης πλακέτα PCB

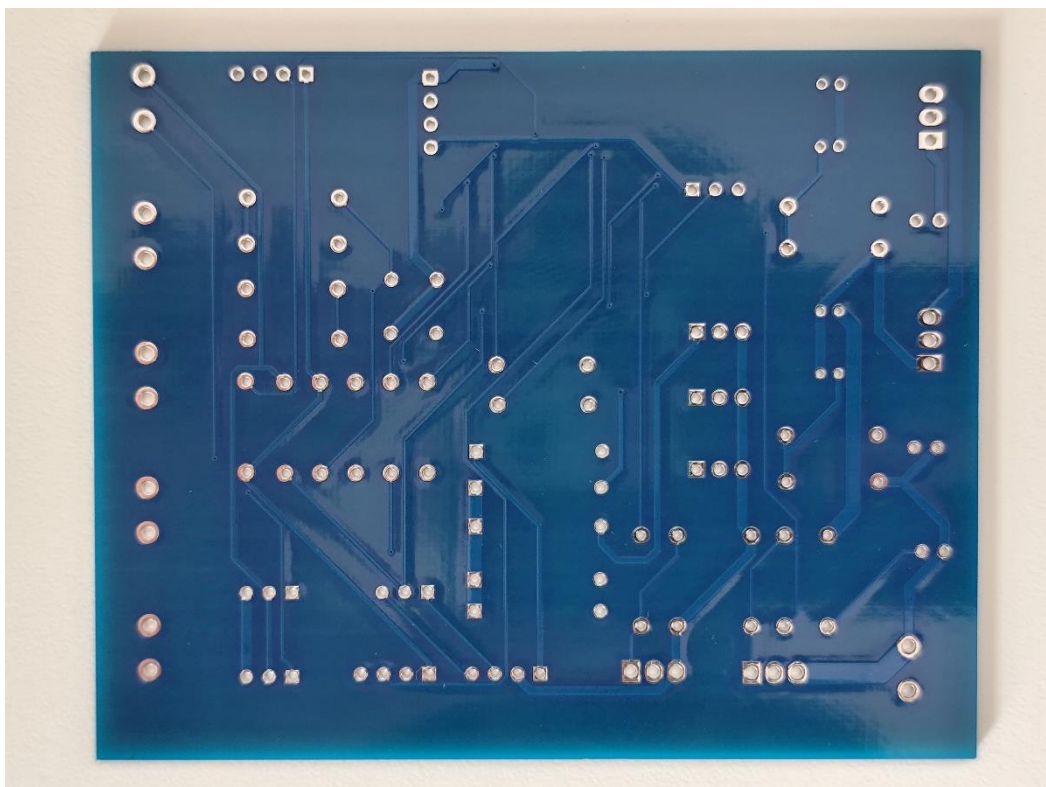
Σημείωση :

Στα σχήματα 2.4 με 2.8 υπάρχουν κάποιες διαφορές σε σχέση με το τελικό κύκλωμα της φωτογραφίας 2.1. Οι αλλαγές προέκυψαν μετά την δημιουργία της πλακέτας και μπορούσαν να διορθωθούν πάνω στην υπάρχουσα πλακέτα, χωρίς να είναι αναγκαία η παραγγελία νέας. Πιο συγκεκριμένα έχουν αφαιρεθεί τα στοιχεία Q5, R21, R31, R10, R11 και έχουν προστεθεί δύο νέες αντιστάσεις R10 και R11.

Η πλακέτα τυπώθηκε σε μπλε χρώμα ενώ τα γράμματα στο επάνω μέρος σε λευκό. Για τα περισσότερα εξαρτήματα επιλέχθηκαν οι THT εκδοχές τους για μεγαλύτερη ευκολία στην συναρμολόγηση και την εύρεση των υλικών. Ωστόσο τα κουμπιά προγραμματισμού και ο μικροελεγκτής είναι SMD καθώς ο ESP32 υπάρχει μόνο σε SMD έκδοση και τα κουμπάκια ήταν προτιμότερο να πιάνουν λιγότερο χώρο.

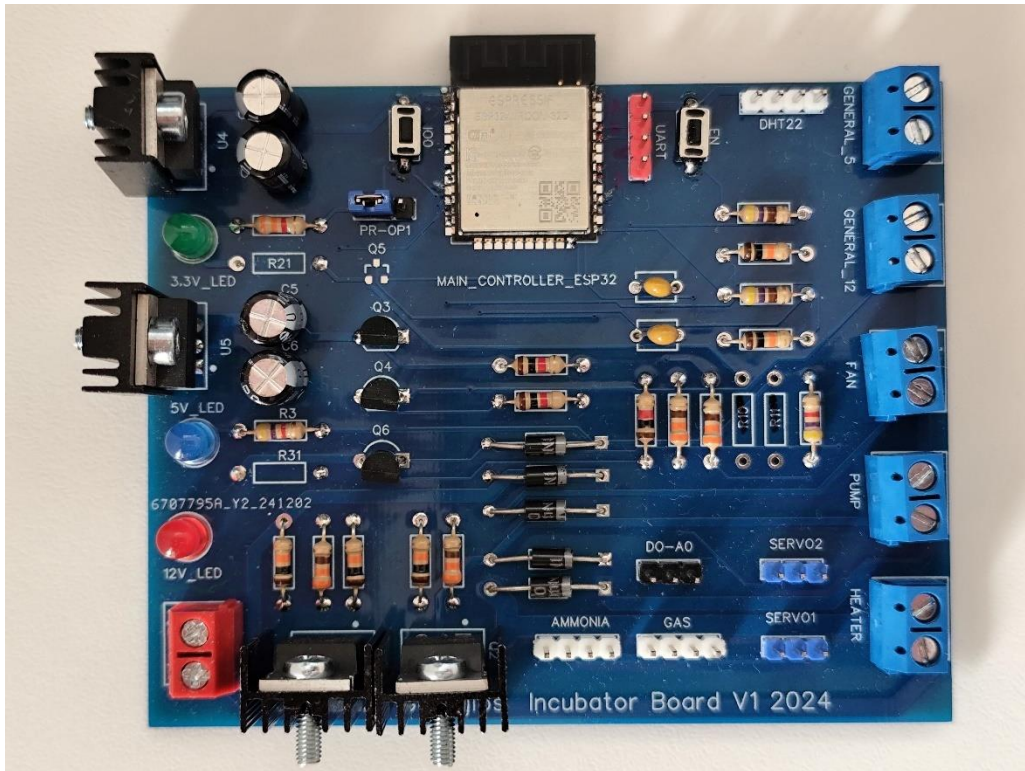


Σχήμα 2.5: Τυπωμένη πλακέτα PCB (πάνω όψη)

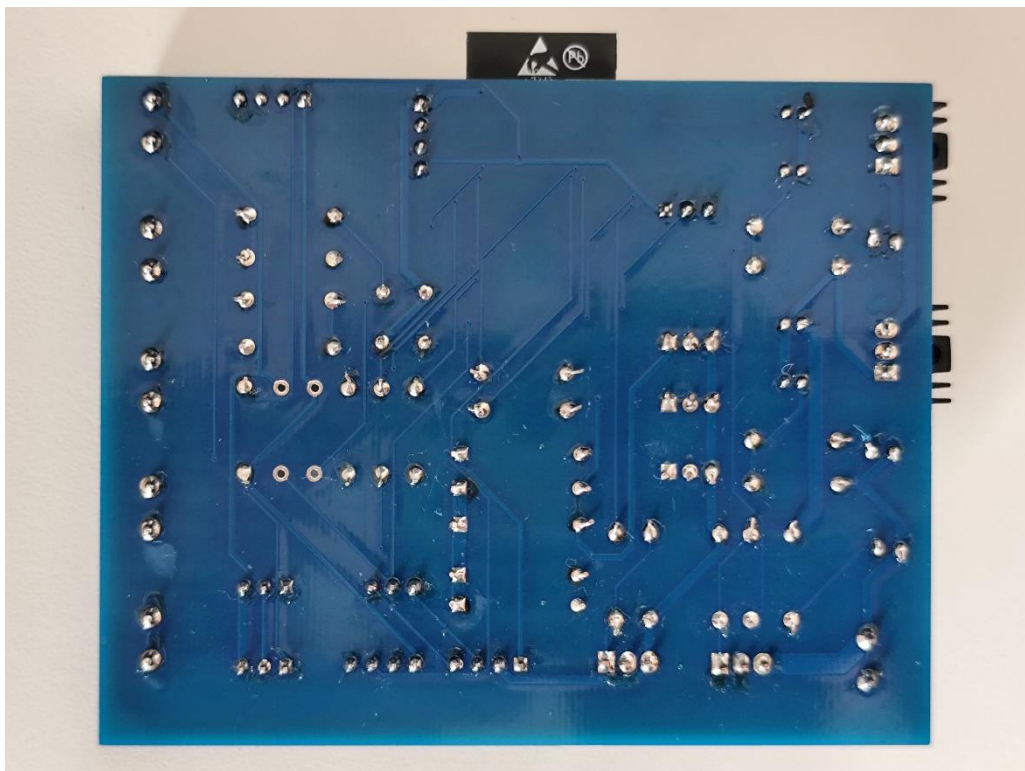


Σχήμα 2.6: Τυπωμένη πλακέτα PCB (κάτω όψη)

Στην συνέχεια όλα τα εξαρτήματα κολλήθηκαν προσεκτικά με το κολλητήρι στις σωστές θέσεις και χρησιμοποιώντας κόλληση 0.75mm με 2,5% flux. Στα MOSFET και τους σταθεροποιητές τάσης τοποθετήθηκαν επίσης και μεταλλικές ψήκτρες ώστε να αποφεύγει το ενδεχόμενο υπερθέρμανσης τους.



Σχήμα 2.7: Συναρμολογημένη πλακέτα PCB (πάνω όψη)



Σχήμα 2.8: Συναρμολογημένη πλακέτα PCB (κάτω όψη)

Κεφάλαιο 3ο: Εξαρτήματα και τρόπος λειτουργίας

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πιο λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο κύκλωμα με βάση τα διαθέσιμα datasheets από τις εταιρίες κατασκευής τους και θα αναλυθεί η λειτουργία.

3.2 Ο Μικροελεγκτής ESP32



Σχήμα 3.1: Ο ESP32

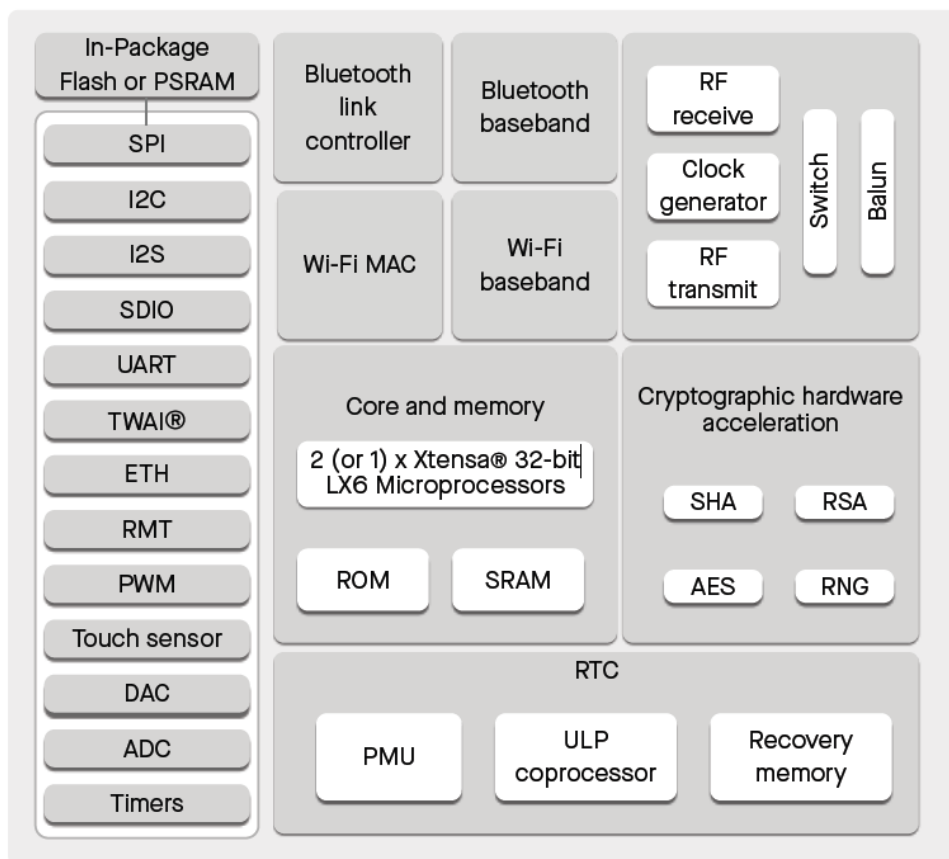
3.2.1 Εισαγωγή

Ο μικροελεγκτής που επιλέχθηκε είναι ο ESP32 και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο ESP32-WROOM-32D. Ο ESP32 είναι ένας προγραμματιζόμενος μικροελεγκτής χαμηλού κόστους που χρησιμοποιείται κατά κόρων σε συστήματα IoT καθώς ενσωματώνει δυνατότητες σύνδεσης Wi-Fi και Bluetooth χωρίς την ανάγκη πρόσθετων κυκλωμάτων. Ο συγκεκριμένος Μικροελεγκτής αναπτύχθηκε και συνεχίζει να αναπτύσσεται από την κινεζική εταιρεία Espressif Systems που εδρεύει στην Σανγκάη και ειδικεύεται στην κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων με εστίαση σε εφαρμογές IoT. Ο ESP32-WROOM-32D ανήκει στην ευρύτερη οικογένεια μικροελεγκτών ESP32 που περιλαμβάνει διάφορα μοντέλα με παρόμοια λειτουργία που ωστόσο διαφέρουν ανάλογα με την προοριζόμενη εφαρμογή. Στο εσωτερικό της μονάδας σύμφωνα με το datasheet της Espressif Systems βρίσκεται το τσιπ ESP32-D0WD, που έχει σχεδιαστεί για να είναι κλιμακούμενο και προσαρμόσιμο. Διαθέτει διπύρηνο επεξεργαστή Xtensa® 32-bit LX6 MCU. Οι δύο πυρήνες μπορούν να ελέγχονται ανεξάρτητα, και η συχνότητα ρολογιού της CPU είναι ρυθμιζόμενη από 80 MHz έως 240 MHz. Το τσιπ περιλαμβάνει επίσης έναν συνεπεξεργαστή χαμηλής κατανάλωσης, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί για την CPU για εξοικονόμηση ενέργειας

κατά την εκτέλεση εργασιών που δεν απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ, όπως η παρακολούθηση περιφερειακών. Το ESP32 ενσωματώνει ένα πλούσιο σύνολο περιφερειακών, όπως αισθητήρες αφής, διεπαφή κάρτας SD, Ethernet, υψηλής ταχύτητας SPI, UART, I2S και I2C.[7]

Η ενσωμάτωση του **Bluetooth®**, **Bluetooth LE** και του **Wi-Fi** διασφαλίζει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές. Το **Wi-Fi** επιτρέπει μια μεγάλη φυσική εμβέλεια και άμεση σύνδεση στο διαδίκτυο μέσω ενός Wi-Fi router, ενώ το **Bluetooth** επιτρέπει τη σύνδεση με κινητά τηλέφωνα ή τη μετάδοση σημάτων χαμηλής ενέργειας για την ανίχνευση του. Το ρεύμα που καταναλώνει το τσιπ ESP32 σε κατάσταση ύπνου είναι μικρότερο από 5 μA , καθιστώντας το κατάλληλο για συσκευές με μπαταρία και φορητές ηλεκτρονικές εφαρμογές. Η μονάδα υποστηρίζει ρυθμό δεδομένων έως 150 Mbps και 20 dBm ισχύ εξόδου στην κεραία για μέγιστη φυσική εμβέλεια. Έτσι, η μονάδα προσφέρει κορυφαίες προδιαγραφές και εξαιρετική απόδοση για ηλεκτρονική ενσωμάτωση, εμβέλεια, κατανάλωση ενέργειας και συνδεσιμότητα. [7]

Ακόμα υποστηρίζεται η ασφαλής (κρυπτογραφημένη) ενημέρωση μέσω OTA (Over The Air), επιτρέποντας στους χρήστες να αναβαθμίζουν τα προϊόντα τους ακόμα και μετά την κυκλοφορία τους, με ελάχιστο κόστος και προσπάθεια. [7]



Σχήμα 3.2: ESP32 Μπλόκ διάγραμμα [8]

Παρακάτω παρατίθεται και ο πίνακας με τα χαρακτηριστικά από το datasheet της Espressif Systems για τον ESP32-WROOM-32D.

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά ESP32-WROOM-32D [7]

Categories	Items	Specifications
Certification	RF Certification	See certificates for ESP32-WROOM-32D and ESP32-WROOM-32U
	Wi-Fi Certification	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth certification	BQB
	Green Certification	REACH/RoHS
Test	Reliability	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
Wi-Fi	Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 μ s guard interval support
	Center frequency range of operating channel	2412 ~ 2484 MHz
Bluetooth	Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification
	Radio	NZIF receiver with -97 dBm sensitivity
		Class-1, class-2 and class-3 transmitter
		AFH
Audio	CVSD and SBC	
Hardware	Module interfaces	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC, Two-Wire Automotive Interface (TWAI [®]), compatible with ISO11898-1 (CAN Specification 2.0)
	Integrated crystal	40 MHz crystal
	Integrated SPI flash ¹	4 MB
	Operating voltage/Power supply	3.0 V ~ 3.6 V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Recommended operating ambient temperature range ²	-40 °C ~ +85 °C
	Moisture sensitivity level (MSL)	Level 3

3.2.2 Επεξεργαστής και Εσωτερική μνήμη

Ο ESP32-D0WD, σύμφωνα με το datasheet της Espressif Systems, περιλαμβάνει έναν διτύρηνο επεξεργαστή (MCU) Xtensa® 32-bit LX6. Η εσωτερική μνήμη του αποτελείται από 448 KB μνήμης ROM για εκκίνηση και βασικές λειτουργίες, 520 KB ενσωματωμένης SRAM για δεδομένα και εντολές, καθώς και 8 KB SRAM στην RTC, που ονομάζεται RTC FAST Memory, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση δεδομένων, καθώς είναι προσβάσιμη από την κύρια CPU κατά το RTC Boot από τη λειτουργία Deep-sleep. Επίσης, περιλαμβάνει 8 KB SRAM στην RTC, που ονομάζεται RTC SLOW Memory, που είναι προσβάσιμη από τον συνεπεξεργαστή κατά τη λειτουργία Deep-sleep. Τέλος, διαθέτει 1 Kbit eFuse, από τα οποία 256 bits χρησιμοποιούνται για το σύστημα (διεύθυνση MAC και διαμόρφωση τσιπ), ενώ τα υπόλοιπα 768 bits είναι δεσμευμένα για εφαρμογές πελατών, συμπεριλαμβανομένης της κρυπτογράφησης flash και του chip-ID. [7]

3.2.3 Διαχείριση Ενέργειας

Ο ESP32 διαθέτει έλεγχο ισχύος υψηλής ανάλυσης, ο οποίος περιλαμβάνει επιλογή συχνότητας ρολογιού, duty cycle, λειτουργίες Wi-Fi και ατομικό έλεγχο ισχύος των εσωτερικών εξαρτημάτων. Επιπλέον, υποστηρίζει πέντε διαφορετικές λειτουργίες τροφοδοσίας που έχουν σχεδιαστεί για τυπικά σενάρια: Ενεργό, Μόντεμ-αναστολή, Ελαφρύ ύπνο, Βαθύ ύπνο και Hibernation. Στη λειτουργία Deep-Sleep, η κατανάλωση ρεύματος είναι μόλις 10 μ A. Επίσης, περιλαμβάνονται συνεπεξεργαστές Ultra-Low-Power (ULP), ενώ η μνήμη RTC παραμένει ενεργή στη λειτουργία Deep-Sleep. [8]

3.2.4 Ασφάλεια

Στο κομμάτι της ασφάλειας, ο ESP32 διαθέτει τις εξής λειτουργίες: Secure boot, κρυπτογράφηση Flash, OTP 1024-bit με δυνατότητα έως 768-bit για πελάτες, και κρυπτογραφική επιτάχυνση υλικού. [8]

3.2.5 Λειτουργίες Wi-Fi και Bluetooth

Wi-Fi

Ο ESP32 υποστηρίζει τις προδιαγραφές 802.11b/g/n και 802.11n (2.4 GHz), με ταχύτητες έως 150 Mbps. Επίσης υποστηρίζει τέσσερα virtual Wi-Fi interfaces και ταυτόχρονη υποστήριξη για τις λειτουργίες Infrastructure Station, SoftAP και Promiscuous modes. [8]

Bluetooth

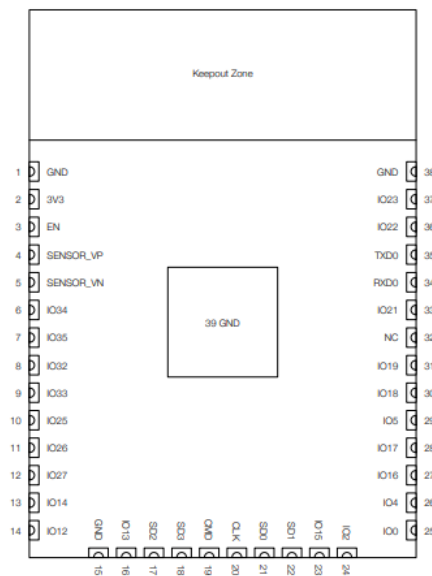
Ο ESP32 είναι συμβατός με τις προδιαγραφές Bluetooth v4.2 BR/EDR και Bluetooth LE. Ο πομπός υποστηρίζει τις κατηγορίες Class-1, Class-2 και Class-3 χωρίς εξωτερικό ενισχυτή ισχύος και διαθέτει ενισχυμένο έλεγχο ισχύος. Η ισχύς εκπομπής φτάνει τα +9 dBm. Υποστηρίζεται Adaptive Frequency Hopping (AFH). Ο controller υποστηρίζει διπλή λειτουργία για Bluetooth 4.2 BR/EDR και Bluetooth LE, καθώς και Synchronous Connection-Oriented/Extended (SCO/eSCO). Ο ESP32 μπορεί να διαχειρίζεται πολλαπλές συνδέσεις σε Classic Bluetooth και Bluetooth LE, με δυνατότητα ταυτόχρονης διαφήμισης και σάρωσης. [8]

Clocks και Timers

Ο ESP32 διαθέτει εσωτερικό ταλαντωτή 8 MHz με βαθμονόμηση και εσωτερικό ταλαντωτή RC με βαθμονόμηση. Υποστηρίζει εξωτερικό ταλαντωτή κρυστάλλου 2 MHz ~ 60 MHz (με 40 MHz διαθέσιμο μόνο για Wi-Fi/Bluetooth) και εξωτερικό ταλαντωτή κρυστάλλου 32 kHz για RTC με βαθμονόμηση. Διαθέτει δύο ομάδες χρονοιστών, συμπεριλαμβανομένων δύο 64-bit timers και ένα κύριο watchdog timer σε κάθε ομάδα, καθώς και ένα RTC timer και RTC watchdog. [8]

3.2.6 ESP32 Pins

Το ESP32-WROOM-32D έχει 38 Pins, εκ των οποίων τα 34 είναι προγραμματιζόμενα GPIOs.



Σχήμα 3.3: ESP32 Pins [8]

Σύμφωνα με το datasheet, οι δυνατότητες των pins περιλαμβάνουν 12-bit SAR ADC με δυνατότητα έως 18 κανάλια, δύο DAC 8-bit, δέκα αισθητήρες αφής, τέσσερα SPI interfaces, δύο I2S interfaces, δύο I2C interfaces, τρία UART interfaces, ένα host (SD/eMMC/SDIO), ένα slave (SDIO/SPI), controller μέτρησης παλμών, Ethernet MAC interface με dedicated DMA και υποστήριξη IEEE 1588, TWAI® συμβατό με ISO 11898-1 (CAN Specification 2.0), RMT (TX/RX) και Motor PWM.[8]

Τα 38 Pins του ESP32-WROOM-32D όπως αντιστοιχίζονται με τις λειτουργίες τους στον παρακάτω πίνακα από το datasheet[8] :

Πίνακας 3.2: ESP32-WROOM-32D Pins [8]

Name	No.	Type	Function
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply
EN	3	I	Module-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5

Πίνακας 3.3: ESP32-WROOM-32D Pins [8]

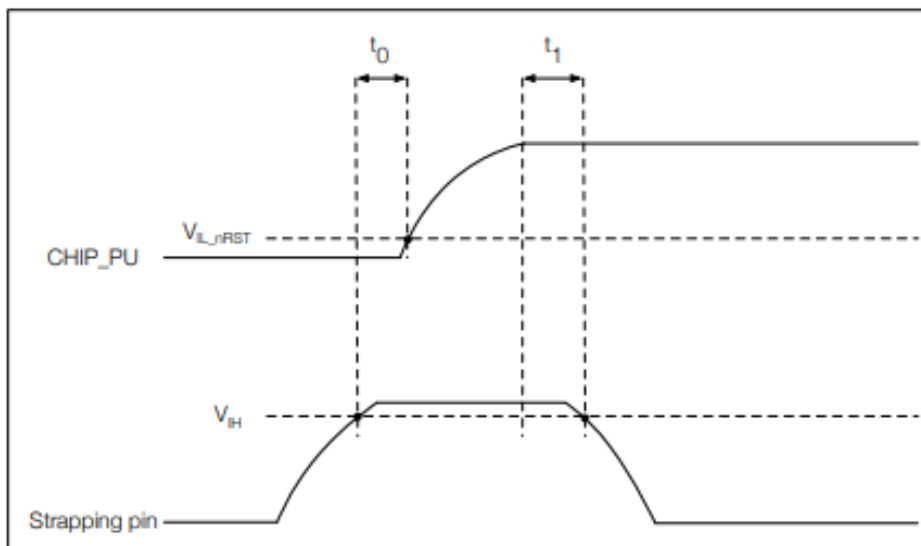
Name	No.	Type	Function
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Ground

Το ESP32 έχει πέντε strapping pins (MTDI, GPIO0, GPIO2, MTDO και GPIO5), το λογισμικό μπορεί να διαβάσει τις τιμές αυτών των πέντε bit από τον καταχωρητή "GPIO_STRAPPING". Κατά τη διάρκεια της απελευθέρωσης επαναφοράς συστήματος του τσιπ (power-on-reset, RTC watchdog reset and brownout reset), τα μάνδαλα των strapping pins δειγματίζουν το επίπεδο τάσης σαν strapping bits "0" ή "1" και κρατά αυτά τα bit μέχρι το τσιπ να απενεργοποιηθεί. Τα strapping bits διαμορφώνουν τη λειτουργία εκκίνησης της συσκευής(boot mode), την τάση λειτουργίας του VDD_SDIO και άλλες αρχικές ρυθμίσεις συστήματος. Κάθε strapping bit συνδέεται με ένα εσωτερικό pull-up/pull-down κατά την επαναφορά του chip. Κατά συνέπεια, εάν τα strapping pins δεν είναι συνδεδεμένα ή το συνδεδεμένο εξωτερικό κύκλωμα είναι υψηλής σύνθετης αντίστασης, το εσωτερικό αδύναμο pull-up/pull-down θα καθορίσει το προεπιλεγμένο επίπεδο εισόδου αυτών των pins. Για να αλλάξουν τις τιμές των strapping bits, οι χρήστες μπορούν να εφαρμόσουν εξωτερικές αντιστάσεις pull-down/pull-up ή να χρησιμοποιήσουν τα GPIO της MCU για τον έλεγχο του επιπέδου τάσης αυτών των pins κατά την ενεργοποίηση του ESP32. Μετά την επαναφορά και την «απελευθέρωση», τα strapping pins λειτουργούν ως κανονικά pins.[8]

Πίνακας 3.4: Strapping Pins [8]

Voltage of Internal LDO (VDD_SDIO)					
Pin	Default	3.3 V		1.8 V	
MTDI	Pull-down	0		1	
Bootling Mode					
Pin	Default	SPI Boot		Download Boot	
GPIO0	Pull-up	1		0	
GPIO2	Pull-down	Don't-care		0	
Enabling/Disabling Debugging Log Print over U0TXD During Bootling					
Pin	Default	U0TXD Active		U0TXD Silent	
MTDO	Pull-up	1		0	
Timing of SDIO Slave					
Pin	Default	FE Sampling FE Output	FE Sampling RE Output	RE Sampling FE Output	RE Sampling RE Output
MTDO	Pull-up	0	0	1	1
GPIO5	Pull-up	0	1	0	1

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τους χρόνους ρύθμισης(setup) και συγκράτησης(hold) για τα strapping pins πριν και μετά το σήμα CHIP_PU να γίνει high. [8]

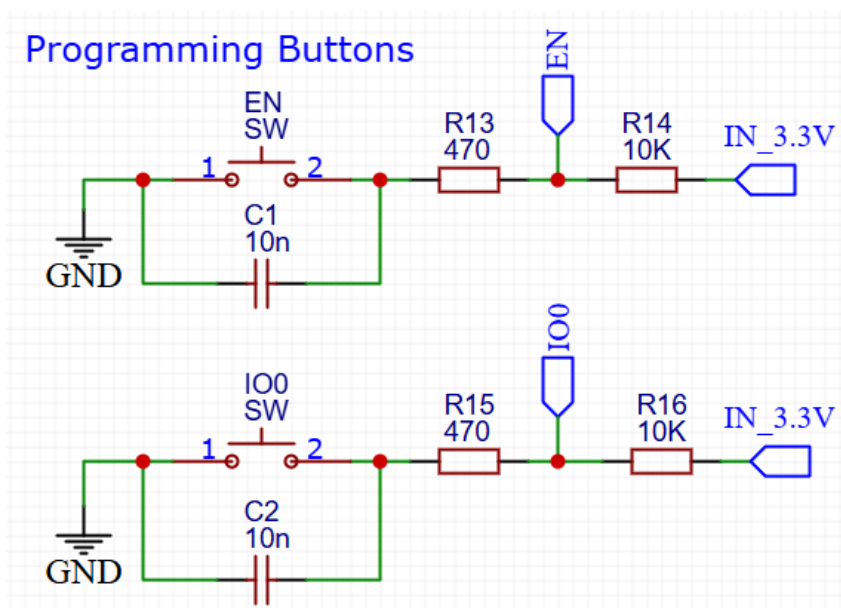


Σχήμα 3.4: Χρόνους ρύθμισης(setup) και συγκράτησης(hold) των strapping pins [8]

Πίνακας 3.5: Περιγραφές παραμέτρων των χρόνων ρύθμισης(setup) και συγκράτησης(hold) [8]

Parameters	Description	Min.	Unit
t_0	Setup time before CHIP_PU goes from low to high	0	ms
t_1	Hold time after CHIP_PU goes high	1	ms

Το strapping pin που χρησιμοποιήθηκε είναι το GPIO0 καθώς χρειάζεται να είναι γειωμένο κατά την εκκίνηση ώστε να ESP32 να μπει σε serial bootloader mode και να είναι έτοιμο να προγραμματιστεί. Παρακάτω φαίνεται και το κομμάτι του κυκλώματος που το επιτυγχάνει :



Σχήμα 3.5: Συνδεσμολογία EN και IO0

3.2.7 Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά

Ο ESP32 έχει τυπική τάση λειτουργίας τα 3.3V, ωστόσο μπορεί να λειτουργήσει σε ένα εύρος από 3.0V έως και 3.6V. Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται αναλυτικά τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με την Espressif Systems[8] :

Πίνακας 3.6: Συνηστώμενες συνθήκες λειτουργίας [8]

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
VDD33	Power supply voltage	3.0	3.3	3.6	V
I_{VDD}	Current delivered by external power supply	0.5	-	-	A
T	Operating ambient temperature	-40	-	85	°C

Πίνακας 3.7: Απόλυτες μέγιστες τιμές [8]

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
VDD33	Power supply voltage	-0.3	3.6	V
I_{output}^1	Cumulative IO output current	-	1,100	mA
T_{store}	Storage temperature	-40	105	°C

Πίνακας 3.8: DC Χαρακτηριστικά (3.3 V, 25 °C) [8]

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
I_{OL}	Low-level sink current (VDD ¹ = 3.3 V, V _{OL} = 0.495 V, output drive strength set to the maximum)	-	28	-	mA
R _{PU}	Resistance of internal pull-up resistor	-	45	-	kΩ
R _{PD}	Resistance of internal pull-down resistor	-	45	-	kΩ
V _{IL,nRST}	Low-level input voltage of CHIP_PU to shut down the chip	-	-	0.6	V

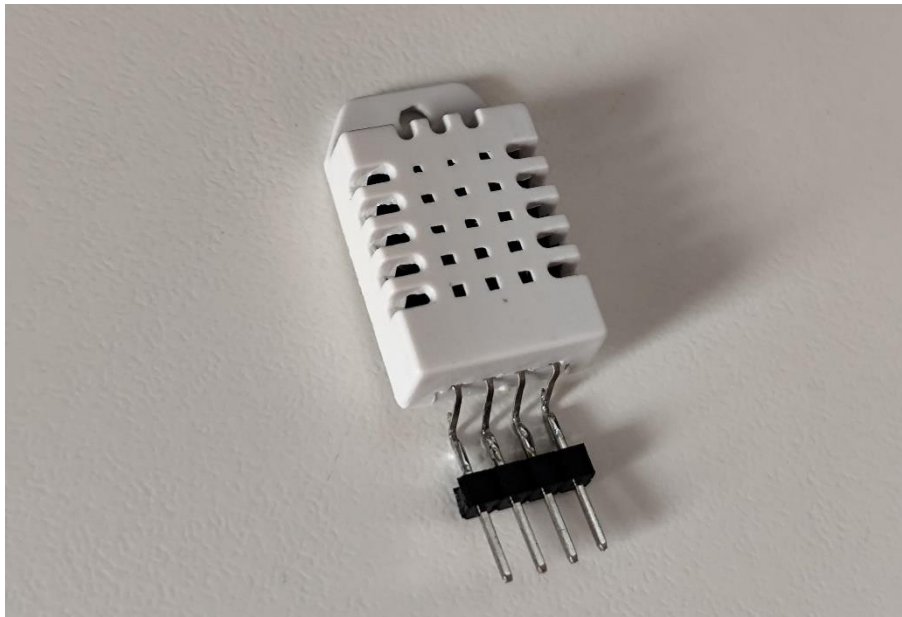
Πίνακας 3.9: DC Χαρακτηριστικά (3.3 V, 25 °C) [8]

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	
C _{IN}	Pin capacitance	-	2	-	pF	
V _{IH}	High-level input voltage	0.75×VDD ¹	-	VDD ¹ +0.3	V	
V _{IL}	Low-level input voltage	-0.3	-	0.25×VDD ¹	V	
I _{IH}	High-level input current	-	-	50	nA	
I _{IL}	Low-level input current	-	-	50	nA	
V _{OH}	High-level output voltage	0.8×VDD ¹	-	-	V	
V _{OL}	Low-level output voltage	-	-	0.1×VDD ¹	V	
I_{OH}	High-level source current (VDD ¹ = 3.3 V, V _{OH} ≥ 2.64 V, output drive strength set to the maximum)	VDD3P3_CPU power domain ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD3P3_RTC power domain ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD_SDIO power domain ^{1, 3}	-	20	-	mA

3.3 Αισθητήρας Θερμοκρασίας - Υγρασίας DHT22

3.3.1 Εισαγωγή

Ο DHT22 (γνωστός και ως AM2302) είναι ένας αισθητήρας που έχει την δυνατότητα να μετράει την θερμοκρασία στον χώρο που βρίσκεται αλλά παράλληλα να μετράει και την υγρασία. Παρά το χαμηλό του κόστος ο DHT22 μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ την θερμοκρασία και με ακρίβεια 2-5% την υγρασία. Αυτές του οι ιδιότητες τον καθιστούν ιδανικό για μια θερμοκοιτίδα καθώς η θερμοκρασία και η υγρασία είναι δυο από τα μεγέθη που θέλουμε να ελέγξουμε και είναι αναγκαίο να μπορούν να μετρηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια[9].



Σχήμα 3.6: DHT22

3.3.2 Λειτουργία και χαρακτηριστικά

Στο εσωτερικό του DHT22 υπάρχουν ένα θερμίστορ για την μέτρηση της θερμοκρασίας και ένας χωρητικός αισθητήρας για την μέτρηση της υγρασίας του περιβάλλοντος αέρα. Τα αισθητήρια στοιχεία αυτά, είναι συνδεδεμένα με έναν μικροϋπολογιστή 8-bit. Τα δεδομένα που συλλέγει ο αισθητήρας για τις τιμές της θερμοκρασίας και υγρασίας εκπέμπονται μέσω του pin δεδομένων. Αυτό κάνει τον αισθητήρα ιδιαίτερα εύχρηστο καθώς χρειάζεται μόνο ένα καλώδιο για την επικοινωνία του με τον μικροελεγκτή μας. Ο αισθητήρας μπορεί να λειτουργήσει σε ένα εύρος τάσεων από 3.3V έως και 6V και ο χρόνος που απαιτείται για να μετρήσει είναι κατά μέσο όρο τα 2s. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται πιο αναλυτικά τα χαρακτηριστικά όπως υπάρχουν στο datasheet του DHT22[9].

Πίνακας 3.10: Χαρακτηριστικά DHT22 [9]

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +-2%RH(Max +-5%RH); temperature <+-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+/-0.3%RH
Long-term Stability	+/-0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

3.3.3 Συνδέσεις

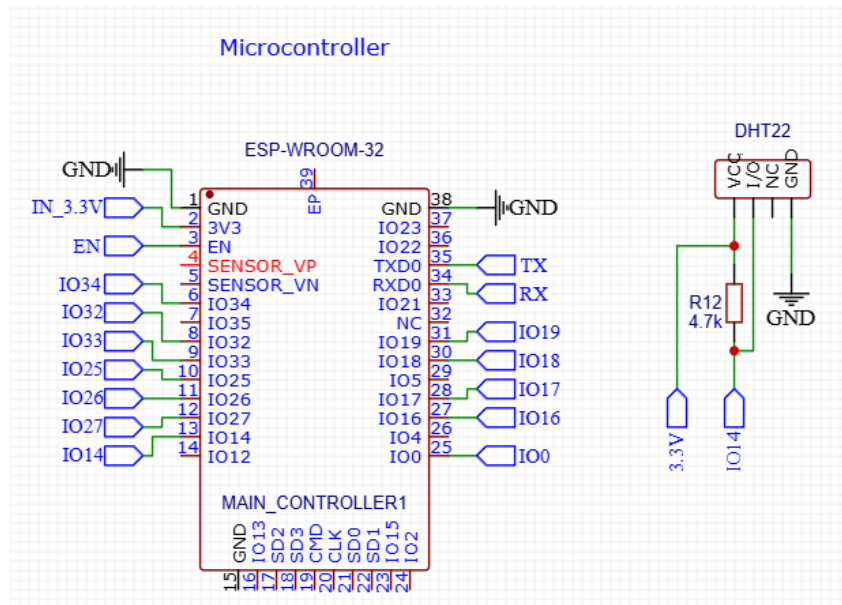
Σύμφωνα με το datasheet, στο pin 1 του DHT22 συνδέεται η τροφοδοσία που μπορεί να έχει εύρος από 3.3V έως και 6V. Το pin 2 χρησιμοποιείται για να μεταφερθούν δεδομένα από τον αισθητήρα στον μικροελεγκτή και ταυτόχρονα είναι συνδεδεμένο και στην τροφοδοσία μέσω μιας pull-up αντίστασης. Το pin 3 παραμένει ασύνδετο και τέλος στο pin 4 συνδέεται η γείωση.

Τα pins του DHT22 (από τα αριστερά προς τα δεξιά) σύμφωνα με το datasheet [9]:

Πίνακας 3.11: DHT22 Pins [9]

Pin	Function
1	VDD---power supply
2	DATA--signal
3	NULL
4	GND

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την σύνδεση του DHT22 με το υπόλοιπο κύκλωμα της θερμοκοιτίδας. Το pin 1 «VCC» συνδέεται στα 3.3V του κυκλώματος, ενώ το pin 2 «I/O» στο IO14 του ESP32 και με μια pull-up αντίσταση 4.7kΩ στα 3.3V. Τέλος το pin 4 συνδέεται απευθείας στην γείωση.

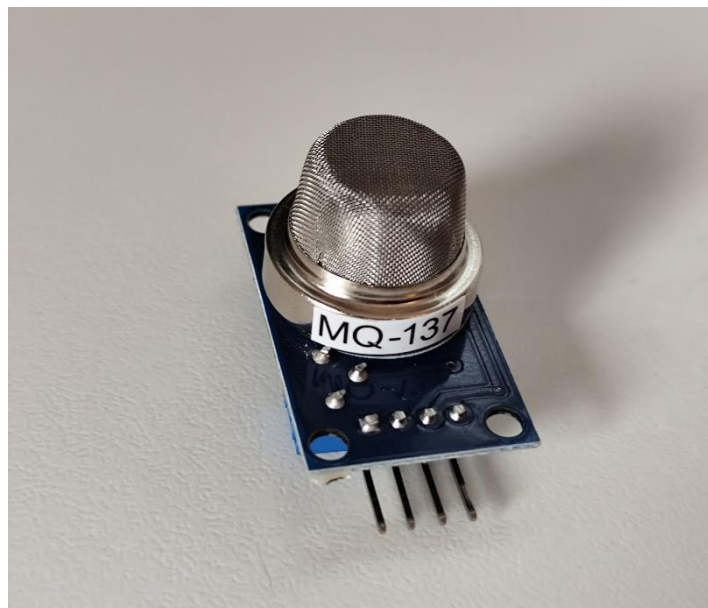


Σχήμα 3.7: Σύνδεση DHT22

3.4 Αισθητήρας Αμμωνίας MQ-137

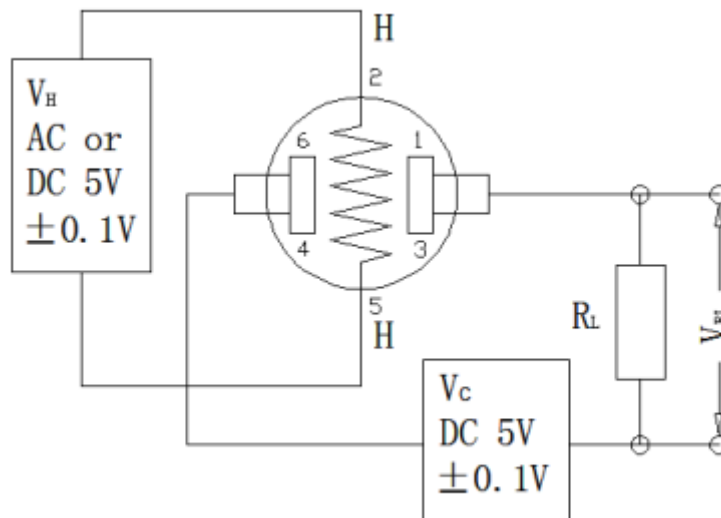
3.4.1 Εισαγωγή

Ο αισθητήρας αερίων MQ-137 είναι ένα αισθητήρας χαμηλού κόστους από την οικογένεια αισθητήρων αερίων MQ που έχει υψηλή ευαισθησία στο αέριο NH₃(Αμμωνία).



Σχήμα 3.8: MQ-137

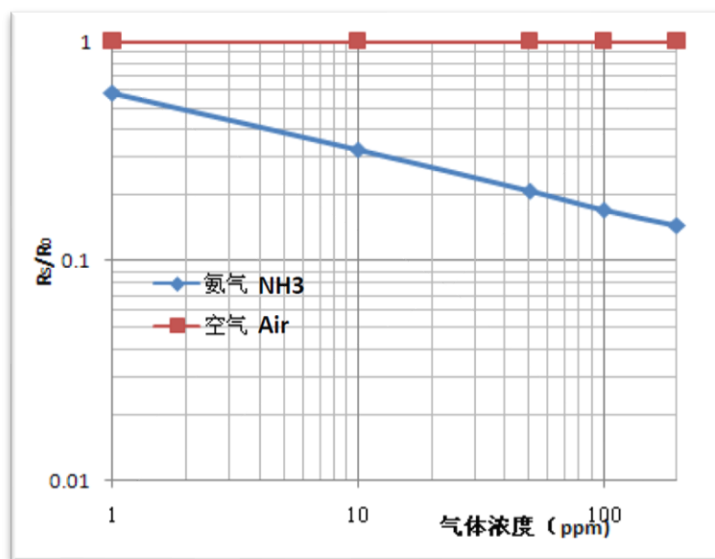
Το ευαίσθητο υλικό του αισθητήρα αερίων MQ137 είναι το SnO₂, το οποίο έχει χαμηλή αγωγιμότητα σε καθαρό αέρα. Όταν υπάρχει αέριο NH₃(Αμμωνία), η αγωγιμότητα του αισθητήρα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του αερίου[10]. Έτσι η αλλαγή της αγωγιμότητας μετατρέπεται σε αντίστοιχο σήμα εξόδου με βάση την συγκέντρωση αερίου. Η συνδεσμολογία του αισθητήρα είναι απλή και φαίνεται στο κύκλωμα του σχήματος 3.8 παρακάτω.



Σχήμα 3.9: Συνδεσμολογία MQ-137 [10]

Το παραπάνω σχήμα είναι το βασικό κύκλωμα δοκιμής του MQ137 σύμφωνα με το datasheet. Ο αισθητήρας απαιτεί δύο εισόδους τάσης: τάση θερμαντήρα (VH) και τάση κυκλώματος (Vc). Η VH χρησιμεύει για την παροχή τυπικής θερμοκρασίας λειτουργίας στον αισθητήρα και μπορεί να είναι DC ή AC. Η VRL είναι η τάση της αντίστασης φορτίου RL που είναι σε σειρά με τον αισθητήρα. Η VC είναι η τάση αντίχενωσης στην αντίσταση φορτίου RL και θα πρέπει να είναι DC[10].

Για να μπορούν να παρατηρηθούν καλύτερα οι τιμές της αμμωνίας θα ήταν χρήσιμη μετατροπή των αναλογικών τιμών που διαβάζει η μικροελεγκτής από τον αισθητήρα σε ppm. Οι απαραίτητες τιμές για την μετατροπή βρίσκονται στο παρακάτω διάγραμμα από τα datasheet του αισθητήρα[10].



Σχήμα 3.10: Διάγραμμα MQ-137 [10]

Το διάγραμμα μας δείχνει τον λόγο R_s/R_0 στον κάθετο άξονα και τα ppm στον οριζόντιο, όπου R_s είναι η εσωτερική αντίσταση του αισθητήρα όταν ανιχνεύεται αέριο και η R_0 είναι η εσωτερική αντίσταση του αισθητήρα στον καθαρό αέρα.

Μπορούμε να υπολογίσουμε το R_s σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο από το datasheet:

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L \quad (3.1)$$

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα ο λόγος R_s/R_0 στον καθαρό αέρα είναι $R_s/R_0 = 1$.

Αφήνοντας τον αισθητήρα να λειτουργήσει με τιμή αντίστασης $R_L = 4.7k\Omega$ και συλλέγοντας τιμές για το R_s , η τιμή του βρέθηκε $R_0 = 4.58k\Omega$.

Για τον τελικό υπολογισμό χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση της ευθείας από το διάγραμμα διαλέγοντας δύο σημεία της ευθείας και λύνοντας το σύστημα δυο εξισώσεων.

$$\log(y) = a * \log(x) + b \quad (3.2)$$

Οι τιμές (x,y) των σημείων του διαγράμματος όπου το x = ppm και το y = R_s/R_0 είναι :

Για το πρώτο σημείο x = 50 , y = 0.2

Για το δεύτερο σημείο x = 10, y = 0.32

$$\log(0.20) = a * \log(50) + b$$

$$\log(0.32) = a * \log(10) + b$$

Λύνοντας τις δύο εξισώσεις οι τιμές των a και b που προκύπτουν είναι :

$$a = - 0.2923$$

$$b = - 0.2017$$

Η τελική τιμή της συγκέντρωσης NH_3 σε ppm υπολογίστηκε με βάση τον τύπο που προκύπτει λύνοντας την εξίσωση ως προς ppm :

$$ppm = 10^{\frac{(\log(\frac{R_s}{R_0}) - b)}{a}} \quad (3.3)$$

3.4.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία αισθητήρα

Ο MQ-137 μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια τιμές αμμωνίας από 5 έως 500ppm ένα εύρος. Παρακάτω παρατίθενται και τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα σύμφωνα με το datasheet[10].

Πίνακας 3.12: Χαρακτηριστικά MQ-137 [10]

Model			MQ137
Sensor Type			Semiconductor
Standard Encapsulation			Bakelite, Metal cap
Target Gas			Ammonia Gas(NH ₃)
Detection range			5~500ppm NH ₃
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	V _c	5.0V±0.1V DC
	Heater Voltage	V _H	5.0V±0.1V AC or DC
	Load Resistance	R _L	Adjustable
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	R _H	30Ω±3Ω (room temp.)
	Heater consumption	P _H	≤950mW
	Sensitivity	S	R _s (in air)/R _s (50ppmNH ₃)≥2
	Output Voltage	ΔV _s	≥0.5V (in 50ppm NH ₃)
	Concentration Slope	α	≤0.6(R _{200ppm} /R _{50ppm} NH ₃)
Standard test conditions	Tem. Humidity		20°C±2°C; 55%±5%RH
	Standard test circuit		V _c :5.0V±0.1V; V _H : 5.0V±0.1V
	Preheat time		Over 48 hours

Ο αισθητήρας MQ-137 τροφοδοτείται με 5V DC οπότε περιμένουμε και η έξοδος να παίρνει τιμές από 0V έως 5V. Εφόσον όμως ο ESP32 δουλεύει με τάσεις έως 3.6V χρησιμοποιήθηκε ένας διαιρέτης τάσης, ώστε η τάση εξόδου του αισθητήρα να προσαρμοστεί στα επιθυμητά επίπεδα 0V έως 3.3V.

Για να υπολογίσουμε τις τιμές των αντιστάσεων του διαιρέτη τάσης έχουμε :

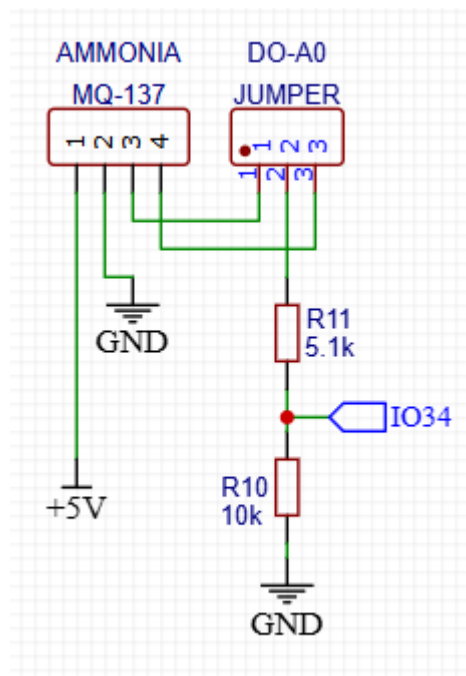
$$V_{R10} = V_{IN} \left(\frac{R_{10}}{R_{11} + R_{10}} \right) \quad (3.4)$$

Όπου:

- V_{R10} είναι η τάση στην αντίσταση R10 άρα και η τάση στο pin IO34
- V_{IN} είναι η τάση εισόδου που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η τάση εξόδου του MQ-137
- R_{11} και R_{10} είναι οι αντιστάσεις του διαιρέτη τάσης

Για τον διαιρέτη επιλέχθηκαν τιμές αντιστάσεων $R10 = 10k\Omega$ και $R11 = 5.1k\Omega$ έτσι η τιμή της τάσης V_{R10} διαμορφώθηκε ως εξής :

$$V_{R10} = 5 \left(\frac{5.1k}{10k+5.1k} \right) = 3.31V \quad (3.5)$$

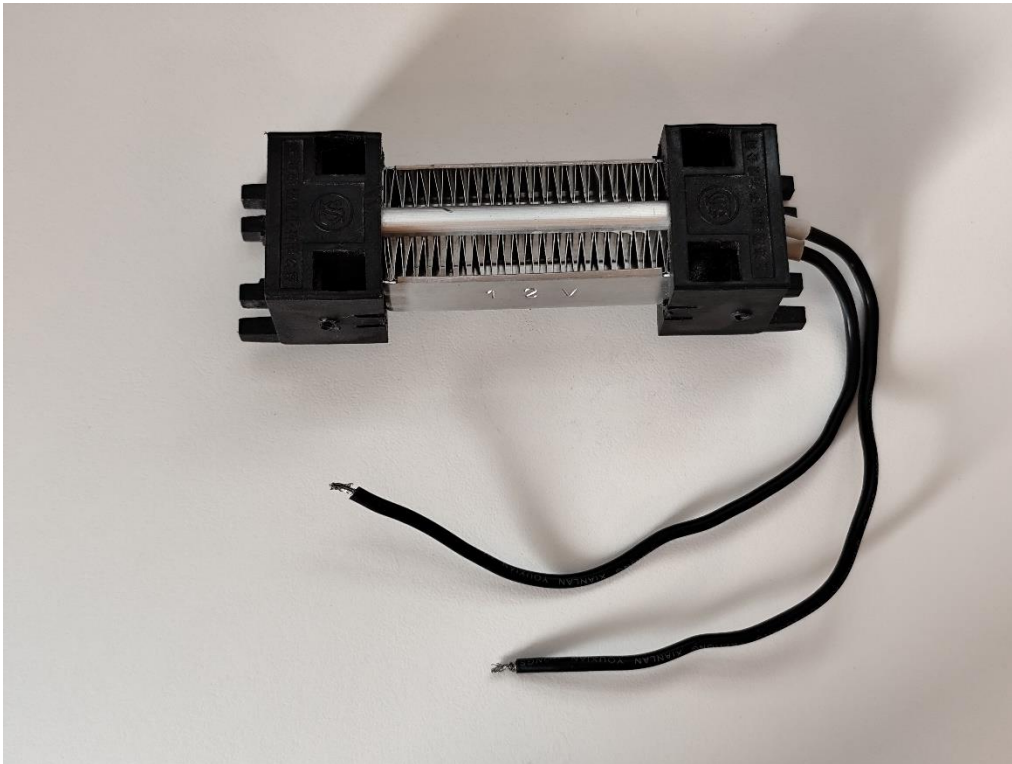


Σχήμα 3.11: Το κύκλωμα του MQ-137

3.5 Θερμαντικό στοιχείο και On-Off control

3.5.1 Εισαγωγή

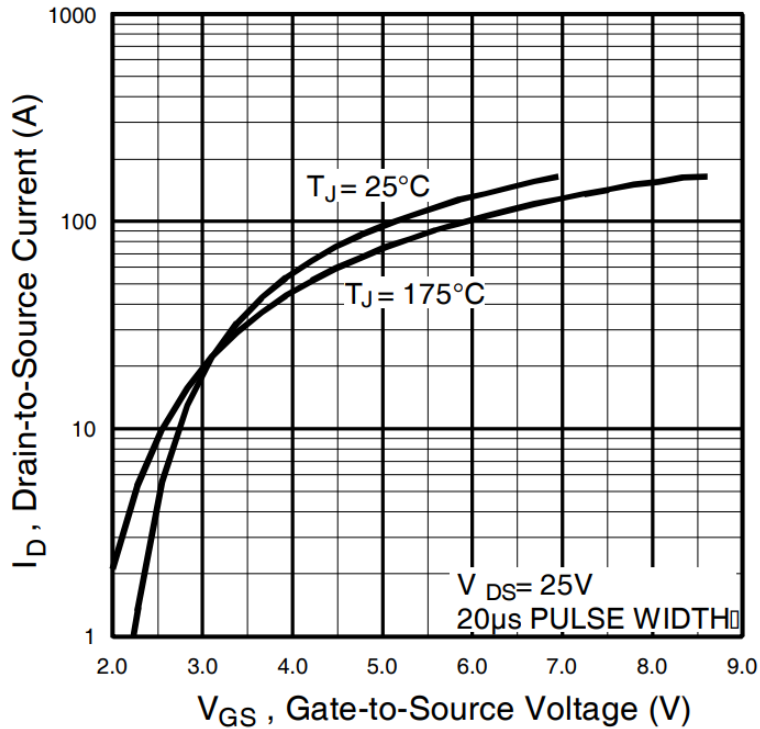
Σαν πηγή θερμότητας της θερμοκοιτίδας επιλέχθηκε ένα θερμαντικό στοιχείο το οποίο λειτουργεί στα 12V. Τέτοιου τύπου στοιχεία έχουν χαμηλό κόστος και είναι κατασκευασμένα για χρήση σε εκκολαπτικές μηχανές. Το στοιχείο που επιλέχθηκε διαθέτει σχισμές κατά μήκος για να μπορεί να περνάει ανάμεσα ο αέρας ώστε να θερμαίνεται αποτελεσματικά και πλαστικές βάσεις στα πλάγια ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα στην θερμοκοιτίδα.



Σχήμα 3.12: Θερμικό στοιχείο 12V

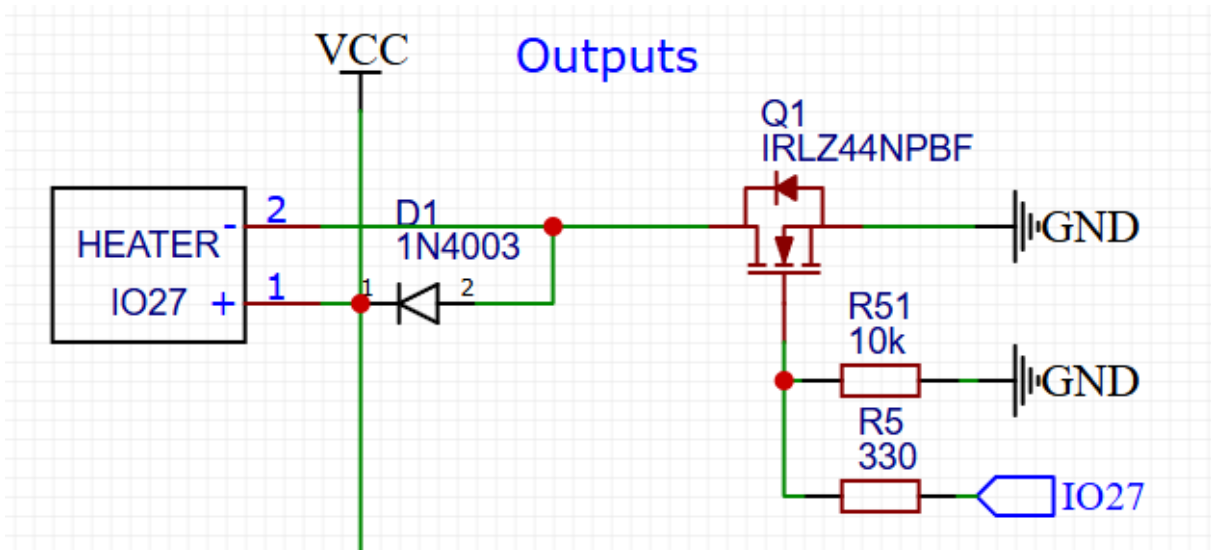
3.5.2 Κύκλωμα με IRLZ44N

Για τον έλεγχο του θερμικού στοιχείου χρησιμοποιήθηκε το N-channel MOSFET IRLZ44N σε συνδεσμολογία διακόπτη. Το συγκεκριμένο MOSFET επιλέχθηκε λόγω της χαμηλής τάσης Gate to Source που απαιτεί για την λειτουργία του σε αντίθεση με τα περισσότερα MOSFETs, καθώς σύμφωνα με το γράφημα από το datasheet[11] (σχήμα 3.10) με τάση 3V στην πύλη μπορεί να επιτρέψει ροή ρεύματος μεγαλύτερη από 10A.



Σχήμα 3.13: Τάση Gate to Source για IRLZ44N [11]

Το κύκλωμα όπως φαίνεται και στην παρακάτω φωτογραφία αποτελείται από το MOSFET όπου η πύλη του είναι συνδεδεμένη στο pin GPIO27 του ESP32 μέσω μιας αντίστασης 330Ω ενώ υπάρχει και μια pull-down αντίσταση $10\text{k}\Omega$ στην πύλη ώστε να είναι πάντα γειωμένη όταν το GPIO27 δεν βρίσκεται σε κατάσταση HIGH. Το Source του MOSFET είναι γειωμένο ενώ το Drain συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της κλέμματος στην οποία συνδέεται το θερμαντικό στοιχείο. Τέλος ανάστροφα με τους πόλους της κλέμματος έχει τοποθετηθεί και μια διάδος 1N4003 σε συνδεσμολογία flyback ώστε να αποφευχθεί οποιοδήποτε ανάστροφο ρεύμα θα μπορούσε να δημιουργήσει πρόβλημα στο GPIO pin.

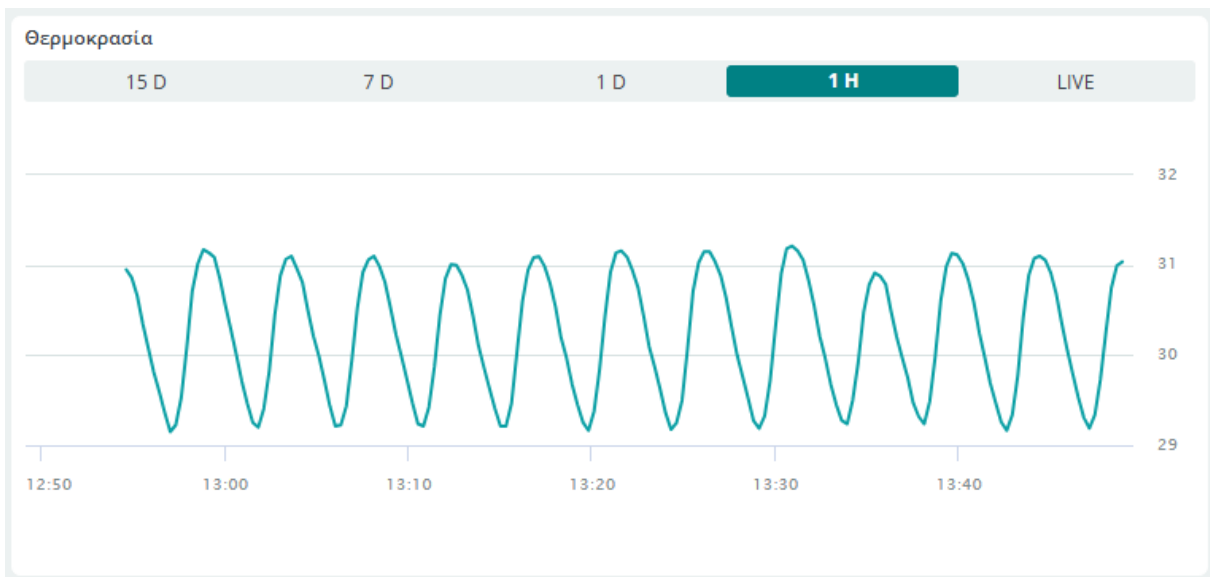


Σχήμα 3.14: Κύκλωμα διακόπτη με IRLZ44N

Με αυτό τον τρόπο το ένα άκρο του θερμαντικού στοιχείου είναι μόνιμα συνδεδεμένο στα 12V ενώ το δεύτερο συνδέεται και αποσυνδέεται με την γύωση κλείνοντας και ανοίγοντας ουσιαστικά το κύκλωμα ανάλογα με την κατάσταση του GPIO27 (HIGH ή LOW).

3.5.3 Έλεγχος Θερμαντικού στοιχείου

Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση του κυκλώματος, σαν διακόπτης για το θερμαντικό στοιχείο χρησιμοποιήθηκε ένα N-channel MOSFET. Για τον αυτόματο έλεγχο από του θερμικού στοιχείου χρησιμοποιήθηκε η τεχνική On-Off. Με αυτή την τεχνική ο μικροελεγκτής μέσω της ψηφιακής εξόδου του IO27 ανοίγει και κλείνει το κύκλωμα του θερμαντικού στοιχείου ανάλογα με την θερμοκρασία που διαβάζει από τον αισθητήρα DHT22 ώστε να φέρει την θερμοκρασία όσο το δυνατόν πιο κοντά στην επιθυμητή τιμή. Αυτή η τεχνική δημιουργεί τελικά μια ταλάντωση γύρω από την επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας. Στην περίπτωση της θερμοκοιτίδας η ταλάντωση για τιμή θερμοκρασίας 30°C κυμαινόταν από 29.3°C έως 31°C που σημαίνει ότι η μέγιστη απόκλιση από την ορισμένη θερμοκρασία είναι $\pm 1^\circ\text{C}$. Αυτές οι τιμές βρίσκονται μέσα στα αποδεκτά όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή οπότε αυτή η απλή τεχνική λειτουργεί ικανοποιητικά για τον συγκεκριμένο σκοπό.



Σχήμα 3.15: Γράφημα θερμοκρασίας σε σχέση με τον χρόνο

3.6 Κινητήρας Servo

Για τον έλεγχο του ανοίγματος στο στόμιο εξαερισμού της θερμοκοιτίδας χρησιμοποιήθηκε ένας κινητήρας servo SG92R. Οι κινητήρες servo είναι ηλεκτρικοί κινητήρες οι οποίοι έχουν την δυνατότητα για ακριβή έλεγχο θέσης, καθώς διαθέτουν κύκλωμα ανατροφοδότησης με ενσωματωμένους αισθητήρες που παρακολουθούν την πραγματική θέση του κινητήρα.

Ο SG92R είναι η νέα έκδοση του SG90 και σύμφωνα με το datasheet έχει γρανάζια από carbon fiber σε αντίθεση με τον προκάτοχο του που είχε γρανάζια nylon. Η τάση λειτουργίας του είναι στα 4.8V και σε αυτή την τάση η ροπή του φτάνει τα 2.4kg/cm. Η ταχύτητα λειτουργίας είναι 0.1sec /60degree και η θερμοκρασία λειτουργίας είναι 0°C με 55°C.[12]



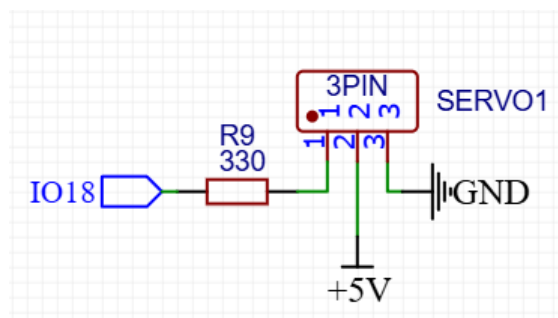
Σχήμα 3.16: Ο SG92R

Ο SG92R έχει 3 pins που αντιστοιχίζονται στον παρακάτω πίνακα με τα χρώματα τους.

Πίνακας 3.13: SG92R Pins

PWM Signal	Πορτοκαλί
4.8V	Κόκκινο
GND	Μαύρο

Η σύνδεση του servo στο υπόλοιπο κύκλωμα είναι εξαιρετικά απλή και φαίνεται στο παρακάτω κύκλωμα :



Σχήμα 3.17: Η σύνδεση του SG92R

Κεφάλαιο 4ο: Φυσική Κατασκευή

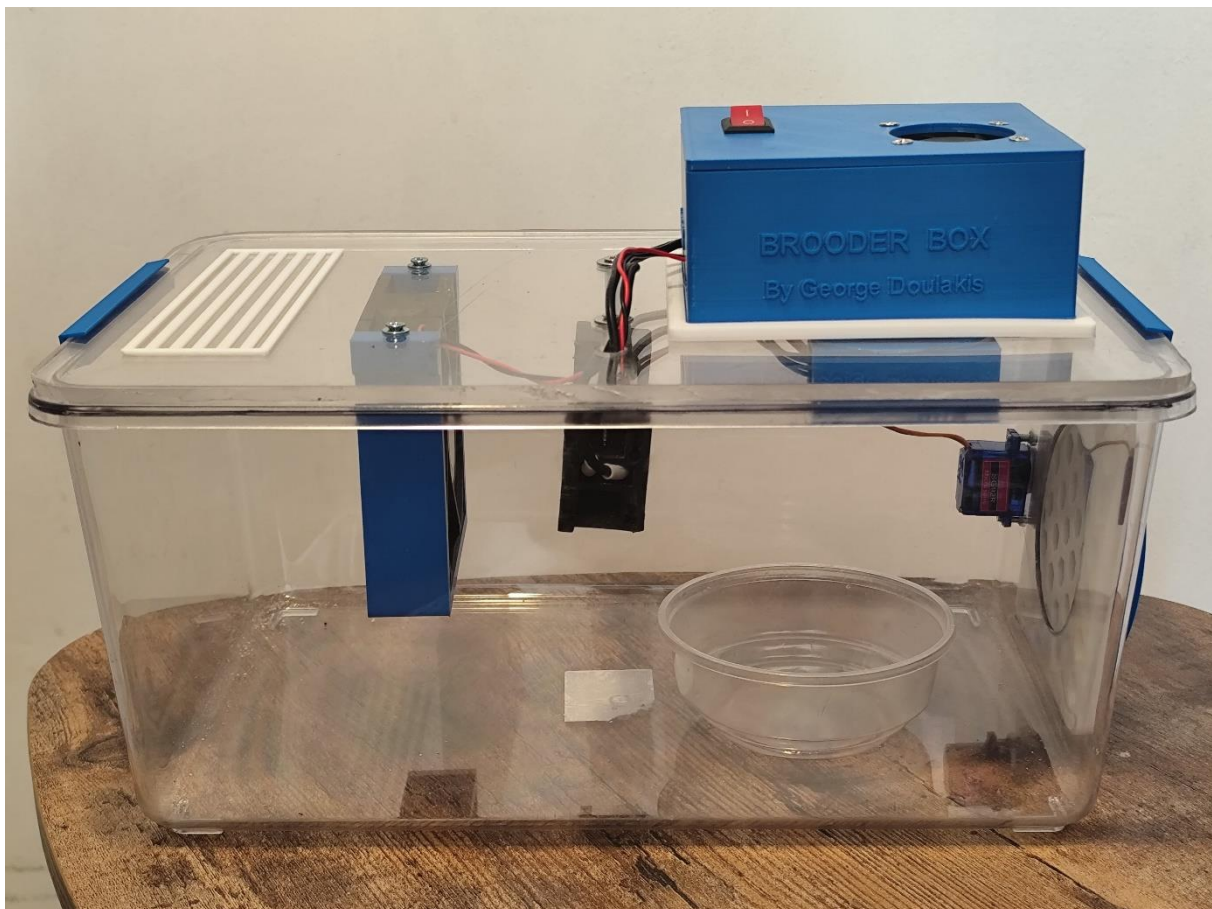
4.1 Εισαγωγή

Η θερμοκοιτίδα της παρούσας εργασίας αποτελεί πειραματική μονάδα και όχι έτοιμο προϊόν, οπότε προτιμήθηκε το περίβλημα να είναι μικρότερων διαστάσεων από μια πραγματική θερμοκοιτίδα ώστε η μεταφορά και η συναρμολόγηση της να είναι ευκολότερη.

4.2 Συναρμολόγηση και υλικά

Το κύριο σώμα της κατασκευής αποτελείται από διάφανο ακρυλικό υλικό. Το θερμικό στοιχείο είναι βιδωμένο με βίδες και ακρυλικούς αποστάτες στην οροφή της κατασκευής ώστε να μπορεί να ζεσταίνει ομοιόμορφα τον χώρο χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να λιώσει το περίβλημα. Ο ανεμιστήρας και οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν επίσης στην οροφή με βίδες και 3d printed βάσεις. Στην εμπρόσθια όψη της κατασκευής υπάρχει ένα διάτρητο στόμιο εξαερισμού με καπάκι το οποίο μπορεί να ανοιγοκλείνει με την χρήση ενός servo και είναι και αυτό κατασκευασμένο με 3d printer.

Στο επάνω μέρος της κατασκευής βρίσκεται ένα πλαστικό κουτί μέσα στο οποίο βρίσκεται η πλακέτα. Το καπάκι του κουτιού είναι κουμπωτό και διαθέτει έναν ανεμιστήρα 4mm και διακόπτη On-Off. Το συγκεκριμένο κουτί διαθέτει μια βάση πάνω στην οποία κουμπώνει και είναι βιδωμένη στο επάνω μέρος της κατασκευής ώστε να μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα αν καταστεί αναγκαίο να γίνουν οποιεσδήποτε αλλαγές. Τέλος, στο επάνω μέρος υπάρχουν και περσίδες εξαερισμού για την ανανέωση του αέρα.

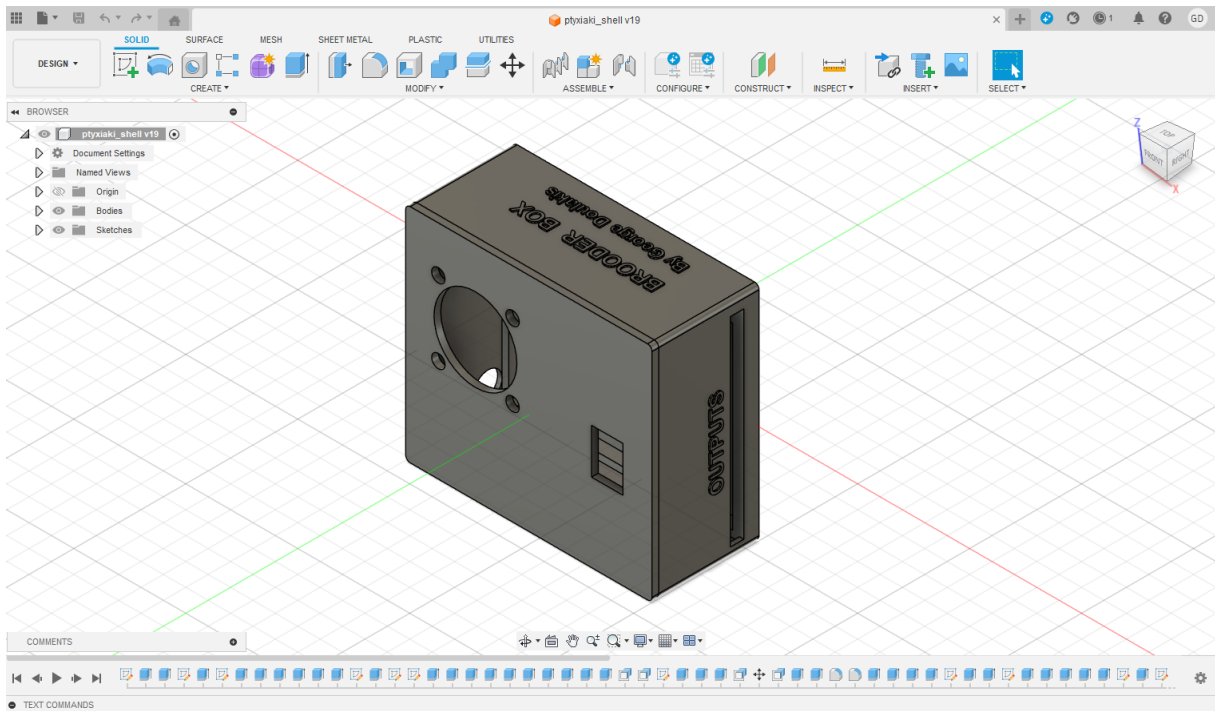


Σχήμα 4.1: Φωτογραφία κατασκευής

4.3 3D printed εξαρτήματα

4.3.1 Εισαγωγή

Η κατασκευή της παρούσας εργασίας συνδυάζει πολλά διαφορετικά εξαρτήματα. Έτσι θεωρήθηκε αναγκαίο να σχεδιαστούν ειδικές βάσεις προσαρμοσμένες σε κάθε εξάρτημα, με σκοπό την σωστή τοποθέτηση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και το ομοιόμορφο αποτέλεσμα της τελικής κατασκευής. Για την σχεδίαση των συγκεκριμένων βάσεων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης Fusion360 της Autodesk.



Σχήμα 4.2: Σχεδίαση στο Fusion 360

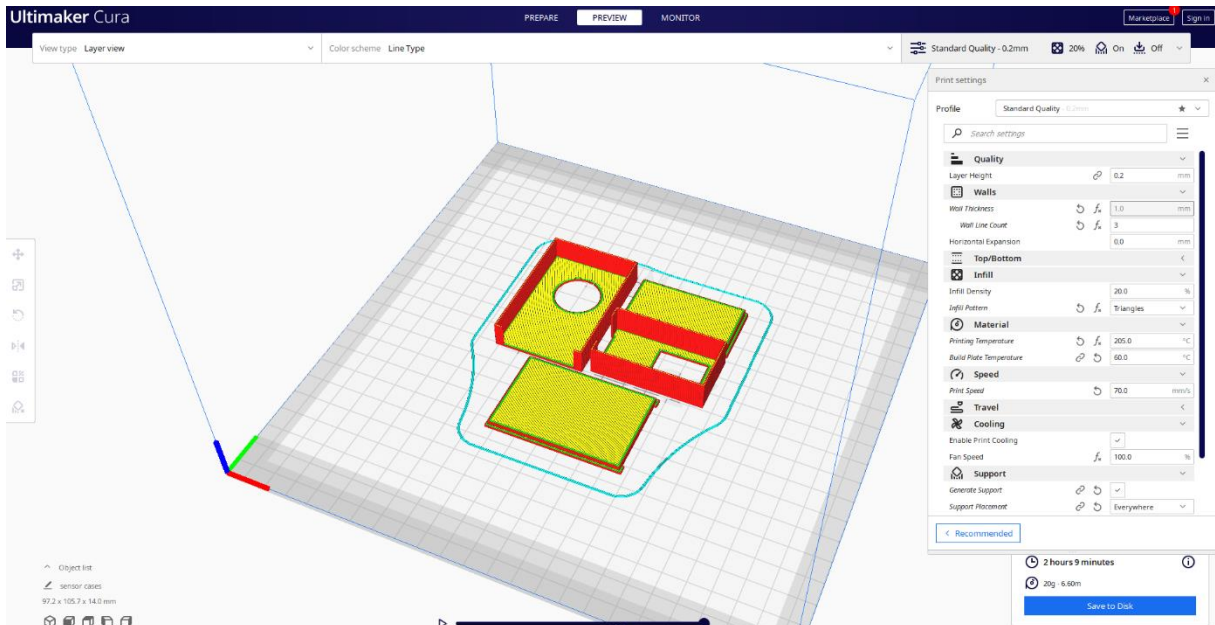
4.3.2 Τρισδιάστατη σχεδίαση

Η πλατφόρμα Fusion της Autodesk είναι ένα σχεδιαστικό cloud λογισμικό με δυνατότητες CAD, CAM, CAE και PCB σχεδίασης. Χρησιμοποιώντας το Fusion360 έγινε με ακρίβεια ο τρισδιάστατος σχεδιασμός των βάσεων και των υπόλοιπων απαραίτητων εξαρτημάτων ώστε να εφαρμόζουν ιδανικά κατά την συναρμολόγηση της κατασκευής. Κατά τον σχεδιασμό έπρεπε να ληφθεί υπόψιν η διαδικασία παραγωγής των εξαρτημάτων αυτών που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση καθώς διαφορετικές τεχνικές παραγωγής απαιτούν διαφορετικό τρόπο σχεδίασης για την μέγιστη απόδοση και ποιότητα του τελικού προϊόντος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στον προσανατολισμό της εκτύπωσης ώστε να χρειαστεί ο ελάχιστος δομών στήριξης (supports) καθώς και οι ανοχές στα σημεία που εφάπτονται όπως είναι τα καπάκια.

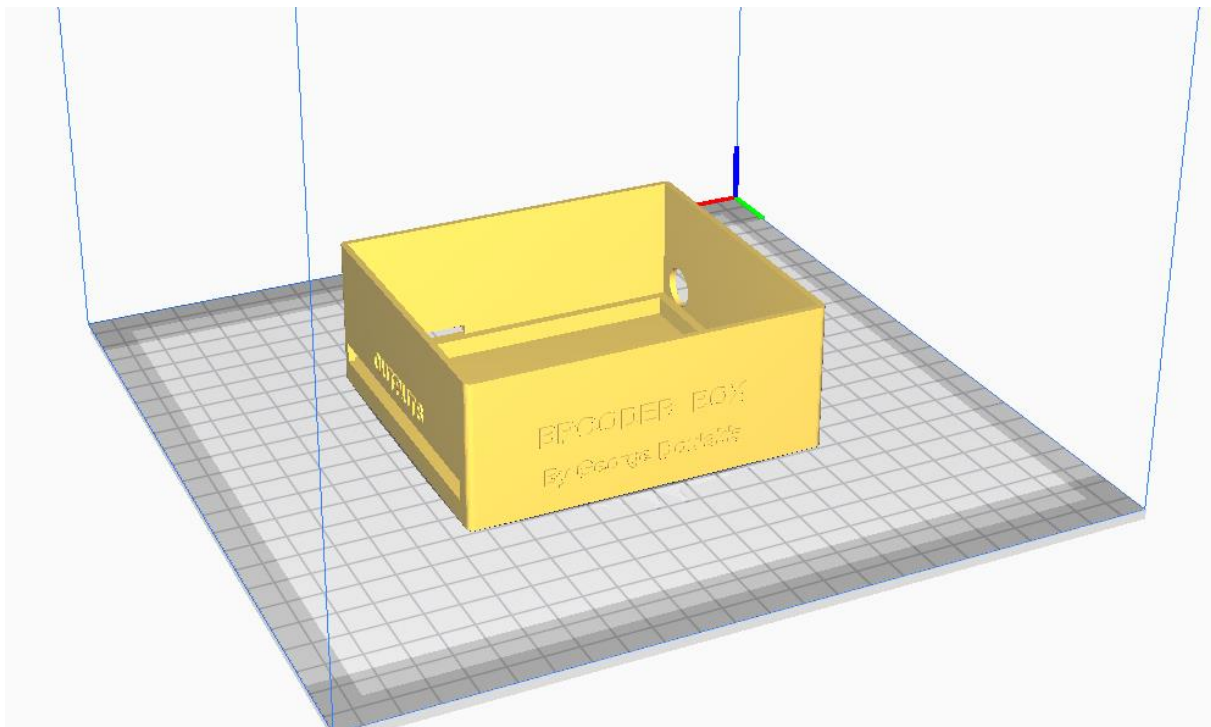
4.3.3 3D printing

Τα μοντέλα μετά την σχεδίαση μεταφέρθηκαν σε ένα λογισμικό slicing του οποίου η λειτουργία είναι να μετατρέπει το τρισδιάστατο μοντέλο σε ένα εκτυπώσιμο αρχείο μορφής gcode. Για αυτό τον σκοπό επιλέχθηκε το πρόγραμμα Ultimaker Cura στο οποίο μπορούμε να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους της εκτύπωσης όπως θερμοκρασία, ταχύτητα αλλά και να επιλέξουμε πράγματα όπως τον προσανατολισμό

του μοντέλου κατά την εκτύπωση, το πάχος της κάθε στρώσης της εκτύπωσης και ότι άλλο θεωρηθεί αναγκαίο ανάλογα με το μοντέλο που εκτυπώνεται. Τα μοντέλα τοποθετήθηκαν προσεκτικά στην εικονική επιφάνεια εκτύπωσης του προγράμματος με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχουν τμήματα παράλληλα με την επιφάνεια εκτύπωσης τα οποία όμως δεν ακουμπούν σε αυτήν ώστε να μην είναι απαραίτητη η χρήση δομών στήριξης(supports). Η θερμοκρασία της κεφαλής εκτύπωσης και της επιφάνειας εκτύπωσης ρυθμίστηκαν στους 205°C και 60°C αντίστοιχα, ενώ η ταχύτητα στα 70mm/s. Οι τιμές αυτές επιλέγονται με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή του νήματος που χρησιμοποιείται. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε ένα νήμα από υλικό PLA σε μπλε χρώμα της εταιρείας Real-Filaments με διάμετρο 1.75mm.



Σχήμα 4.3: Πρόγραμμα Ultimaker Cura (Preview)



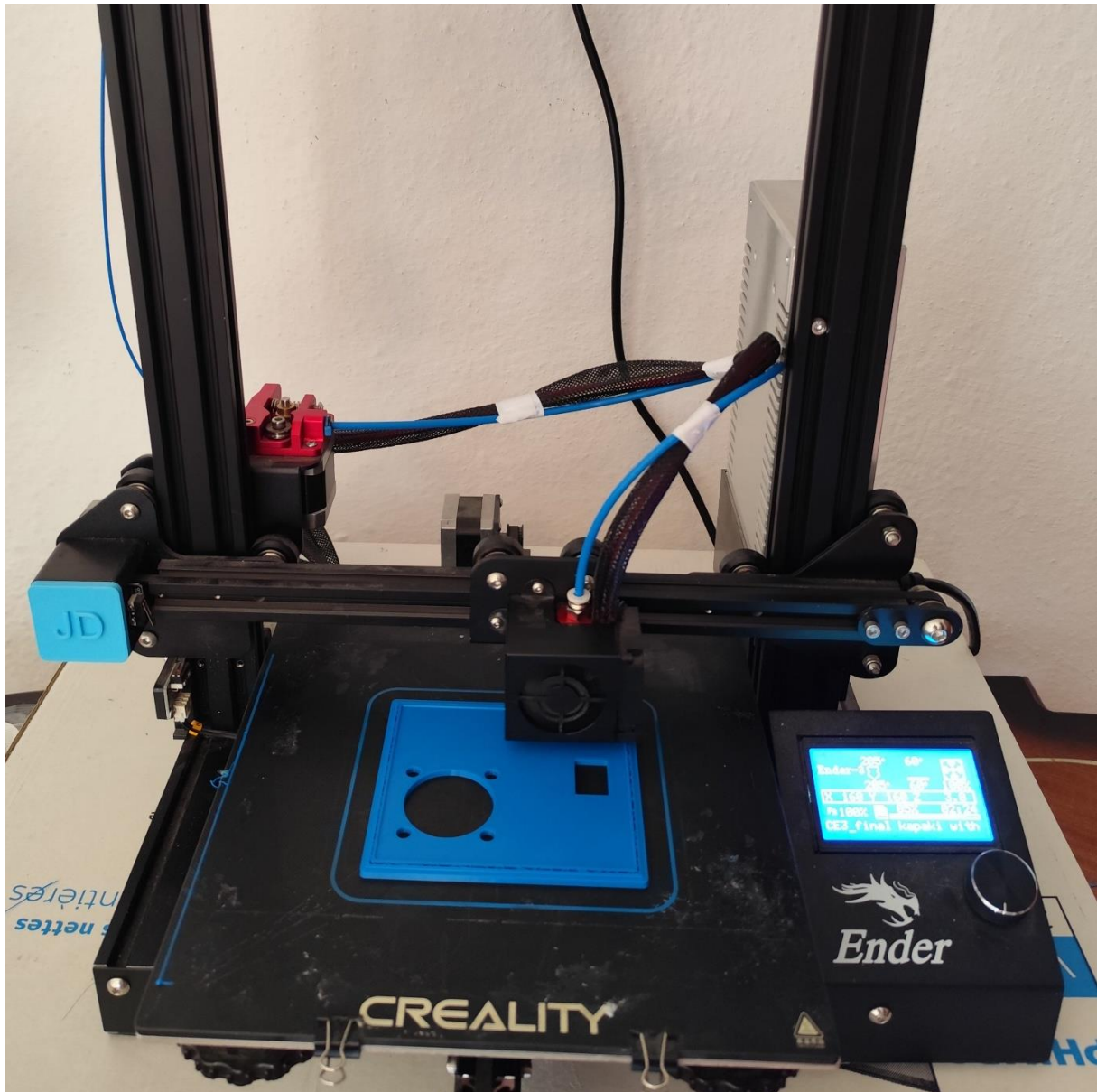
Σχήμα 4.4: Πρόγραμμα Ultimaker Cura (Prepare)

Το πρόγραμμα δημιουργεί τα αρχεία gcode, τα οποία μέσω ενός USB drive μεταφέρονται στον 3D printer. Πιο συγκεκριμένα τα αρχεία gcode είναι αρχεία που χρησιμοποιούνται από μηχανές CNC και περιέχουν οδηγίες και συντεταγμένες για το πως πρέπει να κινηθεί η μηχανή. Στο παρακάτω απόσπασμα βλέπουμε τις αρχικές εντολές και στην συνέχεια το πρώτο κομμάτι από τις κινήσεις που θα ακολουθήσει ο εκτυπωτής.

```
;FLAVOR:Marlin
;TIME:11092
;Filament used: 10.4643m
;Layer height: 0.2
;MINX:46.501
;MINY:51.501
;MINZ:0.2
;MAXX:188.499
;MAXY:183.499
;MAXZ:4
;Generated with Cura_SteamEngine 4.11.0
M140 S60
M105
M190 S60
M104 S205
M105
M109 S205
M82 ;absolute extrusion mode
; Ender 3 Custom Start G-code
G92 E0 ; Reset Extruder
G28 ; Home all axes
G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent scratching of Heat Bed
G1 X0.1 Y20 Z0.3 F5000.0 ; Move to start position
G1 X0.1 Y200.0 Z0.3 F1500.0 E15 ; Draw the first line
G1 X0.4 Y200.0 Z0.3 F5000.0 ; Move to side a little
G1 X0.4 Y20 Z0.3 F1500.0 E30 ; Draw the second line
G92 E0 ; Reset Extruder
G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent scratching of Heat Bed
G1 X5 Y20 Z0.3 F5000.0 ; Move over to prevent blob squish
G92 E0
G92 E0
G1 F2700 E-5
;LAYER_COUNT:20
;LAYER:0
M107
G0 F6000 X50.51 Y55.128 Z0.2
;TYPE:SKIRT
G1 F2700 E0
G1 F1200 X51.231 Y54.501 E0.03178
G1 X51.549 Y54.248 E0.0453
G1 X51.928 Y53.96 E0.06113
G1 X52.016 Y53.896 E0.06475
G1 X52.797 Y53.377 E0.09594
G1 X53.62 Y52.927 E0.12713
G1 X54.066 Y52.719 E0.1435
G1 X54.458 Y52.547 E0.15774
G1 X54.893 Y52.367 E0.1734
G1 X55.779 Y52.058 E0.20461
G1 X56.687 Y51.825 E0.23578
G1 X57.317 Y51.712 E0.25707
G1 X57.775 Y51.643 E0.27248
G1 X58.244 Y51.582 E0.28821
```

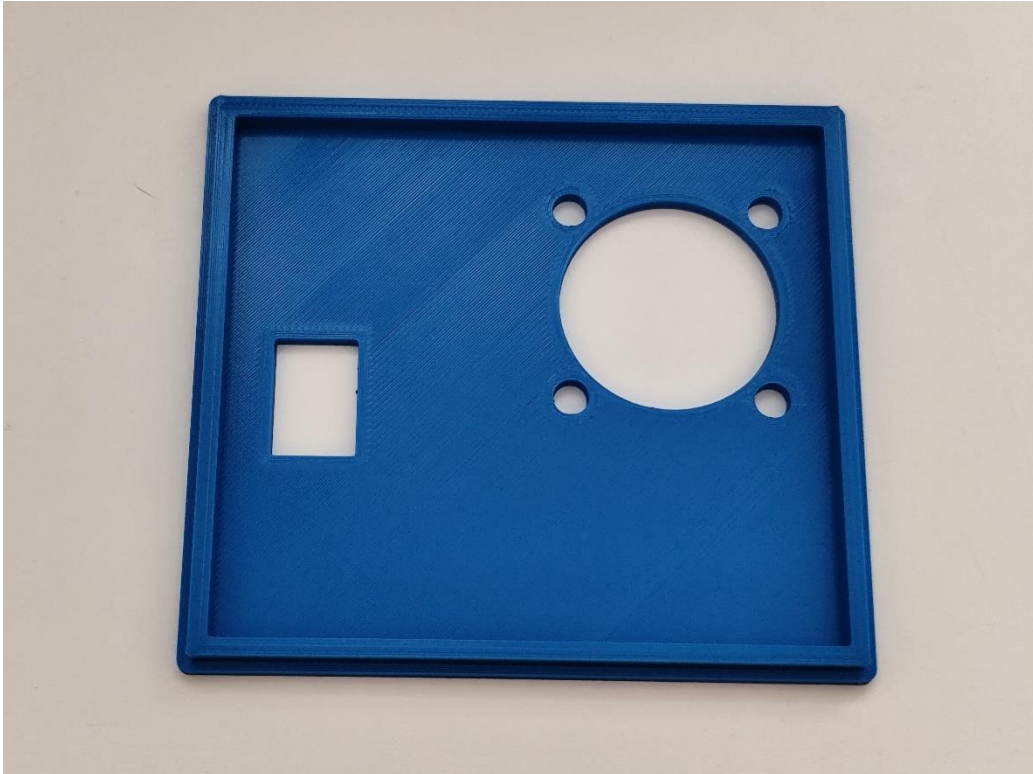
Σχήμα 4.5: Απόσπασμα από τον gcode που χρησιμοποιήθηκε

Ο εκτυπωτής που χρησιμοποιήθηκε είναι ο Ender 3 της εταιρείας Creality. Ο Ender 3 είναι ένας οικονομικός οικιακός εκτυπωτής που όταν είναι σωστά ρυθμισμένος μπορεί να παρέχει εξαιρετικά αποτελέσματα. Η ωφέλιμη επιφάνεια εκτύπωσης είναι 220*220mm που είναι αρκετή για τις απαιτήσεις της παρούσας κατασκευής. Στην παρακάτω φωτογραφία απεικονίζεται ο εκτυπωτής κατά την διάρκεια της εκτύπωσης του καπακιού για το κουτί της πλακέτας.

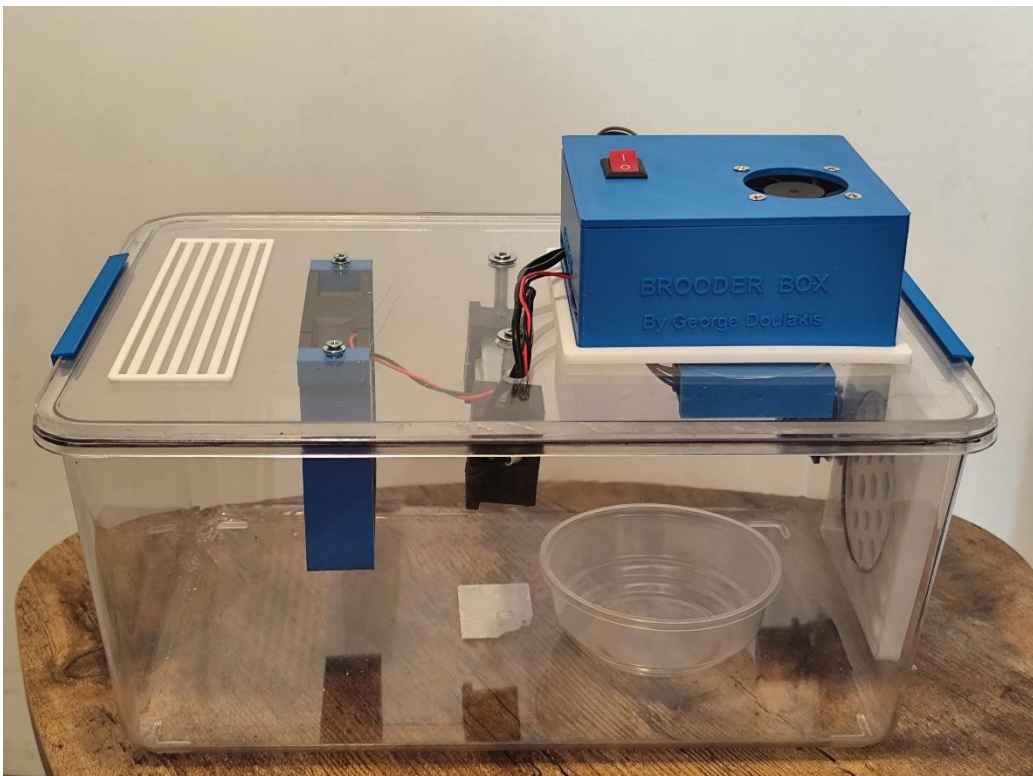


Σχήμα 4.6: 3D εκτύπωση εξαρτημάτων

Μετά το τέλος των εκτυπώσεων τα εξαρτήματα καθαρίστηκαν από τυχόν ατέλειες και ολοκληρώθηκε η συναρμολόγηση η οποία έγινε με βίδες για τους ανεμιστήρες και θερμοσιλκόνη για τους δύο αισθητήρες.



Σχήμα 4.7: 3D printed καπάκι



Σχήμα 4.8: Η κατασκευή μετά την συναρμολόγηση

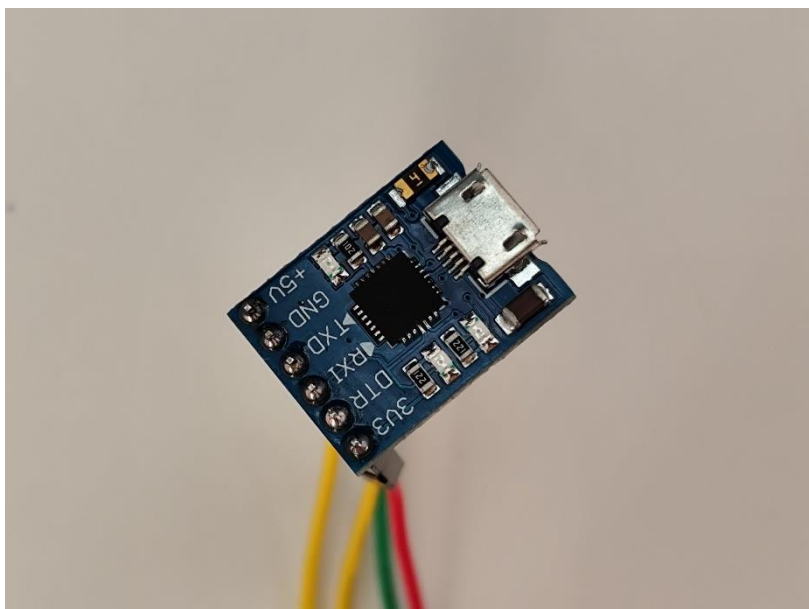
Κεφάλαιο 5ο: Software

5.1 Εισαγωγή

Για τον προγραμματισμό του ESP32 χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον του Arduino και συγκεκριμένα το Arduino IoT Cloud. Ο κώδικας γράφτηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C++ μιας και αυτή είναι η γλώσσα που χρησιμοποιείται στο Arduino Cloud [13].

5.2 Προγραμματισμός ESP32

Για την σύνδεση της πλακέτας και του ESP32 χρησιμοποιήθηκε το CP2102 το οποίο είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα της εταιρείας Silicon Labs και λειτουργεί ως USB to UART Bridge[14]. Έτσι μια πλακέτα CP2102 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σύνδεση μιας UART συσκευής σε έναν υπολογιστή μέσω θύρας USB.



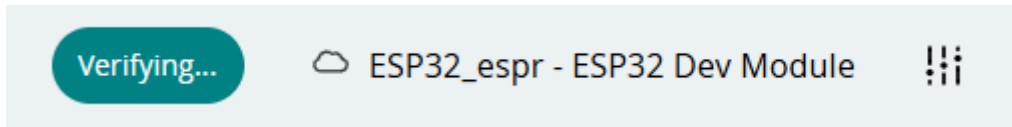
Σχήμα 5.1: CP2102 Board

Χρησιμοποιώντας αυτό τον μετατροπέα ο υπολογιστής μπορεί αν επικοινωνήσει σειριακά με τον ESP32 ώστε να τον προγραμματίσει. Η σύνδεση που ακολουθήθηκε φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 5.1 : Σύνδεση CP2102 με ESP32

CP2102 Board Pins	ESP32 Pins
3V3	3V3
RXI	TXD0
TXD	RXD0

Μετά το ανέβασμα του πρώτου κώδικα και της σύνδεσης του ESP32 με το Arduino Cloud (για το οποίο θα μιλήσουμε εκτενέστερα στην επόμενη ενότητα) το ανέβασμα του κώδικα μπορεί να γίνει και «Over the Air», πράγμα που κάνει τον προγραμματισμό της πλακέτας σημαντικά ευκολότερο χωρίς την ανάγκη για καλώδια παρά μόνο για την τροφοδοσία της.



Σχήμα 5.2: Code Verification

```
[17:44:16] Over-The-Air upload request created...
[17:44:16] Over-The-Air upload pending...
[17:44:17] Initializing Over-The-Air update...
[17:44:17] Starting Over-The-Air update attempt...
[17:44:22] Uploading binary file to the board: [           ] 0%
[17:44:32] Uploading binary file to the board: [=====] 24%
[17:44:42] Uploading binary file to the board: [=====] 48%
[17:44:52] Uploading binary file to the board: [=====] 72%
[17:45:02] Uploading binary file to the board: [=====] 99%
[17:45:03] Uploading binary file to the board: [=====] 100%
[17:45:03] Flashing binary file to the board...
[17:45:20] Over-The-Air update successfully completed
```

Σχήμα 5.3: Over the air update

5.3 Arduino IoT Cloud

Το Arduino Cloud είναι μια διαδικτυακή πλατφόρμα της Arduino που επιτρέπει τη σύνδεση, παρακολούθηση και διαχείριση συσκευών IoT (Internet of Things). Παρόλο που έχει αναπτυχθεί από την Arduino το Arduino Cloud είναι συμβατό και με άλλους μικροελεγκτές, όπως ο ESP32 που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη περίπτωση. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα προτιμήθηκε λόγω του εύχρηστου περιβάλλοντος που διαθέτει. Πιο συγκεκριμένα η πλατφόρμα διαχειρίζεται το κομμάτι στις σύνδεσης της IoT συσκευής με το διαδίκτυο ώστε να είναι ευκολότερη η υλοποίηση της κατασκευής. Πολύ χρήσιμη είναι και η δυνατότητα συλλογής και αποθήκευσης των δεδομένων από τους αισθητήρες, αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για μια θερμοκοιτίδα καθώς μας επιτρέπει να παρακολουθήσουμε τα δεδομένα σε βάθος χρόνου και να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα σε βάθος χρόνου. Ακόμα παρέχει λειτουργίες όπως διαγράμματα δεδομένων, δημιουργία dashboards και ενσωμάτωση με υπηρεσίες όπως το Alexa και το Google Assistant. Το περιβάλλον του Arduino Cloud χωρίζεται σε τρία κύρια μέρη : Devices, Things και Dashboards. Devices είναι οι μικροελεγκτές που συνδέονται στην πλατφόρμα και στον καθένα αντιστοιχίζεται μια μοναδική ταυτότητα και συνθηματικό. Things ονομάζονται τα projects που φτιάχνονται στην πλατφόρμα και αντιστοιχίζονται σε ένα device και ένα dashboard. Τα Dashboards είναι UI που αλληλοεπιδρά ο τελικός χρήστης, εκεί μπορούν να τοποθετηθούν τα γραφήματα, να παρακολουθούνται οι τιμές των μεταβλητών και να τοποθετηθούν κουμπιά για τον έλεγχο που απαιτεί κάθε project.

Device Name	Status	Type	Associated Thing	Connectivity module
Dakis	OFFLINE	ESP32-WROOM-DA Module	-	-
dok	OFFLINE	ESP32-WROOM-DA Module	-	-
ESP32_espr	OFFLINE	ESP32 Dev Module	ptyxiaki_th	-

Σχήμα 5.4: Devices (Arduino Cloud)

Thing Name	Device	Sketch	Last modified	Creation date
ptyxiaki_th	ESP32_espr	ptyxiaki_th_nov24a	14 Ιαν 2025, 8:46 μ.μ.	23 Νοε 2024, 4:46 μ.μ.
Thermometro	-	Thermometro_nov16a	14 Ιαν 2025, 8:35 μ.μ.	14 Νοε 2024, 9:20 μ.μ.
Untitled	-	-	14 Ιαν 2025, 8:13 μ.μ.	14 Ιαν 2025, 8:12 μ.μ.

Σχήμα 5.5: Things (Arduino Cloud)

Dashboard Name	Last modified	Sharing with
ptyxiaki	16 Ιαν 2025, 1:36 μ.μ.	giorgiodoul@gmail.co
Thermometer	7 Δεκ 2024, 7:43 μ.μ.	giorgiodoul@gmail.co

Σχήμα 5.6: Dashboards (Arduino Cloud)

5.4 Κώδικας

Για το κομμάτι του κώδικα το Arduino Cloud διαθέτει ξεχωριστή σελίδα με τίτλο «Sketches» όπου βρίσκονται οι κώδικες των projects. Το περιβάλλον που γράφετε ο κώδικας προσομοιάζει στο Arduino IDE πράγμα που το κάνει φιλικό σε χρήστες που είναι γνώριμοι με αυτό.

```

63 float a = 0.2923;
64 float b = -0.2017;
65
66
67 void setup() {
68   // Initialize serial and wait for port to open:
69   Serial.begin(9600);
70   // This delay gives the chance to wait for a Serial Monitor without blocking if none is found
71   delay(1500);
72
73   //Start DHT22
74   dht.begin();
75   //Start Servo
76   servo1.attach(servo1Pin);
77   delay(50);
78   servo1.write(0);
79   delay(50);
80
81
82   // Define pin mode
83   pinMode(27, OUTPUT);
84   pinMode(16, OUTPUT);
85   pinMode(32, OUTPUT);
86   pinMode(30, OUTPUT);
  
```

Σχήμα 5.7: Sketch editor (Arduino Cloud)

Ο κώδικας χωρίστηκε σε 4 βασικές συναρτήσεις : DHT22function(), heatfunction(), MQfunction() και ammoniafunction(). Πιο αναλυτικά ξεκινώντας με την σειρά που αναφέρθηκαν, η DHT22function() διαβάζει τις τιμές που δίνει ο αισθητήρας DHT22 για την υγρασία και την θερμοκρασία και τις αποθηκεύει στις κατάλληλες μεταβλητές.

```
// Αισθητήρας DHT22
void DHT22function()
{
  temperature = dht.readTemperature(); //Διαβάζει την θερμοκρασία από τον DHT22
  humidity = dht.readHumidity(); //Διαβάζει την υγρασία από τον DHT22
  delay(200); //Καθυστέρηση 200ms
}
```

Η heatfunction() παίρνει τις τιμές τις θερμοκρασίας και ανοιγοκλείνει το θερμαντικό στοιχείο ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη θερμοκρασία.

```
// Θέρμανση
void heatfunction()
{
  float sett2=sett-0.6; //Ρύθμιση (calibration) της επιθυμητής θερμοκρασίας
  if (heatON==true && temperature < sett2) //Ρύθμιση θερμοκρασίας
  {
    digitalWrite(heat, HIGH);
  }
  else {
    digitalWrite(heat, LOW);
  }
}
```

Η MQfunction() διαβάζει τις αναλογικές τιμές NH3 που δίνει ο αισθητήρας MQ-137, στην συνέχεια τις μετατρέπει σε ppm και τις αποθηκεύει στις κατάλληλες μεταβλητές.

```
// Διάβασμα αισθητήρα MQ-137 Sensor και υπολογισμός ppm
void MQfunction()
{
  nh3 = analogRead(MQ137); //Διαβάζει τις αναλογικές τιμές του MQ137
  VRL = nh3*(5.0/4095.0); //Μετατρέπει τις αναλογικές τιμές σε Volt
  Rs = ((5.0*RL)/VRL)-RL; //Υπολογισμός Rs
  ratio = Rs/Ro; //Υπολογισμός λόγου Rs/Ro
  ammonia = pow(10, ((log10(ratio)-b)/a)); //Υπολογισμός συγκέντρωσης αμμωνίας σε ppm
  delay(200); //Καθυστέρηση 200ms
}
```

Τέλος η ammoniafunction() παρακολουθεί την τιμή της αμμωνίας και αν φτάσει σε επικίνδυνο επίπεδο δίνει εντολή στο πορτάκι της θερμοκοιτίδας ώστε να ανοίξει και να ανανεωθεί αέρας.

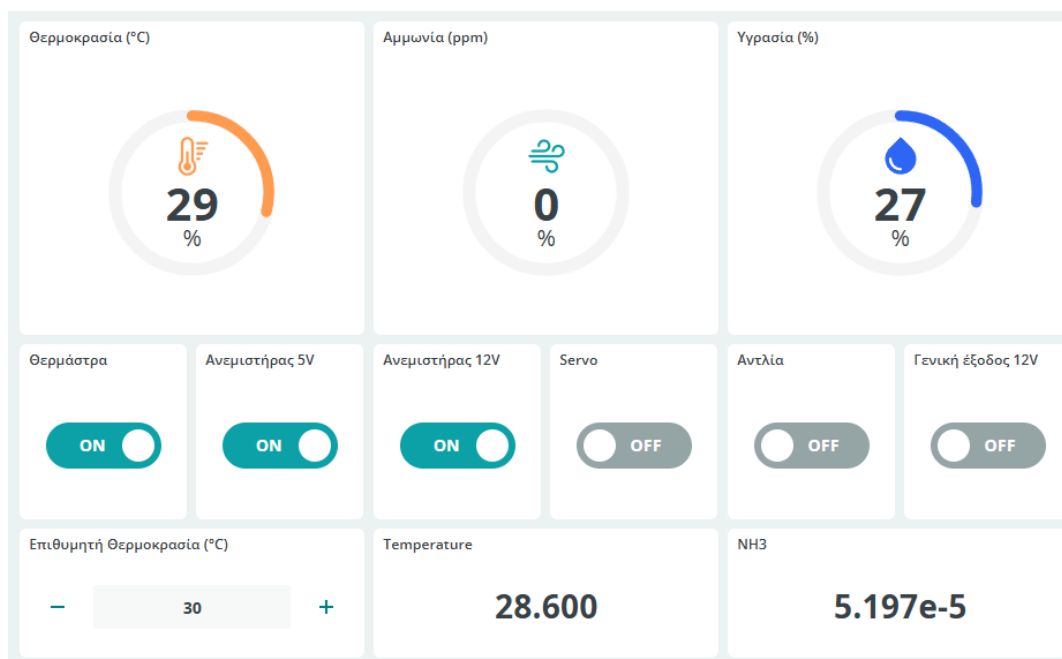
```
// Πορτάκι
void ammoniafunction(){
  if (ammON==true && ammonia >= 100){
    servo1.write(90); //Κίνηση servo στην θέση 90°
    delay(40); //Καθυστέρηση 40ms
  }
  else if((ammON==true && ammonia < 100)) {
    servo1.write(0); //Κίνηση servo στην θέση 0
    delay(40); //Καθυστέρηση 40ms
  }
}
```

Αυτές οι συναρτήσεις τρέχουν συνεχώς μέσα στην loop ώστε οι τιμές να ανανεώνονται συνεχώς, με μια καθυστέρηση 50ms ανάμεσα τους.

```
void loop() // Η συνάρτηση loop που τρέχει συνέχεια
{
  ArduinoCloud.update(); // Update του Arduino Cloud
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  DHT22function(); // Αισθητήρας DHT22
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  MQfunction(); // Διάβασμα αισθητήρα MQ-137 Sensor και υπολογισμός ppm
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  heatfunction(); // Θέρμανση
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  ammoniafunction(); // Πορτάκι
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
}
```

5.5 Dashboard

Για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της θερμοκοιτίδας δημιουργήθηκε ένα διαχειριστικό περιβάλλον με την χρήση του Arduino Cloud. Σε αυτό το περιβάλλον ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί τις τρέχουσες τιμές της Θερμοκρασίας, υγρασίας και αμμωνίας στο εσωτερικό της θερμοκοιτίδας καθώς και σε βάθος χρόνου μέσω διαγράμματος. Επίσης υπάρχει πεδίο που μπορεί να οριστεί η επιθυμητή θερμοκρασία αλλά και κουμπιά ώστε να ανοιγοκλείνουν οι ανεμιστήρες, το θερμικό στοιχείο, το πορτάκι και η αντλία.

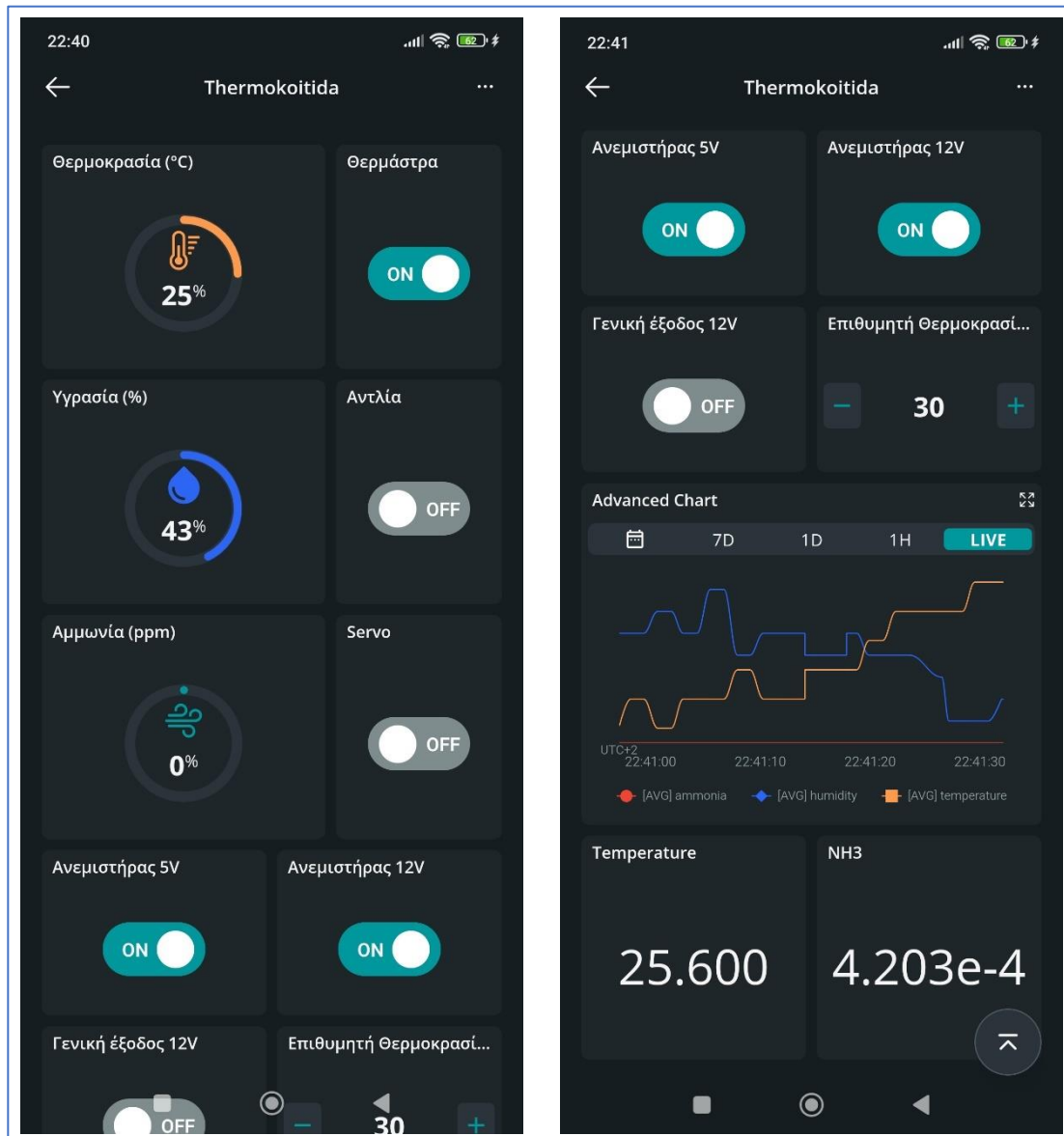


Σχήμα 5.8: Διαχειριστικό για PC



Σχήμα 5.9: Charts Διαχειριστικού

Εκτός από το Dashboard για υπολογιστή το Arduino Cloud προσφέρει την δυνατότητα δημιουργίας ενός διαχειριστικού και για κινητά τηλέφωνα στο οποίο ο χρήστης έχει πρόσβαση μέσω της εφαρμογής Arduino IoT Remote.



Σχήμα 5.10: Διαχειριστικό για κινητά

Ένα τέτοιο διαχειριστικό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στους χρήστες μιας και πλέον το κινητό αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ενασχόλησης του σύγχρονου ανθρώπου. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί τις συνθήκες και να κάνει τις απαραίτητες αλλαγές από οπουδήποτε στον κόσμο.

Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης

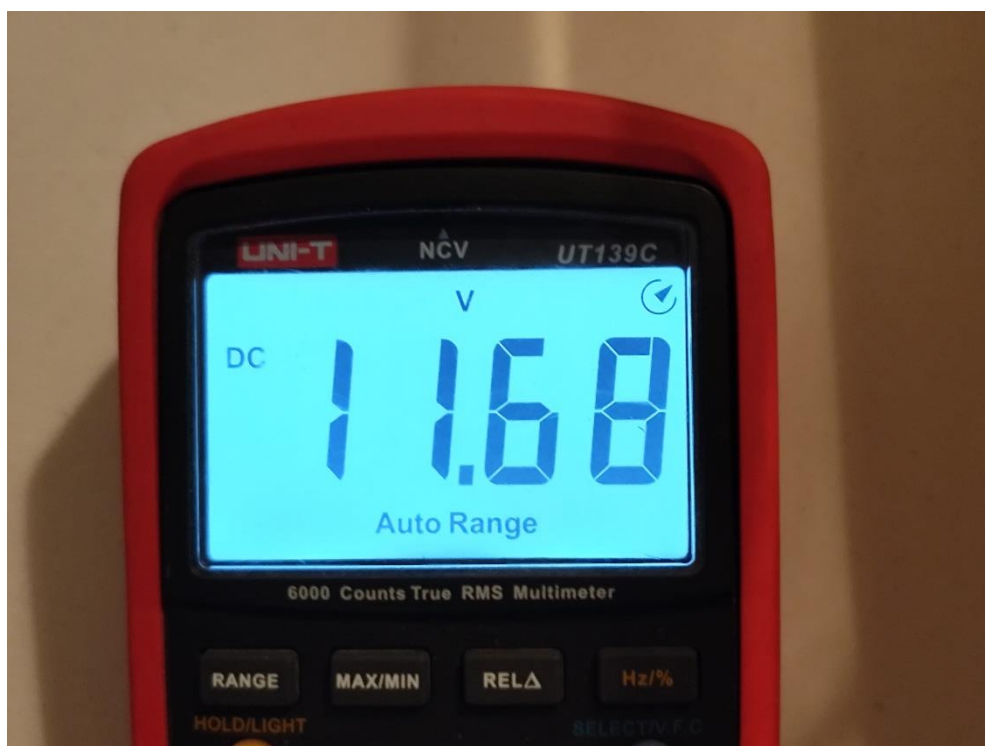
6.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε τις πειραματικές μετρήσεις για τα συστήματα της θερμοκοιτίδας. Θα μετρηθούν οι τάσεις σε διάφορα σημεία του κυκλώματος, το ρεύμα που καταναλώνει ολόκληρη συσκευή. Ακόμα θα γίνουν επιβεβαιωτικές μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας ώστε αν επιβεβαιωθεί η ορθή λειτουργία των αισθητήρων. Στην συνέχεια παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας αλλά και σκέψεις για μελλοντικές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να υλοποιηθούν στην παρούσα κατασκευή.

6.2 Πειραματικές Μετρήσεις

Στο κομμάτι των μετρήσεων ξεκινάμε με το κύκλωμα τροφοδοσίας και τις επιμέρους τάσεις που μετράμε με το πολύμετρο.

Το κύκλωμα τροφοδοτείται με 12V DC από εξωτερικό τροφοδοτικό. Οι επιβεβαιωτικές μετρήσεις ξεκίνησαν από αυτό το τροφοδοτικό όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, Χρησιμοποιώντας το πολύμετρο UT139C της UNI-T



Σχήμα 6.1: Μέτρηση 12V

Στην συνέχεια μετρήθηκαν τα κυκλώματα των σταθεροποιητών σε κατάσταση λειτουργίας, στα οποία περιμέναμε να έχουμε 5V και 3.3V αντίστοιχα.

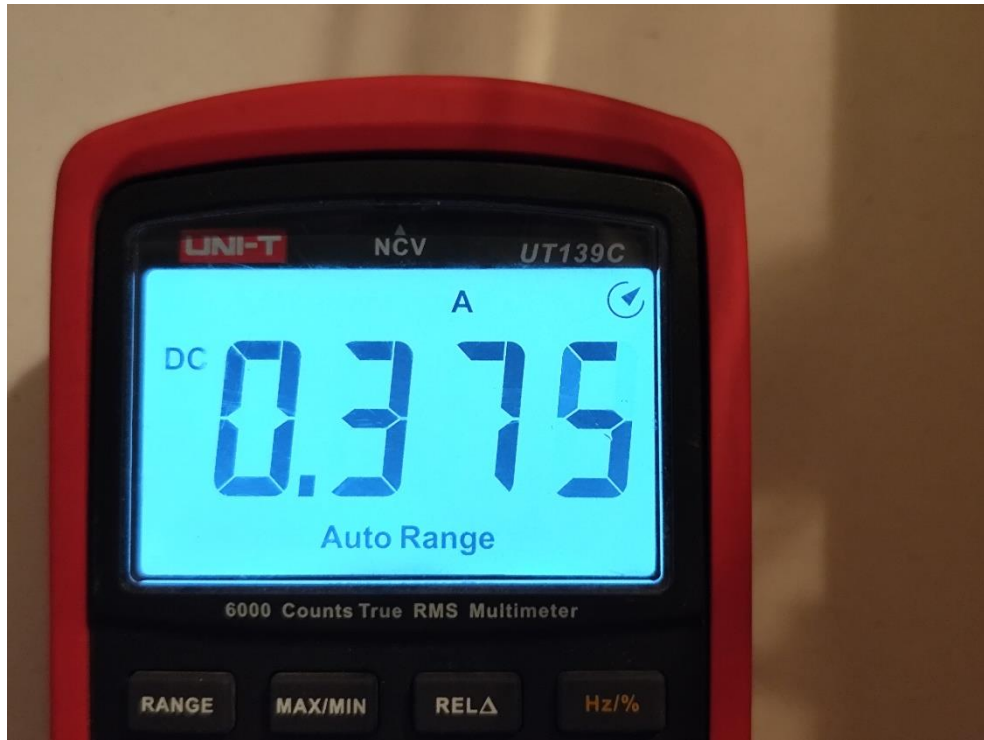


Σχήμα 6.2: Μέτρηση 5V



Σχήμα 6.3: Μέτρηση 3.3V

Στη συνέχεια μετρήθηκε και το ρεύμα που καταναλώνει το κύκλωμα από το τροφοδοτικό θέτοντάς το πολύμετρο σε λειτουργία αμπερόμετρου και συνδέοντας το σε σειρά με την τροφοδοσία. Σε κατάσταση ηρεμίας το κύκλωμα καταναλώνει 375mA (0.375A) ενώ με το θερμικό στοιχείο σε λειτουργία το ρεύμα έφτανε τα 5.9A.

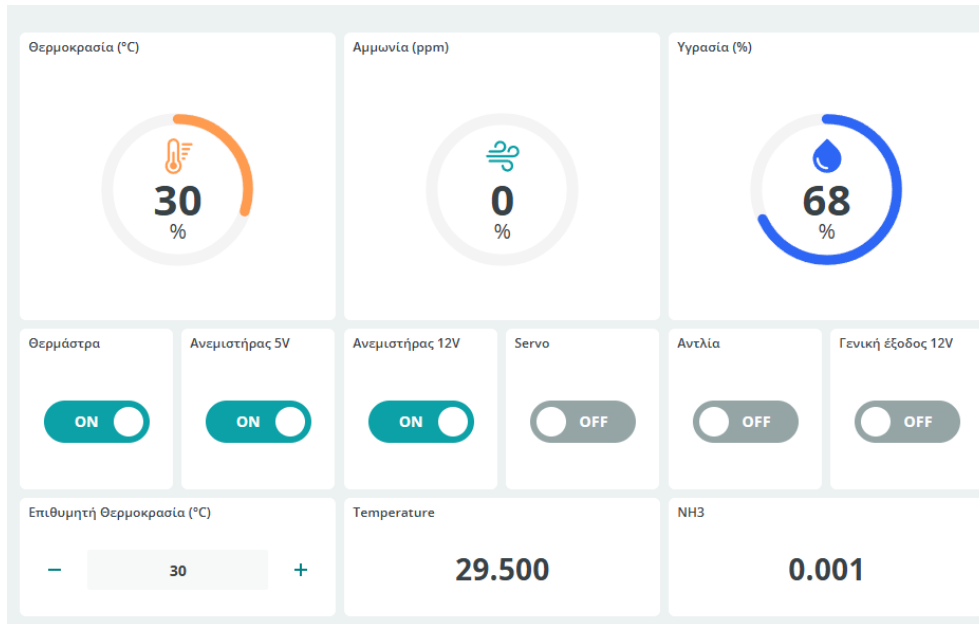


Σχήμα 6.4: Μέτρηση A χωρίς φορτίο



Σχήμα 6.5: Μέτρηση A με φορτίο

Για την επιβεβαίωση των μετρήσεων από τον αισθητήρα DHT22 για τις τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας τοποθετήθηκε στο εσωτερικό της θερμοκοιτίδας ένα φορητό θερμόμετρο της εταιρείας Xiaomi. Επίσης στο εσωτερικό τοποθετήθηκε ένα κυπελάκι με νερό ώστε να εξησοροπηθούν οι συνθήκες υγρασίας.



Σχήμα 6.6: Μετρήσεις με τον DHT22



Σχήμα 6.7: Μετρήσεις με το θερμόμετρο Xiaomi

Όπως είναι προφανές και από τις παραπάνω εικόνες παρόλο που οι τιμές δεν συμφωνούν ακριβώς, στην πραγματικότητα είναι πολύ κοντά μεταξύ τους οπότε θεωρούμε ότι ο αισθητήρας έχει ικανοποιητική ακρίβεια.

6.3 Συμπεράσματα

Όπως αναλύθηκε και στην αρχή της εργασίας οι θερμοκοιτίδες είναι απαραίτητες για την σωστή ανάπτυξη των νεοσσών που γεννιούνται σε εκκολαπτικές μηχανές. Έτσι μια τέτοια κατασκευή που μπορεί να κατασκευαστεί με σχετικά χαμηλό κόστος θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη σε εκκολαπτήρια και ερασιτέχνες πτηνοτρόφους καθώς εκτός από τις ιδανικές συνθήκες διαβίωσης που μπορεί να παρέχει στους νεοσσούς, παρέχει και την ευελιξία στον πτηνοτρόφο να μπορεί να την ελέγχει απομακρυσμένα και να είναι βέβαιος ότι τα πτηνά του ζουν ιδανικά όσο μακριά και αν βρίσκεται.

6.4 Προτάσεις βελτίωσης

Παρά την ορθή λειτουργία της θερμοκοιτίδας πάντα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

Στο κομμάτι της κατασκευής ένα από τα πράγματα που θα άξιζε να προστεθούν σε μελλοντική βελτίωση της συγκεκριμένης κατασκευής θα ήταν ο έλεγχος της θερμοκρασίας με PID αντί για On-Off. Οι PID είναι λίγο δυσκολότεροι στην υλοποίηση από έναν απλό On-Off controller αλλά το πλεονέκτημα τους είναι ότι μπορούν να παρέχουν σχεδόν σταθερές τιμές θερμοκρασίας με ελάχιστες αποκλίσεις. Για να λειτουργήσει όμως ένα τέτοιο σύστημα θα χρειαστεί και τα δεδομένα που παίρνουμε από τον αισθητήρα να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια, την οποία δεν μπορεί να μας προσφέρει ένας οικονομικός αισθητήρας σαν τον DHT22. Έτσι άλλη μια βελτίωση θα ήταν η αλλαγή αυτού του αισθητήρα με κάποιον καλύτερο και πιθανότατα ακριβότερο αισθητήρα. Εκτός από την βελτίωση των υπαρχόντων αισθητήρων θα μπορούσαν να προστεθούν και επιπρόσθετοι αισθητήρες για να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου περισσότερων συνθηκών όπως την συγκέντρωση CO₂ και μεθανίου στον αέρα. Βελτίωση επιδέχεται και το πορτάκι του εξαερισμού το οποίο στην παρούσα κατασκευή έχει την δυνατότητα να είναι ανοικτό ή κλειστό. Η βελτίωση που θα μπορούσε να δεχθεί θα ήταν να αντικατασταθεί από ένα άνοιγμα με μηχανισμό ίριδας το οποίο θα μας έδινε την δυνατότητα να ελέγχουμε με μεγάλη ακρίβεια το μέγεθος του ανοίγματος.

Στο ηλεκτρονικό κομμάτι θα ήταν χρήσιμο να σχεδιαστεί νέο κύκλωμα τροφοδοσίας. Οι σταθεροποιητές τάσης που χρησιμοποιήθηκαν ενώ έκαναν άψογη δουλειά στο κομμάτι της σταθεροποίησης, ζεσταινόταν σημαντικά με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η χρήση ψήκτρας και ανεμιστήρα για να αποφύγουμε την υπερθέρμανση τους. Αυτό σημαίνει ότι δεν ήταν ιδιαίτερα αποδοτική αφού σημαντικό κομμάτι της ενέργειας μετατρέποταν σε θερμότητα και όπως είναι προφανές καταναλωνόταν ακόμα περισσότερη ενέργεια για την αποτελεσματική ψύξη τους. Έτσι ένα νέο αποδοτικότερο κύκλωμα θα έκανε την θερμοκοιτίδα πιο αποδοτική στο ενεργειακό κομμάτι και φυσικά πιο αθόρυβη αν δεν υπάρχει ανάγκη για ανεμιστήρα.

Στο κομμάτι της πλακέτας θα ήταν χρήσιμο να προστεθούν pin headers για όλα τα GPIO pins του ESP32 ώστε να είναι διαθέσιμα για δοκιμές και μελλοντικές βελτιώσεις. Επίσης θα ήταν χρήσιμο σε ενδεχόμενο επανασχεδιασμό της πλακέτας όλα τα εξαρτήματα να είναι σε μορφή SMD ώστε να υπάρχει δυνατότητα για συναρμολόγηση από μηχανήματα pick and place. Κατά αυτό τον τρόπο η συναρμολόγηση θα είναι σημαντικά γρηγορότερη και πιο αποδοτική, δίνοντας την δυνατότητα στο προϊόν να παράγεται μαζικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “Chickens, Gateway to poultry production and products, Food and Agriculture Organization of the United Nations,” www.fao.org. Available : <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/chickens/en/>
- [2] H. G. Barott and E. M. Pringle, “Effect of Environment on Growth and Feed and Water Consumption of Chickens,” *The Journal of Nutrition*, vol. 41, no. 1, pp. 25–30, May 1950, doi: <https://doi.org/10.1093/jn/41.1.25>.
- [3] V. Moraes, R. Malheiros, R. Furlan, L. Bruno, E. Malheiros, and M. Macari, “Effect of Environmental Temperature During the First Week of Brooding Period on Broiler Chick Body Weight, Viscera and Bone Development,” *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, vol. 4, no. 1, Jan. 2002, doi: <https://doi.org/10.1590/s1516-635x2002000100003>.
- [4] P. N. Winn and E. F. Godfrey, “The effect of humidity on growth and feed conversion of broiler chickens,” *International Journal of Biometeorology*, vol. 11, no. 1, pp. 39–50, Mar. 1967, doi: <https://doi.org/10.1007/bf01424274>.
- [5] F. N. REECE, B. D. LOTT, and J. W. DEATON, “Ammonia in the Atmosphere during Brooding Affects Performance of Broiler Chickens,” *Poultry Science*, vol. 59, no. 3, pp. 486–488, Mar. 1980, doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0590486>.
- [6] I. Estevez, “Poultry welfare issues,” vol. 3, no. 2, pp. 1–12, Jan. 2002, Available: https://www.researchgate.net/publication/309968393_Poultry_welfare_issues
- [7] Espressif Systems, ESP32WROOM32D & ESP32WROOM32U Datasheet, Version 2.4, Copyright © 2023 : https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf
- [8] Espressif Systems, ESP32 Series Datasheet, Version 4.8: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [9] Aosong Electronics Co., Ltd Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 : <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [10] Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd, Ammonia Gas Sensor (Model : MQ137), Version: 1.6 2021 : <https://www.winsen-sensor.com/d/files/manual/mq137.pdf?searchid=4339>
- [11] International Rectifier, IRLZ44N HEXFET Power MOSFET, November 2003 : https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRLZ44N-DataSheet-v01_01-EN.pdf?fileId=5546d462533600a40153567217c32725
- [12] TowerPro, SG92R : http://www.wecl.com.hk/distribution/PDF/Robotics_IoT/58-01-9024.pdf
- [13] *Arduino.cc*, Arduino / C++, 2024. Available : <https://docs.arduino.cc/arduino-cloud/guides/arduino-c/>
- [14] Silicon Labs, SINGLE-CHIP USB-TO-UART BRIDGE, Rev. 1.8, 2017 : <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/CP2102-9.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΣ

```
/*
```

```
(Οι παρακάτω μεταβλητές και μερικά κομμάτια του κώδικα που σχετίζονται με την επικοινωνία του ESP32 με το Arduino Cloud έχουν δημιουργηθεί αυτόματα από το ίδιο το Arduino Cloud)
```

```
Arduino IoT Cloud Variables description
```

```
The following variables are automatically generated and updated when changes are made to the Thing
```

```
float ammonia;
```

```
float humidity;
```

```
float mq137;
```

```
float settemp;
```

```
float temperature;
```

```
bool f1sw;
```

```
bool f2sw;
```

```
bool gen12;
```

```
bool heatsw;
```

```
bool pump;
```

```
bool sr1sw;
```

```
*/
```

```
//Βιβλιοθήκες Cloud
```

```
#include "thingProperties.h"
```

```
//Βιβλιοθήκες
```

```
#include <DHT.h>
```

```
#include <MQUnifiedsensor.h>
```

```
#include <ESP32Servo.h>
```

```
#include <Arduino.h>
```

```
// Ορισμός pin
```

```
#define MQ137 34
```

```
#define DHTPIN 14
```

```
#define heat 27
```

```

#define fpin1 16
#define fpin2 32
#define gen12p 33
#define pumppp 26

// Ορισμός τύπου αισθητήρα DHT
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
// Ορισμός Servo Pin
int servo1Pin = 18;
Servo servo1;

// Μεταβλητές
bool heatON = false;
bool ammON = false;
float sett = 29;
//Μεταβλητές για υπολογισμό NH3
float VRL;
float nh3;
float Rs;
float ratio;
float RL = 4.7;
float Ro = 4.68;
float a = -0.2923;
float b = -0.2017;

void setup() {
// Άνοιγμα σειριακής
Serial.begin(9600);
// Αναμονή για σειριακή
delay(1500);

//Ξεκίνημα DHT22
dht.begin();
//Ξεκίνημα Servo
servo1.attach(servo1Pin);
delay(50);
servo1.write(0);
delay(50);

```

```

// Ορισμός pin mode
pinMode(27, OUTPUT);
pinMode(16, OUTPUT);
pinMode(32, OUTPUT);
pinMode(26, OUTPUT);
pinMode(33, OUTPUT);
pinMode(14, INPUT);
pinMode(34, INPUT);

// Ορισμός thingProperties.h
initProperties();
// Σύνδεση στο Arduino IoT Cloud
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
// Διάφορα του Arduino IoT Cloud
setDebugMessageLevel(2);
ArduinoCloud.printDebugInfo();
}

// Διάβαση αισθητήρα MQ-137 Sensor και υπολογισμός ppm
void MQfunction(){
nh3 = analogRead(MQ137); //Διαβάζει τις αναλογικές τιμές του MQ137
VRL = nh3*(5.0/4095.0); //Μετατρέπει τις αναλογικές τιμές σε Volt
Rs = ((5.0*RL)/VRL)-RL; //Υπολογισμός Rs
ratio = Rs/Ro; //Υπολογισμός λόγου Rs/Ro
ammonia = pow(10, ((log10(ratio)-b)/a)); //Υπολογισμός συγκέντρωσης αμμωνίας σε ppm
delay(200); //Καθυστέρηση 200ms
}

// Πορτάκι
void ammoniafunction(){
if (ammON==true && ammonia >= 100){
servo1.write(90); //Κίνηση servo στην θέση 90°
delay(40); //Καθυστέρηση 40ms
}
else if((ammON==true && ammonia < 100)) {
servo1.write(0); //Κίνηση servo στην θέση 0
delay(40); //Καθυστέρηση 40ms
}
}
}

```

```

// Αισθητήρας DHT22
void DHT22function(){

temperature = dht.readTemperature();//Διαβάζει την θερμοκρασία από τον DHT22
humidity = dht.readHumidity(); //Διαβάζει την υγρασία από τον DHT22
delay(200); //Καθυστερήση 200ms

}

// Θέρμανση
void heatfunction(){
float sett2=sett-0.6; //Ρύθμιση (calibration) της επιθυμητής θερμοκρασίας
if (heatON==true && temperature < sett2) //Ρύθμιση θερμοκρασίας
{
digitalWrite(heat, HIGH);
}
else {
digitalWrite(heat, LOW);
}
}

// Διακόπτης Θερμάστρας
void onHeatswChange() {
if (heatsw==1){
heatON =true;
}
else{
heatON=false;
}
}

// Διακόπτης Servo
void onSr1SwChange() {
if (sr1sw==1){
servo1.write(0);
delay(40);
ammON=true;
}
else {

```

```

servo1.write(90);
delay(40);
ammON=false;
}
}

// Διακόπτης ανεμιστήρα 5V
void onF1SwChange() {
if (f1sw==1){
    digitalWrite(fpin1, HIGH);
}
else{
    digitalWrite(fpin1, LOW);
}
}

// Διακόπτης ανεμιστήρα 12V
void onF2SwChange() {
if (f2sw==1){
    digitalWrite(fpin2, HIGH);
}
else{
    digitalWrite(fpin2, LOW);
}
}

// Διακόπτης αντλίας
void onPumpChange() {
if (pump==1){
    digitalWrite(pumpp, HIGH);
}
else{
    digitalWrite(pumpp, LOW);
}
}

// Διακόπτης Generic 12V Out
void onGen12Change() {
if (gen12==1){
    digitalWrite(gen12p, HIGH);
}
}

```

```

}
else{
  digitalWrite(gen12p, LOW);
}
}

// Ορισμός θερμοκρασίας
void onSettempChange() {
  sett=settemp;
}

void loop()// Η συνάρτηση loop που τρέχει συνέχεια
{
  ArduinoCloud.update(); // Update του Arduino Cloud
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  DHT22function(); // Αισθητήρας DHT22
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  MQfunction(); // Διάβασμα αισθητήρα MQ-137 Sensor και υπολογισμός ppm
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  heatfunction(); // Θέρμανση
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
  ammoniafunction(); // Πορτάκι
  delay(50); //Καθυστέρηση 50ms
}

```