



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

# Σχεδιασμός και Υλοποίηση Συστήματος IoT Ασύρματου Ελέγχου και Μέτρησης Ενέργειας

Εργαστήριο Ρομποτικής, Ενσωματωμένων και Ολοκληρωμένων Συστημάτων

Διπλωματική Εργασία : **Παναγιώτης Μπάκας**

Επιβλέπων καθηγητής : **Δρ. Μηνάς Δασυγένης**

# Περιγραμμά Παρουσίασης

- ❖ Εισαγωγή
- ❖ Θεωρητικό Υπόβαθρο
- ❖ Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Συστήματος
  - Απαιτήσεις Συστήματος
  - Αρχιτεκτονική Συστήματος
  - Η συσκευή
  - Βάση Δεδομένων
  - Διαχείριση των δεδομένων κατανάλωσης
  - Πρωτόκολλο Modbus
- ❖ Διεπαφές Χρήστων
- ❖ Μελλοντικές Επεκτάσεις

# Εισαγωγή

Σκοπός υλοποίησης - συνθήκες που το ενέπνευσαν

- ❖ Απομακρυσμένος έλεγχος μιας συσκευής
- ❖ Παρακολούθησης της ενεργειακής κατανάλωσης μιας συσκευής
- ❖ Διατήρηση ιστορικών στοιχείων κατανάλωσης
- ❖ Πλήρως τεκμηριωμένη υλοποίηση, που δεν βασίζεται σε διακομιστές τρίτων

# Παρόμοια συστήματα

Υπάρχουν αρκετά αξιόλογα παρόμοια συστήματα, ωστόσο μετρούν την κατανάλωση με απόκλιση 3-5% σύμφωνα με τα DataSheet των εταιριών, επικεντρώνονται σε οικιακούς χρήστες και δεν είναι ανοιχτού κώδικα.



# Θεωρητικό Υπόβαθρο 1/2

Προγραμματισμός

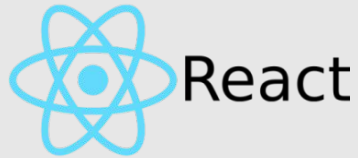
## Back-end



express



## Front-end



## Εργαλεία



# Θεωρητικό Υπόβαθρο 2/2

## Πρωτόκολλα



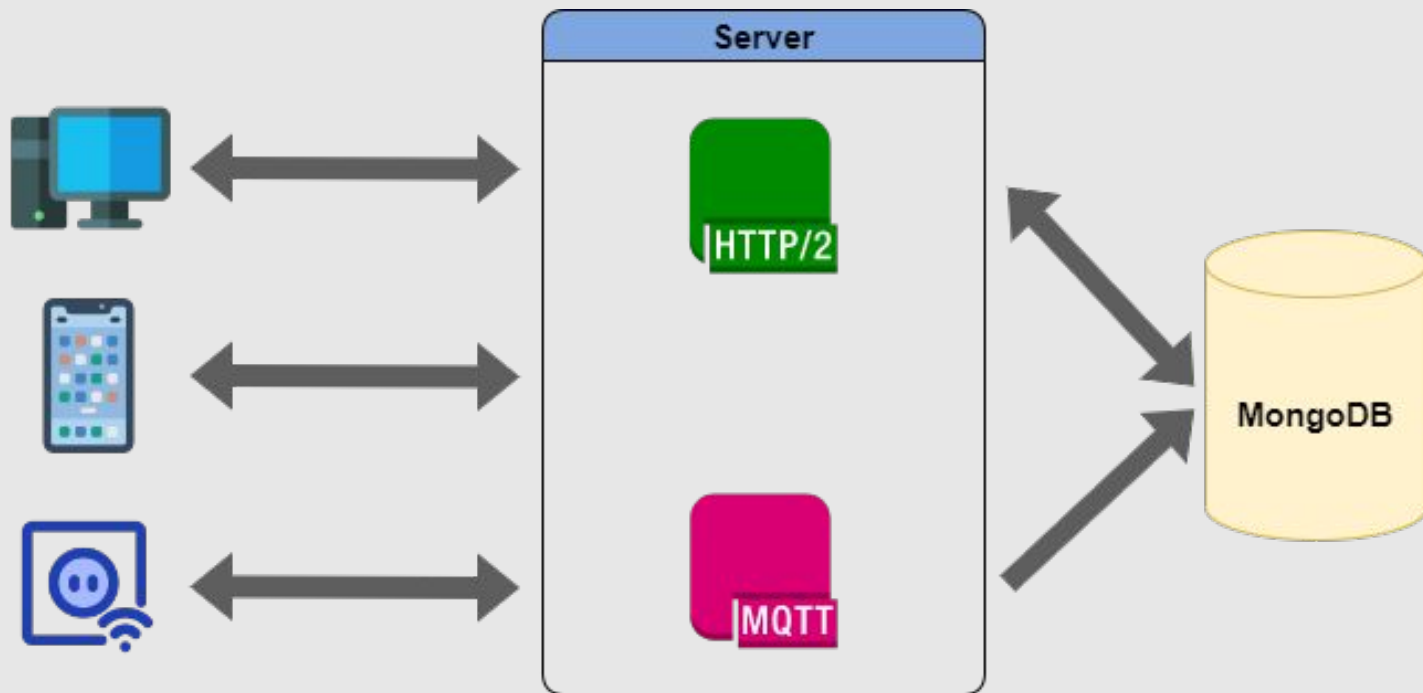
# Σχεδιασμός & Υλοποίηση 1/7

## Λειτουργικές απαιτήσεις

- ❖ Εγγραφή/Είσοδος στο σύστημα
- ❖ Προσθήκη ομάδας συσκευών
- ❖ Διαγραφή ομάδας συσκευών
- ❖ Προσθήκη συσκευής
- ❖ Επεξεργασία συσκευής
- ❖ Αφαίρεση συσκευής
- ❖ Προβολή κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο
- ❖ Προβολή ιστορικού κατανάλωσης
- ❖ Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση πρίζας συσκευής
- ❖ Πρόσκληση χρήστη για χρήση μιας συσκευής
- ❖ Προβολή απεσταλμένων προσκλήσεων
- ❖ Προβολή ληφθέντων προσκλήσεων
- ❖ Διαγραφή πρόσκλησης
- ❖ Επεξεργασία στοιχείων λογαριασμού

# Σχεδιασμός & Υλοποίηση 2/7

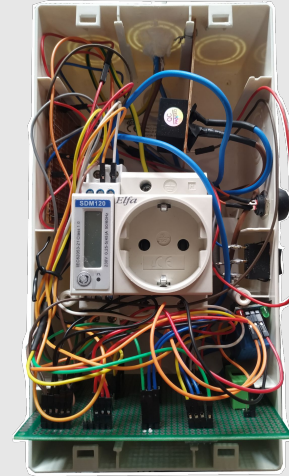
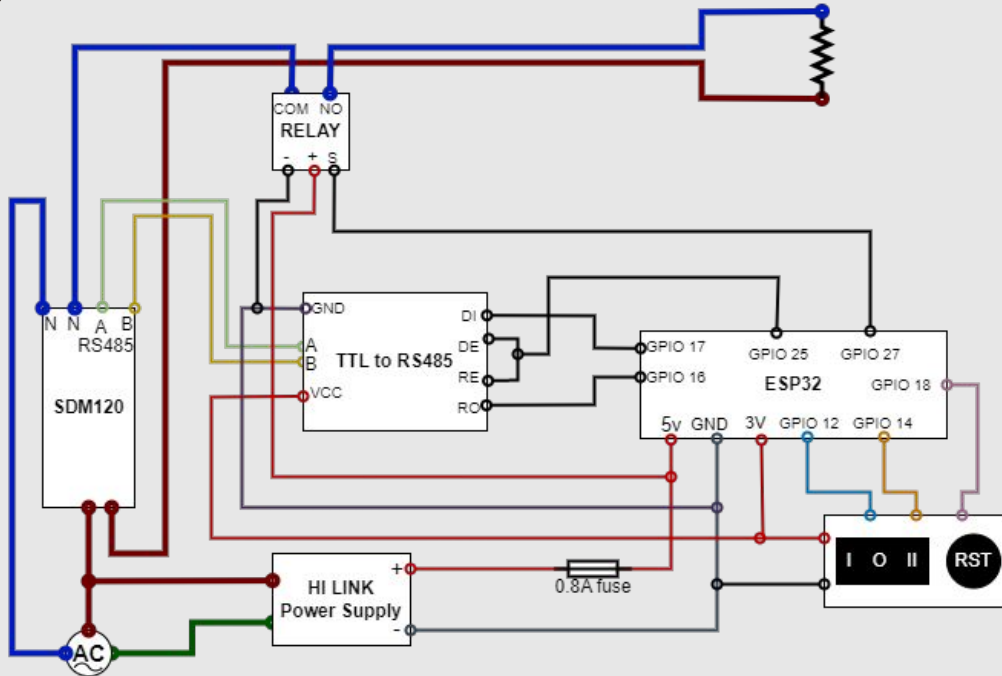
Αρχιτεκτονική συστήματος





# Σχεδιασμός & Υλοποίηση 3/7

Η συσκευή

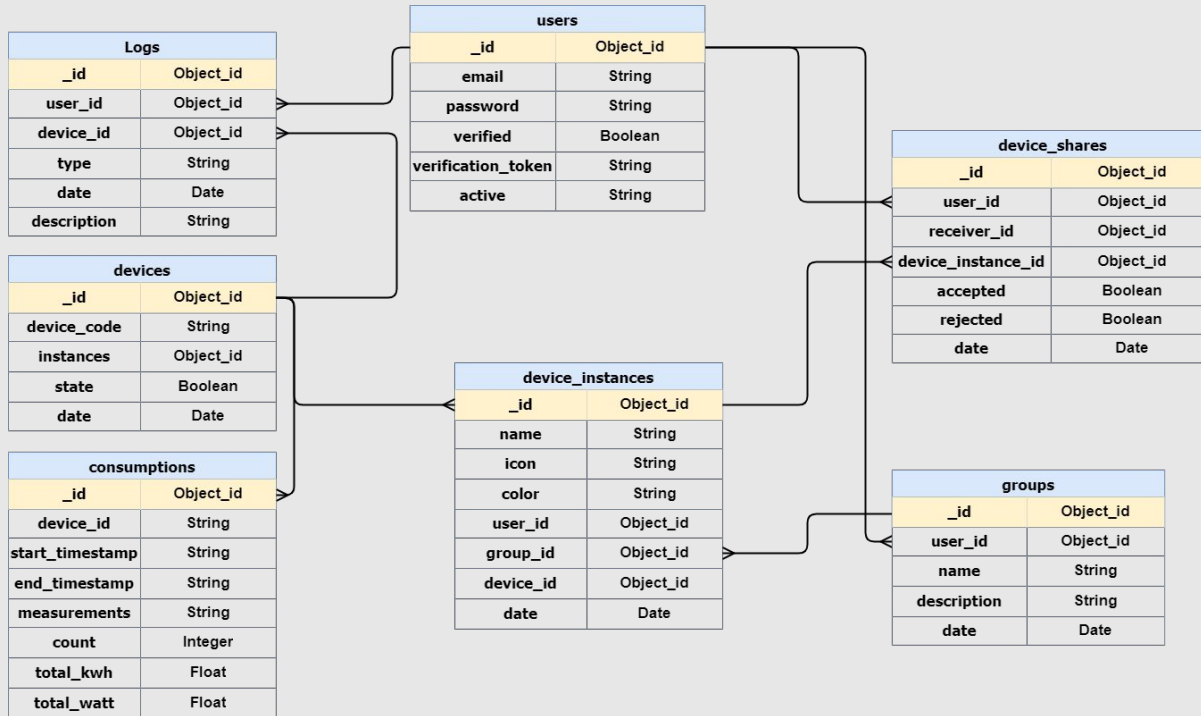


Βασικά Στοιχεία:

- ❖ ESP-32
- ❖ SDM120M
- ❖ Μετατροπέας TTL σε RS-485
- ❖ Relay
- ❖ Τροφοδοτικό HI-LINK

# Σχεδιασμός & Υλοποίηση 4/7

## Βάση δεδομένων

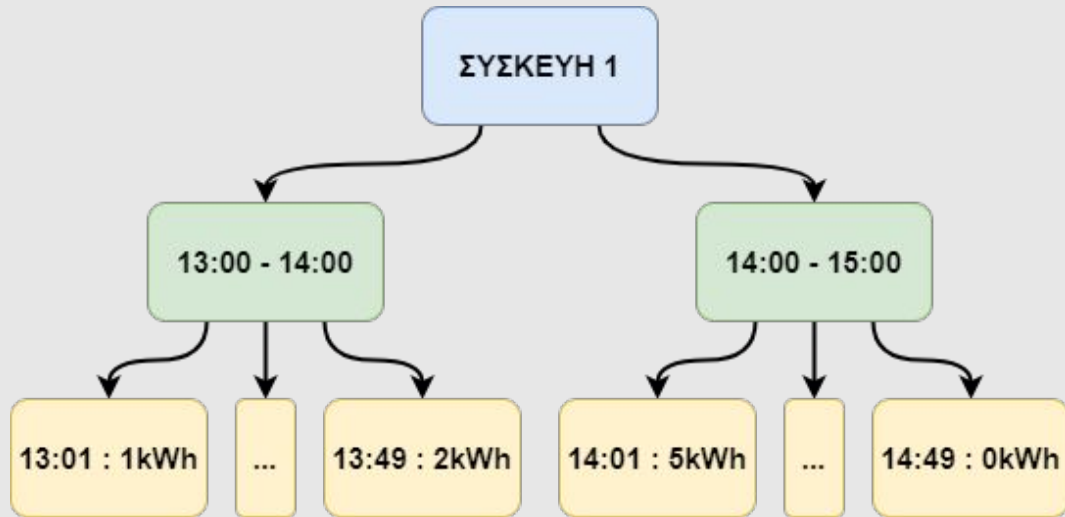


Συλλογές:

- ❖ users
- ❖ devices
- ❖ device\_instances
- ❖ consumptions
- ❖ device\_shares
- ❖ groups
- ❖ logs

# Σχεδιασμός & Υλοποίηση 5/7

Η τεχνική αποθήκευσης bucketing



```
{
  "_id" : "632d7692c35ef5b897f31380",
  "count" : "60",
  "total_kwh" : "0.00054646775",
  "sum" : "32.788065",
  "device" : "6325c3320e5dfa38a402e044",
  "start_timestamp" : "1663948800",
  "end_timestamp" : "1663952399",
  "measurements" : [
    {
      "_id" : "632d7692c35ef5b897f31381",
      "value" : "3.687097",
      "kwh" : "0.00006145161666666667",
      "timestamp" : "1663948860"
    },
  ],
}
```

# Σχεδιασμός & Υλοποίηση 6/7

## Επικοινωνία με το πρωτόκολλο Modbus

- ❖ Modbus RTU: RS-485, RS-422 και RS-232
- ❖ Modbus TCP
- ❖ Αρχιτεκτονική Server - Client
- ❖ Ανοικτό πρωτόκολλο από την Modicon (Schneider Electric)

Μήνυμα Modbus RTU		
<i>Unit Address</i>	<i>Μήνυμα</i>	<i>Cyclic Redundancy Check</i>
1 Byte	Ως 253 Bytes	2 Bytes

Μήνυμα:

- ❖ Function Code
- ❖ Start Address
- ❖ Number of Registers

# Σχεδιασμός & Υλοποίηση 7/7

## Ασφάλεια

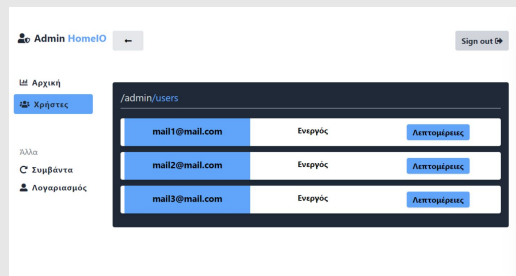
- ❖ Κρυπτογραφημένη επικοινωνία - TLS
- ❖ Middlewares
  - Ελέγχου δικαιωμάτων διαχειριστή
  - Ελέγχου πρόσβασης σε συσκευή
  - Ελέγχου δικαιώματος δημοσίευσης σε θέμα MQTT
  - Ελέγχου δικαιώματος προβολής στατιστικών/δεδομένων κατανάλωσης
- ❖ Προστασία από brute-force επιθέσεις
- ❖ Χρήση των κατάλληλων κεφαλίδων HTTP
- ❖ Json Web Tokens για την αυθεντικοποίηση των χρηστών
- ❖ Λήξη των Json Web Tokens
- ❖ Προστασία της συσκευής από βραχυκυκλώματα, με χρήση ασφάλειας
- ❖ Χρήση του κατάλληλου διαμετρήματος καλωδίων

# Διεπαφές χρηστών 1/3

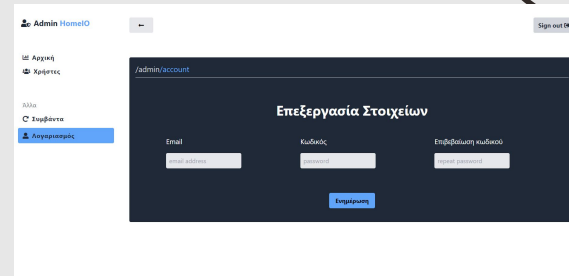
## Διαχειριστής



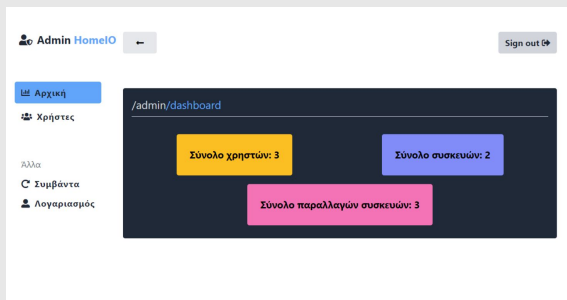
Θόνη Σύνδεσης



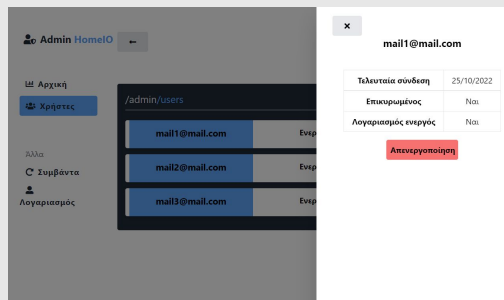
Θόνη Χρηστών



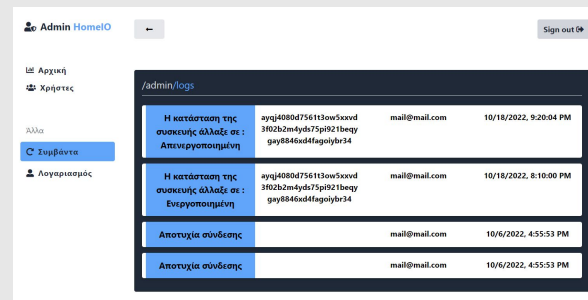
Θόνη Λογαριασμού



Αρχική Θόνη



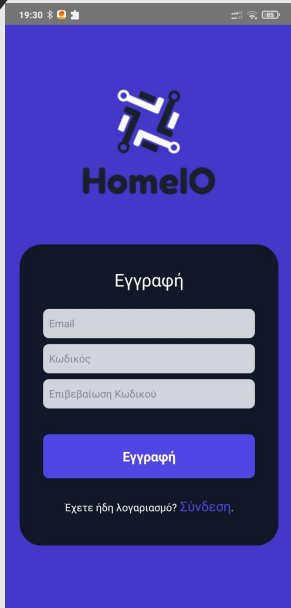
Λεπτομέρειες Χρήστη



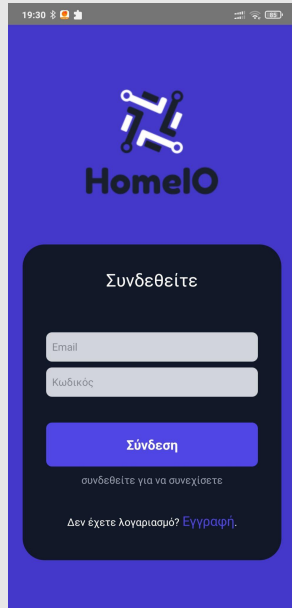
Θόνη Συμβάντων

# Διεπαφές χρηστών 2/3

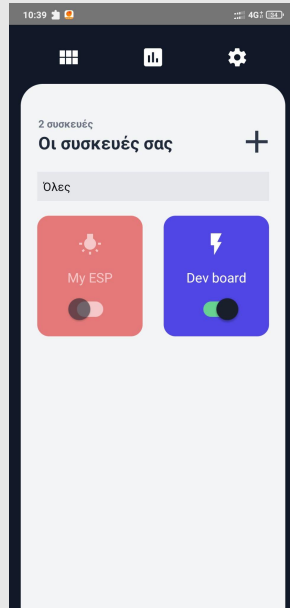
## Απλός χρήστης



Οθόνη Εγγραφής



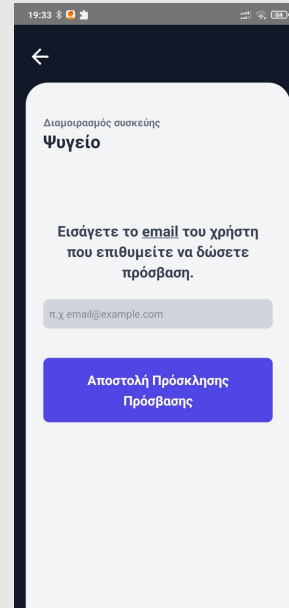
Οθόνη Σύνδεσης



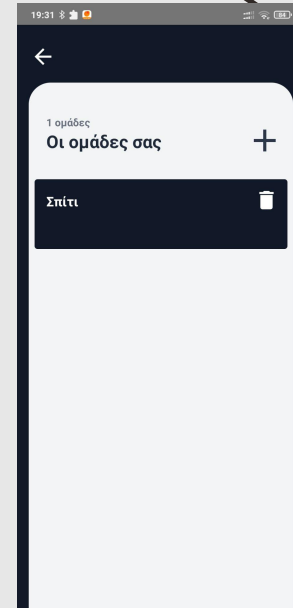
Αρχική Οθόνη



Οθόνη Στατιστικών



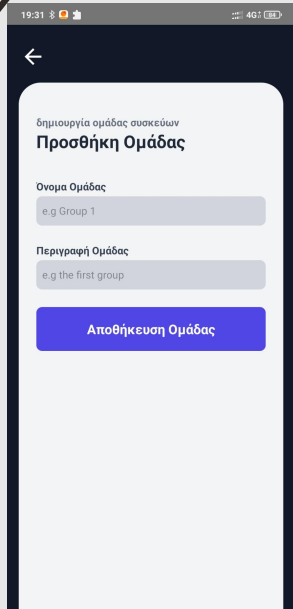
Οθόνη Κοινής χρήσης



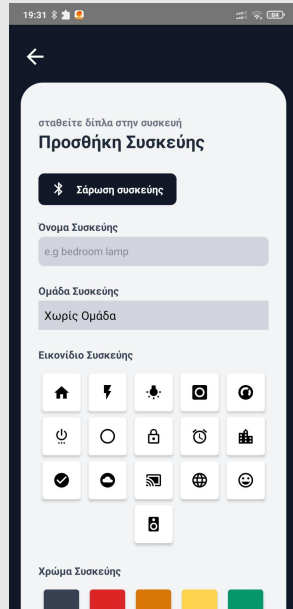
Οθόνη Ομάδων

# Διεπαφές χρηστών 3/3

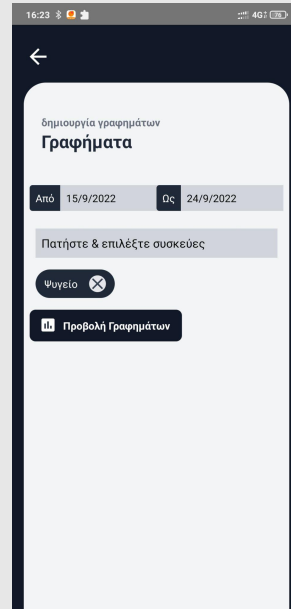
## Απλός χρήστης



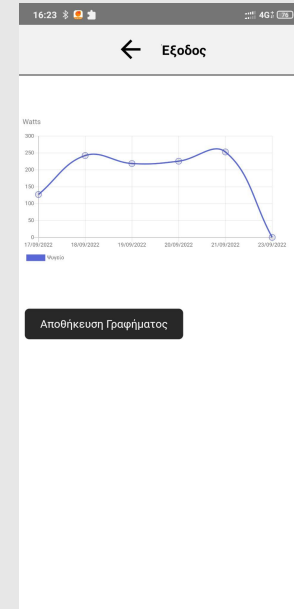
Οθόνη Προσθήκης Ομάδας



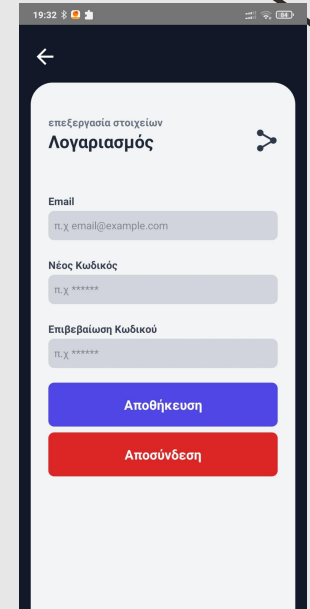
Οθόνη Προσθήκης Συσκευής



Οθόνη Δημιουργίας Γραφημάτων



Οθόνη Γραφήματος



Οθόνη Λογαριασμού



# ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

- ❖ Χρονοπρογραμματισμός
- ❖ Μηχανική μάθηση
  - Πρόβλεψη κατανάλωσης
  - Προτάσεις για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας
- ❖ Sharding & Replica sets
- ❖ Ενσωμάτωση αισθητήρων
  - Θερμοκρασίας
  - Υγρασίας
- ❖ Μείωση όγκου συσκευής

Ακολουθεί επίδειξη  
του συστήματος

# Συμπεράσματα

- ❖ Παρουσιάστηκε ο σχεδιασμός και η υλοποίηση συστήματος IoT για έλεγχο συσκευών και μέτρησης της κατανάλωσης τους απομακρυσμένα
- ❖ Διατηρούνται δεδομένα κατανάλωσης για την προβολή γραφημάτων και στατιστικών στοιχείων
- ❖ Χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονες τεχνολογίες
- ❖ Μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί για χρήση με διαφορετικούς μετρητές κατανάλωσης
- ❖ Το σύστημα είναι ασφαλές και εύχρηστο
- ❖ Το σύστημα είναι ανοικτού κώδικα και ο οποιοσδήποτε έχει την δυνατότητα να το υλοποιήσει και να το τροποποιήσει σύμφωνα με τις ανάγκες του

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!