Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

Πτυχιακή Εργασία

«Αυτόνομο και Ασύρματο Σύστημα Παρακολούθησης και Αξιολόγησης Μονάδων Θέρμανσης και Ψύξης Κτιρίων μέσω Μετρήσεων Περιβαλλοντικών και Ηλεκτρικών Παραμέτρων»

ΜΗΤΣΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Α.Φ.Τ. : 28795

ΛΕΜΕΣΣΟΣ ,2026

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

«Αυτόνομο και Ασύρματο Σύστημα Παρακολούθησης και Αξιολόγησης Μονάδων Θέρμανσης και Ψύξης Κτιρίων μέσω Μετρήσεων Περιβαλλοντικών και Ηλεκτρικών Παραμέτρων»

του

ΜΗΤΣΑΚΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

Α.Φ.Τ. : 28795

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δρ. ΠΑΥΛΟΣ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΙΔΗΣ

ΛΑΖΑΡΟΣ ΑΡΕΣΤΗ

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Μητσάκης Κωνσταντίνος, 2026

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των απαιτήσεων του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών και αποτελεί πρωτότυπο έργο του συγγραφέα. Το σύνολο του περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων των κειμένων, των σχημάτων, των πινάκων και του λογισμικού που αναπτύχθηκε, προστατεύεται από τις διατάξεις της ισχύουσας νομοθεσίας περί πνευματικής ιδιοκτησίας.

Ο συγγραφέας διατηρεί τα πνευματικά δικαιώματα της εργασίας και παραχωρεί στο Πανεπιστήμιο το δικαίωμα αποθήκευσης, αναπαραγωγής και διάθεσης της πτυχιακής εργασίας για ακαδημαϊκούς, εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, χωρίς εμπορική εκμετάλλευση. Η χρήση μέρους ή του συνόλου της εργασίας από τρίτους επιτρέπεται μόνο με αναφορά στην παρούσα εργασία και στον συγγραφέα, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Οποιοδήποτε υλικό τρίτων που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία (βιβλιογραφικές πηγές, εικόνες, διαγράμματα ή αποσπάσματα κώδικα) αναφέρεται ρητά στη βιβλιογραφία και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για σκοπούς μελέτης και τεκμηρίωσης, σύμφωνα με την αρχή της θεμιτής χρήσης. Ο συγγραφέας δηλώνει ότι δεν παραβιάζονται πνευματικά δικαιώματα τρίτων και ότι κάθε πληροφορία που δεν αποτελεί πρωτότυπο έργο αναφέρεται με τον κατάλληλο τρόπο.

Η αναπαραγωγή, διανομή ή τροποποίηση της παρούσας εργασίας ή μέρους αυτής για εμπορικούς σκοπούς απαγορεύεται χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια του συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους στάθηκαν δίπλα μου και συνέβαλαν, με τον δικό τους τρόπο, στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Χριστοδουλίδη Paul για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και την υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Η συμβολή του υπήρξε σημαντική τόσο στην εξέλιξη της εργασίας όσο και στην αντιμετώπιση των δυσκολιών που προέκυψαν κατά την πορεία της.

Πάνω απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, η οποία αποτέλεσε σταθερό σημείο στήριξης σε ολόκληρη τη διάρκεια των σπουδών μου. Τους ευχαριστώ για την υπομονή, την κατανόηση, την ενθάρρυνση και την αμέριστη στήριξή τους σε κάθε δυσκολία και κάθε απαιτητική στιγμή. Η παρουσία και η εμπιστοσύνη τους στις προσπάθειές μου υπήρξαν για εμένα πολύτιμες και συνέβαλαν ουσιαστικά στο να φτάσω μέχρι την ολοκλήρωση αυτής της σημαντικής διαδρομής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς σημαντικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής ζήτησης συνδέεται με τη λειτουργία συστημάτων θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (HVAC). Η αυξανόμενη ανάγκη για θερμική άνεση, σε συνδυασμό με το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κατανάλωσής της, καθιστούν ιδιαίτερα σημαντική τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των συστημάτων αυτών. Παρά τη σημασία τους, η συνεχής παρακολούθηση της πραγματικής λειτουργίας και της ενεργειακής συμπεριφοράς οικιακών μονάδων HVAC παραμένει περιορισμένη, κυρίως λόγω της έλλειψης απλών, οικονομικών και εύχρηστων συστημάτων καταγραφής και αξιολόγησης.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στη σχεδίαση και υλοποίηση ενός ασύρματου συστήματος παρακολούθησης και αξιολόγησης της λειτουργίας οικιακών μονάδων θέρμανσης και ψύξης. Το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται στον μικροελεγκτή *ESP32* και έχει τη δυνατότητα να καταγράφει βασικές περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του εσωτερικού χώρου, καθώς και ηλεκτρικά μεγέθη που σχετίζονται με τη λειτουργία της μονάδας HVAC, όπως η τάση και το ρεύμα.

Για την καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών χρησιμοποιείται ο αισθητήρας *DHT22*, ενώ η μέτρηση του ηλεκτρικού ρεύματος πραγματοποιείται μέσω του μη παρεμβατικού αισθητήρα *SCT013 30A / 1V*, ο οποίος επιτρέπει την καταγραφή του ρεύματος χωρίς διακοπή του αγωγού τροφοδοσίας. Η μέτρηση της εναλλασσόμενης τάσης πραγματοποιείται με τη χρήση του αισθητήρα *ZMPT101B*, ο οποίος παρέχει κατάλληλο αναλογικό σήμα προς επεξεργασία από τον μικροελεγκτή. Τα δεδομένα των αισθητήρων επεξεργάζονται τοπικά από τον ESP32, ώστε να προσδιορίζονται τα αντίστοιχα ηλεκτρικά μεγέθη και να πραγματοποιείται ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης σε συνάρτηση με τον χρόνο λειτουργίας.

Η μετάδοση των δεδομένων πραγματοποιείται ασύρματα μέσω δικτύου *Wi-Fi* και του πρωτοκόλλου *MQTT*. Ο ESP32 λειτουργεί ως συσκευή δημοσίευσης δεδομένων, αποστέλλοντας τις μετρήσεις σε δημόσιο MQTT broker, από τον οποίο λαμβάνονται από το διαδικτυακό περιβάλλον παρακολούθησης. Μέσω του συστήματος αυτού, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί απομακρυσμένα τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, την τάση, το ρεύμα, την ηλεκτρική ισχύ και τη συσσωρευμένη ενεργειακή κατανάλωση της μονάδας HVAC. Η διαδικτυακή διεπαφή επιτρέπει την πρόσβαση στις πληροφορίες μέσω συσκευής που διαθέτει φυλλομετρητή, χωρίς να απαιτείται φυσική παρουσία στον χώρο εγκατάστασης.

Η συνδυασμένη παρακολούθηση περιβαλλοντικών και ηλεκτρικών παραμέτρων επιτρέπει την πληρέστερη αξιολόγηση της λειτουργίας μιας μονάδας HVAC, καθώς καθίσταται δυνατή η συσχέτιση της μεταβολής των συνθηκών του χώρου με την αντίστοιχη ηλεκτρική απαίτηση και την ενεργειακή κατανάλωση. Με τον τρόπο αυτό, το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα χαμηλού κόστους εργαλείο παρακολούθησης της ενεργειακής συμπεριφοράς οικιακών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και να αποτελέσει βάση για περαιτέρω ανάπτυξη λειτουργιών, όπως η αποθήκευση ιστορικών δεδομένων, η δημιουργία ειδοποιήσεων και η υποστήριξη αποφάσεων για αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας.

Λέξεις-κλειδιά: HVAC, ESP32, ενεργειακή κατανάλωση, Internet of Things (IoT), MQTT, ασύρματη παρακολούθηση, ενεργειακή παρακολούθηση.

ABSTRACT

Buildings account for a significant share of global energy consumption, with Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) systems representing one of the major contributors to overall energy demand. The increasing need for thermal comfort, combined with rising energy costs and environmental concerns, highlights the importance of improving the energy efficiency of HVAC systems, particularly in residential applications. Despite their significance, continuous monitoring of the actual operation and energy performance of residential HVAC units remains relatively limited, mainly due to the lack of simple, low-cost, and easily deployable monitoring solutions.

This thesis focuses on the design and implementation of a wireless system for monitoring and evaluating the operation of residential heating and cooling units. The proposed system is based on an *ESP32 microcontroller* and is capable of monitoring key environmental parameters, such as indoor temperature and relative humidity, as well as electrical quantities related to HVAC operation, including supply voltage and current.

Environmental conditions are monitored using a *DHT22 sensor*, while electrical current is measured through a non-invasive *SCT013 30A / 1V current transformer*, allowing current monitoring without interrupting the electrical conductor. AC voltage measurement is performed using a *ZMPT101B voltage sensor*, which provides an analog signal suitable for processing by the ESP32. The measurements acquired from the sensors are locally processed by the microcontroller in order to determine the corresponding electrical quantities and to calculate the accumulated energy consumption as a function of operating time.

Data transmission is performed wirelessly through a *Wi-Fi connection* using the *MQTT communication protocol*. The ESP32 operates as an MQTT publisher and transmits the measured and calculated values to a public MQTT broker. These data are subsequently received by the remote monitoring interface and presented to the user through a web-based dashboard. The system enables remote monitoring of indoor temperature, relative humidity, voltage, current, electrical power, and accumulated energy consumption through any device equipped with a standard web browser.

The combined monitoring of environmental and electrical parameters provides a more comprehensive assessment of HVAC operation by enabling the relationship between indoor conditions, electrical demand, and energy consumption to be examined. The developed system therefore provides a low-cost platform for monitoring the energy behavior of residential HVAC units and may serve as a basis for future extensions, including historical data storage, automated alerts, and decision-support mechanisms aimed at improving energy efficiency.

Keywords: HVAC, ESP32, energy consumption, Internet of Things (IoT), MQTT, wireless monitoring, energy monitoring.