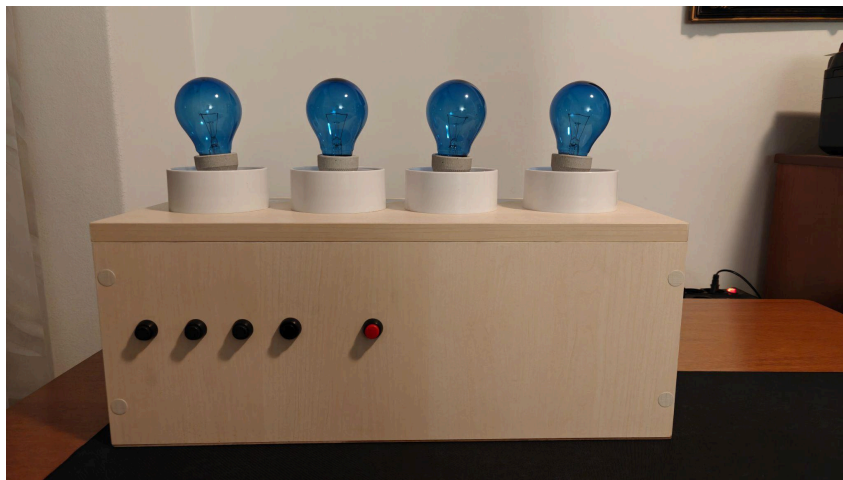


ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αυτόματη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας σε
οίκημα»



Του φοιτητή
Καραμπουρνιώτη Βασιλείου
Αρ. Μητρώου: 516047

Επιβλέπων
Κιοσκερίδης Ιορδάνης
Βαθμίδα: Καθηγητής

Ημερομηνία 12/09/2025

Αυτόματη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας σε οίκημα

Κωδικός Δ.Ε. 23277

Του φοιτητή Καραμπουρνιώτη Βασιλείου

Εισηγητής Κιοσκερίδης Ιορδάνης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 18/10/2023

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 12/9/2025

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 διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Καραμπουρνιώτη Βασιλείου που την εκπόνησε/αν. 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 διπλωματικής 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.

«Στους γονείς μου Γιώργο και Μάγδα που στάθηκαν δίπλα μου σε όλα. Σας αγαπώ!»

Πρόλογος

Με τους ταχάιους ρυθμούς που κινείται η σημερινή κοινωνία, η ανάγκη για την αυτοματοποίηση ορισμένων βασικών και μονότονων ενεργειών αυξάνεται. Με την ευρεία διάδοση των Έξυπνων σπιτιών και τη καθημερινή χρήση των smartphone, μπορεί ο καθένας ανα πάσα στιγμή να διαχειριστεί απομακρυσμένα ηλεκτρικές συσκευές και φορτία. Η παρούσα εργασία επιλέχθηκε για αυτό ακριβώς το λόγο. Ο απομακρυσμένος έλεγχος ηλεκτρικών φορτίων και η πρακτικότητα που παρουσιάζει, ήταν ένα θέμα που ήθελα πολύ να εμβαθύνω τις γνώσεις μου και να δουλέψω με την αντίστοιχη τεχνολογία. Λόγω της απαίτησης ασύρματης σύνδεσης στο διαδίκτυο επιλέχθηκε μικροελεγκτής με δυνατότητες Wi-Fi, ο ESP32. Μέσω αυτού μπόρεσα να καλύψω όλες τις ανάγκες της Εργασίας μου και να κατανοήσω τον τρόπο λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία, «Αυτόματη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας σε οίκημα», έχει σκοπό το σχεδιασμό και υλοποίηση ενός έξυπνου συστήματος διαχείρισης φορτίων. Βασίζεται πάνω στο IoT (Internet of Things) και είναι παρεμφερές του Smart Home. Η υλοποίηση έχει σχεδιαστεί για εύκολη εγκατάσταση και λειτουργία από τον τελικό χρήστη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε με φυσικά κουμπιά, ή απομακρυσμένα μέσω online dashboard στον υπολογιστή και mobile application στο κινητό μέσω της πλατφορμας Blynk IoT. Το κεντρικό σύστημα ελέγχου και επεξεργασίας των μετρήσεων βασίζεται σε ESP32 μικροελεγκτή. Η πλακέτα μας παρέχει με τις απαραίτητες ασύρματες τεχνολογίες Wi-Fi για να μπορέσουμε να διαχειριστούμε συσκευές και να ελέγξουμε την κατανάλωση αυτών των συσκευών απομακρυσμένα. Συνδεδεμένα στη πλακέτα του μικροελεγκτή είναι διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα και αισθητήρια κατάλληλα για τη συγκεκριμένη τους χρήση. Για είσοδο και χρήση, με τη φυσική παρουσία του χρήστη, έχουμε μπουτόν, τα οποία με τη σειρά τους μετά από αντίστοιχο λογικό έλεγχο από το μικροελεγκτή και για μέτρηση του ηλεκτρικού ρεύματος που καταναλώνουμε έχουμε ένα αισθητήριο έντασης ρεύματος και ένα αισθητήριο τάσης ρεύματος. Η ασύρματη αμφίδρομη επικοινωνία γίνεται μέσω πρωτοκόλλου Wi-Fi όπου οι αλλαγές στην κατάσταση των εισόδων καθώς και η έξοδος της επεξεργασίας των δεδομένων και υπολογισμό, απεικονίζεται στην ηλεκτρονική cloud πλατφόρμας Blynk IoT.

«Automated energy management in a building»

«Vasileios Karampourniotis»

Abstract

This thesis, “Automated energy management in a building”, aims to design and implement a smart load management system. It is based on IoT (Internet of Things) and is similar to a Smart Home. The system is designed for easy installation and operation from the end user. It can be used either with physical buttons, or remotely via an online dashboard on a computer or via a mobile application, both powered by the Blynk IoT platform. The central control and measurement processing system is based on an ESP32 microcontroller. This board provides us with the necessary Wi-Fi wireless technologies to be able to manage devices and monitor the energy consumption of these devices remotely. Connected to the microcontroller board are various electronic components and sensors, suited for their specific use. For input and use, in the physical presence of the user, we have buttons which in turn, after corresponding logical control by the microcontroller and for measuring the electrical current consumed, we have a current and a voltage sensor. Wireless two-way communications is done via the Wi-Fi protocol, where changes made in the state of the inputs, as well as, the output data after processing and calculations, are displayed on the Blynk IoT cloud platform

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή Κύριο Ιορδάνη Κιοσκερίδη για τις συμβουλές και τη βοήθεια που μου παρείχε. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον Κύριο Παναγιώτη Δημητριάδη, που μου έδωσε αρχικά την ιδέα για αυτή την εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη συνεχή τους στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	5
Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Ευχαριστίες.....	8
Περιεχόμενα.....	9
Κατάλογος Εικόνων.....	12
Κατάλογος Πινάκων.....	13
Συνομογραφίες.....	14
Κεφάλαιο 1ο: Internet of Things.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ιστορία.....	2
1.3 Λειτουργία.....	2
1.4 Χαρακτηριστικά.....	3
1.4.1 Ετερογένεια.....	3
1.4.2 Συνδεσιμότητα.....	3
1.4.3 Νοημοσύνη.....	3
1.4.4 Δυναμικότητα.....	4
1.4.5 Τεράστια κλίμακα.....	4
1.4.6 Ασφάλεια.....	4
1.5 Εφαρμογές.....	4
1.5.1 Έξυπνο σπίτι (Smart Home).....	4
1.5.2 Έξυπνη πόλη.....	4
1.5.3 Βιομηχανία.....	5
1.5.4 Γεωργία.....	5
1.5.5 Έξυπνο Δίκτυο.....	5
1.5.6 Υγεία.....	5
1.5.7 Περιβάλλον.....	6
1.6 Επίλογος.....	6
Κεφάλαιο 2ο: Έξυπνο Σπίτι.....	7
2.1 Εισαγωγή.....	7
2.2 Τι είναι το Έξυπνο Σπίτι.....	8
2.3 Τεχνολογία & Λειτουργίες.....	8
2.3.1 Τεχνολογία.....	8
2.3.2 Λειτουργίες.....	9
2.4 Πλεονεκτήματα.....	11
2.4.1 Ευκολία.....	11
2.4.2 Οικονομία.....	11
2.4.3 Προσβασιμότητα.....	11
2.4.4 Ενημέρωση.....	11
2.4.5 Ασφάλεια.....	12
2.4.6 Ευημερία κατοίκου.....	12

2.4.7 Περιβάλλον.....	12
2.5 Μειονεκτήματα.....	12
2.5.1 Χειρισμός.....	12
2.5.2 Συμβατότητα.....	12
2.5.3 Ασφάλεια.....	13
2.5.4 Τεχνολογική πρόοδος.....	13
2.5.5 Κόστος.....	13
2.6 Λόγοι περιορισμένης υιοθέτησης.....	14
2.7 Σπίτι του Μέλλοντος.....	14
2.8 Επίλογος.....	15
Κεφάλαιο 3ο: Μέρη του συστήματος.....	16
3.1 Εισαγωγή.....	16
3.2 Σύστημα έξυπνου φωτισμού.....	16
3.3 Σύστημα καταμέτρησης δαπανώμενης ενέργειας.....	16
3.4 Χρήση Blynk και Wi-Fi.....	16
3.5 Επίλογος.....	16
Κεφάλαιο 4ο: Υλικά κατασκευής.....	17
4.1 ESP32.....	17
4.1.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	17
4.1.2 Συνδεσιμότητα & Περιφερειακά.....	17
4.1.3 Επιλογή ESP32 αντί για Arduino.....	18
4.1.4 Επιλογή ESP-WROOM-32.....	19
4.2 Πλακέτα Ρελέ 4-καναλιών.....	20
4.2.1 Λαμπτήρες Πυρακτώσεως 100W.....	20
4.2.2 Είσοδοι με Tactile Switch.....	21
4.3 Αισθητήρας έντασης ρεύματος YHDC SCT-013-030 (30A/1V).....	21
4.3.1 Κύκλωμα offset DC.....	22
4.4 Μετρητής τάσης ZMPT101b.....	23
4.4.1 Σχηματικό.....	24
4.4.2 Βαθμονόμηση.....	25
4.5 Arduino IDE.....	25
4.6 Blynk.....	28
4.6.1 Blynk Library.....	29
4.6.2 Blynk.Console.....	29
4.6.3 Blynk.Apps.....	29
4.7 Επίλογος.....	30
Κεφάλαιο 5ο: Υλοποίηση.....	31
5.1 Περιγραφή λειτουργίας.....	31
5.2 Στάδια πρωτοτυποποίησης.....	32
5.3 Σύστημα προσομοίωσης φόρτου οικήματος/Σύστημα έξυπνου φωτισμού.....	33
5.3.1 Λαμπτήρες LED.....	33
5.3.2 Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου.....	34
5.3.3 Λαμπτήρες καθαρής πυράκτωσης.....	35
5.3.4 Έλεγχος των λαμπτήρων.....	36

5.4 Σύστημα μέτρησης καταναλισκόμενης έντασης ρεύματος.....	37
5.5 Σύστημα μέτρησης τάσης δικτύου.....	38
5.6 Υπολογισμός ενέργειας.....	40
5.7 Περιγραφή κώδικα.....	42
5.7.1 Κλήση βιβλιοθηκών & Ορισμός συσκευής.....	43
5.7.2 Δημιουργία αντικειμένων και δήλωση μεταβλητών.....	43
5.7.3 Δήλωση συναρτήσεων.....	45
5.7.4 Η συνάρτηση setup().....	48
5.7.5 Η συνάρτηση loop().....	49
5.8 Εφαρμογή Blynk.....	50
Κεφάλαιο 6ο: Σχεδιασμός και κατασκευή.....	52
6.1 Σχεδιασμός κουτιού.....	52
6.2 Εγκατάσταση στο κουτί.....	53
6.3 Διαγράμματα Εφαρμογής.....	56
Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης.....	59
7.1 Συμπεράσματα.....	59
7.2 Προτάσεις Βελτίωσης.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Πλήρης Κώδικας.....	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Datasheet.....	70

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Internet of Things.....	1
Εικόνα 1.2: Τρόπος λειτουργίας IoT.....	3
Εικόνα 1.3: Εφαρμογές του IoT σε πεδία της κοινωνίας.....	6
Εικόνα 2.1: Έξυπνο σπίτι - Smart Home.....	7
Εικόνα 2.2: Πρωτόκολλα επικοινωνίας Smart Home.....	9
Εικόνα 2.3: Έξυπνος φωτισμός.....	9
Εικόνα 2.4: Έξυπνο σύστημα ασφάλειας.....	10
Εικόνα 2.5: Έξυπνο σύστημα ελέγχου κατανάλωσης ενέργειας.....	10
Εικόνα 2.6: Μειονεκτήματα και προτεινόμενες λύσεις Smart Home.....	13
Εικόνα 2.7: Πλήρως εξοπλισμένο έξυπνο σπίτι του μέλλοντος.....	15
Εικόνα 4.1: Ένα απλό ESP32.....	17
Εικόνα 4.2: Μπλόκ διάγραμμα λειτουργιών ESP32.....	18
Εικόνα 4.3: Pinout πλακέτας Firebeetle 2 ESP-WROOM-32E.....	19
Εικόνα 4.4: Πλακέτα ρελέ 4-καναλιών.....	20
Εικόνα 4.5: Κλασικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως.....	21
Εικόνα 4.6: Στιγμαίοι διακόπτες tactile switch.....	21
Εικόνα 4.7: Αισθητήριο έντασης ρεύματος SCT-013-030.....	22
Εικόνα 4.8: Κύκλωμα offset DC.....	23
Εικόνα 4.9: ZMPT101b module.....	23
Εικόνα 4.10: Pins και εξαρτήματα ZMPT101b module.....	24
Εικόνα 4.11: Αναλυτικό κύκλωμα ZMPT101b module.....	24
Εικόνα 4.12: Διαδικασία βαθμονόμησης.....	25
Εικόνα 4.13: Περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE.....	26
Εικόνα 4.14: Ονομασία κουμπιών εργαλειοθηκών.....	27
Εικόνα 4.15: Απεικόνιση τιμών στο Serial Plotter.....	28
Εικόνα 4.16: Παροχές Blynk.....	28
Εικόνα 4.17: Παράδειγμα εφαρμογής σε Blynk.Console.....	29
Εικόνα 4.18: Παράδειγμα εφαρμογής σε Blynk.Apps.....	30
Εικόνα 5.1: Συνδεσμολογία μπουτόν-LED-αντίστασης.....	32
Εικόνα 5.2: Συνδεσμολογία δύο μπουτόν και φωτοдиодων LED.....	32
Εικόνα 5.3: Συνδεσμολογία λαμπτήρα-πλακέτα ρελέ-ESP32-μπουτόν ελέγχου.....	32
Εικόνα 5.4: Συνδεσμολογία τεσσάρων μπουτόν λειτουργίας και κουμπί kill-switch.....	33
Εικόνα 5.5: Λαμπτήρες LED.....	36
Εικόνα 5.6: Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου.....	36
Εικόνα 5.7: Λαμπτήρες καθαρής πυράκτωσης.....	36
Εικόνα 5.8: Κυματομορφή μετρούμενης έντασης ρεύματος στον παλμογράφο (5ms/div).....	37
Εικόνα 5.9: Κυματομορφή εισόδου/τάσης δικτύου 240Vrms.....	39
Εικόνα 5.10: Κυματομορφή εξόδου ZMPT101b.....	39
Εικόνα 5.11: Κυματομορφή εισόδου τάσης και κατανάλωσης έντασης.....	41

Εικόνα 5.12: Ορισμός για σύνδεση στο Blynk.....	43
Εικόνα 5.13: Βιβλιοθήκες σε χρήση.....	43
Εικόνα 5.14: Δημιουργία αντικειμένων μετρήσεων.....	43
Εικόνα 5.15: Στοιχεία Wi-Fi.....	44
Εικόνα 5.16: Δήλωση αρχικών καταστάσεων για χρήση σε συναρτήσεις.....	44
Εικόνα 5.17: Συνάρτηση setRelayState().....	45
Εικόνα 5.18: Συνάρτηση μπουτόν All-Off.....	45
Εικόνα 5.19: Συνάρτηση checkButtons().....	46
Εικόνα 5.20: Συνάρτηση measureEnergy().....	46
Εικόνα 5.21: Σειριακή εκτύπωση & αποστολή στο Blynk.....	47
Εικόνα 5.22: Συνάρτηση checkRelayTimers().....	47
Εικόνα 5.23: Συνάρτηση checkWifiAndBlynk().....	48
Εικόνα 5.24: Χειριστής εικονικών ακίδων Blynk.....	48
Εικόνα 5.25: Συνάρτηση setup().....	49
Εικόνα 5.26: Συνάρτηση loop().....	49
Εικόνα 5.27: Επικοινωνία μέσω Blynk.....	50
Εικόνα 5.28: Blynk Web Dashboard με 2 λαμπτήρες σε λειτουργία.....	50
Εικόνα 5.29: Το περιβάλλον διεπαφής της mobile εφαρμογής.....	51
Εικόνα 6.1: Σκίτσο για το κουτί.....	52
Εικόνα 6.2: Κουτί.....	52
Εικόνα 6.3: Κουτί έτοιμο για εγκατάσταση εξαρτημάτων εφαρμογής.....	53
Εικόνα 6.4: Αρχικό κύκλωμα πριν την εγκατάσταση.....	53
Εικόνα 6.5: Εσωτερικό με τη ηλεκτρονικά εξαρτήματα.....	54
Εικόνα 6.6: Το κουτί σε λειτουργία.....	54
Εικόνα 6.7: Απεικόνιση τελικής κατασκευής στο πρόγραμμα Fritzing.....	56
Εικόνα 6.8: Κύκλωμα στο EasyEDA.....	57
Εικόνα 6.9: Συμπληρωματικό κύκλωμα ZMPT101b στο EasyEDA.....	58

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1: Στοιχεία τεχνικών παραμέτρων.....	22
Πίνακας 4.2: Επεξήγηση λειτουργίας κουμπιών.....	27
Πίνακας 5.1: Κατανάλωση ρεύματος λαμπτήρων LED.....	34
Πίνακας 5.2: Κατανάλωση ρεύματος λαμπτήρων πυράκτωσης αλογόνου.....	35
Πίνακας 5.3: Κατανάλωση ρεύματος λαμπτήρων καθαρής πυράκτωσης.....	36
Πίνακας 5.4: Τιμές Αμπερομέτρου και κώδικα.....	38
Πίνακας 5.5: Τιμές Πολυμέτρου και κώδικα.....	40
Πίνακας 5.6: Τιμές οργάνων μέτρησης και κώδικα.....	40
Πίνακας 5.7: Υπολογιζόμενες τιμές ενεργού ισχύος.....	42
Πίνακας 6.1: Συνδεσμολογία μικροελεγκτή-εξαρτημάτων.....	55
Πίνακας 6.2: Πίνακας υλικών.....	55

Συντομογραφίες

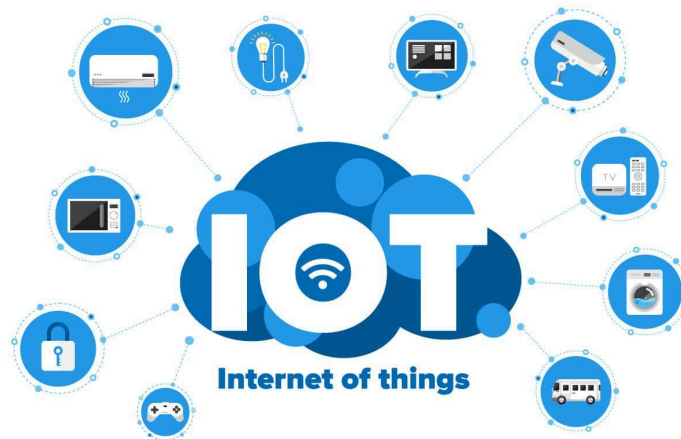
Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙ.ΠΑ.Ε.	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
I.o.T.	Internet of Things
AI	Artificial Intelligence
RFID	Radio Frequency Identification
IDE	Integrated Development Environment
DC	Direct Current
AC	Alternating Current
RMS	Root Mean Square
ADC	Analog to Digital Converter
DAC	Digital to Analog Converter
IC	Integrated Circuit
SoC	System-On-a-Chip
GPIO	General Purpose Input/Output
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
I2C	Inter-integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface
I2S	Inter-integrated circuit Sound
Li-ion	Lithium ion
LED	Light Emitting Diode
PF	Power Factor

Κεφάλαιο 1ο: Internet of Things

1.1 Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αναφέρεται σε μια έννοια, όπου όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές μπορούν να συνδεθούν και να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, έχοντας ως μεσάζοντα το Διαδίκτυο. Αυτές οι συσκευές είναι δισεκατομμύρια σε πλήθος σε όλο τον κόσμο και δεν χρειάζεται να είναι έχουν άμεση σύνδεση στο Διαδίκτυο απαραίτητα. Με τη διάδοση και την ευρεία χρήση του Διαδικτύου τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλες οι συσκευές στον κόσμο μπορούν να εισέλθουν κάτω από την “ομπρέλα” του Internet of Things. Ακόμα και αναλογικές συσκευές οι οποίες έχουν εξοπλιστεί με κατάλληλες μετατροπές που να καθιστούν την ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ άλλων συσκευών ή ανάμεσα στις συσκευές και τον χρήστη δυνατή. Τέτοιες συσκευές μπορούν να είναι οικιακές, όπως θερμοσίφωνες, κουζίνες, ψυγεία, φώτα, κλιματιστικά, κάμερες παρακολούθησης, αισθητήρες, οχήματα κ.λ.π. Με λίγα λόγια κάθε συσκευή που μπορεί να συνδεθεί στο Διαδίκτυο χωρίς να είναι απαραίτητα κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστής.

Το IoT μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς και να προσφέρει πολύτιμη ευκολία στους χρήστες. Ο αυτοματισμός που παρέχουν στο σπίτι, στη βιομηχανία, στην ιατρική, καθώς και στην αστική διαχείριση αναδεικνύουν τη ευελιξία του. Για παράδειγμα, η χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων σε μεγάλη κλίμακα, όπως μιας έξυπνης πόλης, μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα και αποδοτικότητα των υπηρεσιών, μειώνοντας τις άσκοπες δημόσιες δαπάνες κατανέμοντας τους δημόσιους πόρους κατάλληλα.



Εικόνα 1.1: Internet of Things

Το IoT μπορεί να βασίζεται πλέον στο Wi-Fi, κατα κύριο λόγο, αλλά υπάρχουν και άλλες τεχνολογίες που καθιστούσαν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων δυνατό στο παρελθόν. Τεχνολογίες μετάδοσης μικρής εμβέλειας όπως το Bluetooth και το ZigBee ήταν αρκετές για να καλύψουν τις ανάγκες υπηρεσιών του IoT. Παρόλο που το κύριο πλεονέκτημα αυτών των τεχνολογιών, η χαμηλή κατανάλωση, καθιστά αυτές τις τεχνολογίες χρήσιμες μέχρι σήμερα, μόλις η εφαρμογή απαιτεί μεγαλύτερη κάλυψη, ένα ολόκληρο οικοδομικό τετράγωνο, η περιορισμένη τους κάλυψη τα αποκλείει σαν βιώσιμες επιλογές. Τη θέση τους, τα τελευταία χρόνια, έχουν πάρει τα κυψελωτά ασύρματα δίκτυα (5G), τα οποία έχουν τεράστια και καθαρή κάλυψη, θεμελιώνοντας τη θέση τους ως μεγάλοι εξαπλωτές του IoT. Σήμερα, μεγάλες συνεισφορές προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη (AI), που κάνει την αυτοματοποίηση συσκευών και υλοποίηση IoT εφαρμογών ακόμη πιο εύκολη.

1.2 Ιστορία

Σαν όρος, το Internet of Things επινοήθηκε το 1999 από τον Βρετανό επιστήμονα υπολογιστών Kevin Ashton, ο οποίος ήθελε να περιγράψει στους τότε εργοδότες του την ιδέα του, να συνδέσει RFID ετικέτες στα προϊόντα τους, για να μπορούν να παρακολουθούν τη θέση τους στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Σαν ιδέα, όμως, το IoT ξεκίνησε μια δεκαετία νωρίτερα τη δεκαετία του 1980. Το 1982, φοιτητές πληροφορικής από το πανεπιστήμιο Carnegie Mellon κατάφεραν να τροποποιήσουν έναν αυτόματο πωλητή αναψυκτικών με αισθητήρες και να τον συνδέσουν με το διαδίκτυο, ο διανομέας τους παρείχε τη διαθεσιμότητα και τη θερμοκρασία των αναψυκτικών.

Με βαθύτερη γνώση της πληροφορικής και την άνοδο του διαδικτύου, το 1994 ο Reza Raji σε περιοδικό της IEEE αποκάλεσε, την τότε ιδέα του IoT, ως “μετακίνηση μικρών πακέτων δεδομένων μέσα από μεγάλο σύνολο κόμβων, για να ενσωματωθούν και να αυτοματοποιηθούν τα πάντα από οικιακές συσκευές μέχρι μεγάλα εργοστάσια”.

1.3 Λειτουργία

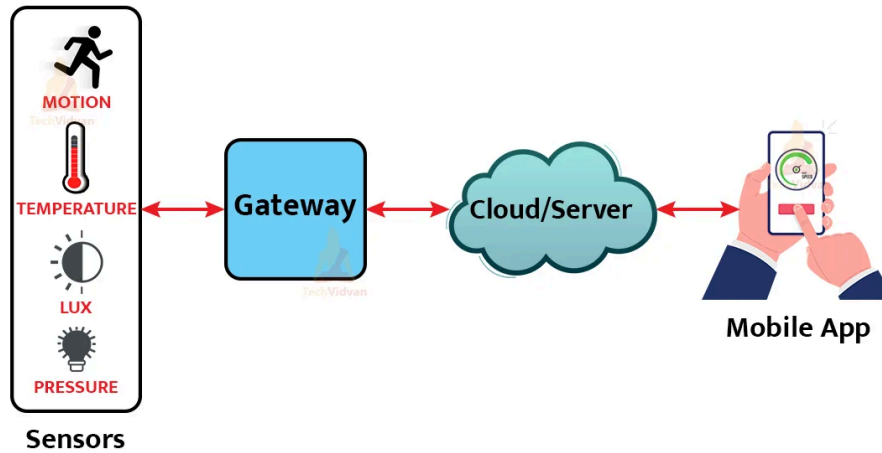
Σαν όρος το Internet of Things δεν περιορίζει το είδος λειτουργίας ή τον τύπο συσκευής. Κάθε συσκευή με τις διάφορες δυνατότητες της μπορεί να γίνει IoT συσκευή, ανεξαρτήτως της συσκευής η φιλοσοφία του IoT παραμένει ίδια. Η φιλοσοφία και ο στόχος είναι να δοθεί στους χρήστες όσο δυνατόν γίνεται μεγαλύτερος έλεγχος διαφόρων συσκευών μέσω του διαδικτύου και εξ’ αποστάσεως.

Για να γίνει έλεγχος των συσκευών από το χρήστη πρέπει να υπάρχει κάτι οικείο στον χρήστη που τον επιτρέπει να αλληλεπιδρά με τη συσκευή. Μια εφαρμογή, συμβατή με κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή, με την οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ενέργειες για τη συσκευή και να παρακολουθήσει τη λειτουργία της συσκευής. Οι επιλογές του χρήστη, μέσω της διεπαφής που παρέχει η εφαρμογή, μεταφέρονται σε ένα Cloud Server της συσκευής ή της εφαρμογής όπου επεξεργάζονται από κατάλληλους αλγορίθμους.

Στη συνέχεια, το αποτέλεσμα αυτής της επεξεργασίας, αποθηκεύεται στα IoT gateways ως δεδομένα και αναμένουν μεταφορά. Τα IoT gateways δεν συμμετέχουν στην επεξεργασία των δεδομένων, η λειτουργία τους είναι να λειτουργούν σαν γέφυρα ανάμεσα στις συσκευές και το κινητό ή υπολογιστή.

Τέλος, τα δεδομένα καταλήγουν στα αισθητήρια των IoT συσκευών, τα οποία αποκρυπτογραφούν το μήνυμα και εκτελούν ταχέως την ληφθείσα εντολή. Η κρυπτογράφηση των δεδομένων παίζει μεγάλο ρόλο, με την απώλεια της δεν είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ συσκευών και εφαρμογών. Αξίζει να σημειωθεί πως η παραπάνω διαδικασία είναι αμφίδρομη, δηλαδή δεδομένα από τα αισθητήρια της συσκευής μπορούν να μεταφερθούν στην εφαρμογή του χρήστη για έλεγχο και παροχή πληροφοριών που αφορούν τη λειτουργία και κατάσταση της συσκευής.

Working of IoT



Εικόνα 1.2: Τρόπος λειτουργίας IoT

1.4 Χαρακτηριστικά

Παρόλο που το IoT σαν έννοια δεν περιορίζει το είδος της τεχνολογίας και των συνδεδεμένων συσκευών, όλα τα συστήματα και εφαρμογές παρουσιάζουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά ή/και ιδιότητες. Μπορούν να επικοινωνούν με

1.4.1 Ετερογένεια

Όπως αναφέρθηκε, οι συσκευές δεν χρειάζεται να βασίζονται σε ίδια πλατφόρμα ή να είναι συνδεδεμένες στο ίδιο δίκτυο. Μπορούν να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν με συσκευές συνδεδεμένες σε άλλα δίκτυα που βασίζονται σε άλλη πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών. Ένα κινητό iPhone μπορεί να επικοινωνήσει με μία συσκευή IoT όσο και ένα κινητό Android, αρκεί να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο.

1.4.2 Συνδεσιμότητα

Η συνδεσιμότητα αντικειμένων στο διαδίκτυο είναι βασικό κομμάτι του IoT. Αναφέρεται τόσο στη προσβασιμότητα όσο και στην συμβατότητα των αντικειμένων. Ένα αντικείμενο είναι προσβάσιμο όταν έχει σύνδεση στο δίκτυο ενώ η συμβατότητα επιτρέπει την δυνατότητα δημιουργίας και χρήσης εφαρμογών στο δίκτυο.

1.4.3 Νοημοσύνη

Κάθε εφαρμογή IoT διαθέτει κάποιου είδους αισθητήριο που τροφοδοτεί τις πληροφορίες που συλλέγει σε αλγόριθμους και λογισμικό υπολογισμού, πράγμα που τις καθιστά έξυπνες. Με τον κατάλληλο προγραμματισμό μπορούμε να ενισχύσουμε τις δυνατότητες ενός αντικειμένου με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με την κατάσταση που παρουσιάζεται.

1.4.4 Δυναμικότητα

Οι συσκευές που βρίσκονται στο δίκτυο δεν είναι στατικές, η κατάσταση τους αλλάζει δυναμικά. Μπορεί να αλλάξει η κατάστασή τους από ενεργοποιημένη σε απενεργοποιημένη, μπορεί να αλλάξει η λειτουργία τους δυναμικά ανάλογα με τις συνθήκες που βρίσκονται, για παράδειγμα όταν φτάσει σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία να ανοίγει ένα ανεμιστηράκι. Ακόμη και ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών μπορεί να αυξάνεται και να μειώνεται δυναμικά.

1.4.5 Τεράστια κλίμακα

Οι συσκευές που συνδέονται στο IoT και διαχειρίζονται από χρήστες, θα ξεπεράσει τον αριθμό των συσκευών που συνδέονται στο διαδίκτυο. Ο μεγάλος αριθμός συσκευών παράγει, αντίστοιχα, έναν ακόμη μεγαλύτερο όγκο δεδομένων. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων καθιστούν μεγάλη πρόκληση και κρίνει την επιτευξιμότητα πολλών εφαρμογών καθώς η αδυναμία διαχείρισης των δεδομένων περιορίζουν τις δυνατότητες της εφαρμογής.

1.4.6 Ασφάλεια

Όντας ικανές για σύνδεση στο διαδίκτυο, οι συσκευές IoT είναι ευάλωτες σε ηλεκτρονικές απειλές. Η απειλή αυτή παρουσιάζει μια πρόκληση για τους δημιουργούς, οι οποίοι πρέπει να εξασφαλίσουν την ασφαλή μεταφορά των δεδομένων, αλλά παρουσιάζει απειλή και για τους παραλήπτες καθώς τα δεδομένα μπορεί να είναι ευαίσθητης φύσης (προσωπικά δεδομένα, ιδιωτικές πληροφορίες). Για να μπορεί να γίνει πλήρης χρήση των δυνατοτήτων μιας εφαρμογής θα πρέπει να κλιμακωθεί η ασφάλεια τους και να γίνει σωστή διασφάλιση των δεδομένων.

1.5 Εφαρμογές

Λόγω του μεγάλου πλήθους και της ποικιλίας δυνατοτήτων που παρέχει, έχει βρεθεί σε εφαρμογή σε διάφορους τομείς της καθημερινότητας και της παραγωγής. Μερικές εφαρμογές είναι:

1.5.1 Έξυπνο σπίτι (Smart Home)

Σε ένα έξυπνο σπίτι μπορεί ο χρήστης να ελέγχει τις συσκευές του σπιτιού εύκολα και απλά μέσω της εφαρμογής. Μπορεί να αλλάξει την κατάσταση των συσκευών και του φωτισμού, τηλεχειρισμός, να παρακολουθεί μέσω συστημάτων ασφάλειας συναγερμού, κάμερας και αισθητήρων κίνησης για τυχόν εισβολείς, καθώς και να παρατηρεί τη κατανάλωση ενέργειας και νερού για εξοικονόμηση χρημάτων.

1.5.2 Έξυπνη πόλη

Μία έξυπνη πόλη χαρακτηρίζεται από IoT εφαρμογές που παρέχουν βελτιώσεις της ποιότητας ζωής των κατοίκων δίνοντας λύσεις σε καθημερινά προβλήματα. Μερικές εφαρμογές είναι η διαχείριση της κυκλοφορίας, η διαχείριση αποβλήτων, η περιβαλλοντική εξέταση για την ατμοσφαιρική ρύπανση, η διανομή νερού και αερίου στα σπίτια, καθώς και η αστική ασφάλεια μέσω

καμερών. Η χρήση τους στοχεύει μειωμένες δημόσιες δαπάνες, λιγότερα κυκλοφοριακά προβλήματα μειωμένο θόρυβο, καθαρότερο αέρα, και βελτιωμένη ασφάλεια για τους πολίτες.

1.5.3 Βιομηχανία

Σε βιομηχανική κλίμακα, οι εφαρμογές IoT βοηθούν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Σε μία εργοστασιακή μονάδα μερικοί έξυπνα τοποθετημένοι αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν βλάβες ή να προειδοποιήσουν για πιθανές δυσλειτουργίες. Εγκατεστημένοι χρονοστές που μετρούν τις ώρες λειτουργίας βοηθούν την οργάνωση και προγραμματισμό της συντήρησης των μηχανημάτων. Σε επίπεδο ασφάλειας, αισθητήρες επιπέδων οξυγόνου και ανίχνευσης τοξικών αερίων μπορούν να προειδοποιήσουν τους εργάτες για πιθανή διαρροή χημικών και αισθητήρες στάθμης υγρών μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη διαρροών από χημικές δεξαμενές και δεξαμενές αποθήκευσης υγρών.

1.5.4 Γεωργία

Στη γεωργία ο αυτοματισμός εργασιών με εφαρμογές IoT εκτείνονται από αυτόματο πότισμα και καταμέτρηση αριθμού ζώων, σε ποιοτική ανάλυση σοδειάς μέσω έξυπνων συστημάτων όρασης υπολογιστή. Με κατάλληλους αισθητήρες μπορεί να γίνει ανάλυση της ατμοσφαιρικής ποιότητας σε θερμοκήπια για εξειδικευμένες καλλιέργειες και σε στάβλους για επαρκή αερισμό και πιθανά επιβλαβή αέρια από τα περιττώματα.

1.5.5 Έξυπνο Δίκτυο

Το έξυπνο δίκτυο καλύπτει εφαρμογές που εξάγουν πληροφορίες για την κατανάλωση και παραγωγή ενέργειας αυτόματα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή/ελεγκτή του παροχέα. Τέτοιες εφαρμογές είναι οι έξυπνοι μετρητές ενέργειας, συνδεδεμένοι στον κεντρικό διακόπτη καταγράφουν την κατανάλωση ενέργειας σε όλο το οίκημα, έξυπνοι διακόπτες, που βελτιώνουν την ενεργειακή κατανάλωση απενεργοποιώντας φορτία που βρίσκονται σε λειτουργία για ένα χρονικό διάστημα. Στον τομέα παραγωγής ενέργειας υπάρχουν συστήματα ανανεώσιμων πηγών όπως, συστήματα φωτοβολταϊκών με παρακολούθηση της παραγόμενης ενέργειας και ανεμογεννήτριες με αντίστοιχους έξυπνους μετρητές και ασύρματου ελέγχου.

1.5.6 Υγεία

Στον τομέα της υγείας οι εφαρμογές στοχεύουν στην απλοποίηση της παρακολούθησης ασθενών στα νοσοκομεία και άλλων ασθενών στα σπίτια τους. Με τη χρήση συσκευών τοποθετημένων πάνω στον άνθρωπο, μπορούν να καταγράψουν ζωτικά στοιχεία, καρδιακούς παλμούς, ρυθμός αναπνοής, και έμμεσα να παρατηρούν τη σωματική τους δραστηριότητα. Στα φαρμακεία μπορεί να γίνεται έλεγχος συνθηκών του αποθηκευτικού χώρου των φαρμάκων και αυτόματη καταγραφή εμπορευμάτων. Στον κλάδο της χειρουργικής, τα χειρουργικά ρομπότ βοηθούν στην καλύτερη παροχή ιατρικής περίθαλψης.

1.5.7 Περιβάλλον

Περιβαλλοντικές εφαρμογές IoT περιλαμβάνουν συστήματα προειδοποίησης φυσικών καταστροφών, όπως σειρήνες πλημμύρας, ανιχνευτές καπνού για δασικές πυρκαγιές και γενική παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών, θερμοκρασία, υγρασία, βροχή, ατμοσφαιρική πίεση, ταχύτητα και φορά ανέμου. Στο ανθρώπινο επίπεδο οι εφαρμογές μπορούν να κάνουν έλεγχο για επίπεδα και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και αυτόματη συλλογή και ανάλυση της ποιότητας του νερού είτε είναι θαλασσίνο αλμυρό ή γλυκό και πόσιμο.



Εικόνα 1.3: Εφαρμογές του IoT σε πεδία της κοινωνίας

1.6 Επίλογος

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι ένας όρος για να περιγράψουμε τη διασύνδεση διαφόρων ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών μεταξύ τους. Από τα χρόνια της πρώτης εφαρμογής, την δεκαετία του 1980, μέχρι και σήμερα, το IoT έχει αποτελέσει σημαντικό κομμάτι της καθημερινότητας μας. Τα κοινά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν οι περισσότερες εφαρμογές τα καθιστούν αναγκαία, πλέον, ωστόσο δεν μπορούμε να αγνοήσουμε τους κινδύνους ασφαλείας που παρουσιάζουν τέτοιου είδους υλοποιήσεις. Με την ευρεία χρήση τους σε πολλαπλούς κλάδους της βιομηχανίας, υγείας και γεωργίας καθώς και την ενσωμάτωσή τους στην διαχείριση σπιτιών και πόλεων είναι σίγουρο ότι το IoT θα εξελιχθεί σε κάτι πιο ασφαλές και εύκολο στο μέλλον.

Κεφάλαιο 2ο: Έξυπνο Σπίτι

2.1 Εισαγωγή

Οι ανάγκες της σημερινής εποχής έχουν φέρει την αυτοματοποίηση και ασύρματο έλεγχο στο προσκήνιο. Η ευκολία που προσφέρουν οι έξυπνες συσκευές με τη δυνατότητα επικοινωνίας μέσω του διαδικτύου τις έχει κάνει σχεδόν αναγκαίες. Τον όρο «έξυπνο» για να περιγράψουμε ένα αντικείμενο ειπώθηκε πρώτα τη δεκαετία του 1970, για στρατιωτικό εξοπλισμό που είχε τη δυνατότητα «κλειδώματος» στο στόχο. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, και την ευρύτερη υιοθέτηση των ηλεκτρικών συσκευών, η λέξη έξυπνο είχε διαδοθεί σε διάφορες συσκευές που έφεραν ηλεκτρονικά κυκλώματα στο εσωτερικό τους, όπως ο υπολογιστής. Σήμερα, στην εποχή της τεχνολογίας, η τεχνολογία φέρει μεγάλη επιρροή στην καθημερινότητα. Η εύκολη και ευρεία πρόσβαση στο διαδίκτυο μας δίνει την δυνατότητα να βρίσκουμε πληροφορίες για το οτιδήποτε σε πολύ γρήγορο χρόνο. Με αποτέλεσμα να δημιουργούνται νέες εφαρμογές σε πολύ γρήγορο ρυθμό.

Το σπίτι είναι μια οικεία έννοια. Είναι το κύριο μέρος που στεγάζει και προφυλάσσει τον άνθρωπο από του κινδύνους και πληροί τις βασικές του ανάγκες. Εκτός των βασικών αναγκών, τα τελευταία χρόνια ο άνθρωπος αναζητά άνεση στον προσωπικό του χώρο, αίσθηση που παρέχουν οι συσκευές που βρίσκονται στο σπίτι. Δεν υπάρχει, πλέον, σύγχρονο σπίτι που να μην έχει στη διάθεση του, ψυγείο, πλυντήριο, τηλεόραση και συσκευές θέρμανσης και ψύξης κ.α. Η περιορισμένη παρουσία του σύγχρονου ανθρώπου από το σπίτι, λόγω του ρυθμού εργασίας, έχει καταστήσει την αυτοματοποίηση και την απομακρυσμένη λειτουργία των συσκευών του σπιτιού σχεδόν υποχρεωτική. Όσο αυτός απουσιάζει στη δουλειά του μπορεί να ανάψει το κλιματιστικό για να επιστρέψει να βρει το σπίτι δροσερό. Όλες αυτές οι μικρές ευκολίες καθιστούν ένα σπίτι «έξυπνο».



Εικόνα 2.1: Έξυπνο σπίτι - Smart Home

2.2 Τι είναι το Έξυπνο Σπίτι

Έξυπνο σπίτι ή Smart Home, περιγράφεται ένα οικείο περιβάλλον που έχει εξοπλιστεί με ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές, ικανές να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ή με το χρήστη από μέσω διαδικτύου. Πιο απλά ένα έξυπνο σπίτι είναι ένα δίκτυο έξυπνων συσκευών ελεγχόμενες από ένα σημείο. Ο χρήστης επικοινωνεί με τις συσκευές μέσω του κινητού τηλεφώνου και του υπολογιστή. Μέσω του κινητού ο χρήστης στέλνει εντολές προς εκτέλεση από τις συσκευές, αλλά αν ανιχνευθούν ασυνήθιστες καταστάσεις η συσκευή επικοινωνεί με τη κινητό του χρήστη ενημερώνοντας τον. Εκτός από το κινητό τέτοιες συσκευές, συνεχίζουν να λειτουργούν κανονικά από τους αντίστοιχους απλούς διακόπτες και κουμπιά. Για παράδειγμα ένα φως λειτουργεί κανονικά με τον κλασικό διακόπτη αλλά μπορεί να λειτουργήσει και με απομακρυσμένη εντολή από το χρήστη. Ουσιαστικά το έξυπνο σπίτι εξοπλίζει όλο το οίκημα με την τελευταία λέξη στην ηλεκτρολογική τεχνολογία. Είναι επεκτάσιμο που σημαίνει ότι μπορεί να προσαρμοστεί για μεγαλύτερες ανάγκες, όπως μια πολυκατοικία. Με τον κατάλληλο στόλο αισθητήρων μπορεί κάποιος να ελέγχει και να ρυθμίζει πλήρως τις λειτουργίες ενός εσωτερικού χώρου με βάση τις εσωτερικές σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες εσωτερικές συνθήκες του χώρου. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας υγρασίας ανιχνεύει υψηλό επίπεδο στον εσωτερικό χώρο σε συνδυασμό ένας αισθητήρας θερμοκρασίας στον εξωτερικό χώρο ανιχνεύει ότι έξω έχει ζέστη έτσι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας αποφασίζει ότι χρειάζεται να ανάψει το κλιματιστικό στην κατάλληλη λειτουργία αφύγρανσης. Επειδή αυτές οι εγκαταστάσεις αποτελούν φυσική επέκταση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων, είναι πιο σωστό αυτό το υλικό να εγκαθίσταται κοντά στον κεντρικό ηλεκτρολογικό πίνακα ή τοπικά όπως στους διακόπτες. Οι καλωδιώσεις που απαιτούν είναι ελάχιστες, η μόνη πρόσθετη καλωδίωση είναι ένα καλώδιο παροχής και ένα για τη μεταφορά δεδομένων.

2.3 Τεχνολογία & Λειτουργίες

2.3.1 Τεχνολογία

Με τις συνεχώς εξελισσόμενες ανάγκες και το ταχείο ρυθμό βελτίωσης της τεχνολογίας, ο τρόπος σχεδιασμού και ανοικοδόμησης των κτιρίων άλλαξε. Με την εμπάθυνση των γνώσεων στα πεδία της επιστήμης νέες ιδέες έρχονται στο προσκήνιο. Νέες ανάγκες για πολυλειτουργικά και ευέλικτα κτίρια με ενσωματώσεις τεχνολογίας έκαναν την εμφάνισή τους τα τελευταία χρόνια. Το έξυπνο σπίτι στοχεύει να παρέχει αυτές τις ανέσεις με διακριτική, λειτουργική, ασφαλής και περιβαλλοντικά φιλική ενσωμάτωση τεχνολογίας.

Η ίδια ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας που έφερε το έξυπνο σπίτι, σπρώχνει ήδη την άμεση ενσωμάτωση σε μεγαλύτερο αριθμό κτιρίων. Το πλήθος των εφαρμογών που πρέπει να παρέχει ένα έξυπνο σπίτι αυξάνονται συνεχώς σε αριθμό και διευρύνουν το πεδίο εφαρμογής για το μέλλον. Με την πάροδο των χρόνων και τις ανάγκες να αλλάζουν γοργά, ένα αναρωτιέται αν στο μέλλον η έξυπνη τεχνολογία θα παραμείνει πολυτελές προνόμιο. Ιδανικά, οι έξυπνες τεχνολογίες που υπάρχουν σήμερα πρέπει να γίνουν πιο προσιτές σε όλους στο μέλλον.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν για να επικοινωνήσουν οι συσκευές έχουν αλλάξει με την πάροδο των χρόνων αλλά δεν έπαψαν να βρίσκονται σε χρήση. Μερικές από τις πιο διαδεδομένες είναι τα Z-Wave (Χαμηλής κατανάλωσης, μεγάλης εμβέλειας), ZigBee (Ανοιχτό, μεσαίας εμβέλειας), Bluetooth (Φορητό, πολύ μικρή εμβέλεια), Wi-Fi (Δημοφιλέστερο, μεσαίας εμβέλειας), Κυψελωτά δίκτυα (Δημοφιλές, εξαιρετικά μεγάλης εμβέλειας).

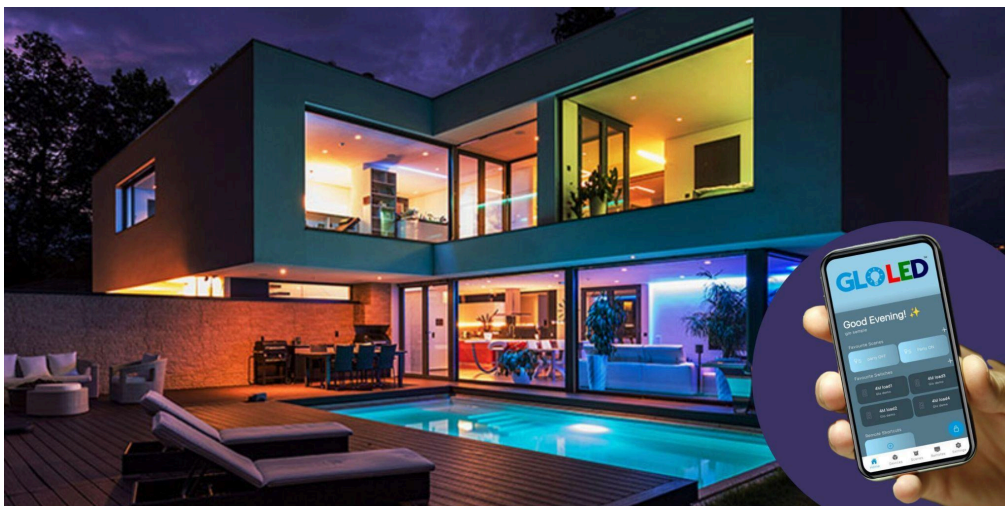


Εικόνα 2.2: Πρωτόκολλα επικοινωνίας Smart Home

2.3.2 Λειτουργίες

Με την ευελιξία των IoT εφαρμογών οι λειτουργίες που μπορεί να υλοποιήσει ένα έξυπνο σπίτι, περιορίζονται μόνο από την ίδια την τεχνολογία. Στο σπίτι όμως, ο κύριος στόχος είναι η άνεση, η ασφάλεια, η ευκολία και η ψυχαγωγία.

Το σπίτι μπορεί να έχει αυτόματο σύστημα φωτισμού ή και ποτίσματος. Μπορεί να είναι ελεγχόμενα από χρονιστή, ελεγχόμενα από φυσικό διακόπτη ή ελεγχόμενα από τον χρήστη μέσω της εφαρμογής στο κινητό του τηλέφωνο. Για παράδειγμα, με τον χρονιστή μπορεί να οριστεί συγκεκριμένη ώρα για να ανάβουν τα εξωτερικά φώτα τη νύχτα ή με τη χρήση αντίστοιχου αισθητήρα να ανάβουν με το που ανιχνεύσουν κίνηση.



Εικόνα 2.3: Έξυπνος φωτισμός

Με τοποθέτηση καμερών και αισθητήρων κίνησης στις εισόδους δημιουργείται ένα έξυπνο σύστημα ασφαλείας. Από το κινητό μπορεί να γίνει έλεγχος των εισόδων, αν όλες οι πόρτες είναι κλειδωμένες και γενικά να παραμένει ενήμερος για οποιεσδήποτε παραβιάσεις. Με την αυτόματη

ήχηση της σειρήνας, σε περίπτωση παραβίασης ή χειροκίνητης ενεργοποίησης από τον ιδιοκτήτη, ένας εισβολέας μπορεί να τρομάξει και τεθεί σε φυγή. Κύριο μέλημα ενός έξυπνου συστήματος ασφαλείας είναι να μπορεί να παραμείνει ήσυχος ο ιδιοκτήτης σε περίπτωση απουσίας του και να διασφαλίσει την ακεραιότητα της ιδιοκτησίας του.



Εικόνα 2.4: Έξυπνο σύστημα ασφαλείας

Με την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών ενέργειας μπορεί ο ιδιοκτήτης, εύκολα, να ελέγξει την κατανάλωση ρεύματος των φορτίων στο οίκημα, την κατανάλωση του νερού από την παροχή και ομοίως την κατανάλωση του φυσικού αερίου από την παροχή. Με ένα έξυπνο μετρητή ενέργειας, μπορεί ο χρήστης να ελέγχει τη συνολική κατανάλωση του ρεύματος σε kWh, την ένταση ρεύματος που καταναλώνει και να θέτει όρια λειτουργίας σε φορτία.



Εικόνα 2.5: Έξυπνο σύστημα ελέγχου κατανάλωσης ενέργειας

Με ένα ασύρματο ηχοσύστημα ο χρήστης μπορεί να ακούει τη μουσική που επιλέγει, μέσα από τα ασύρματα ηχεία εγκατεστημένα σε όλη την έκταση του σπιτιού. Με μία έξυπνη τηλεόραση, ο χρήστης μπορεί να ορίσει χρονοδιακόπτη το βράδυ για αυτόματη απενεργοποίηση και να προγραμματίσει καταγραφή ενός προγράμματος που παίζει αργότερα. Με την αξιοποίηση της σύνδεσης στο διαδίκτυο, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει περιεχόμενο από online υπηρεσίες, όπως σειρές, ταινίες και βίντεο από πλατφόρμες όπως Youtube και Netflix.

2.4 Πλεονεκτήματα

Όπως αναφέραμε τα πλεονεκτήματα των IoT εφαρμογών είναι πολλά και αυτό αντικατοπτρίζεται και στην υλοποίηση στο έξυπνο σπίτι. Το βιοτικό επίπεδο των ενοίκων αυξάνεται και η καθημερινή ζωή γίνεται πιο εύκολη και αποδοτική. Ο χειρισμός του σπιτιού από τα παλάμη του χεριού του ενοίκου χωρίς να είναι υποχρεωτική η φυσική του παρουσία εξοικονομεί χρήματα και ενέργεια, που βοηθάει στο περιβάλλον. Ένα έξυπνο σπίτι πρέπει να είναι αποτελεσματικό στις χρήσεις αυτοματισμού για να απολαμβάνουν οι ένοικοι όλα τα πλεονεκτήματα., όπως:

2.4.1 Ευκολία

Ο κύριος λόγος που κάποιος στρέφεται και αποφασίζει να αναβαθμίσει το σπίτι του σε «έξυπνο». Η ευκολία που παρέχουν μηχανισμοί όπως έλεγχος θερμοκρασίας, οικιακών συσκευών, αυτόματης καταμέτρησης κατανάλωσης και άλλες υλοποιήσεις που θελήσουν οι ένοικοι. Το κινητό τηλέφωνο λειτουργεί ως το πιο σύνηθες «τηλεχειριστήριο» του έξυπνου σπιτιού, ο έλεγχος των λειτουργιών και η ενεργοποίηση συσκευών γίνεται μέσω αυτού.

2.4.2 Οικονομία

Σε ένα έξυπνο σπίτι η εξοικονόμηση χρημάτων είναι βασικός στόχος. Για αυτό τον λόγο, με κατάλληλες συσκευές ελέγχου κατανάλωσης ενέργειας και νερού μπορεί να γίνει πιο εύκολα οικονομία στα χρήματα με σωστή διαχείριση. Η διαχείριση μπορεί, επίσης, να αυτοματοποιηθεί, μέσω κατάλληλης ρύθμισης οι συσκευές παροχής μπορούν να απενεργοποιηθούν τις ώρες αιχμής ή τις ώρες που ορίζει ο ένοικος για να μην βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία. Σε σχέση με ένα συμβατικό σπίτι επιτυγχάνεται αρκετή οικονομία χρημάτων.

2.4.3 Προσβασιμότητα

Η ευκολία σύνδεσης από οποιοδήποτε μέρος είναι ένα ακόμα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα του έξυπνου σπιτιού. Ο απομακρυσμένος έλεγχος και οι εντολές που δίνονται ασύρματα μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών και κινητών εκτός του δικτύου του σπιτιού. Εντολές ενεργοποίησης/απενεργοποίησης και τηλε-παρακολούθηση μέσω καμερών του συστήματος ασφαλείας.

2.4.4 Ενημέρωση

Σε περίπτωση πιθανού προβλήματος ή πιθανού κινδύνου, το έξυπνο σπίτι θα ειδοποιήσει τον ιδιοκτήτη μέσω ειδοποίησης κινητού μέσω εφαρμογής ή αποστολή SMS. Σε περίπτωση που έχει ξεχάσει ο ιδιοκτήτης αναμμένο το κλιματιστικό το έξυπνο σπίτι μπορεί να ανιχνεύσει την πολύωρη λειτουργία και να ειδοποιήσει. Σε περίπτωση διάρρηξης, το σύστημα ασφαλείας θα ειδοποιήσει τον ιδιοκτήτη και τις αρχές για να βοηθήσει στη πιθανή σύλληψη του διαρρήκτη.

2.4.5 Ασφάλεια

Η ασφάλεια στο έξυπνο σπίτι αναφέρεται σε πολλές πτυχές. Στο θέμα της ασφάλειας από εξωτερικές απειλές, το σπίτι είναι εξοπλισμένο με σύστημα συναγερμού με δυνατότητα παρακολούθησης εξωτερικών και εσωτερικών χώρων, με αισθητήρες κίνησης. Δίνοντας ψυχική ηρεμίας στους κατοίκους κατά την απουσία τους από τον χώρο. Στη ασφάλεια στο εσωτερικό του χώρου, γίνεται συνεχής παρακολούθηση της τάσης του σπιτιού, σε περίπτωση που η τάση στις συσκευές ξεπεράσει κάποιο όριο, οι συσκευές απενεργοποιούνται για προστασία και για να μειωθεί η πιθανότητα πυρκαγιάς από υπερφόρτωση. Οποιαδήποτε άλλη ανωμαλία στη λειτουργία των συσκευών ή σε περίπτωση βλάβης ο ένοικος λαμβάνει άμεσα ειδοποίηση.

2.4.6 Ευημερία κατοίκου

Μέσω IoT εφαρμογών το έξυπνο σπίτι μπορεί να βελτιώσει τη ποιότητα ζωής ηλικιωμένων, ευπαθών ομάδων και ατόμων με άλλες δυσκολίες, μεταβιβάζοντας αυτόματα πληροφορίες υγείας στον προσωπικό τους ιατρό.

2.4.7 Περιβάλλον

Με τις εφαρμογές έξυπνων μέτρων ενέργειας, τα έξυπνα σπίτια κατάγονται στην κατηγορία των «πράσινων» σπιτιών. Φιλικά προς το περιβάλλον, ελέγχοντας και περιορίζοντας την άσκοπη κατανάλωση ρεύματος και νερού. Απενεργοποιώντας με έξυπνο τρόπο συσκευές που δεν βρίσκονται σε χρήση και ώρες που η κατανάλωση είναι λιγότερο βλαβερή προς το περιβάλλον.

2.5 Μειονεκτήματα

Τα έξυπνα σπίτια ενώ έχουν γίνει γνωστά για τις ανέσεις και τις ευκολίες που παρέχουν στους χρήστες, παρουσιάζουν κάποια μεγάλα εμπόδια που αποτρέπουν πιθανούς χρήστες από το να προχωρήσουν στην υλοποίηση μιας τέτοιας εγκατάστασης.

2.5.1 Χειρισμός

Η χρήση ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί μια θεμελιώδης τεχνολογική γνώση από τους χρήστες. Ένα σύστημα που χρησιμοποιείται λανθασμένα ή καθόλου είναι άσκοπο.

2.5.2 Συμβατότητα

Παρόλο που η ιδέα πίσω από τις έξυπνες συσκευές είναι η ετερογένεια τους, μπορεί να παρουσιαστεί θέμα συμβατότητας λόγω περιορισμών που επέβαλε ο κατασκευαστής. Ενώ η ιδέα είναι να υπάρχει μια κοινή εφαρμογή για σύνδεση σε όλες τις συσκευές υπάρχουν πάντα εξαιρέσεις που απαιτούν μια διαφορετική εφαρμογή για τηλεδιαχείριση ή για το «ξεκλείδωμα» όλων των λειτουργιών. Σε αυτή την περίπτωση ο τελικός χρήστης θα πρέπει να χρησιμοποιεί πολλές εφαρμογές για τον έλεγχο των συσκευών του, πράγμα που καταλήγει βραχυπρόθεσμα ενοχλητικό και μακροπρόθεσμα κουραστικό. Ταυτόχρονα, ο χρήστης πρέπει να έχει στην κατοχή του μια κατάλληλη

συσκευή για να διαχειρίζεται όλες αυτές τις εφαρμογές π.χ. Μερικές εφαρμογές υπάρχουν αποκλειστικά σε κινητά Apple και όχι σε Android.

2.5.3 Ασφάλεια

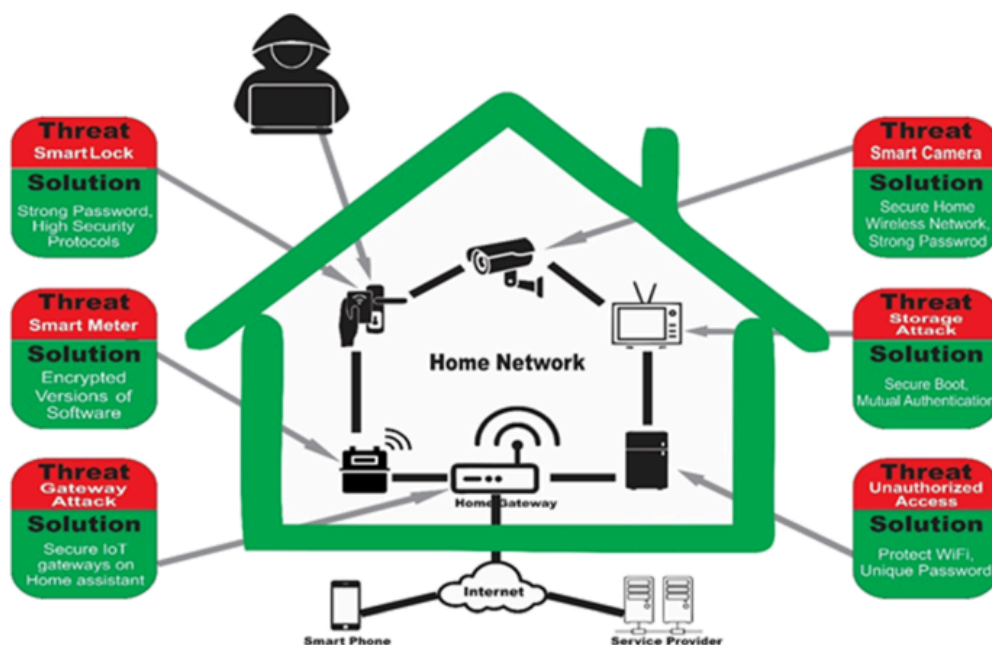
Εφόσον τα έξυπνα σπίτια λειτουργούν γύρω από ένα κεντρικό δίκτυο, υπάρχει πάντα το ρίσκο υποκλοπής των προσωπικών στοιχείων. Διαρρήκτες μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε όλο το σπίτι αν ανοίξουν το κλειδί του δικτύου. Ενώ είναι βολικά, τα συστήματα αυτά είναι ευάλωτα και παρουσιάζουν ανησυχίες για την ασφάλεια. Ο χρήστης πρέπει να είναι ενημερωμένος για αυτά για να μην εξαπατηθεί.

2.5.4 Τεχνολογική πρόοδος

Με την ταχύτητα που εξελίσσεται η τεχνολογία, σε μερικά χρόνια η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρειάζεται τροποποιήσεις για να συμβαδίζει με τα πρότυπα της εποχής. Ο χρήστης θα πρέπει να εξελίξει τις γνώσεις του για να μπορεί να εκμεταλλευτεί τις ανέσεις του έξυπνου σπιτιού.

2.5.5 Κόστος

Η πραγματικότητα της κατοίκησης σε ένα έξυπνο σπίτι τη σημερινή εποχή είναι πως θεωρείται πολυτέλεια. Το αντιληπτό κόστος εγκατάστασης, από τον κοινό πολίτη, είναι μεγάλο. Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, το κόστος του συμβατικού εξοπλισμού είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με το κόστος ενός έξυπνου συστήματος. Παρόλο που το κόστος διαφέρει από κατοικία σε κατοικία, η πραγματικότητα είναι ότι στην Ελλάδα τα περισσότερα οικήματα είναι παλιά που καθιστούν το κόστος μετατροπής σε έξυπνα σπίτια αρκετά δαπανηρό.



Εικόνα 2.6: Μειονεκτήματα και προτεινόμενες λύσεις Smart Home

2.6 Λόγοι περιορισμένης υιοθέτησης

Σημαντικό κομμάτι που έχει οδηγήσει στην περιορισμένη υιοθέτηση και διάδοση των έξυπνων σπιτιών είναι οι ήδη υπάρχουσα αρχιτεκτονική των σπιτιών και η μεγάλη αρχική επένδυση χρημάτων. Το κόστος μετατροπής είναι μεγάλο και οι πιθανοί χρήστες αποθαρρύνονται από την τιμή και μόνο. Όσον αφορά τα νεόκτιστα κτίρια και τις προδιαγραφές που ακολουθούν, η μελέτη και οι προτεινόμενες αλλαγές που απαιτούνται για την προεγκατάσταση της κατάλληλης καλωδίωσης, για την υλοποίηση έξυπνων εφαρμογών στο μέλλον, φουσκώνουν την τιμή για τον τελικό αγοραστή. Παρόλο που τα κόστη εγκατάστασης είναι μικρά, το κόστος της μελέτης και της χάραξης των αντίστοιχων σχεδίων, χρησιμοποιούνται ως λόγους για το αυξημένο κόστος της κατοικίας.

Ένας ακόμη λόγος που δεν έχουν διαδοθεί έχει να κάνει με τη φύση του ανθρώπου. Η βαθιά ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή είναι κάτι καινούργιο και πρωτόγνωρο για το μέσο πολίτη. Μόνο με την ιδέα αυτή δημιουργούνται φόβοι και ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια του στο προσωπικό του χώρο. Η ιδέα της μόνιμης σύνδεσης στο διαδίκτυο φέρει και κινδύνους για οικογένειες με μικρά παιδιά, σε μια κοινωνία που είναι ήδη απορροφημένη σε μία οθόνη το μεγαλύτερο μέρος της μέρας, η συνεχής αλληλεπίδραση με το διαδίκτυο μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία τους, ψυχική και σωματική.

Τέλος, η ελάχιστη διαφήμιση των έξυπνων συστημάτων δεν βοηθάει να βελτιώσουν τη θέση τους στα μάτια του πιθανού αγοραστή. Με τη σωστή διαφήμιση μπορείς να κερδίσεις την εμπιστοσύνη του αγοραστή παρουσιάζοντας τα προτερήματα και πλεονεκτήματα ενός έξυπνου σπιτιού. Παρουσιάζοντας σωστά το έξυπνο σπίτι, επισημαίνοντας τις πιο χρήσιμες λειτουργίες του, όπως αυτοματισμούς και τηλεχειρισμό και την διευκρίνιση ότι ο τελικός χρήστης είναι ο κυρίαρχος του σπιτιού και ελέγχει τα πάντα σύμφωνα με τις προτιμήσεις του, μπορεί να ωθήσει το έξυπνο σπίτι στο ευρύτερο κοινό.

2.7 Σπίτι του Μέλλοντος

Στο μέλλον με την ενσωμάτωση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης το έξυπνο σπίτι θα μπορεί να βελτιστοποιήσει τις λειτουργίες του. Με τη βελτίωση της συνεργασίας των συσκευών σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση μηχανικής μάθησης, το έξυπνο σπίτι θα μπορεί να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες ανάγκες του χρήστη. Δηλαδή, τα συστήματα θα μπορούν να προβλέψουν τις επιθυμίες και τις ανάγκες των κατοίκων. Με την υποβοήθηση της τεχνητής νοημοσύνης, τα έξυπνα σπίτια θα μπορούν να συλλέγουν πληροφορίες από τους αισθητήρες και σύμφωνα με τις επιλεγόμενες προτιμήσεις να αποφασίζουν, αυτόνομα, την εκτέλεση των κατάλληλων λειτουργιών. Επίσης, η καταγραφή, συλλογή και αναφορά των μετρήσεων και πιθανών προβλημάτων θα είναι πιο λεπτομερές, προειδοποιώντας τον ιδιοκτήτη με μεγαλύτερη ακρίβεια. Τέλος, ιδανικά, το μελλοντικό έξυπνο σπίτι θα είναι πλήρως αυτόνομο. Ανανεώσιμες πηγές, όπως φωτοβολταϊκά και μπαταρίες σε συνδυασμό με την βελτιωμένη νοημοσύνη, στοχεύουν στην μηδενική εκπομπή ρύπων. Με αυτόνομη παραγωγή ενέργειας, το έξυπνο σπίτι θα συμμετέχει στην προστασία του περιβάλλοντος αποφεύγοντας τη καύση ορυκτών υλών για παραγωγή ρεύματος.



Εικόνα 2.7: Πλήρως εξοπλισμένο έξυπνο σπίτι του μέλλοντος

2.8 Επίλογος

Ένα έξυπνο σπίτι είναι ένα οικείο περιβάλλον εξοπλισμένο με ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές με τη δυνατότητα επικοινωνίας με το χρήστη εξ' αποστάσεως μέσω εφαρμογής. Ένα έξυπνο σύστημα έρχεται με πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τόσο στο στήσιμο όσο και τη χρήση του. Μερικά από τα προτερήματα αποτελούν, η ευκολία, η οικονομία, η προσβασιμότητα, η ασφάλεια, η ενημέρωση του ιδιοκτήτη και άλλα, ενώ τα μειονεκτήματα βρίσκονται η δυσκολία του χειρισμού, προβλήματα συμβατότητας μεταξύ συσκευών και εφαρμογών και σημαντικότερα η πιθανότητα παραβίασης και υποκλοπής προσωπικών στοιχείων. Ο μεγαλύτερος λόγος αποφυγής υιοθέτησης και εγκατάστασης ενός συστήματος έξυπνου σπιτιού είναι το υψηλό κόστος απόκτησης. Παρόλο που μακροπρόθεσμα μπορεί να εξοικονομήσει πολλά χρήματα με τις έξυπνες του λειτουργίες, η στάση του γενικού κοινού είναι επιφυλακτική, αποφεύγοντας την απόκτηση έξυπνου σπιτιού.

Κεφάλαιο 3ο: Μέρη του συστήματος

3.1 Εισαγωγή

Σχετικά με τα μέρη του συστήματος, το σύστημα απαρτίζεται από δύο βασικά κομμάτια, τα οποία είναι το σύστημα έξυπνου φωτισμού/ελέγχου φορτίων και το σύστημα καταμέτρησης της δαπανώμενης ενέργειας. Ένα ακόμη μέρος αποτελεί η κεντρική μονάδα επεξεργασίας ESP32 που αναλαμβάνει την επεξεργασία και επικοινωνία. Τέλος, γίνεται χρήση της δωρεάν πλατφόρμας Blynk και της ασύρματης τεχνολογίας Wi-Fi για αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα.

3.2 Σύστημα έξυπνου φωτισμού

Όπως προαναφέρθηκε, ένα από τα υποσυστήματα είναι αυτό του έξυπνου φωτισμού, το οποίο διαθέτει δύο διαφορετικούς τρόπους ενεργοποίησης. Ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει οποιοδήποτε από τους λαμπτήρες ανάλογα το μέρος που βρίσκεται ο ίδιος.

3.3 Σύστημα καταμέτρησης δαπανώμενης ενέργειας

Σχετικά με το σύστημα καταμέτρησης δαπανώμενης ενέργειας, αποτελείται από δύο αισθητήρια τροφοδοτούμενα από τον μικροελεγκτή. Το ένα αισθητήριο είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος που τροφοδοτούν τους λαμπτήρες του έξυπνου φωτισμού και το άλλο αισθητήριο μετράει την ένταση του ρεύματος των λαμπτήρων.

3.4 Χρήση Blynk και Wi-Fi

Για την επιτυχή επικοινωνία του συστήματος με το χρήστη χρησιμοποιήθηκε η δωρεάν online cloud πλατφόρμα Blynk. Με χρήση των δωρεάν παροχών τους, χρησιμοποιήσαμε τις εικονικές ακίδες και τους κυκλικούς μετρητές να απεικονίσουμε τις μετρήσεις των αισθητήρων και να λειτουργήσουμε τους λαμπτήρες. Η επικοινωνία μεταξύ της επεξεργαστικής μονάδας ESP32 και της πλατφόρμας έγινε μέσω πρωτοκόλλου Wi-Fi. Παράλληλα η πλατφόρμα υπάρχει και σε μορφή εφαρμογής στο κινητό για άμεση επικοινωνία και διεπαφή με το χρήστη.

3.5 Επίλογος

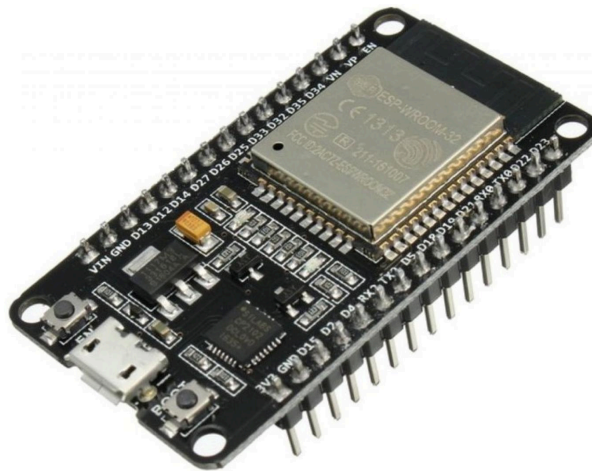
Σχετικά με τα προαναφερόμενα συστήματα, το σύστημα φωτισμού και το σύστημα καταμέτρησης ενέργειας λειτουργούν παράλληλα. Ο χρήστης μπορεί να λειτουργήσει το σύστημα φωτισμού είτε τη φυσική του παρουσία είτε από απόσταση μέσω εφαρμογής, ενώ ταυτόχρονα το σύστημα διαχείρισης ενέργειας καταγράφει την τάση του δικτύου και την ένταση του ρεύματος. Τα δεδομένα από τα αισθητήρια στέλνονται στον μικροελεγκτή ESP32 για επεξεργασία και υπολογισμό και στη συνέχεια μέσω του Wi-Fi αποστέλλονται και απεικονίζονται στην cloud πλατφόρμα Blynk.

Κεφάλαιο 4ο: Υλικά κατασκευής

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα γίνει αναφορά και σύντομη ανάλυση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της κατασκευής.

4.1 ESP32

Η υλοποίηση βασίζεται στον μικροελεγκτή ESP32 της Espressif Systems. Το ESP32 είναι ένας μικροελεγκτής χαμηλού κόστους και χαμηλής κατανάλωσης με ενσωματωμένη κεραία Wi-Fi και Bluetooth διπλής λειτουργίας (v4.2 & Low Energy). Κατασκευάζονται πολλές ολοκληρωμένα συστήματα με αυτό τον μικροελεγκτή ως βάση (SoC). Είναι άμεσος διάδοχος του πολύ επιτυχημένου ESP8266, με σημαντικές αναβαθμίσεις.



Εικόνα 4.1: Ένα απλό ESP32

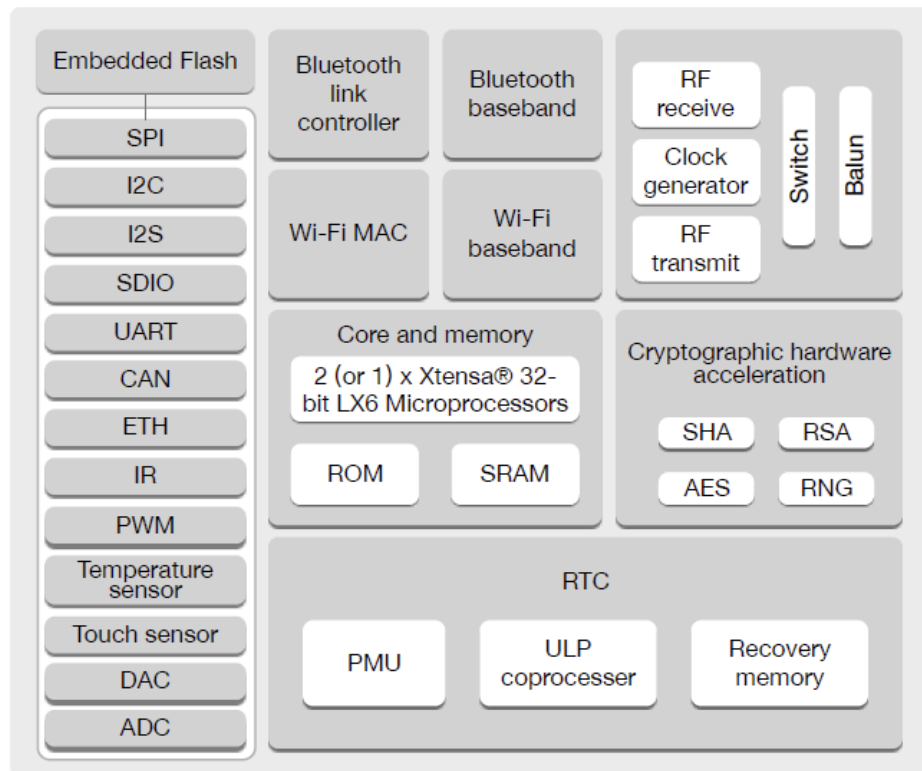
4.1.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Η βασική διαρρύθμιση ενός ESP32 διαθέτει τα εξής:

- Επεξεργαστή, δύο πυρήνων Tensilica Xtensa LX6, ταχύτητας 240MHz, 32-bit
- Μνήμη, 520KB SRAM, 448KB ROM με υποστήριξη για εξωτερική επέκταση
- Αποθηκευτικός χώρος, 4MB-16MB μνήμη flash
- Ενσωματωμένες κεραίες Wi-Fi, με ταχύτητες έως 150Mbps και Bluetooth (Standard & Low power) για ασύρματη συνδεσιμότητα
- Τροφοδοσία μέσω USB, τάση λειτουργίας 2.2V - 3.6V
- Εσωτερική τάση αναφοράς 3.3V
- Θερμοκρασία λειτουργίας, -40°C έως 85°C

4.1.2 Συνδεσιμότητα & Περιφερειακά

Η βασική έκδοση του ESP32 διαθέτει 34 προγραμματιζόμενα GPIO, όπου μερικές από τις δυνατότητες που προσφέρουν είναι: 10 αισθητήρες αφής, ADC 12-bit έως 18 κανάλια, 2 DAC 8-bit εξόδους, 4 χρονιστές γενικής χρήσης 64-bit και έως 16 κανάλια PWM. Διαθέτει υποστήριξη για τα πρωτόκολλα επικοινωνίας SPI, UART, I2C, I2S.



Εικόνα 4.2: Μπλόκ διάγραμμα λειτουργιών ESP32

Οι δυνατότητες των ADC και DAC είναι στατικές όμως πολλές από τις άλλες ακίδες είναι ελεύθερες προς αντιστοίχιση με την επιθυμητή λειτουργία, λόγω της δυνατότητας πολυπλεξίας του μικροελεγκτή ESP32. Παρόλα αυτά, πολλοί κατασκευαστές συνιστούν χρήση συγκεκριμένων ακίδων για προεπιλεγμένες λειτουργίες. Παρέχονται διαγράμματα pinout με την βέλτιστη πιθανή χρήση κάθε ακίδας και με το ποιές ακίδες είναι ιδανικές για ρύθμιση ως είσοδο, έξοδο.

Τα κανάλια του ADC έχουν ανάλυση 12-bit δηλαδή έχουν δυνατότητα απόδοσης 0-4095 διαφορετικών τιμών για αναλογικές μετρήσεις. Η ανάλυση υποστηρίζει από 0V έως την τάση αναφοράς 3.3V και προσπαθεί να αντιστοιχίσει τις τιμές ανάλογα, με τα 0V να αντιστοιχούν στο 0 του ADC και τα 3.3V ιδανικά να αντιστοιχούν με το 4095 του ADC. Στην πραγματικότητα, όμως, παρόλο που ο ADC κατέχει εξαιρετική ανάλυση 12-bit, παρουσιάζει μη γραμμική συμπεριφορά κοντά στις χαμηλότερες και υψηλότερες τιμές του ADC. Δηλαδή, υπάρχει ενδεχόμενο να μην υπάρχει διάκριση 0 και 0.1V.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το ESP32 διαθέτει 2 κανάλια ADC, το ADC1 και το ADC2. Σε περίπτωση που βρίσκεται σε χρήση η λειτουργία του Wi-Fi, οι ακίδες με τη δυνατότητα ADC1 θεωρούνται ανενεργές για αναλογικές μετρήσεις καθώς το Wi-Fi χρησιμοποιεί κάποιες από τις εσωτερικές συνδέσεις για τη λειτουργία του. Για αυτό το λόγο σε αυτή την εφαρμογή γίνεται χρήση αποκλειστικά των ακίδων του ADC2.

4.1.3 Επιλογή ESP32 αντί για Arduino

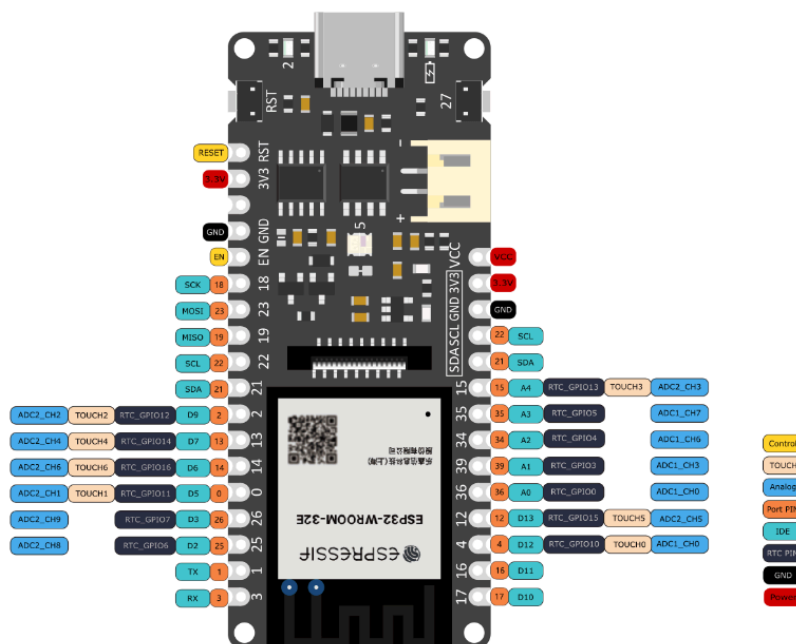
Για την συγκεκριμένη εργασία έγινε επιλογή μιας παραλλαγής του μικροελεγκτή ESP32 αντί για Arduino. Αξίζει να πούμε ότι και οι δύο πλατφόρμες είναι αξιόπιστες, με παρόμοια ποιότητα

κατασκευής και παρόμοιο λογισμικό για τον προγραμματισμό τους. Από τη μεριά της χρηστικότητας, το Arduino είναι γνωστό για την φιλικότητα στον αρχάριο χρήστη και την απλότητα στη χρήση, ιδανικό για ένα βασικό project. Τα βασικά μοντέλα Arduino, δυστυχώς υστερούν σε επεξεργαστική ισχύ, στοιχεία συνδεσιμότητας. Οι αργότερες ταχύτητες του επεξεργαστή, κάνουν τη διαφορά εμφανή σε πολύπλοκες εφαρμογές, με τα περισσότερα μοντέλα Arduino βασισμένα σε επεξεργαστές της ATmel να μην ξεπερνούν τα 16MHz. Η περιορισμένη RAM και αποθηκευτικού χώρου δεν βοηθούν την κατάσταση καθώς υπάρχει το ενδεχόμενο μεγιστοποίησης του προγραμματικού χώρου της μνήμης. Ειδικά, κρίσιμη θεωρήθηκε η εγγενής υποστήριξη του Wi-Fi και γενικότερα υποστήριξη ασύρματης συνδεσιμότητας για την επιλογή πλακέτας μικροελεγκτή. Παρόλο που υπάρχουν πλακέτες επέκτασης για το Arduino που προσθέτουν υποστήριξη για ασύρματες επικοινωνίες το συνολικό πακέτο του ESP32 προσφέρει μία ολική λύση, που είναι όχι μόνο πρακτική αλλά και οικονομική. Η κατασκευή μας απαιτεί ασύρματη συνδεσιμότητα, καθώς και ισχυρό επεξεργαστή. Ο μικροελεγκτής θα είναι υπεύθυνος όχι μόνο για τον υπολογισμό δεδομένων από τις μετρήσεις των αισθητήρων, θα είναι υπεύθυνος για την συνεχή λειτουργία και έλεγχο του έξυπνου φωτισμού και την αμφίδρομη επικοινωνία με την εφαρμογή web και mobile Blynk.

4.1.4 Επιλογή ESP-WROOM-32

Η πλακέτα που επιλέχθηκε είναι η Firebeetle 2 ESP-WROOM-32E της DFRobot. Διαθέτει όλες τις βασικές λειτουργίες μιας πλακέτας βασισμένης στο ESP32 με τη διαφορά ότι ο τρόπος σύνδεσης με τον υπολογιστή γίνεται μέσω νεότερης τεχνολογίας USB Type-C και διαθέτει ειδική οπή PH2.0 για απευθείας σύνδεση μπαταρίας 4V ιόντων λιθίου, ως πιθανή εναλλακτική πηγή τροφοδοσίας.

Με τροφοδοσία από το USB η ακίδα Vcc έχει έξοδο ~4.7V και η ακίδα 3V3 έχει 3.3V, ενώ με τροφοδοσία από μπαταρία 4V Li-ion το Vcc δίνει 4V και το 3V3 δίνει ακόμα 3.3V. Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω του κονέκτορα της μπαταρίας περισσότερες ακίδες βρίσκονται στην μία μεριά της πλακέτας, κάνοντας τη μη συμμετρική.



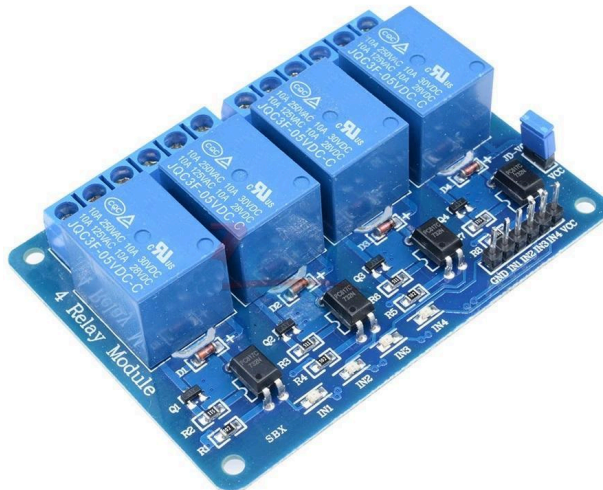
Εικόνα 4.3: Pinout πλακέτας Firebeetle 2 ESP-WROOM-32E

4.2 Πλακέτα Ρελέ 4-καναλιών

Η πλακέτα ρελέ τεσσάρων καναλιών περιέχει 4 ηλεκτρομαγνητικούς διακόπτες ελεγχόμενους από τις εντολές που δέχεται από την πλακέτα ESP32. Τροφοδοτείται με 5V DC και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που θέλουμε να ελέγξουμε συσκευές που τροφοδοτούνται από την υψηλή τάση του δικτύου.

Η άκρη κάθε ρελέ έχει 3 υποδοχές:

- Normally Open (NO): Ο εσωτερικός διακόπτης θα παραμείνει ανοιχτός (Συσκευή κλειστή)
- Normally Closed (NC): Ο εσωτερικός διακόπτης θα παραμείνει κλειστός (Συσκευή ανοιχτή)
- COM (Common): Σύνδεση της συσκευής που θέλουμε να ελέγξουμε



Εικόνα 4.4: Πλακέτα ρελέ 4-καναλιών

Η άκρη της πλακέτας συνδέεται με τον μικροελεγκτή μέσω:

- Vcc: Τροφοδοσία 5V
- GND: Κοινή γείωση με τον μικροελεγκτή
- IN1-4: Ψηφιακές ακίδες εισόδου, συνδεδεμένες με τον μικροελεγκτή

4.2.1 Λαμπτήρες Πυρακτώσεως 100W

Η πλακέτα ρελέ ελέγχει 4 λαμπτήρες πυρακτώσεως 100W που τροφοδοτούνται από το κεντρικό δίκτυο 230V AC. Οι λαμπτήρες έχουν εγκατασταθεί πάνω σε ντουί E27 με βάση. Έγινε

επιλογή λαμπτήρων πυρακτώσεως λόγω της μεγαλύτερης κατανάλωσης δηλαδή μεγαλύτερη ένταση ρεύματος, κάνοντας την ευκολότερη στη μέτρηση. Οι λαμπτήρες χρησιμοποιούνται για προσομοίωση φόρτου του συστήματος.



Εικόνα 4.5: Κλασικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως

4.2.2 Είσοδοι με Tactile Switch

Για προσομοίωση έξυπνων διακοπών, κάνουμε χρήση 4 διακοπών συνδεδεμένοι στις ακίδες εισόδου. Με το πρώτο πάτημα, ανάβει ο ανάλογος λαμπτήρας, ξανα πατώντας τον ίδιο διακόπτη απενεργοποιείται ο λαμπτήρας. Για το πρόβλημα debouncing που παρουσιάζουν οι διακόπτες χρησιμοποιούμε μία πολύ μικρή καθυστέρηση, μετά το πάτημα, στο λογισμικό.



Εικόνα 4.6: Στιγμαίοι διακόπτες tactile switch

4.3 Αισθητήρας έντασης ρεύματος YHDC SCT-013-030 (30A/1V)

Ο αισθητήρας έντασης ρεύματος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο SCT-013-030 της YHDC. Ο αισθητήρας έχει εύρος μέτρησης 0-30A εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο αισθητήρας παρέχει αναλογική τάση εξόδου ανάλογη με το ρεύμα που ρέει από μέσα του. Έχει ενσωματωμένη αντίσταση φορτίου και παρέχει τάση 1V AC για 30A μέγιστη ένταση ρεύματος.



Εικόνα 4.7: Αισθητήριο έντασης ρεύματος SCT-013-030

Ο αισθητήρας είναι με-επεμβατικός, δηλαδή δεν χρειάζεται να κοπεί το κύκλωμα για να μπορέσει να πάρει μέτρηση. Λειτουργεί με βάση την αρχή της επαγωγής, μετρά το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τη ροή του εναλλασσόμενου ρεύματος και παράγει ανάλογη αναλογική τάση στην έξοδό του, εφέ Hall. Αξίζει να σημειωθεί πως το αισθητήριο πρέπει να τυλιχτεί γύρω μόνο ένα από τους δύο αγωγούς ρεύματος για να λάβει μετρήσεις, σε περίπτωση που συνδεθεί γύρω και από τους δύο αγωγούς η τάση στην έξοδο θα είναι μηδενική.

Ο αισθητήρας τερματίζει σε καλώδιο 3.5mm jack και χρειάζεται έναν αντάπτορα για να μπορέσει να συνδεθεί με το κύκλωμα πόλωσης.

Πίνακας 4.1: Στοιχεία τεχνικών παραμέτρων

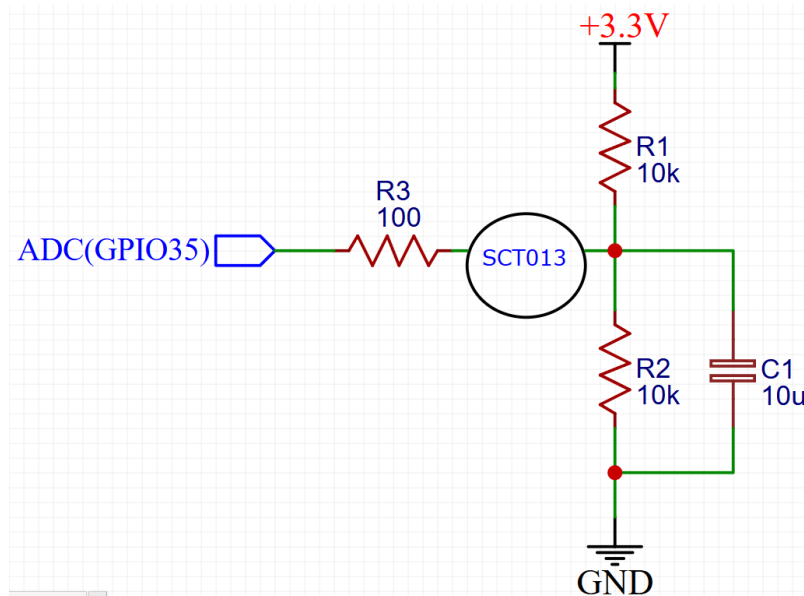
Ρεύμα Εισόδου	Τάση Εξόδου	Μη-γραμμικότητα	Ενσωματωμένη burden αντίσταση
0-30A	0-1V	±1%	62Ω
Αναλογία Στροφών	Βαθμός Αντίστασης	Θερμοκρασία Λειτουργίας	Διηλεκτρική δύναμη
1800:1	Βαθμός B	-25°C ~ +70°C	1500V AC/1min 5mA

Το αισθητήριο έχει μεγάλη ακρίβεια αλλά σε περίπτωση μη γραμμικότητας ή απόκλισης των τιμών, σε σχέση με ένα έμπιστο αμπερόμετρο, το σφάλμα μπορεί να διορθωθεί στο επίπεδο του προγράμματος.

4.3.1 Κύκλωμα offset DC

Η έξοδος του αισθητηρίου πηγαίνει στην είσοδο ADC (Analog-to-Digital Converter) του ESP32, όμως η τάση που παρέχει είναι εναλλασσόμενη. Ο μετατροπέας μπορεί να διαβάσει μόνο θετικές τιμές, από 0V μέχρι την εσωτερική τάση αναφοράς του μικροελεγκτή 3.3V, για αυτό το λόγο σχεδιάσαμε ένα κύκλωμα offset για να αντισταθμίσουμε την κυματομορφή της τάσης εξόδου του

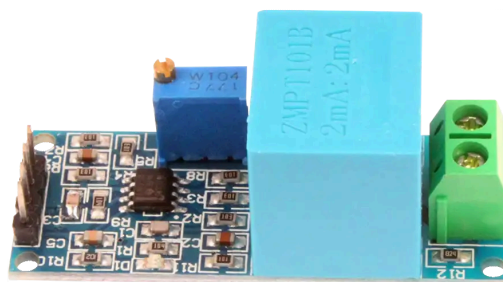
αισθητήρα στα θετικά. Το κύκλωμα αποτελείται από ένα διαιρέτη τάσης τροφοδοτούμενο από την τάση αναφοράς του ADC 3,3V και από έναν πυκνωτή 10μF παράλληλα με την 2η αντίσταση. Με αυτόν τον τρόπο θέτουμε νέο μέσο σημείο για την AC κυματομορφή της τάσης.



Εικόνα 4.8: Κύκλωμα offset DC

4.4 Μετρητής τάσης ZMPT101b

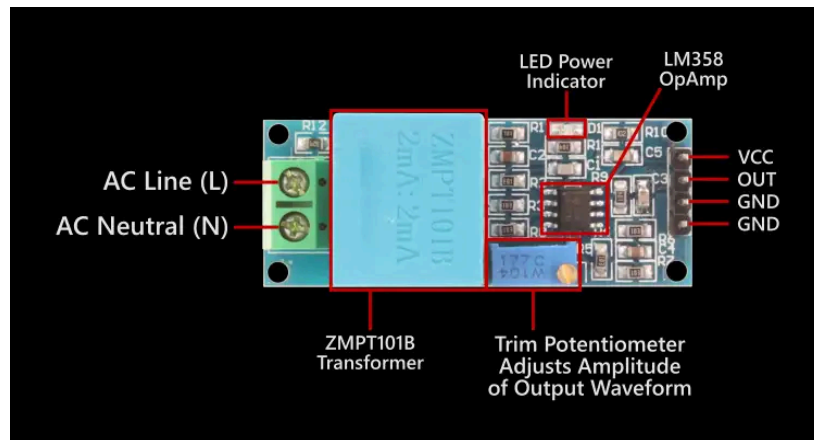
Το όνομα του μετρητή τάσης βασίζεται στον μετασχηματιστή ZMPT101b που χρησιμοποιείται στην πλακέτα. Ολοκληρωμένα η μονάδα μέτρησης τάσης αποτελείται από τον μετασχηματιστή μονοφασικής τάσης AC ρεύματος με τη δυνατότητα να μετρήσει μέχρι $\pm 250V$ (50Hz/60Hz), με έξοδο τάσης AC μεταξύ 0V - Vcc με DC offset $V_{cc}/2$.



Εικόνα 4.9: ZMPT101b module

Ο τρόπος λειτουργίας έχει ως εξής. Συνδέουμε τα καλώδια από το κεντρικό δίκτυο στο L και N ως εισόδους, ο μετασχηματιστής απομονώνει το υπόλοιπο κύκλωμα και μειώνει σημαντικά την τάση εισόδου από το δίκτυο. Η έξοδος του μετασχηματιστή οδηγείται στην είσοδο ενός τελεστικού

ενισχυτή δύο σταδίων που ενισχύει την τάση και παράγει αναλογική έξοδο στην ακίδα OUT στο εύρος τιμών 0V - Vcc, κατάλληλη για είσοδο στο ADC, ενώ υπάρχει ποτενσιόμετρο για ακριβή ρύθμιση του εύρους της κυματομορφής.



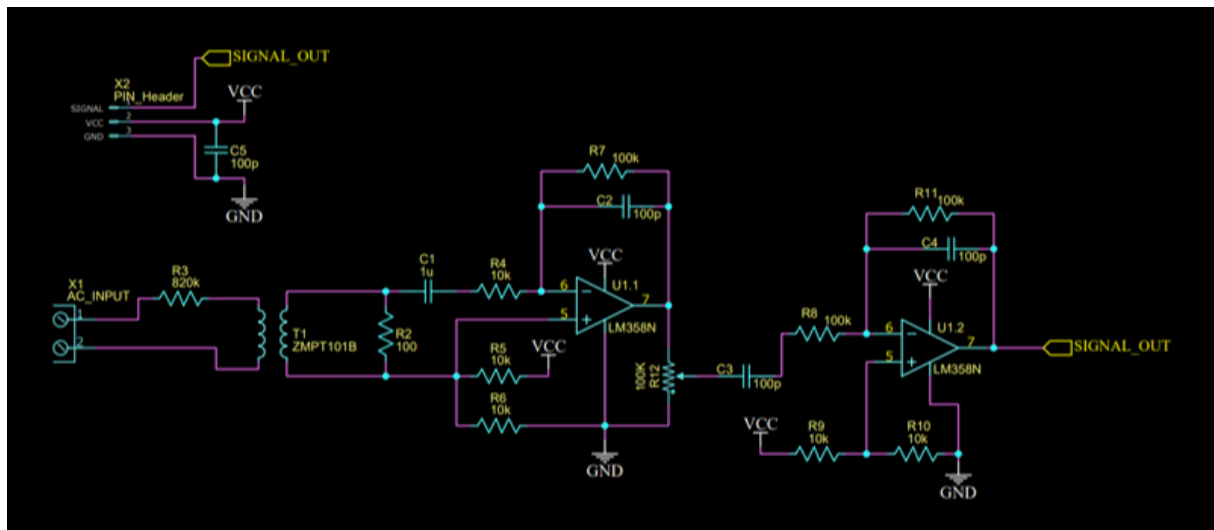
Εικόνα 4.10: Pins και εξαρτήματα ZMPT101b module

4.4.1 Σχηματικό

Στο παρακάτω σχηματικό μπορούμε να δούμε το κύριο κύκλωμα του μετασχηματιστή ZMPT101b. Στο κύριο κύκλωμα ο μετασχηματιστής μειώνει την είσοδο από το δίκτυο από, για παράδειγμα ±250V, σε:

$$V_{out} = V_{in} \times (R1/R2) \quad (4.1)$$

Όπου R1 είναι 100Ω και το R2 = 820kΩ, η έξοδος του μετασχηματιστή θα είναι περίπου 30.5mV.



Εικόνα 4.11: Αναλυτικό κύκλωμα ZMPT101b module

Το δευτερεύον κύκλωμα είναι ένα τελεστικός ενισχυτής ζώνης δύο σταδίων χρησιμοποιώντας το LM358 IC. Το LM358 χαρακτηρίζεται από χαμηλή κατανάλωση και ευρύ φάσμα τάσης λειτουργίας 3V-30V από το Vcc σύμφωνα με το datasheet. Το κύκλωμα ενισχύει την τάση εντός της επιθυμητής ζώνης των 0V - Vcc με ένα DC offset Vcc/2 στην ακίδα OUT.

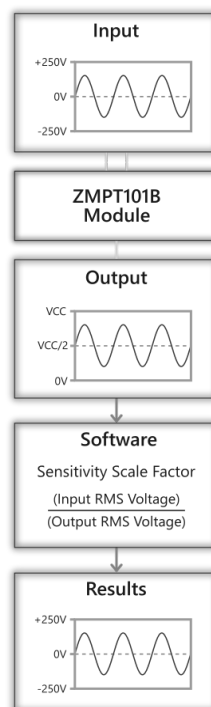
4.4.2 Βαθμονόμηση

Όπως αναφέραμε, η έξοδος της πλακέτας είναι αναλογική τάση στο εύρος μεταξύ 0V - Vcc και κεντραρισμένη στο $V_{cc}/2$, με εύρος ρυθμίσιμο με ποτενσιόμετρο. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να βαθμονομήσουμε τον ενισχυτή για να βρούμε τον κατάλληλο βαθμό ευαισθησίας για να ταιριάζουν οι τιμές εξόδου με τις μετρούμενες τιμές από το πολύμετρο.

Αρχικά, μετράμε την τιμή RMS εισόδου με το πολύμετρο, στη συνέχεια με τη βοήθεια του ADC του μικροελεγκτή βρίσκουμε την RMS τιμή της εξόδου. Το RMS υπολογίζεται παίρνοντας πολλές μετρήσεις της τάσης, υψώνουμε αυτές τι μετρήσεις στο τετράγωνο, βρίσκουμε τον μέσο όρο αυτών των τετραγώνων και στη συνέχεια υπολογίζουμε την τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου.

Μετά την επιτυχή βαθμονόμηση σε επίπεδο hardware μπορούμε να προχωρήσουμε στην ακριβή βαθμονόμηση σε επίπεδο software με τον υπολογισμό της τιμής βαθμού ευαισθησίας. Κάθε βιβλιοθήκη υπολογισμού RMS που είναι διαθέσιμη για εγκατάσταση στο Arduino IDE υπολογίζει το βαθμό ευαισθησίας λίγο διαφορετικά, σχεδόν ποτέ δεν είναι ίδιος ο βαθμός ευαισθησίας από βιβλιοθήκη σε βιβλιοθήκη.

Με το συνδυασμό αυτών των δύο τρόπων βαθμονόμησης, η τελική τιμή που εμφανίζεται θα πρέπει να είναι πολύ κοντά στις πραγματικές μετρήσεις. Σε περίπτωση που δεν είναι μπορούμε να “παίζουμε” με την τιμή στο software για καλύτερη αντιστοίχιση τιμών μεταξύ προγράμματος και πολυμέτρου.



Εικόνα 4.12: Διαδικασία βαθμονόμησης

4.5 Arduino IDE

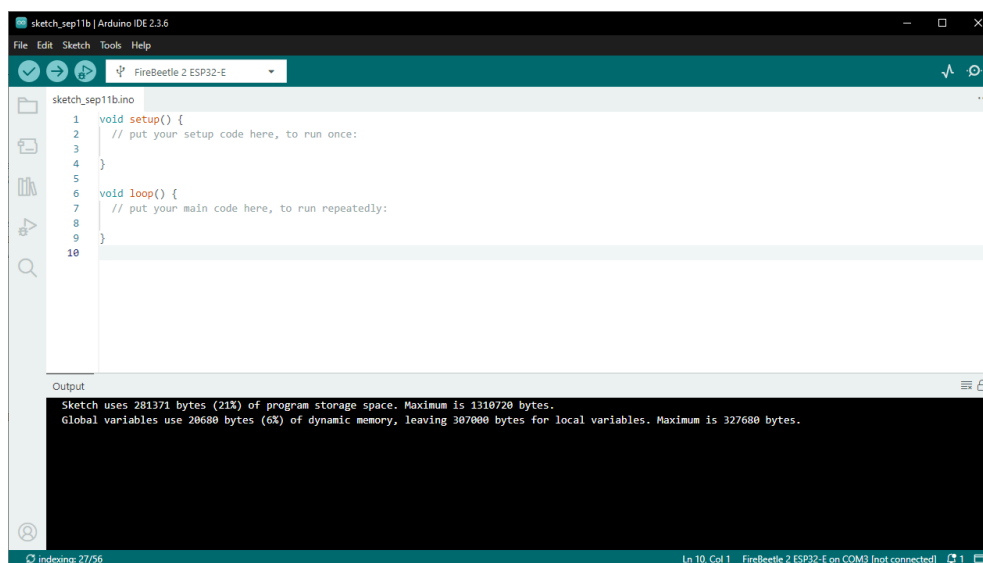
Ο προγραμματισμός των λειτουργιών του ESP32 έγινε με τη χρήση του λογισμικού Arduino IDE (Integrated Development Environment). Είναι ένα πρόγραμμα ανάπτυξης λογισμικού που χρησιμοποιείται για προγραμματισμό αναπτυξιακών πλακετών σειράς Arduino. Υποστηρίζει όλα τα

Κεφάλαιο 4

βασικά λειτουργικά συστήματα Windows, MacOS και Linux. Η κύρια γλώσσα που χρησιμοποιείται είναι μια απλοποιημένη μορφή της γλώσσας προγραμματισμού C/C++. Το περιβάλλον είναι ανοιχτού κώδικα και υποστηρίζει την προσθήκη βιβλιοθηκών για πρόσθετη υποστήριξη ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, βιβλιοθηκών εξειδικευμένων υπολογισμών καθώς και υποστήριξη για αναπτυξιακές πλακέτες εκτός της σειράς Arduino π.χ. ESP32. Το πρόγραμμα που γράφεται στο περιβάλλον IDE ονομάζεται sketch και είναι άπειρα επεξεργάσιμο. Το αρχείο του προγράμματος αποθηκεύεται σε μορφή αρχείου .ino.

- Sketch screen

Το κύριο περιβάλλον εγγραφής κώδικα, αποτελείται από τη γραμμή μενού, δύο εργαλειοθήκες (μία οριζόντια, κάτω από το μενού και μία κατακόρυφη, στην αριστερή μεριά του παραθύρου), τον επεξεργαστή κειμένου και την κονσόλα μηνυμάτων εξόδου.



Εικόνα 4.13: Περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE

Τα κουμπιά στο περιβάλλον Arduino IDE είναι τα εξής:



Εικόνα 4.14: Ονομασία κουμπιών εργαλειοθηκών

Πίνακας 4.2: Επεξήγηση λειτουργίας κουμπιών

Verify/Upload	Έλεγχος και ανέβασμα του κώδικα στην αναπτυξιακή πλακέτα
Select Board & Port	Επιλογή πλακέτας και COM port / Ένδειξη σύνδεσης πλακέτας
Sketchbook	Εύρεση αποθηκευμένων sketch τοπικά στον υπολογιστή
Boards Manager	Αναζήτηση και εγκατάσταση “πακέτων” αναπτυξιακών πλακετών
Library Manager	Αναζήτηση και εγκατάσταση βιβλιοθηκών “τρίτων”
Debugger	Τεστάρισμα και εντοπισμός σφαλμάτων
Search	Αναζήτηση λέξεων κλειδιών στον κώδικα
Open Serial Monitor	Άνοιγμα του Serial Monitor δίπλα στην κονσόλα εξόδου

Σειριακή οθόνη / σχεδιογράφος (Serial Monitor / Plotter)

Εμφανίζει τα σειριακά δεδομένα που στέλνει η πλακέτα. Η πλακέτα στέλνει δεδομένα για απεικόνιση στο Serial Monitor με την εντολή `Serial.print(***)` και με την εντολή `Serial.println(***)`. Για να επιτευχθεί επικοινωνία πρέπει πρώτα να δηλωθεί η κατάλληλη ταχύτητα σύνδεσης (baud) με την εντολή `Serial.begin(****)`, αντιστοιχίζοντας την τιμή στο Serial Monitor. Η διαφορά των δύο εντολών είναι ότι η `Serial.println()` αποτυπώνει το κείμενο στο Serial Monitor και αλλάζει γραμμή για την αποτύπωση των επόμενων τιμών. Παράλληλα μπορούν να τυπωθούν οι τιμές στο Serial Plotter αν η `Serial.println()` βρίσκεται στη loop και διαβάζει συνεχώς δεδομένα από ένα GPIO της πλακέτας. Υπάρχει η δυνατότητα αποτύπωσης πολλών μεταβλητών ταυτόχρονα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί

πως το Serial Plotter αποτυπώνει μεμονωμένες τιμές και τις συνδέει μεταξύ τους, αυτό δεν τους καθιστά αντικατάσταση του παλμογράφου.



Εικόνα 4.15: Απεικόνιση τιμών στο Serial Plotter

4.6 Blynk

Το Blynk είναι μία όλα-σε-ένα (all-in-one) πλατφόρμα για εφαρμογές IoT που επιτρέπει τη δημιουργία, ανάπτυξη και απομακρυσμένο έλεγχο IoT εφαρμογών. Είτε πρόκειται για προσωπική ή εμπορική εφαρμογή, το Blynk δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να συνδέουν τις συσκευές τους στο Blynk Cloud και να δημιουργήσουν iOS, Android και Web εφαρμογές. Δίνεται, έτσι, η δυνατότητα να αλύσουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τις συσκευές, να χειρίζονται τις συσκευές απομακρυσμένα και να λαμβάνουν ειδοποιήσεις σχετικά για τις υλοποιήσεις τους.



Εικόνα 4.16: Παροχές Blynk

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή γίνεται η χρήση των αντίστοιχων Blynk βιβλιοθηκών που επιτρέπουν την εγγραφή κώδικα για την επικοινωνία με το Blynk στο Arduino IDE, τη χρήση του online web dashboard, Blynk.Console καθώς και χρήση του Blynk.Apps για χρήση από κινητό τηλέφωνο μέσω εφαρμογής.

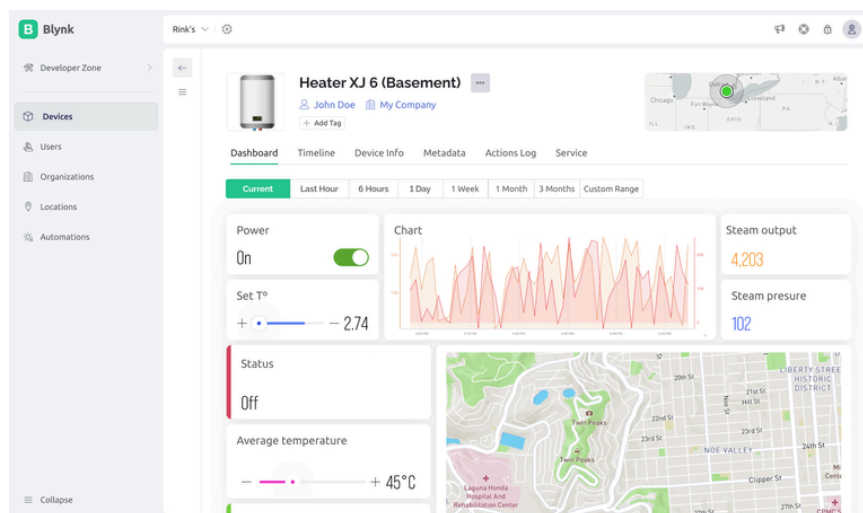
4.6.1 Blynk Library

Το Blynk Library είναι μία, φιλική προς το χρήστη, C++ βιβλιοθήκη που έρχεται προρυθμισμένη με τη δυνατότητα επικοινωνίας με εκατοντάδες αναπτυξιακές πλακέτες. Εφαρμόζει ένα πρωτόκολλο συνεχούς ροής επιτρέποντας για χαμηλό χρόνο απόκρισης και αμφίδρομη επικοινωνία.

4.6.2 Blynk.Console

Το Blynk.Console είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή και πίνακας ελέγχου πλούσια σε δυνατότητες ικανές να εξυπηρετήσουν κάθε είδος χρήστη. Οι κύριες λειτουργίες που προσφέρει είναι:

- Διαμόρφωση και ρύθμιση συσκευών που έχουν συνδεθεί στην πλατφόρμα.
- Διαχείριση συσκευής, δεδομένων, χρηστών, οργανισμών και τοποθεσίας.
- Απομακρυσμένος έλεγχος και παρακολούθηση κατάστασης συσκευών.



Εικόνα 4.17: Παράδειγμα εφαρμογής σε Blynk.Console

4.6.3 Blynk.Apps

Το Blynk.Apps είναι μια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα που παρέχει πολλές δυνατότητες και λειτουργίες. Για τη χρήση της χρειάζεται εγκατάσταση της εφαρμογής του Blynk από το χρήστη. Είναι συμβατή με iOS και Android συσκευές και ο χρήστης μπορεί να τις κατεβάσει από το App Store ή το Google Play Store. Η εφαρμογή αυτή προσφέρει:

- Απομακρυσμένο έλεγχο και παρακολούθηση συσκευών διαμορφωμένων για επικοινωνία με το Blynk.
- Διαμόρφωση πεδίου διεπαφής χρήστη.
- Αυτοματοποίηση λειτουργιών συνδεδεμένων συσκευών.



Εικόνα 4.18: Παράδειγμα εφαρμογής σε Blynk.Apps

4.7 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια μικρή εισαγωγή στα εξαρτήματα και τον εξοπλισμό που θα γίνει χρήση για την υλοποίηση της εφαρμογής. Έγιναν κάποιες σύντομες αναφορές της συνδεσμολογίας και στη συνέχεια θα αναλύσουμε τη διαδικασία που ακολουθήσαμε για την τελική υλοποίηση.

Κεφάλαιο 5ο: Υλοποίηση

5.1 Περιγραφή λειτουργίας

Η κατασκευή έχει δύο κομμάτια, τη μερική προσομοίωση ενός έξυπνου σπιτιού, που αποτελείται από τέσσερις λαμπτήρες στη θέση των οικιακών συσκευών και έξυπνο μέτρο κατανάλωσης ενέργειας που μπορεί να μετρήσει την ένταση του ρεύματος που καταναλώνει τη στιγμή της μέτρησης το σπίτι. Στο πρώτο σύστημα κάνουμε χρήση λαμπτήρων πυράκτωσης 100W για την προσομοίωση ηλεκτρικών οικιακών συσκευών, ο έλεγχος και ο χειρισμός των λαμπτήρων γίνεται με δύο τρόπους, είτε χειροκίνητα μέσω φυσικού διακόπτη ή μέσω εφαρμογής από κινητό και υπολογιστή συνδεδεμένα στο διαδίκτυο. Τα δεδομένα στέλνονται στο μικροελεγκτή ESP32 που τα ελέγχει και επεξεργάζεται κατάλληλα.

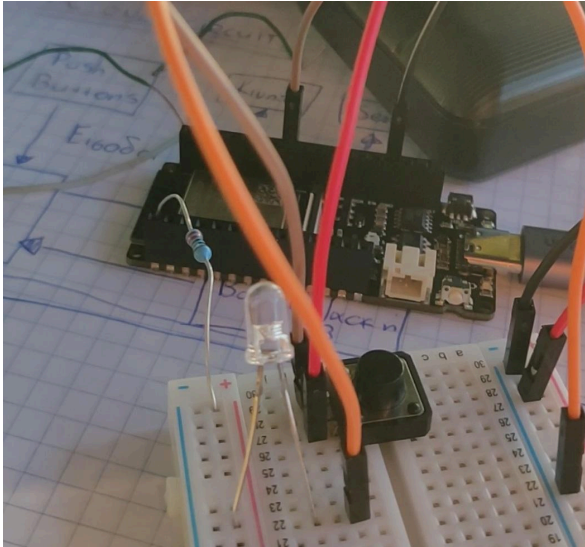
Για τη διαχείριση ενέργειας έπρεπε να υπάρχει κάποιος μετρητής ρεύματος. Για να καλύψουμε αυτή την ανάγκη του σπιτιού, σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε έναν μετρητή ρεύματος με τη χρήση επαγωγικού μετατροπέα τάσης για την μέτρηση της έντασης του δαπανώμενου ρεύματος. Για την ορθή λειτουργία και για να μπορεί ο μικροελεγκτής να διαβάσει τις τιμές που βγάζει σχεδιάστηκε και κύκλωμα DC offset για να φέρουμε την έξοδο του στοιχείου εντός του εύρους ανάγνωσης ADC του μικροελεγκτή. Το επαγωγικό στοιχείο τυλίγεται γύρω από έναν από τους δύο αγωγούς, που τροφοδοτεί το σύστημα με τους λαμπτήρες, και παράγει τάση ρεύματος εναλλασσόμενη ανάλογη με τη μετρούμενη τιμή από τον αγωγό. Η μετρούμενη τιμή από το αισθητήριο είναι εναλλασσόμενη τάση για αυτό το λόγο πρέπει πρώτα να τη δώσουμε ένα DC offset για να την “ανεβάσουμε” την κυματομορφή στα θετικά. Για αυτό το λόγο πρέπει πρώτα να περνάει από ένα δίκτυο διαιρέτη τάσης, με αντιστάσεις 10kΩ, τροφοδοτούμενο από τη τάση αναφοράς του ADC, 3.3V. Το ένα άκρο του στοιχείου συνδέεται στη μέση του διαιρέτη τάσης και το άλλο σε σειρά με μία αντίσταση 100Ω που υπάρχει πριν το ADC για προστασία του από απότομες αλλαγές της έντασης.

Για τη μέτρηση της τάσης του δικτύου κάνουμε χρήση ενός module βασισμένο στον ZMPT101b AC-AC μετασχηματιστή τάσης. Το module τροφοδοτείται από 3.3V από το ESP32 και έχει κοινή γείωση με τον μικροελεγκτή. Στην είσοδο του εισάγουμε τους δύο αγωγούς του δικτύου, ο μετασχηματιστής κάνει step-down την τάση εισόδου, στη συνέχεια το ρεύμα περνά από τελεστικό ενισχυτή δύο βαθμίδων που φέρνει το ρεύμα μεταξύ σε 0V - Vcc “κεντραρισμένο” στο Vcc/2. Η έξοδος από το module οδηγείται στην είσοδο ενός ADC του ESP32.

Ολοκληρωτικά το σύστημα λειτουργεί ως εξής ο χρήστης ανάβει τους λαμπτήρες μέσω εφαρμογής ή φυσικών μπουτόν, η κατάστασή τους ενημερώνεται αμέσως στην εφαρμογή. Ταυτόχρονα με την ενεργοποίηση του συστήματος, τα δύο διαφορετικά αισθητήρια ρεύματος ξεκινούν να παίρνουν μετρήσεις σχετικά με την παρεχόμενη τάση και το καταναλισκόμενο ρεύμα. Τα δεδομένα που συλλέγονται στέλνονται για επεξεργασία στον μικροελεγκτή ESP32. Με τα δεδομένα, ο μικροελεγκτής, με τη βοήθεια των κατάλληλων βιβλιοθηκών, υπολογίζει την ισχύ και τις κιλοβατώρες που καταναλώνει το σύστημα όσο αυτό βρίσκεται σε λειτουργία και στέλνει τις τιμές αυτές στην εφαρμογή του χρήστη για απεικόνιση. Με την απεικόνιση στην εφαρμογή, ο χρήστης έχει πρόσβαση στα δεδομένα αυτά όπου και να βρίσκεται ενώ μπορεί, επίσης, να θέσει σε λειτουργία κάθε ένα από τα συνδεδεμένα φορτία. Τέλος το σύστημα διαθέτει kill-switch για την απενεργοποίηση όλων των λαμπτήρων, σε φυσική και ηλεκτρονική μορφή στην εφαρμογή.

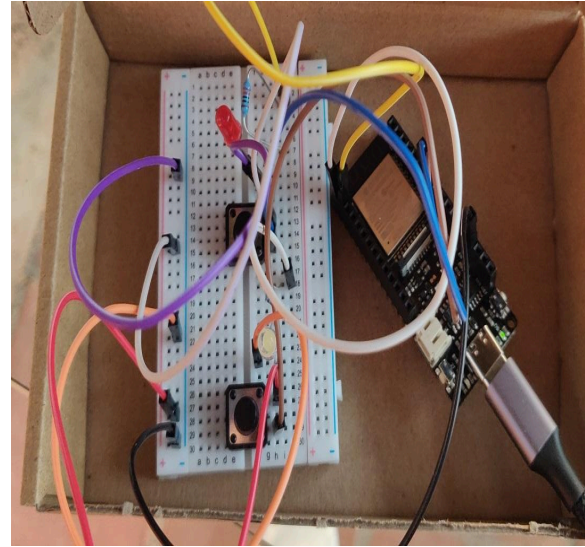
5.2 Στάδια πρωτοτυποποίησης

Η κατασκευή ξεκίνησε, αρχικά, από μερικά στάδια πρωτοτυποποίησης για την εκμάθηση και εξακρίβωση των λειτουργιών που περιμένουμε από το ESP και από τους διακόπτες. Η πρώτη συνδεσμολογία έγινε μεταξύ ενός διακόπτη με μία είσοδο του μικροελεγκτή και με μία φωτοδίοδο LED σε σειρά με αντίσταση. Μετά έγινε δοκιμή με δύο φωτοδιόδους LED, ελεγχόμενες ανεξάρτητα η μία από την άλλη.



Εικόνα 5.1:

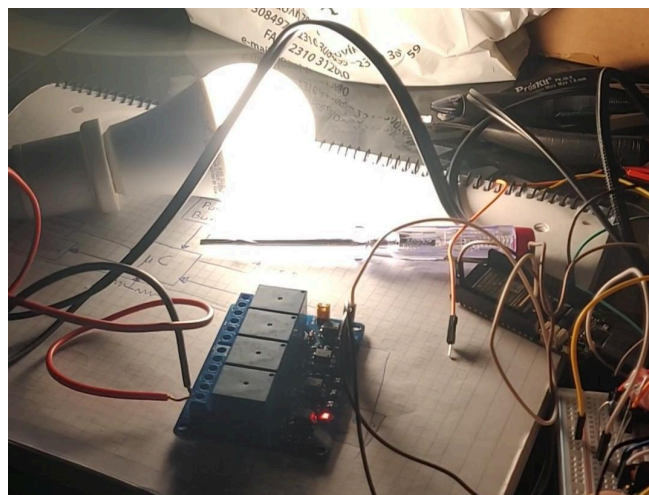
Συνδεσμολογία μπουτόν-LED-αντίστασης



Εικόνα 5.2:

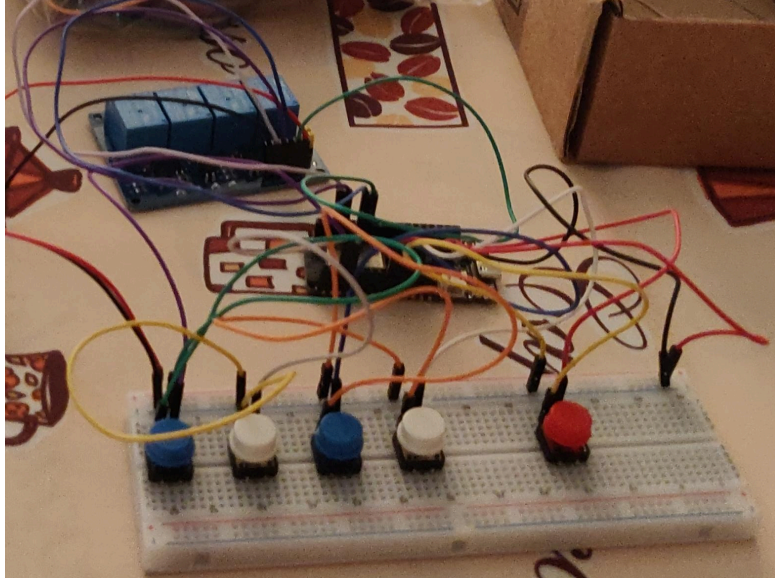
Συνδεσμολογία δύο μπουτόν και φωτοδιόδων LED

Στη συνέχεια, το πρωτότυπο προχώρησε σε συνδεσμολογία της πλακέτας ρελέ και της σύνδεσης ενός λαμπτήρα. Αρχικά έγινε δοκιμή με λαμπτήρα τύπου LED. Αφού έγινε αφαίρεση της διόδου και της αντίστασης, συνδέσαμε την πλακέτα ρελέ με ένα GPIO εξόδου της πλακέτας ESP32, συνδέσαμε τη γείωση και τροφοδοτήσαμε την πλακέτα ρελέ από το Vcc, το οποίο όταν τροφοδοτείται το ESP μέσω του USB έχει έξοδο 4.7V αρκετά για να άγει τους μαγνητικούς διακόπτες. Με αυτό τον τρόπο γινόταν έλεγχος του λαμπτήρα με από το διακόπτη switch.



Εικόνα 5.3: Συνδεσμολογία λαμπτήρα-πλακέτα ρελέ-ESP32-μπουτόν ελέγχου

Αφού σιγουρέψαμε ότι λειτουργεί κανονικά ο ένας λαμπτήρας, κλιμακώσαμε το σύστημα σε τέσσερις διακόπτες switch. Πρώτα κάναμε δοκιμή αν η συνδεσμολογία των διακοπών με τις εξόδους στην πλακέτα ρελέ ήταν λειτουργική. Αυτό ήταν δυνατό λόγω των φωτεινών ενδείξεων που περιέχει η πλακέτα ρελέ. Ταυτόχρονα έγινε η πρώτη εγκατάσταση του kill-switch, δίνοντας μας τη δυνατότητα να απενεργοποιήσουμε όλα τα συνδεδεμένα φορτία.



Εικόνα 5.4: Συνδεσμολογία τεσσάρων μπουτόν λειτουργίας και κουμπί kill-switch

Το τελικό στάδιο της πρωτοτυποποίησης έφτασε όταν έγινε συνδεσμολογία και λειτουργία και των τεσσάρων λαμπτήρων. Έγινε δοκιμή του κάθε λαμπτήρα ξεχωριστά για εξακρίβωση ορθής λειτουργίας, διάφορους συνδυασμούς αναμένων λαμπτήρων ταυτόχρονα και τέλος έγινε δοκιμή του kill-switch. Με την εξακρίβωση της ορθής λειτουργίας προχωρήσαμε στον σχεδιασμό και υλοποίηση του συστήματος έξυπνου φωτισμού/διαχείρισης φορτίων έξυπνου σπιτιού.

5.3 Σύστημα προσομοίωσης φόρτου οικήματος/Σύστημα έξυπνου φωτισμού

5.3.1 Λαμπτήρες LED

Για την προσομοίωση των οικιακών φορτίων, αρχικά έγινε χρήση λαμπτήρων LED, ελεγχόμενοι από τον μικροελεγκτή μέσω πλακέτας ρελέ τεσσάρων καναλιών, και για την λειτουργία τους έγινε χρήση μπουτόν. Για προσομοίωση ενός κεντρικού διακόπτη έγινε χρήση ενός ακόμη μπουτόν με τη δυνατότητα να ελέγχει ποιές συσκευές/λαμπτήρες είναι αναμμένοι και με το πάτημά του να τους απενεργοποιεί. Πριν τη σύνδεση του συστήματος αυτού, με το το σύστημα μέτρησης καταναλισκόμενης έντασης ρεύματος έγινε πρώτα υπολογισμός της έντασης θεωρητικά και στη συνέχεια έγινε μέτρηση με αμπερόμετρο. Θεωρητικά, υποθέτοντας ότι η τάση του δικτύου είναι 230 Vrms και, σύμφωνα με το κουτί των λαμπτήρων LED, η ονομαστική ισχύς τους είναι 5.9W, μπορούμε να υπολογίσουμε το ρεύμα που καταναλώνεται με τη συνάρτηση:

$$I = \frac{P}{V_{rms}} \quad (5.1)$$

Σύμφωνα με τη συνάρτηση (5.1), με τη μέτρηση με το αμπερόμετρο και υποθέτοντας ότι κάθε λαμπτήρας έχει την ίδια ονομαστική ισχύ των 5.9W έχουμε:

Πίνακας 5.1: Κατανάλωση ρεύματος λαμπτήρων LED

Αριθμός λαμπτήρων	Θεωρητική τιμή	Τιμή Μέτρησης
0	0 A	0 A
1	0.0256 A	0.038 A
2	0.0513 A	0.078 A
3	0.0769 A	0.118 A
4	0.10261 A	0.155 A

Όπως βλέπουμε οι τιμές είναι πολύ μικρές. Εφόσον σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε το SCT-013-030 για μέτρηση της έντασης και γνωρίζουμε ότι η έξοδος του είναι εναλλασσόμενη τάση αναλογική με τη μέτρηση της έντασης. Οπότε μπορούμε να βρούμε την τάση εξόδου που αντιστοιχεί, για παράδειγμα, στη περίπτωση που και οι τέσσερις λαμπτήρες LED είναι σε λειτουργία. Με την απλή μέθοδο των τριών, εάν για μέτρηση 30A η έξοδος είναι 1V, με μέτρηση 0.102A η τάση εξόδου θα είναι:

$$V_{LED} = \frac{0.102}{30} = 0.0034 \text{ V ή } 3.4\text{mV}$$

Η κατανάλωση με δεδομένο ότι ο αριθμός των φορτίων είναι τέσσερις λαμπτήρες είναι μηδαμινή. Με την έξοδο του αισθητηρίου να είναι υπερβολικά μικρή, είναι αδύνατον για τον ADC του ESP32 να μπορέσει να διαβάσει μία τέτοια τιμή. Ο ADC του μικροελεγκτή δεν είναι γραμμικός και είναι ιδιαίτερα μη-γραμμικός στα άκρα των τιμών που μετρά (0 - 3.3V). Υπολογίζοντας τα Volts ανα step του ADC του μικροελεγκτή, με την ανάλυση του να είναι στα 12-bit ή 4096 μοναδικά βήματα μέτρησης, και με το εύρος τιμών από 0-3.3V όπου $V_{min}=0$ και $V_{max}=3.3\text{V}$ μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό βημάτων μέτρησης για το μέγιστο φορτίο:

$$\text{Voltage per step} = \frac{V_{max}}{\text{Max steps count}} \quad (5.2)$$

Σύμφωνα με τη συνάρτηση (5.2) ο αριθμός των Volt ανά βήμα μέτρησης είναι 0.0008V ή 0.8mV. Με τη κατανάλωση τεσσάρων λαμπτήρων LED να αντιστοιχούν σε 3.4mV και την ανάλυση του ADC η μέγιστη κατανάλωση θα αντιστοιχούσε σε 4,25 βήματα μέτρησης του ADC, με λιγότερους λαμπτήρες να καταναλώνουν ακόμη λιγότερο ρεύμα, βλέπουμε πως οι τιμές είναι υπερβολικά κοντά στο 0. Μεταξύ μη-γραμμικότητας και εσωτερικού θορύβου του ADC λήφθηκε η απόφαση να αλλαχθούν οι λαμπτήρες σε τύπους με μεγαλύτερη κατανάλωση.

5.3.2 Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου

Ο επόμενος τύπος λαμπτήρων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου. Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν ονομαστική ισχύ 53W. Όντας παλαιότερης τεχνολογίας

οι λαμπτήρες αυτοί καταναλώνουν περισσότερο ρεύμα σε σχέση με τους λαμπτήρες LED, πράγμα που εμάς δεν μας ενδιαφέρει στη συγκεκριμένη εφαρμογή καθώς, όσο μεγαλύτερη η κατανάλωση ρεύματος, τόσο καλύτερη ακρίβεια θα έχει ο ADC του μικροελεγκτή μας. Με τη χρήση της συνάρτησης (5.1), υποθέτοντας πως η τάση του δικτύου είναι 230Vrms και τις μετρήσεις από το αμπερόμετρο μας έχουμε:

Πίνακας 5.2: Κατανάλωση ρεύματος λαμπτήρων πυράκτωσης αλογόνου

Αριθμός λαμπτήρων	Θεωρητική τιμή	Τιμή Μέτρησης
0	0 A	0 A
1	0.230 A	0.291
2	0.460 A	0.605
3	0.691 A	0.910
4	0.921A	1.228

Σε σύγκριση με τους λαμπτήρες LED παρατηρούμε αναλογικά μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση ρεύματος. Ο ένας λαμπτήρας αλογόνου καταναλώνει παραπάνω ρεύμα από ότι 4 λαμπτήρες LED. Αυτό μας βοηθάει ιδιαίτερα για να έχουμε μεγαλύτερη ανάλυση κατά τη δειγματοληψία από τον ADC, όσο περισσότερα δείγματα τόσο πιο μεγάλη ακρίβεια στη μέτρηση. Με τη χρήση της απλής μεθόδου των τριών, για κατανάλωση 0.921A, έχουμε:

$$V_{Halogen} = \frac{0.921}{30} = 0.0307 V \text{ ή } 30.7mV$$

Σύμφωνα με τη συνάρτηση (5.2), βρήκαμε ότι τα Volt ανα βήμα μέτρησης είναι 0.8mV. Για μέγιστη κατανάλωση, αντιστοιχισμένη σε 30.7mV από το SCT-013, αντιστοιχούν 38,375 βήματα μέτρησης στον ADC. Συγκριτικά με τους λαμπτήρες LED, πολύ καλύτερο εύρος δειγματοληψίας, μπορούμε, όμως, να έχουμε ακόμη καλύτερη δειγματοληψία.

5.3.3 Λαμπτήρες καθαρής πυράκτωσης

Ο τύπος λαμπτήρων που επιλέχθηκε, τελικά, για την εφαρμογή είναι λαμπτήρες καθαρής πυράκτωσης ή απλά πυρακτώσεως. Έχουν ονομαστική ισχύ 100W και καταναλώνουν τη μεγαλύτερη ποσότητα ρεύματος σε σχέση με τους άλλους τύπους λαμπτήρων που δοκιμάστηκαν για την εφαρμογή αυτή. Όπως και οι λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου, οι λαμπτήρες απλής πυράκτωσης καταναλώνουν σημαντικά περισσότερο ρεύμα. Όπως και με τους άλλους λαμπτήρες κατά τη χρήση και των τεσσάρων λαμπτήρων ταυτόχρονα με τάση δικτύου 230Vrms, μετρήσεις με το αμπερόμετρο και σύμφωνα με τη συνάρτηση (5.1) έχουμε:

Πίνακας 5.3: Κατανάλωση ρεύματος λαμπτήρων καθαρής πυράκτωσης

Αριθμός λαμπτήρων	Θεωρητική τιμή	Τιμή Μέτρησης
0	0 A	0 A
1	0.434 A	0.426 A
2	0.869 A	0.865 A
3	1.3 A	1.305 A
4	1.74 A	1.745 A

Όπως παρατηρούμε 2 λαμπτήρες απλής πυράκτωσης καταναλώνουν όσο τέσσερις λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου ή ~34 λαμπτήρες LED. Καθώς προσπαθούμε να προσομοιώσουμε κατανάλωση φορτίων σε οίκημα, η μεγάλη κατανάλωση δεν μας απασχολεί σε αυτή τη περίπτωση. Με μεγαλύτερη κατανάλωση περιμένουμε και καλύτερη δειγματοληψία, οπότε σύμφωνα με την απλή μέθοδο των τριών, με κατανάλωση 1.74 A έχουμε:

$$V_{Incan} = \frac{1.74}{30} = 0.058 \text{ V ή } 58\text{mV}$$

Με τη συνάρτηση (5.2) μπορούμε να βρούμε τα βήματα μέτρησης για τη δειγματοληψία. Με μετρημένη κατανάλωση 1.74 A και αντιστοιχισμένη τάση στα 58mV, τα βήματα είναι 72,5. Η καλύτερη δειγματοληψία για τον αριθμό των φορτίων που έχουμε στην εφαρμογή. Ο λόγος που επιλέξαμε τους λαμπτήρες απλής πυράκτωσης, μεγάλη κατανάλωση, καλύτερες και πιο ακριβείς μετρήσεις, ιδανικό για προσομοίωση σε μικρή κλίμακα.



Εικόνα 5.5:
Λαμπτήρες LED



Εικόνα 5.6:
Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου



Εικόνα 5.7:
Λαμπτήρες καθαρής πυράκτωσης

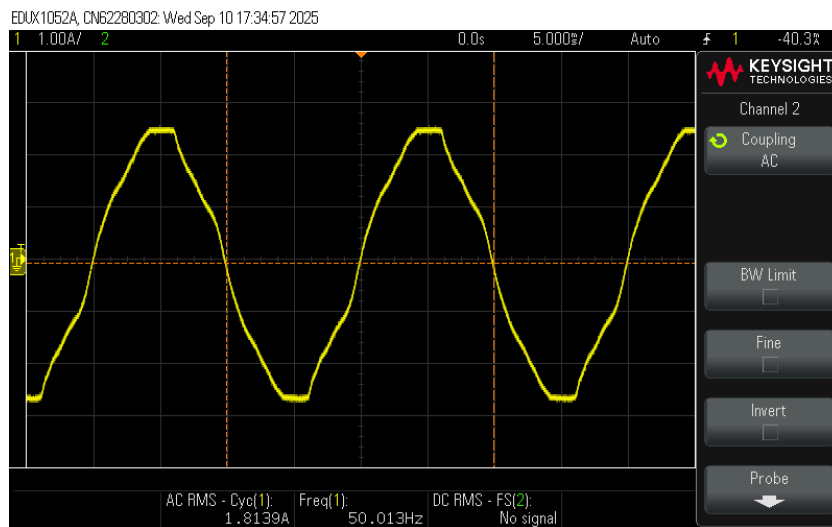
5.3.4 Έλεγχος των λαμπτήρων

Οι λαμπτήρες μπορούν να ενεργοποιηθούν με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι με τέσσερα φυσικά μπουτόν που είναι συνδεδεμένα στον μικροελεγκτή και με χρήση κατάλληλου κώδικα, μπορούν να ανοίξουν και να κλείσουν τον αντίστοιχο λαμπτήρα, στέλνοντας εντολή στην πλακέτα ρελέ που συνδέονται όλοι οι λαμπτήρες. Υπάρχει ένα πέμπτο μπουτόν που

μπορεί μόνο να κλείσει τους λαμπτήρες. Η ιδέα ήταν η εγκατάσταση ενός κεντρικού διακόπτη ή kill-switch σε περίπτωση που πρέπει ή θέλουμε να απενεργοποιήσουμε όλους τους λαμπτήρες. Σε αντίθεση με τον γενικό διακόπτη ενός πίνακα οικήματος, αυτό το μπουτόν μόνο απενεργοποιεί τους λαμπτήρες, δεν τους αποσυνδέει τελείως από το δίκτυο. Οπότε, συνιστάται ύψιστη προσοχή όταν βρίσκεστε κοντά στις βάσεις των λαμπτήρων γιατί είναι ακόμα συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Στο κώδικα, έχει προστεθεί σύστημα αυτόματης προειδοποίησης και αυτόματης απενεργοποίησης. Το σύστημα τίθεται σε λειτουργία από τη στιγμή που ανιχνευτεί ενεργοποίηση λαμπτήρα.

5.4 Σύστημα μέτρησης καταναλισκόμενης έντασης ρεύματος

Το σύστημα μέτρησης της έντασης του ρεύματος αποτελείται από δύο μέρη. Το ένα είναι το αισθητήριο μέτρησης, ένα SCT-013-030 30A/1V και το δεύτερο μέρος ένα κύκλωμα offset DC για να “υψώσουμε” την κυματομορφή στις θετικές τιμές καθώς ο ADC μπορεί να διαβάσει μόνο θετικές τιμές στην είσοδό του. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το αισθητήριο παράγει αναλογική τάση ανάλογη της έντασης ρεύματος που μετρά γύρω από τον αγωγό. Πρέπει, όμως, να σιγουρέψουμε πως το αισθητήριο είναι συνδεδεμένο γύρω μόνο από έναν αγωγό για να μπορέσει να πάρει μετρήσεις. Σε περίπτωση που τυλιχτεί γύρω και από τους δύο αγωγούς η μετρούμενη τιμή θα είναι μηδενική. Επειδή η αναλογική τάση κυμαίνεται τόσο στα θετικά όσο και στα αρνητικά, είναι ημιτονική, πρέπει να τη δώσουμε ένα offset DC για να τη φέρουμε στα θετικά, σε τιμές που εντός του εύρους μέτρησης του ADC του μικροελεγκτή 0-3.3V. Σύμφωνα με τον παλμογράφο, πριν οδηγηθεί η ημιτονική τάση στο κύκλωμα offset και με μετρούμενη τάση δικτύου 240Vrms η κυματομορφή της έντασης ρεύματος με φορτίο 4 λαμπτήρες καθαρής πυρακτώσεως είναι:



Εικόνα 5.8: Κυματομορφή μετρούμενης έντασης ρεύματος στον παλμογράφο (5ms/div)

Όπως αναφέρθηκε η κυματομορφή του μετρούμενου ρεύματος, μετά από αντιστοίχιση σε ανάλογη τάση, οδηγείται σε ένα κύκλωμα offset. Το κύκλωμα offset αποτελείται από ένα διαιρέτη τάσης με δύο αντιστάσεις ίδιας ονομαστικής τιμής 10kΩ, ένα πυκνωτή 10μF, συνδεδεμένο παράλληλα με την δεύτερη αντίσταση και με την κοινή γείωση του μικροελεγκτή και μία αντίσταση προστασίας συνδεδεμένη ανάμεσα στην ακίδα του ADC και του αισθητηρίου. Το κύκλωμα αυτό τροφοδοτείται από 3.3V από την αντίστοιχη ακίδα του μικροελεγκτή και συνδέεται με την πρώτη αντίσταση του διαιρέτη τάσης. Στο σημείο ανάμεσα στις δύο αντιστάσεις συνδέεται το ένα άκρο του αισθητηρίου και το άλλο συνδέεται με την αντίσταση προστασίας ονομαστικής τιμής 100Ω. Δεν χρειάστηκε να

χρησιμοποιηθεί αντίσταση burden καθώς το αισθητήριο ήρθε με ενσωματωμένη αντίσταση 62Ω. Το κύκλωμα DC offset είναι το ίδιο με το κύκλωμα που παρουσιάστηκε στην εικόνα (4.8).

Η βαθμονόμηση αυτού του στοιχείου, στην περίπτωση μας, γίνεται τελείως σε επίπεδο software καθώς δεν υπάρχει κάτι που μπορούμε να ρυθμίσουμε στο στοιχείο. Η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό είναι η EmonLib σύντομα για Energy Monitor Library μία βιβλιοθήκη εξειδικευμένη στις μετρήσεις και υπολογισμούς τιμών RMS. Μετά την κατάλληλη βαθμονόμηση στο software, η οποία είναι η συνεχής αλλαγή μίας τιμής στον κώδικα, μέχρι οι μετρήσεις του αμπερομέτρου και του κώδικα να είναι περίπου ίδιες.

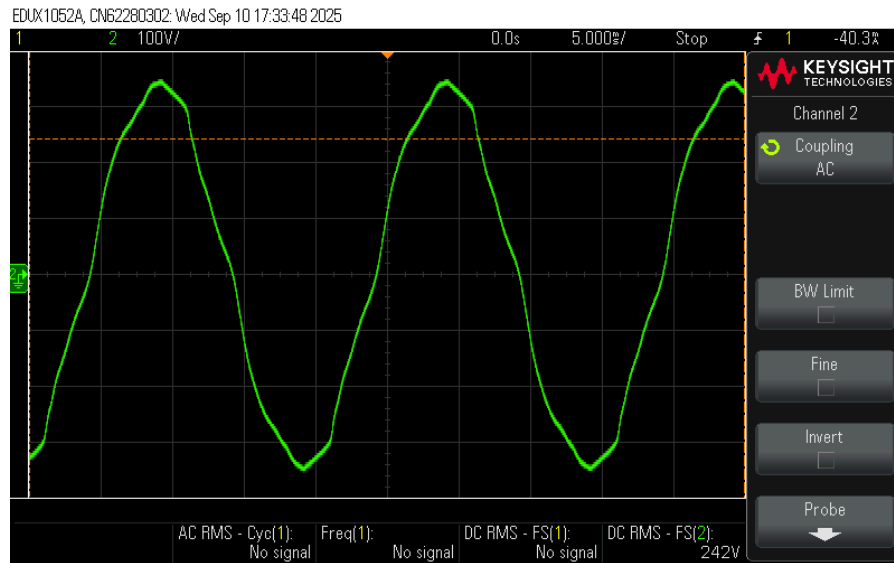
Πίνακας 5.4: Τιμές Αμπερομέτρου και κώδικα

Αριθμός λαμπτήρων	Τιμή Αμπερομέτρου	Τιμή Κώδικα
0	0 A	0.12 A
1	0.422 A	0.45 A
2	0.865 A	0.86 A
3	1.303 A	1.3 A
4	1.757 A	1.73 A

Παρατηρούμε την μεγάλη ακρίβεια του αισθητηρίου, αναμενόμενο, όπως σύμφωνα με το datasheet η μη γραμμικότητα που παρουσιάζει είναι $\pm 1\%$. Το ρεύμα που παρατηρούμε όταν όλοι οι λαμπτήρες είναι κλειστοί, είναι ο εσωτερικός θόρυβος που παρουσιάζει ο ADC του μικροελεγκτή. Οι τιμές που λαμβάνει ο μικροελεγκτής, μετά τον υπολογισμό του Irms στέλνονται μέσω Wi-Fi για απεικόνιση στην πλατφόρμα Blynk.

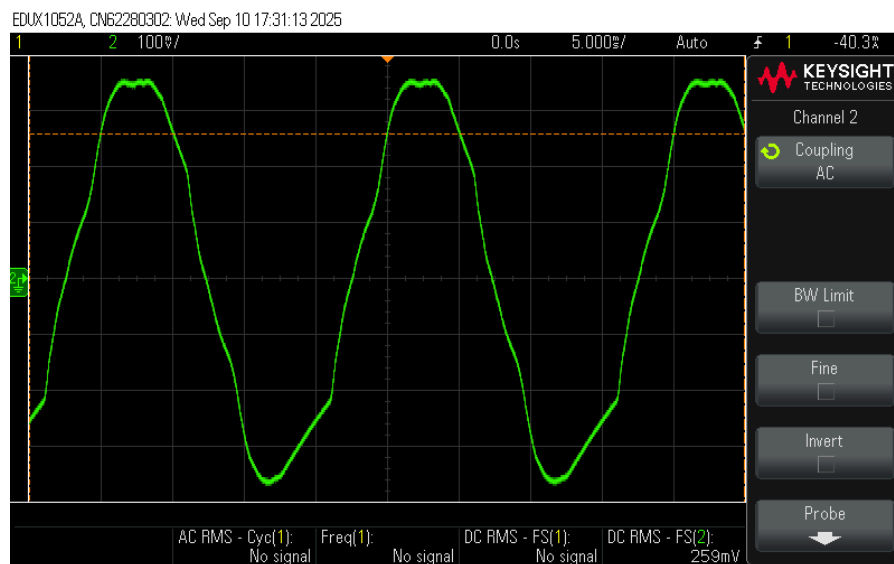
5.5 Σύστημα μέτρησης τάσης δικτύου

Η μέτρηση της τάσης του δικτύου γίνεται μέσω ενός module με βάση τον μετασχηματιστή ρεύματος AC-AC ZMPT101b. Ο μετασχηματιστής αυτός κάνει step-down την τάση την τάση του δικτύου, όπως εξηγήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, και την επεξεργάζεται κατάλληλα με τη χρήση τελεστικού ενισχυτή δύο βαθμίδων που “κεντράρει” την τάση στο $V_{cc}/2$. Το module τροφοδοτείται από το την ακίδα επισημασμένη με Vcc στο κάτω μέρος του module και απαιτεί κοινή γείωση με τον μικροελεγκτή. Η έξοδος γίνεται από την ακίδα OUT και μπορεί να συνδεθεί κατευθείαν στον ADC του μικροελεγκτή καθώς η κυματομορφή εξόδου έχει ήδη πάρει DC offset από ενσωματωμένο κύκλωμα στο module. Η είσοδος γίνεται από το πράσινο terminal block που είναι επισημασμένο στην κάτω μεριά της πλακέτας με L για το Live wire και N για το Neutral wire. Στο καλώδιο τροφοδοσίας, αφού ελέγξουμε ότι δεν είναι συνδεδεμένο στην πρίζα, πρέπει να ξεχωρίσουμε τους δύο αγωγούς και να συνδέσουμε τον κάθε ένα σε διαφορετική είσοδο. Παρατηρώντας την είσοδο του module στον παλμογράφο παρατηρούμε την παρακάτω κυματομορφή, όπου βλέπουμε πως το δίκτυο έχει τάση 243Vrms:



Εικόνα 5.9: Κυματομορφή εισόδου/τάσης δικτύου 240Vrms

Βλέπουμε πως η είσοδος είναι καθαρά ημιτονική. Η τάση εισόδου, περνάει από όλα τα προαναφερόμενα κυκλώματα που υπάρχουν πάνω στο module και στη συνέχεια η έξοδος του οδηγείται κατευθείαν στην είσοδο του ADC του μικροελεγκτή. Η έξοδος είναι αναλογική τάση εναλλασσόμενη μεταξύ 0 και V_{cc} “κεντραρισμένη” στο $V_{cc}/2$. Η έξοδος από αυτό το module δεν έχει πάντα την ιδανική ημιτονική κυματομορφή, το module μας παρέχει με έλεγχο του πλάτους της κυματομορφής δίνοντας μας την δυνατότητα να διορθώσουμε το σχήμα της κυματομορφής μέσω ενός προεγκατεστημένου ποτενσιομέτρου (εικόνα 4.10). Μετά από κατάλληλο conditioning της κυματομορφής, η έξοδος του module είναι:



Εικόνα 5.10: Κυματομορφή εξόδου ZMPT101b

Παρόλο που κάναμε ότι ήταν δυνατό σε επίπεδο hardware υπάρχει ακόμη μία μικρή παραμόρφωση στην κυματομορφή εξόδου. Η παραμόρφωση οφείλεται στον θόρυβο, εφόσον έχουμε να εργαστούμε με εναλλασσόμενη τάση και ταυτόχρονα δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι κάθε ηλεκτρονικό εξάρτημα εισάγει το δικό του θόρυβο και σφάλμα στην τελική κυματομορφή. Η τελική βαθμονόμηση γίνεται σε επίπεδο software όπου γίνεται χρήση της ομώνυμης βιβλιοθήκης ZMPT101b. Μετά από τη

βαθμονόμηση οι τιμές που έχουμε σε σύγκριση με τις τιμές που μετράμε με το πολύμετρο στην είσοδο του module:

Πίνακας 5.5: Τιμές Πολυμέτρου και κώδικα

Αριθμός λαμπτήρων	Τιμή Πολυμέτρου (Vrms)	Τιμή Κώδικα (Vrms)
0	233	233.8
1	233	232.5
2	233	231.7
3	232	232.1
4	234	234.1

Όπως παρατηρούμε, οι τιμές είναι πολύ κοντά. Μπορούμε να πούμε ότι η βαθμονόμηση ήταν επιτυχής όσον αφορά την μετρούμενη τάση. Αποκλίσεις της τάξης 1-3Vrms είναι μικρές όταν δουλεύουμε με τάση παροχής δικτύου.

5.6 Υπολογισμός ενέργειας

Συνολικά, μπορούμε να συνδυάσουμε τις παραπάνω μετρήσεις για να υπολογίσουμε την φαινόμενη ισχύ που διαρρέει το σύστημα. Η ισχύς υπολογίζεται ως:

$$S = V \times I \quad (5.3)$$

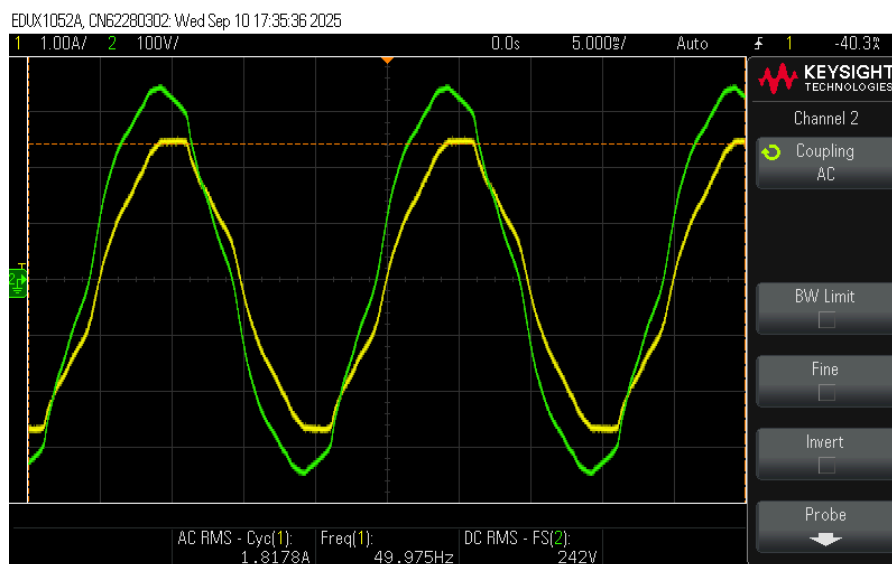
Σύμφωνα με τη σχέση (5.3), μπορούμε να υπολογίσουμε τη φαινόμενη ισχύ μέσω οργάνων μέτρησης, παίρνοντας υπόψη τις μετρήσεις που λάβαμε με το αμπερόμετρο για την ένταση και το πολύμετρο για την τάση. Ταυτόχρονα, μπορούμε με συνδυασμό των τιμών, από τις δύο βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήσαμε, να υπολογίσουμε την φαινόμενη ισχύ με βάση τις μετρήσεις των δύο μας αισθητηρίων.

Πίνακας 5.6: Τιμές οργάνων μέτρησης και κώδικα

Αριθμός λαμπτήρων	Τιμή μέτρησης οργάνων (VA)	Τιμή Κώδικα (VA)
0	0	28
1	98.325	104.625
2	201.545	199.262
3	302.296	301.73
4	411.138	404.993

Οι μετρήσεις με την πραγματικότητα είναι εντός των ορίων του επιτρεπτού σφάλματος για μετρήσεις από το δίκτυο. Μεταξύ επιτρεπτών σφαλμάτων των οργάνων μέτρησης, των φορτίων και των καλωδιώσεων η τιμή είναι καλή.

Για τον υπολογισμό της πραγματικής ή ενεργού ισχύος θα χρειαστεί να υπολογίσουμε τον συντελεστή ισχύος. Σύμφωνα με τα διαγράμματα κυματομορφών τάσης εισόδου και έντασης ρεύματος:



Εικόνα 5.11: Κυματομορφή εισόδου τάσης και κατανάλωσης έντασης

Από αυτή τη διπλή απεικόνιση και σύμφωνα με την κλίμακα του παλμογράφου μπορούμε να υπολογίσουμε την γωνία μεταξύ τάσης και έντασης. Ως δεδομένα έχουμε, την τιμή V_{rms} του δικτύου ~ 242 Vrms, την συχνότητα της παροχής 50Hz, την τιμή έντασης ρεύματος ~ 1.82 Arms και τη κλίμακα του παλμογράφου 5ms/div. Από αυτά μπορούμε να βρούμε την περίοδο T ως 20ms που κρατάει 4 divisions σύμφωνα με το γράφημα και μπορούμε σύμφωνα με αυτό να βρούμε την καθυστέρηση κατα προσέγγιση. Γνωρίζοντας πως κάθε division είναι 5ms, κάθε subdivision (υπάρχουν τέσσερα) είναι 1.25ms. Η πράσινη κυματομορφή είναι λίγο μετά τη μέση ενός subdivision οπότε κατα προσέγγιση υπολογίζουμε πως είναι 0.6-0.8ms νωρίς. Χρησιμοποιώντας το μέσο όρο τους 0.7ms, θα έχουμε:

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360 = \frac{0.7}{20} \times 360 \approx 12.6 \text{ μοίρες} \quad (5.4)$$

Έχοντας γνώση, πλέον, της γωνίας καθυστέρησης μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή ισχύος PF, υπολογίζοντας το συνημίτονο της γωνίας που βρήκαμε (5.4).

$$PF = \cos(\varphi) = \cos(12.6 \text{ deg}) \approx 0.976 \quad (5.5)$$

Ιδανικά, επειδή το κύκλωμα μας αποτελείται από λαμπτήρες καθαρής πυράκτωσης, που παρουσιάζουν καθαρά ωμική συμπεριφορά, ο συντελεστής ισχύος έπρεπε να είναι ίσος με ένα. Λόγω, όμως, της χρήσης επαγωγικών και χωρητικών στοιχείων για τη μέτρηση της έντασης και της τάσης,

αντικατροπρίζεται η απόφαση μας για τη χρήση αυτών των στοιχείων στον συντελεστή ισχύος. Έχοντας πλέον τον συντελεστή ισχύος έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε και την ενεργό ισχύ με την σχέση:

$$P = V \times I \times PF = S \times PF \quad (5.6)$$

Σύμφωνα με τη (5.6), η πραγματική ισχύς μπορεί να βρεθεί πολλαπλασιάζοντας τη φαινόμενη ισχύ με το συντελεστή ισχύος (5.5). Η μονάδα μέτρησης είναι τα Watt (W) και από αυτή μπορεί να υπολογιστεί η κατανάλωση σε κιλοβατώρες. Αντιστοίχως, αν υπολογίσουμε την πραγματική ισχύ με βάση τα στοιχεία του πίνακα 5.6, θα έχουμε:

Πίνακας 5.7: Υπολογιζόμενες τιμές ενεργού ισχύος

Αριθμός λαμπτήρων	Τιμή μέτρησης οργάνων Φαινόμενη ισχύς (VA)	Τιμή υπολογισμού Ενεργή ισχύς (W)
0	0	0
1	98.325	95.965
2	201.545	196.708
3	302.296	295.041
4	411.138	401.271

Παρατηρούμε πως η φαινόμενη ισχύς είναι μεγαλύτερη της ενεργού ισχύος. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς με τη χρήση επαγωγικών και χωρητικών στοιχείων για την μέτρηση των τιμών αυτών αλλοιώθηκε η καθαρά ωμική συμπεριφορά του κυκλώματος των λαμπτήρων.

Για τον υπολογισμό των κιλοβατώραν, διαιρούμε την πραγματική ισχύ με χίλια για να ανεβούμε κλίμακα σε kW. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζουμε με το πέρασ του χρόνου. Αυτός ο υπολογισμός γίνεται συνεχώς και κάθε επόμενη τιμή προστίθεται στην προηγούμενη για να μπορούμε να βρούμε τη συνολική κατανάλωση. Η σχέση που την περιγράφει είναι:

$$kWh = \sum \left(\frac{P}{1000} \times \Delta t \right) \quad (5.7)$$

5.7 Περιγραφή κώδικα

Ο κώδικας χωρίζεται σε ορισμένα κομμάτια. Αρχικά, γίνεται κλήση βιβλιοθηκών που θα χρησιμοποιηθούν, η δήλωση μεταβλητών και η δημιουργία αντικειμένων. Στη συνέχεια γίνεται, η ανάπτυξη των συναρτήσεων που θέλουμε να τρέξουν όταν τις καλέσουμε αργότερα στον κώδικα. Τέλος, ο ορισμός των αρχικών παραμέτρων, εντολές που θα τρέξουν μία μόνο φορά, με την setup() και η loop() που περιέχει άλλες συναρτήσεις και μεθόδους που τρέχουν συνέχεια. Η πλατφόρμα που

Στη συνέχεια, δηλώνουμε το όνομα και τον κωδικό του δικτύου Wi-Fi που θέλουμε το ESP να αναζητήσει και να συνδεθεί για σύνδεση στο διαδίκτυο. Στην προκειμένη περίπτωση το HotSpot από το κινητό μας.

```

16 // Wi-Fi credentials
17 const char ssid[] = "OnePlus 13";
18 const char pass[] = "123456789";
19

```

Εικόνα 5.15: Στοιχεία Wi-Fi

Παρακάτω γίνονται οι δηλώσεις των αρχικών καταστάσεων των ρελέ, μπουτόν και διάφορων σημαιών που αφορούν την συνάρτηση αυτόματης επανασύνδεσης που υπάρχει. Επίσης, εδώ δηλώνουμε το αντικείμενο χρονισμού BlynkTimer timer και το χρόνο που πρέπει να περάσει για την προειδοποίηση και το χρόνο που χρειάζεται για να κλείσει αυτόματα ένα από τα ρελέ που είναι ενεργοποιημένο για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

```

43 // Relays & Buttons
44 int relayStates[4] = {LOW, LOW, LOW, LOW};
45 int lastButtonStates[4] = {HIGH, HIGH, HIGH, HIGH};
46 int lastAlloffState = HIGH;
47
48 // Auto shutoff timers
49 unsigned long relayOnTime[4] = {0, 0, 0, 0};
50 bool relayWarned[4] = {false, false, false, false};
51 const unsigned long warnTime = 60000UL;
52 const unsigned long autoOffTime = 120000UL;
53
54 // Wi-Fi check
55 bool wifiWasConnected = false;
56 unsigned long lastWifiCheck = 0;
57 unsigned long lastBlynkAttempt = 0;
58
59 // Blynk
60 BlynkTimer timer;
61 const unsigned long wifiCheckInterval = 3000;
62 const unsigned long blynkRetryInterval = 5000;
63

```

Εικόνα 5.16: Δήλωση αρχικών καταστάσεων για χρήση σε συναρτήσεις

5.7.3 Δήλωση συναρτήσεων

Για να μην επιβαρύνουμε τον μικροελεγκτή και γράφουμε όλες τις λειτουργίες του προγράμματος στην `loop()`, γράφουμε όλες τις λειτουργίες που θέλουμε από το πρόγραμμα και τις καλούμε μόνο στη `loop()`. Πολλές από τις συναρτήσεις περιέχουν κώδικα σειριακής εκτύπωσης για διάγνωση και παρακολούθηση της λειτουργίας της συσκευής.

Ξεκινώντας, η συνάρτηση `setRelayState()` έχει ως κύριο σκοπό τον έλεγχο των ρελέ. Δηλώνοντας το πρώτο βάζουμε προτεραιότητα στην ορθή λειτουργία τα ρελέ. Πρέπει να δηλωθεί πρώτη η λειτουργία των ρελέ καθώς μία επόμενη συνάρτηση έχει άμεση εξάρτηση από την `setRelayState()`. Αυτή η συνάρτηση εκτυπώνει δεδομένα στο Blynk και κρατάει χρονόμετρο πόσο χρόνο είναι σε λειτουργία ένα ρελε.

```

64 // === Relay control ===
65 void setRelayState(int i, int state) {
66     relayStates[i] = state;
67     digitalWrite(relayPins[i], state);
68
69     if (Blynk.connected()) {
70         Blynk.virtualWrite(virtPins[i], state);
71     }
72
73     if (state == LOW) {
74         relayOnTime[i] = 0;
75         relayWarned[i] = false;
76     } else {
77         if (relayOnTime[i] == 0) relayOnTime[i] = millis();
78     }
79 }
80

```

Εικόνα 5.17: Συνάρτηση `setRelayState()`

Αρχικά, δημιουργούμε συναρτήσεις για την λειτουργία των μπουτόν που ελέγχουν τα ρελέ, αλλά και του κουμπιού All-Off ή kill-switch. Στην περίπτωση του All-Off μπουτόν εντός της συνάρτησης γίνεται η εγγραφή της κατάστασης του μπουτόν στη πλατφόρμα Blynk.

```

81 // === ALL OFF BUTTON ===
82 void alloff() {
83     for (int i = 0; i < 4; i++) {
84         setRelayState(i, LOW);
85     }
86     Serial.println("All relays turned OFF");
87
88     if (Blynk.connected()) {
89         Blynk.virtualWrite(alloffVirtPin, 1);
90         delay(100);
91         Blynk.virtualWrite(alloffVirtPin, 0);
92     }
93 }
94

```

Εικόνα 5.18: Συνάρτηση μπουτόν All-Off

Στη συνάρτηση `checkButtons()`, βρίσκεται όλη η λογική για τη λειτουργία και συμπεριφορά των μπουτόν. Σε αυτό το σημείο αποτρέπουμε την αναπήδηση που παρουσιάζουν οι διακόπτες αυτού του τύπου κρατώντας την τελευταία κατάσταση του μπουτόν και αποτρέποντας την απανωτή εναλλαγή κατάστασης του μπουτόν σε περίπτωση παρατεταμένου πατήματος. Τέλος, στη συνάρτηση γίνεται η διαχείριση και κλήση της `alloff()`, που απενεργοποιεί όλα τα ενεργά ρελέ.

```

95 // === Button logic ===
96 void checkButtons() {
97     for (int i = 0; i < 4; i++) {
98         int current = digitalRead(buttonPins[i]);
99         if (current == LOW && lastButtonStates[i] == HIGH) {
100             relayStates[i] = !relayStates[i];
101             setRelayState(i, relayStates[i]);
102             Serial.printf("Button %d toggled -> Relay %s\n", i, relayStates[i] ? "ON" : "OFF");
103         }
104         lastButtonStates[i] = current;
105     }
106
107     int currentAllOff = digitalRead(allOffButtonPin);
108     if (currentAllOff == LOW && lastAllOffState == HIGH) {
109         alloff();
110     }
111     lastAllOffState = currentAllOff;
112 }

```

Εικόνα 5.19: Συνάρτηση `checkButtons()`.

Στη συνάρτηση `measureEnergy()` γίνονται όλοι οι υπολογισμοί και η επεξεργασία των μετρήσεων που λαμβάνουμε από τους αισθητήρες τάσης και έντασης του ρεύματος. Η RMS τάση υπολογίζεται μέσω της ομώνυμης του αισθητηρίου βιβλιοθήκης ZMPT101B, η παρακολούθηση της τάσης και υπολογισμός της RMS τιμής πραγματοποιείται από την Emonlib. Συνδυάζοντας τις τιμές από τις δύο μετρήσεις, υπολογίζουμε την φαινόμενη ισχύ και πολλαπλασιάζοντας την φαινόμενη ισχύ με τον συντελεστή ισχύος που βρήκαμε με τη βοήθεια του παλμογράφου, βρίσκουμε την ενεργό ισχύ. Τέλος, γίνεται ο υπολογισμός σε κιλοβατώρες πολλαπλασιάζοντας με το πέρασ του χρόνου. Σημειώνεται ότι υπάρχει ένα φίλτρο που αποκόβει τις χαμηλές τιμές του ρεύματος λόγω παρουσίας θορύβου στην είσοδο του ADC.

```

114 // === Energy Measurements (NEW) ===
115 void measureEnergy() {
116     // Vrms from ZMPT101B
117     float Vrms = voltageSensor.getRmsVoltage();
118
119     // Irms from SCT013 (EmonLib)
120     float Irms = emonE.calcIrms(1480);
121
122     // Calculate power
123     float apparentPower = Vrms * Irms;
124     float realPower = apparentPower * fixedPF;
125
126     // kWh accumulation
127     unsigned long now = millis();
128     float dt = (now - lastEnergyMillis) / 3600000.0; // hours
129     totalkWh += realPower * dt / 1000.0;
130     lastEnergyMillis = now;
131
132     // Filters
133     if (Irms < 0.2) Irms = 0.0;
134 }

```

Εικόνα 5.20: Συνάρτηση `measureEnergy()`

Συνεχίζοντας στην παραπάνω συνάρτηση, εκτυπώνουμε τις υπολογισμένες τιμές σειριακά στο Serial Monitor του περιβάλλοντος ArduinoIDE για να παρακολουθήσουμε τις τιμές σε πραγματικό χρόνο. Αν είναι διαθέσιμη η σύνδεση με το Blynk τα αποτελέσματα των μετρήσεων αποστέλλονται στο cloud για απεικόνιση.

```

135 // Serial output
136 Serial.print("Vrms: "); Serial.print(Vrms, 3); Serial.println(" V");
137 Serial.print("Irms: "); Serial.print(Irms, 3); Serial.println(" A");
138 Serial.print("P: "); Serial.print(realPower, 3); Serial.println(" W");
139 Serial.print("S: "); Serial.print(apparentPower, 3); Serial.println(" VA");
140 Serial.print("PF: "); Serial.print(fixedPF, 3); Serial.println();
141 Serial.print("kWh: "); Serial.println(totalkWh, 4);
142 Serial.println();
143
144 // Send to Blynk
145 if (Blynk.connected()) {
146     Blynk.virtualWrite(V6, Vrms);
147     Blynk.virtualWrite(V5, Irms);
148     Blynk.virtualWrite(V7, realPower);
149     Blynk.virtualWrite(V8, apparentPower);
150     Blynk.virtualWrite(V9, fixedPF * 100.0);
151     Blynk.virtualWrite(V10, totalkWh);
152 }
153 }
154

```

Εικόνα 5.21: Σειριακή εκτύπωση & αποστολή στο Blynk

Με την συνάρτηση checkRelayTimers(), ελέγχουμε σε πραγματικό χρόνο το χρόνο λειτουργίας των ρελέ. Με άμεση εξάρτηση από το χρονόμετρο στην setRelayState(), η συνάρτηση αυτή ελέγχει συνεχώς το χρόνο που έχει περάσει, μόλις φτάσει το πρώτο χρόνο που δηλώσαμε ως μεταβλητή προειδοποίησης στην αρχή του κώδικα, στέλνει προειδοποίηση μέσω του Blynk σε μορφή notification και μόλις ανιχνευτεί η δεύτερη μεταβλητή της απενεργοποίησης στέλνει notification και απενεργοποιεί το αντίστοιχο ρελέ.

```

155 void checkRelayTimers() {
156     unsigned long now = millis();
157     for (int i = 0; i < 4; i++) {
158         if (relayStates[i] == HIGH && relayOnTime[i] > 0) {
159             unsigned long elapsed = now - relayOnTime[i];
160
161             if (!relayWarned[i] && elapsed >= warnTime) {
162                 relayWarned[i] = true;
163                 if (Blynk.connected()) {
164                     Blynk.logEvent("warning", String("Relay ") + i + " has been ON for 1 minute!");
165                 }
166             }
167
168             if (elapsed >= autoOffTime) {
169                 setRelayState(i, LOW);
170                 if (Blynk.connected()) {
171                     Blynk.logEvent("auto_off", String("Relay ") + i + " turned OFF after 2 minutes!");
172                 }
173             }
174         }
175     }
176 }
177

```

Εικόνα 5.22: Συνάρτηση checkRelayTimers()

Με αυτή τη συνάρτηση, δίνουμε τη δυνατότητα στον μικροελεγκτή να ψάχνει για το δίκτυο, που έχουμε ορίσει στις μεταβλητές με SSID και Pass, και να συνδέεται αυτόματα. Ομοίως και με το Blynk, εφόσον χρειάζεται σύνδεση στο διαδίκτυο για επιτυχής σύνδεση. Η συνάρτηση ελέγχει την αρχική κατάσταση σύνδεσης, επανασυνδέεται όταν ανιχνεύσει επιτυχώς το δίκτυο και προσπαθεί το ίδιο με το Blynk αν υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Τέλος, η συνάρτηση ανάβει ένα LED ενσωματωμένο όταν υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο και ενημερώνει την τελευταία κατάσταση του δικτύου.

```

178 // === Wi-Fi + Blynk Monitor ===
179 void checkWifiAndBlynk() {
180     bool wifiConnected = (WiFi.status() == WL_CONNECTED);
181     digitalWrite(wifiStatusLED, wifiConnected ? HIGH : LOW);
182
183     if (!wifiConnected && millis() - lastWifiCheck > wifiCheckInterval) {
184         Serial.println("Wi-Fi disconnected. Attempting reconnect...");
185         WiFi.disconnect();
186         WiFi.begin(ssid, pass);
187         lastWifiCheck = millis();
188     }
189
190     if (wifiConnected && !Blynk.connected() && millis() - lastBlynkAttempt > blynkRetryInterval) {
191         Serial.println("Wi-Fi OK. Trying Blynk reconnect...");
192         Blynk.connect();
193         lastBlynkAttempt = millis();
194     }
195
196     wifiWasConnected = wifiConnected;
197 }
198

```

Εικόνα 5.23: Συνάρτηση checkWifiAndBlynk()

Στο τέλος των διαφόρων συναρτήσεων, αλλά εκτός των κυρίων συναρτήσεων του προγράμματος, δηλώνουμε τους χειριστές των ψηφιακών κουμπιών/ακίδων στο Blynk. Συνδέει μία ψηφιακή ακίδα του Blynk με ένα ρελέ. Όταν ανιχνεύσει αλλαγή από τη μεριά του Blynk, ενημερώνει την κατάσταση του αντίστοιχου ρελέ. Είναι οι γραμμές που επιτρέπουν την επικοινωνία από την εφαρμογή του χρήστη προς τη συσκευή.

```

231 // === Blynk buttons ===
232 BLYNK_WRITE(V1) { setRelayState(0, param.asInt()); }
233 BLYNK_WRITE(V2) { setRelayState(1, param.asInt()); }
234 BLYNK_WRITE(V3) { setRelayState(2, param.asInt()); }
235 BLYNK_WRITE(V4) { setRelayState(3, param.asInt()); }
236 BLYNK_WRITE(V0) { if (param.asInt()) allOff(); }
237

```

Εικόνα 5.24: Χειριστής εικονικών ακίδων Blynk

5.7.4 Η συνάρτηση setup()

Η συνάρτηση setup() εκτελείται μόνο μία φορά όταν ξεκινά το πρόγραμμα. Χρησιμοποιείται για αρχικοποίηση μεταβλητών, ορισμό χρήσης των ακίδων του μικροελεγκτή. Στην περίπτωσή μας,

χρησιμοποιείται για να θέσουμε τις αρχικές καταστάσεις στα αισθητήρια μας και αρχικοποιούμε τους χρονιστές timer οι οποίοι εκτελούν τις εντολές ανά όσο χρόνο θέσουμε.

```

199 // === Setup ===
200 void setup() {
201     //Baud rate
202     Serial.begin(115200);
203
204     //Relay & Button Setup
205     for (int i = 0; i < 4; i++) {
206         pinMode(buttonPins[i], INPUT_PULLUP);
207         pinMode(relayPins[i], OUTPUT);
208         digitalWrite(relayPins[i], relayStates[i]);
209     }
210
211     pinMode(allofButtonPin, INPUT_PULLUP);
212     pinMode(wifiStatusLED, OUTPUT);
213     digitalWrite(wifiStatusLED, LOW);
214
215     WiFi.begin(ssid, pass);
216     Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);
217
218     // Sensor setup
219     analogSetAttenuation(ADC_11db);
220     analogReadResolution(12);
221     emonE.current(currentPin, Ical);
222     voltageSensor.setSensitivity(ZMPT_CAL);
223
224     // Timers
225     timer.setInterval(50L, checkButtons);
226     timer.setInterval(1000L, checkWifiAndBlynk);
227     timer.setInterval(1000L, measureEnergy);
228     timer.setInterval(1000L, checkRelayTimers);
229 }
230

```

Εικόνα 5.25: Συνάρτηση setup()

5.7.5 Η συνάρτηση loop()

Μετά τη συνάρτηση setup() ακολουθεί η loop(), η οποία λειτουργεί ατελείωτα. Είναι μία συνάρτηση διαδοχικού βρόγχου η οποία τρέχει συνέχεια, που σημαίνει ότι κώδικας εισαχθεί εδώ θα τρέχει μέχρι να ενεργοποιηθεί ο μικροελεγκτής. Στη δική μας περίπτωση στη loop() τρέχουμε συνέχεια τον χρονιστή timer και, αν βρίσκεται σε σύνδεση το Blynk, όλα τις μεταβλητές και κομμάτια του κώδικα που σχετίζονται με την προαναφερόμενη πλατφόρμα.

```

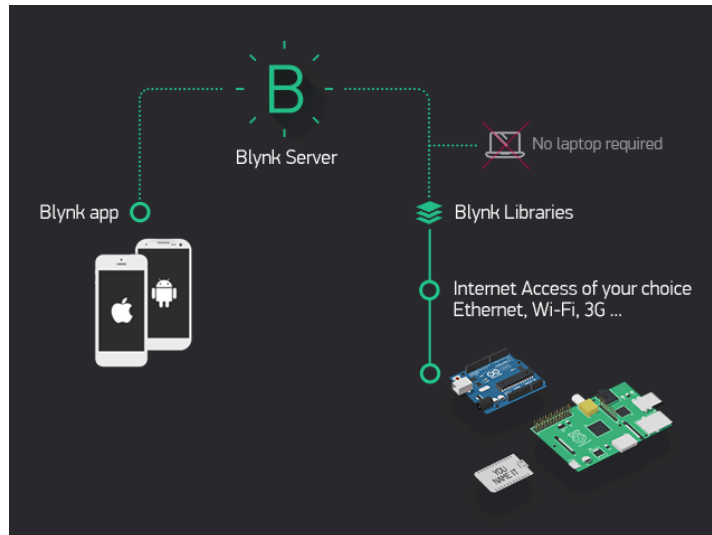
238 // === Main Loop ===
239 void loop() {
240     if (Blynk.connected()) Blynk.run();
241     timer.run();
242 }
243

```

Εικόνα 5.26: Συνάρτηση loop()

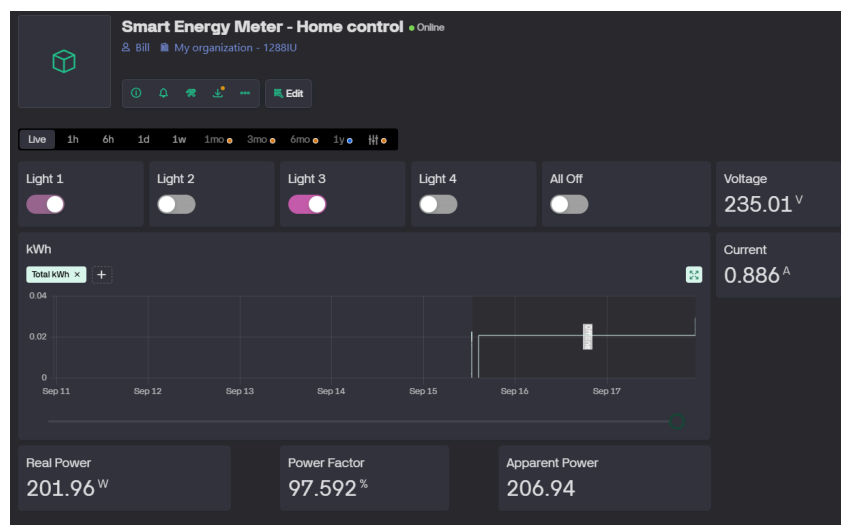
5.8 Εφαρμογή Blynk

Για τον απομακρυσμένο έλεγχο με χρήση κινητού τηλεφώνου, tablet ή υπολογιστή, έγινε χρήση της πλατφόρμας Blynk. Συνδεόμαστε μέσω διαδικτύου, συγκεκριμένα Wi-Fi, και η αμφίδρομη επικοινωνία επιτυγχάνεται με το cloud. Η σύνδεση μεταξύ κώδικα και cloud ταυτοποιείται από ένα μοναδικό authentication token, που εισάγεται στον κώδικα. Το token αυτό εξασφαλίζει την ασφάλεια της σύνδεσης μεταξύ Blynk και ESP.



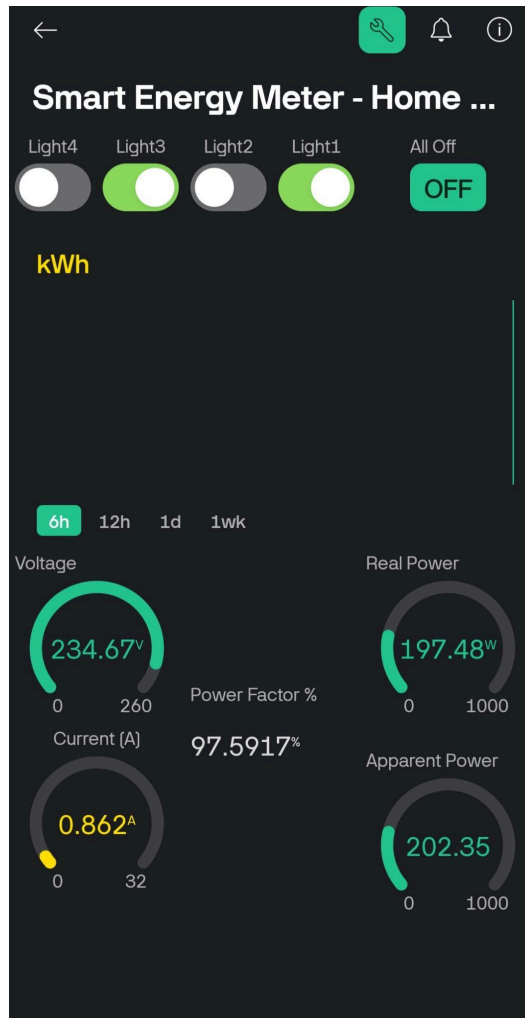
Εικόνα 5.27: Επικοινωνία μέσω Blynk

Επισημάναμε ότι το Blynk έχει δύο διαφορετικές “εφαρμογές” διαχείρισης, το web dashboard, Blynk.console, και τη mobile app, Blynk.Apps. Το περιβάλλον διεπαφής είναι διαμορφώσιμο από το χρήστη και διαθέτει πολλά widgets για την απεικόνιση και έλεγχο από και προς τον μικροελεγκτή. Στη δικιά μας εφαρμογή δημιουργήσαμε ένα web dashboard διαχείρισης με απεικόνιση των μετρήσεων σε γραφήματα, σε κυκλικούς βαθμονομημένους μετρητές ή σε απλή μορφή κειμένου. Στο dashboard υπάρχουν κουμπιά για ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των λαμπτήρων μέσω απομακρυσμένου ελέγχου των ρελέ.



Εικόνα 5.28: Blynk Web Dashboard με 2 λαμπτήρες σε λειτουργία

Επίσης, δημιουργήσαμε και ένα περιβάλλον διεπαφής στο mobile app, όπου ο χρήστης έχει πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες με τα web dashboard. Η μόνη διαφορά που παρουσιάζουν τα δύο μεταξύ τους είναι η γκάμα από widget διαθέσιμα για χρήση. Η mobile πλατφόρμα διαθέτει μεγαλύτερη βιβλιοθήκη για εξατομίκευση.



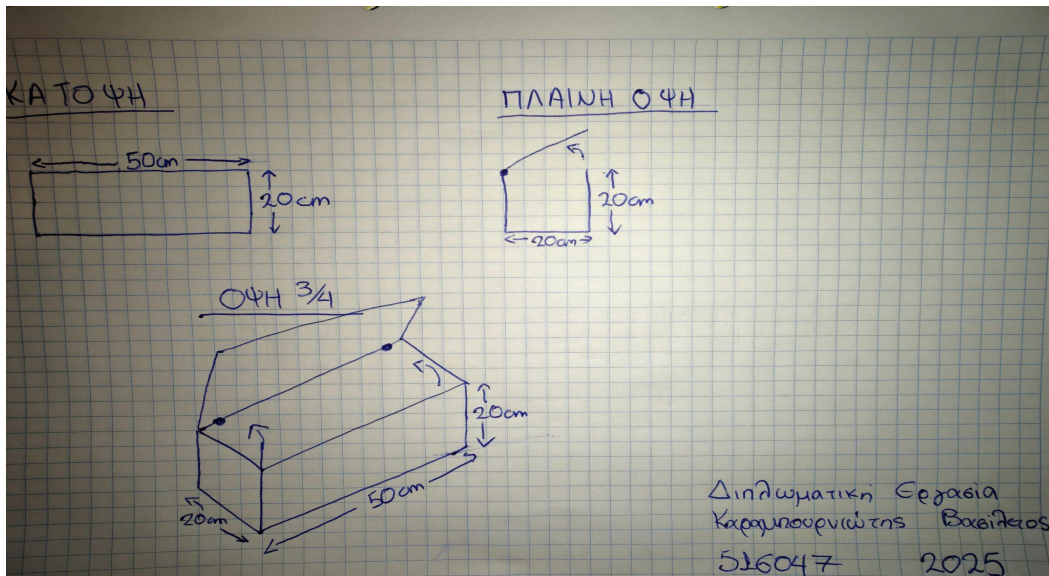
Εικόνα 5.29: Το περιβάλλον διεπαφής της mobile εφαρμογής

Κεφάλαιο 6ο: Σχεδιασμός και κατασκευή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφέρουμε τα βήματα που ακολουθήσαμε για την υλοποίηση της κατασκευής από ιδέα στην πραγματικότητα.

6.1 Σχεδιασμός κουτιού

Αρχικά, πήραμε μέτρα από τις βάσεις των λαμπτήρων και κάναμε ένα σκίτσο με τα μέτρα που καλύπτουν τις ανάγκες μας.



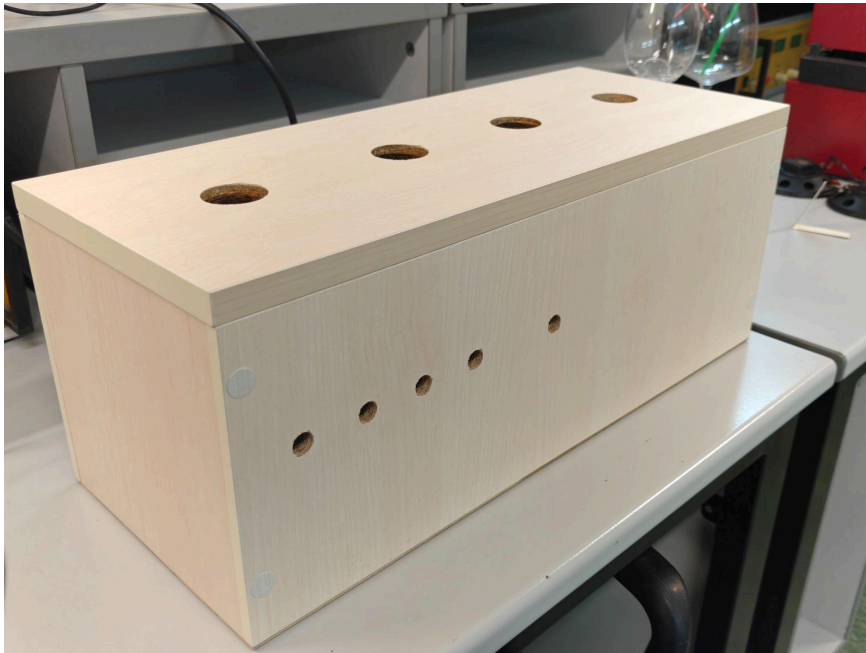
Εικόνα 6.1: Σκίτσο για το κουτί

Το κουτί που λάβαμε από τον μαραγκό, ήρθε ακριβώς στις διαστάσεις που το ζητήσαμε.



Εικόνα 6.2: Κουτί

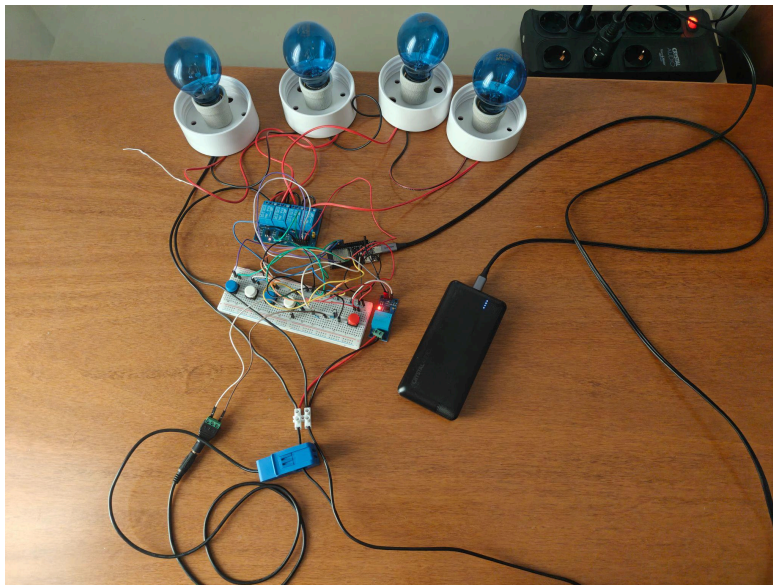
Σύμφωνα με τις διαστάσεις των υλικών μας, ανοίξαμε τρύπες στο κουτί για την εγκατάστασή τους.



Εικόνα 6.3: Κουτί έτοιμο για εγκατάσταση εξαρτημάτων εφαρμογής

6.2 Εγκατάσταση στο κουτί

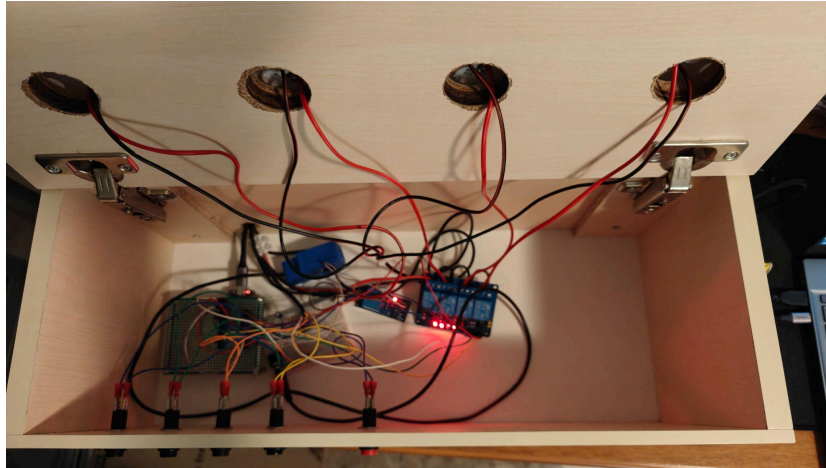
Με το κουτί έτοιμο μπορούμε να μεταφέρουμε το κύκλωμα μας εντός του κουτιού. Παρακάτω είναι το αρχικό κύκλωμα, πριν την εγκατάσταση στο κουτί. Τροφοδοτείται από power bank στην προκειμένη περίπτωση.



Εικόνα 6.4: Αρχικό κύκλωμα πριν την εγκατάσταση

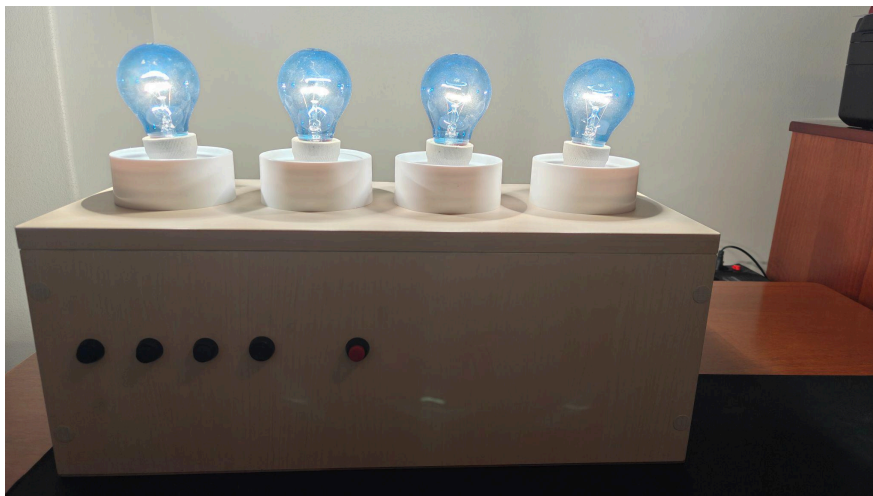
Κεφάλαιο 6

Μετα την εγκατάσταση, το εσωτερικό του κουτιού είναι ως εξής. Τα μπουτόν του ράστερ έχουν αντικατασταθεί με μπουτόν ίδιας λειτουργίας, σε μεγαλύτερο μέγεθος, ο μικροελεγκτής έχει εγκατασταθεί σε πλακέτα perfboard και το κύκλωμα μέτρησης έντασης ρεύματος βρίσκεται σε βοηθητική πλακέτα.



Εικόνα 6.5: Εσωτερικό με τη ηλεκτρονικά εξαρτήματα

Το κουτί σε λειτουργία. Όλοι οι λαμπτήρες είναι σε λειτουργία, τα μπουτόν λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούσαν στο ράστερ και δεν παρουσιάστηκε κανένα θέμα μετά την εγκατάσταση όσον αφορά τις μετρήσεις.



Εικόνα 6.6: Το κουτί σε λειτουργία

Συνολικά, το κύκλωμα είναι συνδεσμολογημένο στον μικροελεγκτή ως εξής:

Πίνακας 6.1: Συνδεσμολογία μικροελεγκτή-εξαρτημάτων

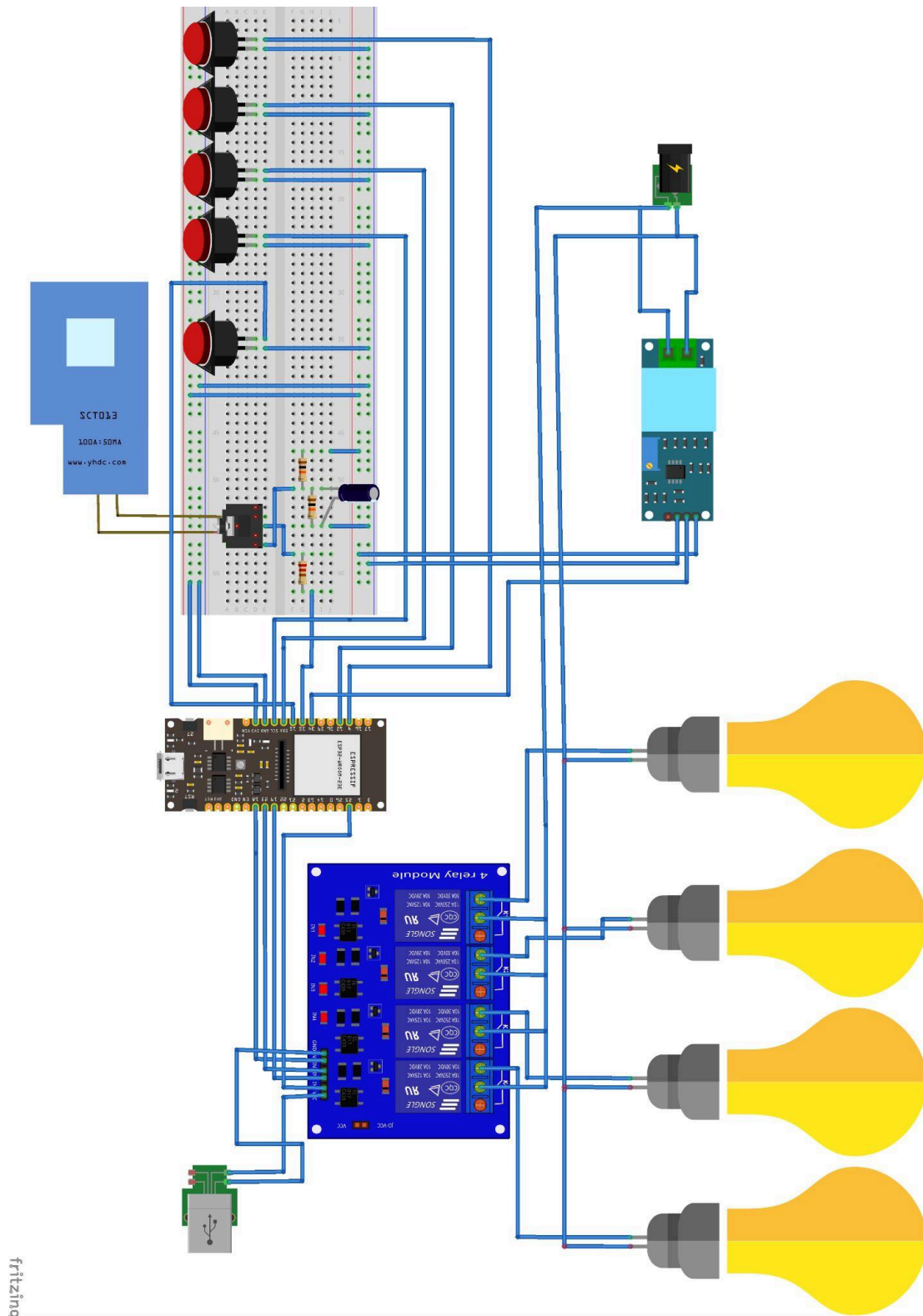
Στοιχείο	Ανάθεση Pins
Μπουτόν εισόδου	Pins 4, 12, 21, 22
Μπουτόν All off	Pin 15
Ρελέ	Pins 18, 19, 23, 25
Αισθητήρας έντασης ρεύματος	Pin 35
Αισθητήρας τάσης δικτύου	Pin 34

Πίνακας 6.2: Πίνακας υλικών

Υλικό	Ποσότητα
Firebeetle 2 ESP32-E	1
ZMPT101b	1
SCT-013-030	1
4 Channel Relay Board	1
Διάτρητη πλακέτα	1
Ράστερ	1
Ντουι E27 με βάση	4
Λαμπτήρες πυρακτώσεως 100W	4
Push-button	5
Αντιστάσεις	3
Πυκνωτής	1
Διάφοροι βραχυκυκλωτήρες και καλώδια	1
Καλώδια USB	2
Καλώδιο τροφοδοσίας	1
Custom Κουτί	1

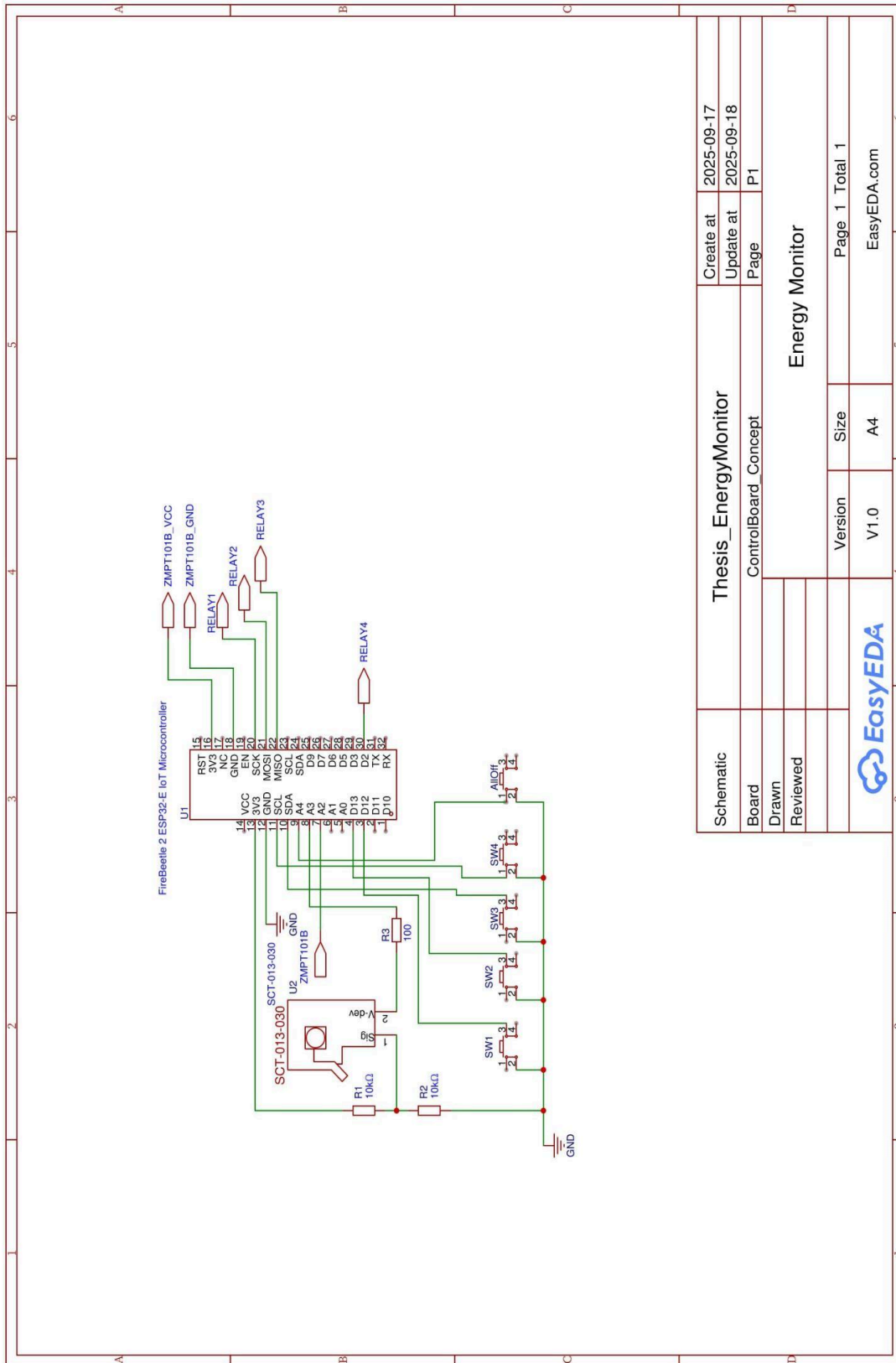
6.3 Διαγράμματα Εφαρμογής

Παρακάτω έχουμε απεικονίσεις της εφαρμογής μας στο περιβάλλον του Fritzing.



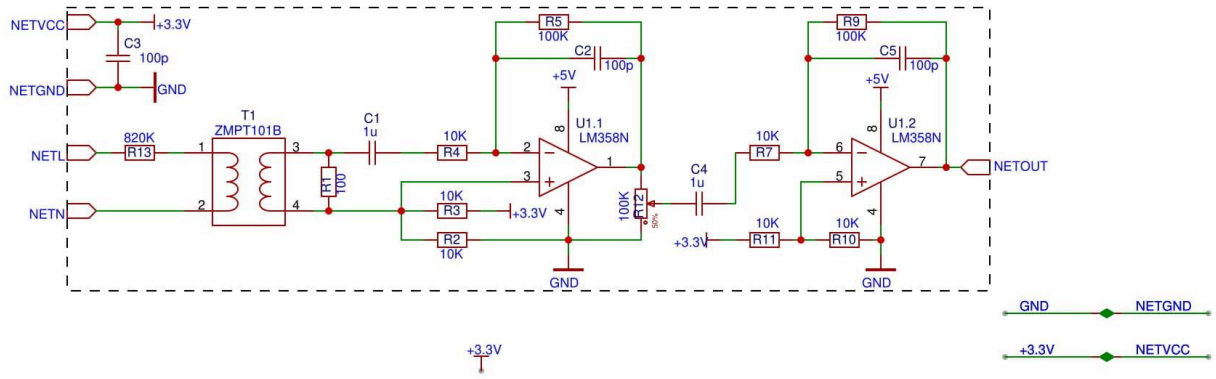
Εικόνα 6.7: Απεικόνιση τελικής κατασκευής στο πρόγραμμα Fritzing

Επίσης, έγινε και σχηματικό στο πρόγραμμα EasyEDA, λόγω των περιορισμών του προγράμματος, παραθέτονται μόνο τα σχηματικά του κυκλώματος και ξεχωριστά, το σχηματικό του ZMPT101b module. Τα ρελέ, οι λαμπτήρες και η τροφοδοσία του δικτύου δεν απεικονίζονται.



Εικόνα 6.8: Κύκλωμα στο EasyEDA

Κεφάλαιο 6



Εικόνα 6.9: Συμπληρωματικό κύκλωμα ZMPT101b στο EasyEDA

Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης

7.1 Συμπεράσματα

Με την περάτωση της διπλωματικής εργασίας καταλήξαμε ότι ο αυτοματισμός λειτουργιών είναι μεγάλη βοήθεια στον απλό πολίτη. Ο απομακρυσμένος έλεγχος ηλεκτρικών συσκευών στο σπίτι όσο ο χρήστης βρίσκεται εκτός, εξοικονομεί πολύτιμο χρόνο και η αυτόματη παρακολούθηση της κατανάλωσης κρατούν τον χρήστη ενημερωμένο πάντα. Με τις διευκολύνσεις και ανέσεις, αυξάνεται το βιοτικό επίπεδο του χρήστη και μειώνει την επίδραση του οικήματος στο περιβάλλον καθώς το οίκημα μπορεί να λάβει αποφάσεις εξοικονόμησης που έχει ορίσει ο χρήστης. Ολικά, οι εφαρμογές αυτές προσφέρουν άνεση, οικονομία και ξεγνοιασιά στον χρήστη.

7.2 Προτάσεις Βελτίωσης

Μία σημαντική βελτίωση για το σύστημα είναι η εγκατάσταση μιας οθόνης LCD ή OLED για την απεικόνιση και εκτύπωση των μετρούμενων τιμών, καθώς στη συγκεκριμένη εφαρμογή ο μόνος τρόπος ελέγχου των μετρήσεων είναι μέσω του περιβάλλοντος προγραμματισμού ή μέσω της πλατφόρμας Blynk. Επίσης, για μακροπρόθεσμη χρήση θα ήταν καλό να αντικατασταθεί η πλατφόρμα του Blynk καθώς στην δωρεάν του έκδοση περιορίζει τα μηνύματα που λαμβάνουν και στέλνουν οι συσκευές στο μικρό αριθμό των τριάντα χιλιάδων. Τέλος, μία πιο ευρεία βελτίωση θα ήταν ο διαχωρισμός του συστήματος ελέγχου των συσκευών και του συστήματος μετρήσεων κατανάλωσης σε δύο υποσυστήματα με δύο διαφορετικούς μικροελεγκτές να δουλεύουν παράλληλα, καθώς σε ένα πραγματικό σπίτι τα δύο αυτά συστήματα θα ήταν εγκατεστημένα σε τελείως διαφορετικά μέρη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ‘Internet of Things’, NOW Mag, 28 Αυγούστου 2019, <https://nowmag.gr/internet-of-things/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [2] ‘Διαδίκτυο των Πραγμάτων ή των Ανθρώπων;’, Το Βήμα, 27 Νοεμβρίου 2021, <https://www.tovima.gr/2021/11/27/opinions/diakiktyo-ton-pragmaton-i-ton-anthropon/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [3] ‘Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)’, Web Music Radio, Φεβρουάριος 2021, <https://www.webmusic.gr/to-diakiktyo-ton-pragmaton-iot/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [4] ‘Τι Είναι Το Internet Of Things (IoT) Και Πώς Αλλάζει Ήδη Τη Ζωή Μας’, PC Steps, 25 Αυγούστου 2017, <https://www.pcsteps.gr/213103-%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-internet-of-things-iot-smart-home/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [5] ‘Εξυπνο Σπίτι: Πλεονεκτήματα Και Μύθοι, Και Πώς Αλλάζει Τη Ζωή Μας’, PC Steps, 16 Μαρτίου 2020, <https://www.pcsteps.gr/332563-%ce%ad%ce%be%cf%85%cf%80%ce%bd%ce%bf-%cf%83%cf%80%ce%af%cf%84%ce%b9-%cf%80%ce%bb%ce%b5%ce%bf%ce%bd%ce%b5%ce%ba%cf%84%ce%ae%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b1-%ce%ba%ce%b1%ce%b9-%ce%bc%cf%8d%ce%b8%ce%bf%ce%b9/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [6] ‘Εξυπνο σπίτι σε 7+1 βήματα’, Sky Telecom, 1 Ιουνίου 2020, <https://skytelecom.gr/2020/06/01/exypno-spiti-vimata/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [7] ‘How Smart Homes Work’, HowStuffWorks.com, 25 Μαρτίου 2008 (τελευταία ενημέρωση 10 Νοεμβρίου 2023), <https://home.howstuffworks.com/smart-home.htm> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [8] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. 2014, doi: [10.1109/JIOT.2014.2306328](https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328)
- [9] ‘Home automation’, Βικιπαίδεια, τελευταία ενημέρωση 25 Αυγούστου 2025, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Home_automation (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [10] ‘ΓΙΑΤΙ ΤΟ ΈΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ;’, GROHE.gr, https://www.grohe.gr/el_gr/smarthome/why-the-smart-home-is-the-future/ (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [11] Strahinja P. Janković and Vujo R. Drndarević, “Microcontroller Power Consumption Measurement Based on PSoC”, *Telfor Journal*, Vol. 8, No.1, pp 44-49, 2016, DOI: [10.5937/telfor1601044J](https://doi.org/10.5937/telfor1601044J) (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [12] ‘ESP32 for IoT: A Complete Guide’, nabto.com, <https://www.nabto.com/guide-to-iot-esp-32/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [13] ‘FireBeetle Board ESP32 E SKU DFR0654’, DFrobot.com, https://wiki.dfrobot.com/FireBeetle_Board_ESP32_E_SKU_DFR0654 (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)

- [14] ‘Non-Invasive Sensor: YHDC SCT013-000 CT used with Arduino. (SCT-013)’, [poweruc.pl](https://www.poweruc.pl/blogs/news/non-invasive-sensor-yhdc-sct013-000-ct-used-with-arduino-sct-013), 28 Ιουνίου 2018, <https://www.poweruc.pl/blogs/news/non-invasive-sensor-yhdc-sct013-000-ct-used-with-arduino-sct-013> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [15] ‘TINYCONTROL SCT-013-100 Αισθητήρας ρεύματος’, [ropere.com](https://www.ropere.com/el/p/tinycontrol-sct-013-100-ais8hthras-reymatos-1v-sct-ews-100a-1v), <https://www.ropere.com/el/p/tinycontrol-sct-013-100-ais8hthras-reymatos-1v-sct-ews-100a-1v> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [16] ‘SCT-013-030 Datasheet’, Ψηφιακή μορφή, [uelectronics.com](https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2018/02/SCT013-030V.pdf), <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2018/02/SCT013-030V.pdf> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [17] ‘ZMPT101B AC Voltage Transformer Sensor Module’, [DataCaptureControl.com](https://datacapturecontrol.com), 23 Απριλίου 2023 (τελευταία ενημέρωση 21 Αυγούστου 2024), <https://datacapturecontrol.com/articles/io-components/sensors/voltage/zmpt101b-ac-voltage-transformer-sensor-module> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [18] ‘Interfacing ZMPT101B Voltage Sensor with ESP32’, diyprojectslabs.com, <https://diyprojectslabs.com/interfacing-zmpt101b-voltage-sensor-with-esp32/> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [19] ‘Measure AC voltage with ZMPT101B and ESP8266 12E’, [hackster.io](https://www.hackster.io), 9 Απριλίου 2020, <https://www.hackster.io/SurtrTech/measure-ac-voltage-with-zmpt101b-and-esp8266-12e-24e367> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [20] ‘Measure analog voltage on ESP32 with ADC’, [uPesy.com](https://www.upesy.com), Τελευταία ενημέρωση 28 Νοεμβρίου 2022, <https://www.upesy.com/blogs/tutorials/measure-voltage-on-esp32-with-adc-with-arduino-code> (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [21] ‘Arduino Documentation’, docs.arduino.cc (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [22] ‘Blynk Documentation’, docs.blynk.io (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)
- [23] ‘Blynk Examples’, examples.blynk.cc (Τελευταία πρόσβαση Σεπτέμβριος 2025)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Πλήρης Κώδικας

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL445j_0DvG"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Billys ESP32"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "*****"

// Libraries
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <EmonLib.h>
#include <ZMPT101B.h>

// Object Creation
EnergyMonitor emonE;
ZMPT101B voltageSensor(34, 50.0);

// Wi-Fi credentials
const char ssid[] = "OnePlus 13";
const char pass[] = "123456789";

// Pin assignments
const int buttonPins[4] = {4, 12, 21, 22};
const int relayPins[4] = {18, 23, 19, 25};
const int virtPins[4] = {V1, V2, V3, V4};

// Current & Voltage
const int currentPin = 35;
const float Ical = 7.69;
#define ZMPT_CAL 978.750f

// Phase angle correction
const float phaseAngleDeg = 12.6;
const float fixedPF = cos(phaseAngleDeg * PI / 180.0);
```

```

// Energy
float totalkWh = 0.0;
unsigned long lastEnergyMillis = 0;

// Misc Pins
const int allOffButtonPin = 15;
const int allOffVirtPin   = V0;
const int wifiStatusLED   = 2;

// Relays & Buttons
int relayStates[4]        = {LOW, LOW, LOW, LOW};
int lastButtonStates[4]  = {HIGH, HIGH, HIGH, HIGH};
int lastAllOffState      = HIGH;

// Auto shutoff timers
unsigned long relayOnTime[4] = {0, 0, 0, 0};
bool relayWarned[4] = {false, false, false, false};
const unsigned long warnTime = 60000UL;
const unsigned long autoOffTime = 120000UL;

// Wi-Fi check
bool wifiWasConnected      = false;
unsigned long lastWifiCheck = 0;
unsigned long lastBlynkAttempt = 0;

// Blynk
BlynkTimer timer;
const unsigned long wifiCheckInterval = 3000;
const unsigned long blynkRetryInterval = 5000;

// === Relay control ===
void setRelayState(int i, int state) {
    relayStates[i] = state;
}

```

```

digitalWrite(relayPins[i], state);

if (Blynk.connected()) {
    Blynk.virtualWrite(virtPins[i], state);
}

if (state == LOW) {
    relayOnTime[i] = 0;
    relayWarned[i] = false;
} else {
    if (relayOnTime[i] == 0) relayOnTime[i] = millis();
}
}

// === ALL OFF BUTTON ===
void allOff() {
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        setRelayState(i, LOW);
    }
    Serial.println("All relays turned OFF");

    if (Blynk.connected()) {
        Blynk.virtualWrite(allOffVirtPin, 1);
        delay(100);
        Blynk.virtualWrite(allOffVirtPin, 0);
    }
}

// === Button logic ===
void checkButtons() {
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        int current = digitalRead(buttonPins[i]);
        if (current == LOW && lastButtonStates[i] == HIGH) {
            relayStates[i] = !relayStates[i];
        }
    }
}

```

```

        setRelayState(i, relayStates[i]);
        Serial.printf("Button %d toggled -> Relay %s\n", i,
relayStates[i] ? "ON" : "OFF");
    }
    lastButtonStates[i] = current;
}

int currentAllOff = digitalRead(allOffButtonPin);
if (currentAllOff == LOW && lastAllOffState == HIGH) {
    allOff();
}
lastAllOffState = currentAllOff;
}

// === Energy Measurements (NEW) ===
void measureEnergy() {
    // Vrms from ZMPT101B
    float Vrms = voltageSensor.getRmsVoltage();

    // Irms from SCT013 (EmonLib)
    float Irms = emonE.calcIrms(1480);

    // Calculate power
    float apparentPower = Vrms * Irms;
    float realPower = apparentPower * fixedPF;

    // kWh accumulation
    unsigned long now = millis();
    float dt = (now - lastEnergyMillis) / 3600000.0; // hours
    totalkWh += realPower * dt / 1000.0;
    lastEnergyMillis = now;

    // Filters
    if (Irms < 0.2) Irms = 0.0;
}

```

```

// Serial output
Serial.print("Vrms: "); Serial.print(Vrms, 3); Serial.println(" V");
Serial.print("Irms: "); Serial.print(Irms, 3); Serial.println(" A");
    Serial.print("P: "); Serial.print(realPower, 3); Serial.println("
W");

    Serial.print("S: "); Serial.print(apparentPower, 3); Serial.println("
VA");

Serial.print("PF: "); Serial.print(fixedPF, 3); Serial.println();
Serial.print("kWh: "); Serial.println(totalkWh, 4);
Serial.println();

// Send to Blynk
if (Blynk.connected()) {
    Blynk.virtualWrite(V6, Vrms);
    Blynk.virtualWrite(V5, Irms);
    Blynk.virtualWrite(V7, realPower);
    Blynk.virtualWrite(V8, apparentPower);
    Blynk.virtualWrite(V9, fixedPF * 100.0);
    Blynk.virtualWrite(V10, totalkWh);
}
}

void checkRelayTimers() {
    unsigned long now = millis();
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        if (relayStates[i] == HIGH && relayOnTime[i] > 0) {
            unsigned long elapsed = now - relayOnTime[i];

            if (!relayWarned[i] && elapsed >= warnTime) {
                relayWarned[i] = true;
                if (Blynk.connected()) {
                    Blynk.logEvent("warning", String("Relay ") + i + " has been
ON for 1 minute!");
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        if (elapsed >= autoOffTime) {
            setRelayState(i, LOW);
            if (Blynk.connected()) {
                Blynk.logEvent("auto_off", String("Relay ") + i + " turned
OFF after 2 minutes!");
            }
        }
    }
}

// === Wi-Fi + Blynk Monitor ===
void checkWifiAndBlynk() {
    bool wifiConnected = (WiFi.status() == WL_CONNECTED);
    digitalWrite(wifiStatusLED, wifiConnected ? HIGH : LOW);

    if (!wifiConnected && millis() - lastWifiCheck > wifiCheckInterval) {
        Serial.println("Wi-Fi disconnected. Attempting reconnect...");
        WiFi.disconnect();
        WiFi.begin(ssid, pass);
        lastWifiCheck = millis();
    }

    if (wifiConnected && !Blynk.connected() && millis() -
lastBlynkAttempt > blynkRetryInterval) {
        Serial.println("Wi-Fi OK. Trying Blynk reconnect...");
        Blynk.connect();
        lastBlynkAttempt = millis();
    }

    wifiWasConnected = wifiConnected;
}

// === Setup ===

```

```

void setup() {
  //Baud rate
  Serial.begin(115200);

  //Relay & Button Setup
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    pinMode(buttonPins[i], INPUT_PULLUP);
    pinMode(relayPins[i], OUTPUT);
    digitalWrite(relayPins[i], relayStates[i]);
  }

  pinMode(allOffButtonPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(wifiStatusLED, OUTPUT);
  digitalWrite(wifiStatusLED, LOW);

  WiFi.begin(ssid, pass);
  Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);

  // Sensor setup
  analogSetAttenuation(ADC_11db);
  analogReadResolution(12);
  emonE.current(currentPin, Ical);
  voltageSensor.setSensitivity(ZMPT_CAL);

  // Timers
  timer.setInterval(50L, checkButtons);
  timer.setInterval(1000L, checkWifiAndBlynk);
  timer.setInterval(1000L, measureEnergy);
  timer.setInterval(1000L, checkRelayTimers);
}

// === Blynk buttons ===
BLYNK_WRITE(V1) { setRelayState(0, param.asInt()); }
BLYNK_WRITE(V2) { setRelayState(1, param.asInt()); }

```

```
BLYNK_WRITE(V3) { setRelayState(2, param.asInt()); }
BLYNK_WRITE(V4) { setRelayState(3, param.asInt()); }
BLYNK_WRITE(V0) { if (param.asInt()) allOff(); }

// === Main Loop ===
void loop() {
  if (Blynk.connected()) Blynk.run();
  timer.run();
}
```

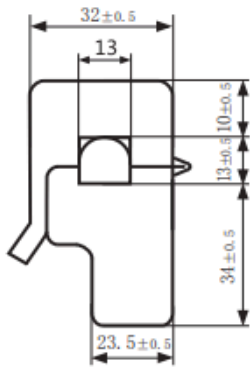
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Datasheet

SCT-013-030 30A/1V

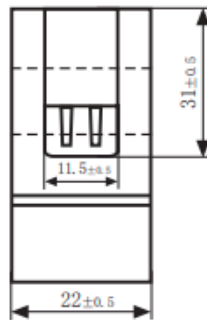
Charateristics: open size:13mm×13mm
 1m leading wire
 Core material:Ferrite
 Fire resistance property:in accordance with
 UL 94-V0
 Dielectric strength: 1500V AC/1min 5mA
 (between shell and output)



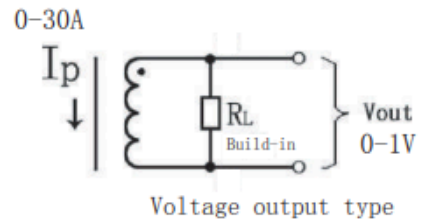
Outline size diagram:(in mm)



Front View



Side View



Schematic Diagram

Typical table of technical parameters:

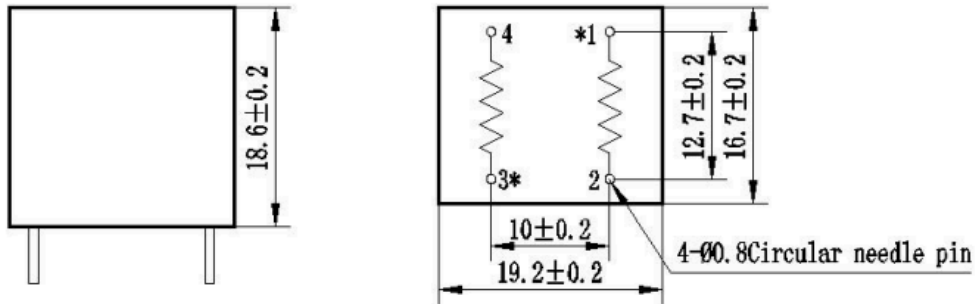
input current	output voltage	non-linearity	build-in sampling resistance (RL)
0-30A	0-1V	±1%	62 Ω
turn ratio	resistance grade	work temperature	dielectric strength(between shell and output)
1800:1	Grade B	-25℃~+70℃	1500V AC/1min 5mA

ZMPT101b module - Μετασχηματιστής

Current-type Voltage Transformer

Small size, high accuracy, good consistency, for voltage and power measurement

Structural parameters:



Remarks: primary input: 1, 2 pins secondary output: 3, 4pins
Or
primary input:: 3, 4 pins secondary output::1, 2pins
*** Same polarity

Front view

Bottom view

The main technical parameters:

Model	ZMPT101B
Rated input current	2mA
Rated output current	2mA
turns ratio	1000:1000
phase angle error	$\leq 20'$ (input 2mA, sampling resistor 100 Ω)
operating range	0~1000V 0~10mA (sampling resistor 100Ω)
linearity	$\leq 0.2\%$ (20%~120%)
Permissible error	$-0.3\% \leq f \leq +0.2\%$ (input 2mA, sampling resistor 100 Ω)
isolation voltage	4000V
application	voltage and power measurement
Encapsulation	Epoxy
installation	PCB mounting (Pin Length>3mm)
Operating temperature	-40 $^{\circ}$ C~+60 $^{\circ}$ C
Case Material	ABS (Note: ABS CASE is NOT available for wave-soldering)

ZMPT101b module - Τελεστικός

Specification	LM358B LM358BA	LM2904B LM2904BA	LM358 LM358A	LM2904	LM2904V LM2904AV	LM258 LM258A	LM158 LM158A	Units
Supply voltage	3 to 36	3 to 36	3 to 30	3 to 26	3 to 30	3 to 30	3 to 30	V
Offset voltage (max, 25 $^{\circ}$ C)	± 3 ± 2	± 3 ± 2	± 7 ± 3	± 7	± 7 ± 2	± 5 ± 3	± 5 ± 2	mV
Input bias current (typ / max)	10 / 35	10 / 35	20 / 250 15 / 100	20 / 250	20 / 250	20 / 150 15 / 80	20 / 150 15 / 50	nA
Gain bandwidth product	1.2	1.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	MHz
Supply current (typ, per channel)	0.3	0.3	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	mA
ESD (HBM)	2000	2000	500	500	500	500	500	V
Operating ambient temperature	-40 to 85	-40 to 125	0 to 70	-40 to 125	-40 to 125	-25 to 85	-55 to 125	$^{\circ}$ C