

# **ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**



## **ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

### **THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐO NƯỚC NÓNG, LẠNH TRONG CHUNG CƯ**

**ĐINH ANH TÚ**

tu.da181805@sis.hust.edu.vn

**Ngành KT Điều khiển & Tự động hóa**

**Giảng viên hướng dẫn:** Th.S Nguyễn Thị Huệ

---

Chữ ký của GVHD

**Khoa:** Tự động hóa

**Trường:** Điện – Điện tử

**HÀ NỘI, 3/2023**

**NHIỆM VỤ**  
**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

Họ và tên sinh viên: **Đình Anh Tú**

Khóa: **63**      Trường: **Điện- Điện tử**      Ngành: **KT ĐK &TĐH**

*1. Tên đề tài:*

Thiết kế hệ thống đo nước nóng, lạnh trong chung cư

*2. Nội dung đề tài:*

- Đình Anh Tú
  - + Thiết kế mạch schematic, lựa chọn linh kiện.
  - + Thiết kế RTOS cho chương trình nhúng, lập trình giao tiếp với SIM7020 và màn hình OLED.
  - + Thiết kế vỏ hộp cho thiết bị, thực hiện lắp đặt, thử nghiệm và đánh giá.
- Đào Phi Dương
  - + Thiết kế mạch PCB.
  - + Lập trình nhúng đọc giá trị cảm biến nhiệt độ và lưu lượng.
  - + Lắp đặt, thử nghiệm và đánh giá
  - + Thiết kế giao diện web.

*3. Thời gian giao đề tài: 21/10/2022.*

*4. Thời gian hoàn thành: 01/03/2022.*

*Ngày ..... tháng 3 năm 2023*

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**

## LỜI CẢM ƠN

Nhớ ngày nào chú chim anh vũ còn làm Giải tích 1 trên thư viên, chớp mắt cái, giờ đã chuẩn bị bay ra Giải Phóng, tiến về bầu trời bao la. Đối mặt với bao thử thách sắp tới, tôi sẽ luôn tin tưởng vào bản thân mình: Bách Khoa khó thế còn ra được trường thì không gì là không làm được. Luôn tự hào: Người Bách Khoa!

“Các bạn ơi các bạn ơi,

Chúng ta là: Sinh viên Bách Khoa,

Chúng ta có: Sức trẻ và nghị lực,

Chúng ta sống: Hết mình vì tương lai!”

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới cô Nguyễn Thị Huế, người đã luôn hỗ trợ em nhiệt tình, đóng góp ý kiến, định hướng tư duy đúng đắn để em có thể thực hiện đề tài này một cách hoàn thiện.

Xin gửi lời cảm ơn tới các anh chị, các bạn, các em ở BCH LCD – LCH Sinh viên Viện Điện và Ban Tổ chức – Kiểm tra đoàn trường đã giúp đỡ tôi trưởng thành lên rất nhiều và có nhiều kỷ niệm của tuổi trẻ. Đây sẽ mãi là một phần thanh xuân phong phú trong tôi.

Cuối cùng, em xin gửi lời cảm ơn tới gia đình, bạn bè đã luôn bên cạnh em quan tâm, giúp đỡ trong suốt quá trình học tập và hoàn thiện Đồ án Tốt nghiệp.

Luôn tự hào: Người Bách Khoa!

### Tóm tắt nội dung đồ án

Nước là nguồn tài nguyên vô cùng quan trọng, có ý nghĩa sống còn với con người. Lượng nước sạch lớn được sử dụng cho các nhu cầu sinh hoạt của người dân. Việc đo và tính giá tiền nước một cách chính xác, công bằng là vấn đề quan trọng. Hiện nay, có nhiều vấn đề đang xảy ra trong việc cung cấp và đóng phí nước nóng, điển hình như việc lượng nước nóng cung cấp được không đủ cho nhu cầu sử dụng hay đóng phí nước nóng với giá cao, đặc biệt ở các khu chung cư. Với mong muốn áp dụng những kiến thức đã học vào giải quyết các vấn đề thực tiễn, nhóm em đã tiến hành thực hiện đề tài: ”Thiết kế hệ thống đo nước nóng, lạnh trong chung cư” làm Đồ án tốt nghiệp của mình.

Trong quá trình thực hiện đồ án, em đã được củng cố, vận dụng các kiến thức đã học để hoàn thành một dự án cụ thể. Kết quả của nhóm đạt được đã cơ bản đáp ứng được yêu cầu đặt ra của giảng viên hướng dẫn.

Các kiến thức và kỹ năng đạt được:

- Kiến thức về công nghệ kết nối NB-IoT.
  - Kiến thức về lập trình vi điều khiển và các ngoại vi.
  - Kỹ năng thiết kế mạch nguyên lý và PCB.
- Kiến thức về thiết kế cơ sở dữ liệu, Back-end, Front-end.

**Sinh viên thực hiện**

*Đinh Anh Tú*  
*Đinh Anh Tú*

## MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN HỆ THỐNG VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT .....	1
1.1. Giới thiệu chung.....	1
1.1.1. Thực trạng hiện nay .....	1
1.1.2. Giải pháp .....	1
1.2. Giải pháp trên thị trường.....	1
1.3. Lý thuyết về đo lưu lượng sử dụng cảm biến Hall.....	3
1.4. Lý thuyết về nhiệt điện trở .....	3
1.5. Công nghệ không dây NB-IoT.....	4
1.5.1. Tổng quan.....	4
1.5.2. Đánh giá lựa chọn công nghệ kết nối.....	4
1.6. Giao thức MQTT.....	5
1.7. Tóm tắt chương .....	6
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG VÀ PHẦN CỨNG.....	7
2.1. Kiến trúc hệ thống.....	7
2.2. Mục tiêu thiết kế.....	7
2.3. Thiết kế phần cứng thiết bị đo.....	8
2.3.1. Khối giao tiếp cảm biến .....	9
2.3.2. Khối truyền thông .....	11
2.3.3. Khối hiển thị.....	12
2.3.4. Khối xử lý trung tâm .....	13
2.3.5. Khối nguồn.....	15
2.3.6. Hoàn thiện mạch phần cứng.....	16
2.4. Tóm tắt chương .....	17
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM.....	18
3.1. Thiết kế chương trình nhúng.....	18
3.1.1. Khởi tạo.....	19
3.1.2. Đọc giá trị cảm biến lưu lượng .....	19
3.1.3. Đọc giá trị cảm biến nhiệt độ .....	22
3.1.4. Hiển thị dữ liệu lên màn hình.....	23
3.1.5. Truyền thông .....	24
3.2. Thiết kế nền tảng web .....	27
3.2.1. Mục tiêu thiết kế.....	27
3.2.2. Kết nối Front-end và Back-end.....	28
3.3. Kết luận chương .....	30

CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ ĐÁNH GIÁ.....	31
4.1. Kết quả thiết kế thiết bị đo .....	31
4.1.1. Phần cứng.....	31
4.1.2. Kiểm tra hoạt động các khối trong mạch .....	31
4.2. Lắp đặt và thử nghiệm hệ thống.....	33
4.2.1. Lắp đặt.....	33
4.2.2. Thử nghiệm hoạt động của hệ thống.....	35
4.3. Kết luận chương .....	41
CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN.....	42
5.1. Kết luận .....	42
5.2. Hướng phát triển của đề án trong tương lai .....	42

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1 Số lượng các ngoại vi cần thiết.....	13
Bảng 2.2 Yêu cầu về nguồn cấp cho các thành phần trong mạch.....	15
Bảng 3.1 Các tiến trình RTOS trong chương trình nhúng .....	19
Bảng 3.2 Hệ số K theo datasheet .....	20
Bảng 3.3 Một số lệnh điều khiển SSD1306 .....	23
Bảng 3.4 Cấu hình UART mặc định của SIM7020C.....	25
Bảng 3.5 Cấu hình kết nối NB-IoT .....	25
Bảng 3.6 Cấu hình giao thức MQTT .....	25
Bảng 3.7 Các trường dữ liệu trong bản tin gửi lên MQTT broker.....	26
Bảng 4.1 Kết quả đo điện áp cấp cho các khối trong mạch .....	32
Bảng 4.2 Chất lượng sóng NB-IoT tại một số địa điểm .....	33
Bảng 4.3 Kết quả đo lưu lượng nước lạnh .....	36
Bảng 4.4 Kết quả đo lưu lượng nước nóng .....	36
Bảng 4.5 Kết quả đo nhiệt độ của nước .....	36

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Đồng hồ đo lưu lượng nước nóng .....	2
Hình 1.2 Kết cấu bên trong của đồng hồ đo nước .....	2
Hình 1.3: Điện trở của một số kim loại theo nhiệt độ.....	4
Hình 1.4: Mô hình hoạt động của MQTT .....	5
Hình 2.1 Kiến trúc tổng quan hệ thống.....	7
Hình 2.2 Các khối phần cứng của thiết bị đo nước.....	8
Hình 2.3 Các khối nguyên lý mạch phần cứng .....	8
Hình 2.4 Cảm biến lưu lượng YF-S201 .....	9
Hình 2.5 Mạch chuyển mức điện áp 5V-3,3V .....	9
Hình 2.6 Cảm biến Pt100 3 dây .....	10
Hình 2.7 Mạch đo cho cảm biến nhiệt điện trở Pt100 .....	10
Hình 2.8 Module SIM7020C.....	11
Hình 2.9 Anten cho module SIM7020C .....	11
Hình 2.10 Mạch nguyên lý cho SIM7020C .....	12
Hình 2.11 Màn hình Oled 0.96inch SSD1306 .....	12
Hình 2.12 Khối hiển thị với màn hình Oled.....	13
Hình 2.13 Khối tạo dao động cho vi điều khiển .....	13
Hình 2.14 Mạch reset vi điều khiển .....	14
Hình 2.15 Mạch nạp cho vi điều khiển .....	14
Hình 2.16 Tụ chống nhiễu.....	14
Hình 2.17 Khối vi điều khiển STM32F103C8T6 .....	14
Hình 2.18 Mạch bảo vệ điện áp đầu vào 220VAC .....	15

Hình 2.19 Mạch chuyển đổi điện áp AC-DC.....	15
Hình 2.20 Module nguồn Hi-Link .....	16
Hình 2.21 Các lớp PCB của mạch.....	16
Hình 2.22 Hình ảnh 3D của mạch.....	16
Hình 2.23 Các tụ lọc được đặt gần vi điều khiển nhất có thể .....	17
Hình 2.24 Đường tín hiệu analog.....	17
Hình 2.25 Các via tản nhiệt cho vi điều khiển .....	17
Hình 3.1 Cơ chế preemption priority trong RTOS .....	18
Hình 3.2 Các bước khởi tạo .....	19
Hình 3.3 Tần số xung đầu ra phụ thuộc vào lưu lượng nước chảy qua cảm biến	20
Hình 3.4 Thuật toán đọc tần số xung vuông .....	21
Hình 3.5 Đồ thị hệ số K trong các khoảng tần số xung .....	21
Hình 3.6 Lưu đồ thuật toán đọc giá trị cảm biến nhiệt độ .....	23
Hình 3.7 Thuật toán điều khiển màn hình oled.....	24
Hình 3.8 Mô hình truyền thông.....	24
Hình 3.9 Lưu đồ thuật toán giao tiếp với SIM7020C .....	26
Hình 3.10 Sơ đồ hoạt động của nền tảng web.....	27
Hình 3.11 Dữ liệu JSON về lưu lượng và nhiệt độ.....	29
Hình 4.1 Mặt trên của mạch thực tế.....	31
Hình 4.2 Mặt dưới của mạch thực tế.....	31
Hình 4.3 Hộp thiết bị.....	31
Hình 4.4 Phần mềm ST-Link Utility nhận dạng được vi điều khiển .....	32
Hình 4.5 Giá trị trong các ô nhớ của vi điều khiển .....	32
Hình 4.6 Sơ đồ lắp đặt của hệ thống thử nghiệm.....	33
Hình 4.7 Đồng hồ nước mẫu.....	34
Hình 4.8 Thiết bị đo trong hệ thống thử nghiệm .....	34
Hình 4.9 Hệ thống thử nghiệm.....	35
Hình 4.10 Màn hình khi thiết bị được cấp nguồn .....	37
Hình 4.11 Màn hình hiển thị thông số nước .....	37
Hình 4.12 Lịch sử gửi bản tin MQTT với chu kỳ 15 phút.....	38
Hình 4.13 Lịch sử gửi bản tin MQTT với chu kỳ 60 phút.....	38

# CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN HỆ THỐNG VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## 1.1. Giới thiệu chung

### 1.1.1. Thực trạng hiện nay

Các toà chung cư hiện nay đều có cung cấp nước nóng cho các hộ dân sử dụng, như vậy sẽ có 2 hệ thống nước trong toà nhà là đường nước nóng và nước lạnh. Việc tính tiền nước là tổng của chi phí nước nóng và nước lạnh. Người ta sử dụng thiết bị đo cơ để tính toán phí nước lạnh, hàng tháng sẽ có nhân viên ghi lại số nước. Giá nước lạnh vào khoảng 5000 – 13000 đồng/m<sup>3</sup> tùy thuộc và lượng nước dùng là nhiều hay ít. Còn với nước nóng sẽ có thiết bị đo điện tử với giá tầm 70000 đồng/m<sup>3</sup>.

Việc sử dụng song song 2 thiết bị đo đo lưu lượng cho nước nóng và nước lạnh như vậy sẽ dẫn đến một số bất cập như sau:

- Mặc dù các đường ống nước nóng đã được bọc bảo ôn nhưng theo thời gian dài sử dụng thì nó sẽ bị giảm chất lượng, dẫn đến nhiệt lượng của nước đã được làm nóng bơm trong hệ thống ống dẫn nước bị thất thoát trong quá trình di chuyển.
- Trong thời điểm cao điểm, nhu cầu nước nóng tăng cao, các hộ dân cùng sử dụng nước nóng một lúc dẫn đến các hộ dân ở tầng thấp hơn sẽ không có đủ nước nóng để dùng hoặc có đủ lượng nước nhưng nhiệt độ không đạt như mong muốn.

Như vậy, ta có thể thấy có sự không công bằng trong cách tính giá tiền nước ở khu chung cư giữa các tầng khác nhau. Các tầng dưới mặc dù sử dụng nước nóng không đạt chất lượng mong muốn do bị thất thoát nhiệt hay thậm chí không đủ nước nóng để dùng nhưng cũng phải đóng lượng tiền với cùng một cách tính như các hộ dân khác. Điều đó đặt ra nhu cầu về một thiết bị mới trong việc tính giá tiền của nước nóng thay vì đơn thuần sử dụng công tơ nước nóng như trước.

### 1.1.2. Giải pháp

Để giải quyết vấn đề trên, em đưa ra giải pháp tính tiền nước dựa trên cả lưu lượng nước sử dụng và nhiệt độ của nước. Việc này sẽ đảm bảo công bằng giữa các hộ dân trong toà nhà. Thiết bị đo em thiết kế cần có khả năng đo cả lưu lượng và nhiệt độ của nước.

## 1.2. Giải pháp trên thị trường

Sau đây, ta sẽ đi đến các sản phẩm công tơ nước nóng hiện đã có trên thị trường. Về cơ bản, chúng sử dụng nguyên lý như các công tơ nước bình thường, song công tơ nước nóng có khả năng chịu nhiệt tốt hơn do được thiết kế bởi các vật liệu chịu nhiệt để có thể làm việc lâu dài, hạn chế gây sai số.

Thiết bị đo nước nóng hay còn được gọi là thiết bị đo lưu lượng nước nóng, là dòng sản phẩm được sử dụng cho các hệ thống chế biến, sản xuất,... Nó có khả năng đo được lưu lượng nước có nhiệt độ cao lên đến hơn 100°C. Nó giúp những hệ thống làm việc có môi trường nước nóng cũng có thể tính toán được lượng nước đã sử dụng một cách tốt nhất.





Hình 1.1 Đồng hồ đo lưu lượng nước nóng

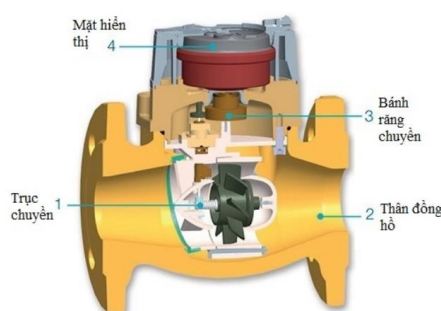
Thiết bị đo nước nóng có một số đặc điểm chính như:

- Khả năng chịu nhiệt độ cao. Theo thông tin từ hãng sản xuất thiết bị đo có thể chịu được nhiệt độ lên đến 150°C.
- Phục vụ hiệu quả cho đại đa số các hệ thống chế biến sản xuất có nhiệt độ cao.
- Được chế tạo bởi các vật liệu chịu nhiệt độ cao. Chính vì thế mà thiết bị đo không bị biến dạng khi tiếp xúc với môi trường làm việc trong phạm vi cho phép.

Cấu tạo của đồng hồ đo nước nóng tương tự như đồng hồ đo nước lạnh thông thường. Tuy nhiên vật liệu chế tạo bộ đếm số có sự thay đổi khác biệt:

- Thân thiết bị đo: Được chế tạo từ các vật liệu như gang, đồng, inox. Bên ngoài được phủ lớp sơn màu đỏ để biểu hiện, phân biệt với thiết bị đo nước thông thường.
- Bộ đếm thiết bị đo: Phần này là phần quan trọng nhất của thiết bị đo. Nó giúp đo đạc chính xác số lượng khối nước chúng ta đã tiêu thụ trong thời gian nhất định. Nó được chế tạo từ các vật liệu nhựa cao cấp chịu nhiệt độ cao ABS và được thiết kế kiểu hệ thống cánh quạt hay còn được gọi là tua bin quay.

Cơ cấu chuyển động hiển thị số khối nước cũng được chế tạo kín đáo, có khả năng hiển thị chính xác.



Hình 1.2 Kết cấu bên trong của đồng hồ đo nước

Thiết bị đo nước nóng được sử dụng rất phổ biến trên thị trường toàn quốc nói chung và thị trường Việt Nam nói riêng. Với những ưu điểm nổi bật riêng thì

thiết bị đo thường được sử dụng trong các môi trường làm việc như:

- Đường dẫn nước nóng của các hộ dân sinh, chung cư.
- Các đường nước nóng của lò hơi, nhà máy may, trung tâm giặt là.
- Hệ thống nước nóng trong sản xuất công nghiệp, các nhà máy chế biến.
- Hệ thống hơi nóng của nhà máy nhuộm, các cơ sở luyện kim.
- Đường dẫn nước nóng trong chăn nuôi công nghiệp.

Hiện nay trên thị trường phổ biến có các thương hiệu thiết bị đo khác nhau như Pmax, Zenner, Flowtech,... Đại đa số các thương hiệu khả năng chịu nhiệt thường chỉ là 50 độ C.

### 1.3. Lý thuyết về đo lưu lượng sử dụng cảm biến Hall

Cảm biến lưu lượng nước bao gồm một van nhựa mà nước có thể đi qua. Một roto nước cùng với một cảm biến hiệu ứng Hall chỉ định chiều hướng và đo lưu lượng nước. Khi chảy qua van, nước làm quay roto. Bằng cách này, chúng ta có thể quan sát sự thay đổi trong tốc độ của động cơ. Sự thay đổi này được tính là đầu ra dưới dạng tín hiệu xung bởi cảm biến hiệu ứng Hall từ đó chúng ta có thể đo tốc độ dòng chảy. Khi quạt chuyển động được quay do dòng nước chảy, nó sẽ quay roto gây ra điện áp. Điện áp cảm ứng này được đo bằng cảm biến hiệu ứng Hall.

**Hiệu ứng Hall:** Trong một vật dẫn, dòng điện là sự chuyển động của các điện tích do sự hiện diện của một điện trường. Nếu đặt một từ trường theo phương vuông góc với phương chuyển động của các điện tích, các điện tích chuyển động tích tụ sao cho các điện tích trái dấu nằm trên các mặt đối diện của vật dẫn. Sự phân bố các điện tích này tạo ra sự khác biệt điện thế trên vật liệu. Điều này tạo ra một điện thế ổn định miễn là điện tích đang chạy trong vật liệu và từ trường đang bật. Đây là hiệu ứng Hall.

Cảm biến lưu lượng nước có thể được sử dụng với nước nóng, nước lạnh, nước ấm, nước sạch và nước bẩn. Các cảm biến này có sẵn trong các đường kính khác nhau, với phạm vi tốc độ dòng chảy khác nhau.

Những cảm biến này có thể dễ dàng giao tiếp với các bộ vi điều khiển. Để thực hiện điều này, chúng ta cần có một bảng vi điều khiển để xử lý, cảm biến lưu lượng nước hiệu ứng Hall và dây kết nối Breadboard. Cảm biến được đặt ở đầu vào nguồn nước hoặc ở đầu ống.

Cảm biến lưu lượng nước có thể đo tốc độ dòng chảy của nước bằng cách đo vận tốc hoặc độ dịch chuyển. Cảm biến hiệu ứng Hall YFS201 là một ví dụ điển hình. Cảm biến này tạo ra 4 - 5 xung cho mỗi lít chất lỏng chảy qua trong mỗi phút.

### 1.4. Lý thuyết về nhiệt điện trở

Cảm biến nhiệt điện trở: là chuyển đổi có điện trở phụ thuộc vào nhiệt độ của nó. Hiện nay có 3 loại nhiệt điện trở phổ biến là:

- Nhiệt điện trở kim loại: Pt100, Ni-Cr.
- Nhiệt điện trở bán dẫn: Silic, hỗn hợp các oxit bán dẫn.

Trong đó, nhiệt điện trở kim loại là loại phổ biến nhất do có cấu tạo đơn giản, độ chính xác cao, tuyến tính ở dải nhiệt độ thấp.

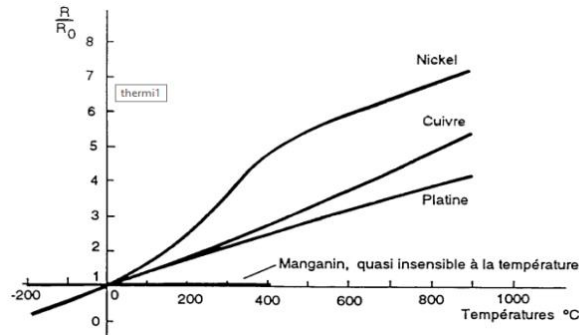
Điện trở của nhiệt điện trở phụ thuộc vào nhiệt độ theo công thức sau:

$$R_T = R_0 \times (1 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma(T - 100)T^3) \quad (1.1)$$

Trong đó:  $R_T$  là điện trở tại nhiệt độ  $T$ ,

$R_0$  là điện trở tại  $0^\circ\text{C}$ ,

$\alpha, \beta, \gamma$  là các hệ số nhiệt điện trở.



Hình 1.3: Điện trở của một số kim loại theo nhiệt độ

Ví dụ, nhiệt điện trở Pt100 có các thông số như sau:  $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3}$ ,  $\beta = -5,78 \cdot 10^{-7}$ ,  $\gamma = 0$ ,  $R_0 = 100\Omega$ . Pt100 có các hệ số nhiệt điện trở dương, vì vậy, điện trở của Pt100 tăng khi nhiệt độ tăng.

## 1.5. Công nghệ không dây NB-IoT

### 1.5.1. Tổng quan

Narrowband Internet of Things (NB-IoT) hay Internet vạn vật kết nối băng thông hẹp, là một tiêu chuẩn công nghệ vô tuyến mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) được chuẩn hoá bởi The 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP) cho các thiết bị và dịch vụ di động. Như vậy, mỗi thiết bị NB-IoT đều cần sim để hoạt động.

NB-IoT tập trung vào khả năng thâm xuyên tốt (dành cho các thiết bị trong nhà), chi phí thấp, tiết kiệm năng lượng và mật độ kết nối cao.

Tại Việt Nam, tận dụng hạ tầng 4G phủ sóng rộng khắp cả nước, NB-IoT được sử dụng chung cùng các trạm phát sóng 4G. Băng tần NB-IoT được triển khai là B3 (1800MHz). Từ năm 2019, Viettel bắt đầu triển khai NB-IoT, hiện tại có gần 3000 trạm NB-IoT, tập trung tại Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh và Đà Nẵng [1].

### 1.5.2. Đánh giá lựa chọn công nghệ kết nối

Để đánh giá lựa chọn công nghệ NB-IoT dành cho hệ thống đo nước nóng, lạnh trong chung cư, cần phân tích và đánh giá dựa trên những tiêu chí về kỹ thuật, về thương mại và về hệ sinh thái.

#### ❖ Tiêu chí kỹ thuật

- Băng tần: băng tần 1800MHz (B3), là băng tần được cấp phép, ít bị nhiễu với các băng tần miễn phí như 2.4GHz.
- Tầm phủ sóng: tầm phủ sóng lớn, hoạt động tốt với cả thiết bị trong nhà và thiết bị chôn dưới đất.
- Tiêu thụ rất ít năng lượng, thời lượng pin thiết bị NB-IoT có thể lên tới hơn 10 năm.

- Tốc độ: tốc độ thấp, khoảng 62 Kbps.
- Độ trễ lớn, lên tới vài giây.
- Mật độ thiết bị lớn, có thể lên tới 100000 thiết bị với mỗi cell NB-IoT.

#### ❖ Tiêu chí thương mại

- Chi phí phần cứng, chi phí triển khai và chi phí thuê bao thấp.
- Độ tin cậy và bảo mật cao.
- Khả năng mở rộng lớn.

#### ❖ Tiêu chí về hệ sinh thái

- NB-IoT được triển khai trên toàn thế giới, là công nghệ di động sinh ra dành cho các thiết bị IoT.
- NB-IoT là xu hướng phát triển trong tương lai, là một phần quan trọng của công nghệ 5G sau này.

Từ các tiêu chí đánh giá trên, NB-IoT là công nghệ kết nối phù hợp với các ứng dụng IoT không yêu cầu về tốc độ cao, độ trễ thấp, mà cần mật độ thiết bị rất lớn. NB-IoT phù hợp với các ứng dụng như:

- Thiết bị phát hiện vị trí đỗ xe,
- Đèn đường thông minh
- Giám sát thú cưng,
- Đo lường thông minh.

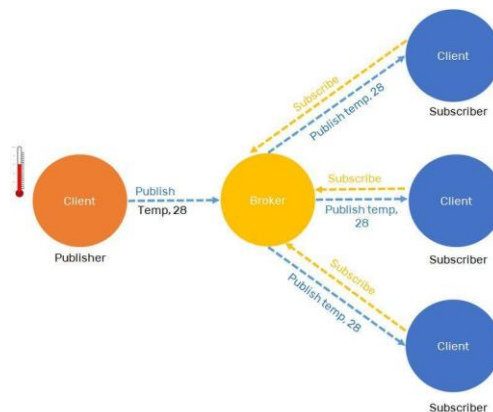
Vì các lý do trên, em lựa chọn NB-IoT là công nghệ kết nối cho giải pháp đo lường nước của mình.

### 1.6. Giao thức MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) là một giao thức truyền thông lớp ứng dụng (tham chiếu tới mô hình 7 lớp OSI), hoạt động theo cơ chế publish/subscribe.

MQTT là một giao thức nhẹ, có băng thông thấp, độ tin cậy cao, đơn giản, dễ cài đặt, thường được sử dụng cho các giao tiếp giữa máy với máy (M2M) trong các hệ thống IoT (các thiết bị có năng lực tính toán hạn chế và không yêu cầu độ trễ thấp).

Các thiết bị gửi bản tin (publish) lên MQTT Broker theo các topic. Mỗi topic trong một broker là duy nhất, có định dạng <string1>/<string2>/... Các thiết bị khác có thể subscribe vào topic đó để nhận được tin nhắn. Nhiều thiết bị có thể publish/subscribe vào cùng một topic. Như vậy, MQTT là giao thức one-to-many.



Hình 1.4: Mô hình hoạt động của MQTT

MQTT có một số ưu điểm khác như sau:

- Dễ dàng mở rộng hệ thống.
- Đáp ứng các yêu cầu về thời gian thực: Thiết bị publish bản tin lên topic, sau đó có thể thực thi hành động khác mà không cần chờ, bắt tay với bên nhận.

Khi kết nối tới một MQTT broker, cần quan tâm những yếu tố sau:

- Địa chỉ IP của broker.
- Cổng (port) của broker, MQTT có cổng mặc định là 1883.
- Phiên bản MQTT: v3 hoặc v5.
- Username và password (nếu có).
- Bảo mật TLS/SSL.

Khi publish/subscribe vào một topic, cần quan tâm tới:

- Địa chỉ của topic.
- Định dạng dữ liệu (chuỗi ký tự, JSON, XML)
- Quality of Service: Nhiều nhất một lần (0), Ít nhất một lần (1), Chính xác một lần (2). QoS cao hơn thì truyền tin có độ tin cậy cao hơn nhưng làm tăng độ phức tạp và độ trễ.

+ QoS = 0: Sử dụng khi việc gửi, nhận bản tin không cần đảm bảo cao, có thể chấp nhận mất một vài bản tin; hoặc sử dụng khi bản tin có thể dễ dàng tạo và gửi lại khi mất bản tin. Việc tạo lại và gửi lại bản tin nhiều lần có thể gây ra lặp bản tin.

+ QoS = 1: Đảm bảo bản tin chắc chắn nhận được một lần, nhưng vẫn có thể gây ra lặp bản tin.

+ QoS = 2: Độ tin cậy cao nhất, chắc chắn nhận được bản tin sau 1 lần gửi. Sử dụng QoS = 2 khi cần đảm bảo cao về dữ liệu, tránh gây ra mất hoặc lặp bản tin.

- Retain: là một cờ dẫn gắn cho một topic MQTT, có giá trị là 0 hoặc 1. Nếu retain có giá trị là 1, broker sẽ lưu lại tin nhắn cuối cùng của topic kèm theo mức QoS tương ứng. Khi retain = 0, chỉ các subscriber đang kết nối khi bản tin được gửi sẽ nhận được bản tin. Sử dụng retain = 1 khi các subscriber trong tương lai cần nhận được tin nhắn. Tuy nhiên, retain = 1 sẽ làm tăng lượng dữ liệu lưu trữ trong MQTT broker, gây ra một số vấn đề về bảo mật.

## 1.7. Tóm tắt chương

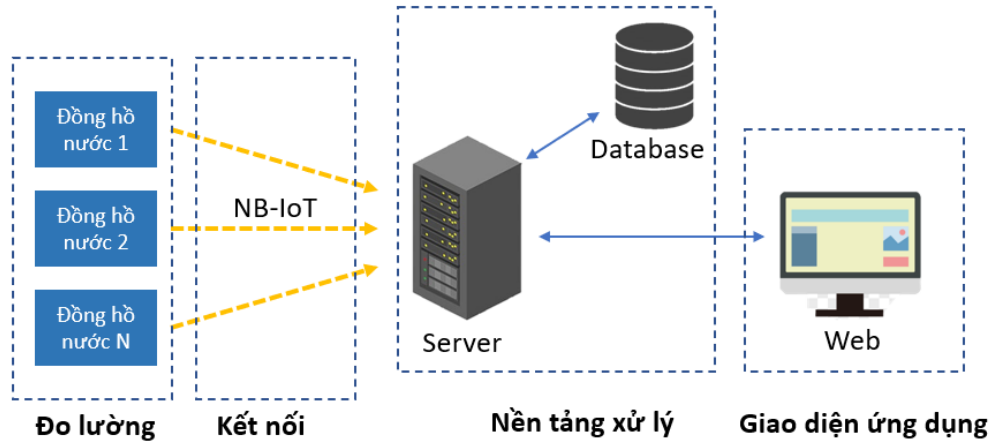
Trong chương 1, em đã tìm hiểu thực trạng đo nước nóng sinh hoạt hiện nay và một số giải pháp trên thị trường để hình thành ý tưởng cho đề án tốt nghiệp của mình.

Em cũng trình bày, phân tích các lý thuyết về cảm biến Hall, nhiệt điện trở, NB-IoT và MQTT để phục vụ việc thiết kế sau này.

## CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG VÀ PHẦN CỨNG

### 2.1. Kiến trúc hệ thống

Hệ thống đo nước nóng lạnh trong chung cư cần bao gồm đầy đủ các thành phần của một hệ thống IoT, bao gồm các khối: Thiết bị đo, kết nối, nền tảng xử lý và giao diện ứng dụng.



Hình 2.1 Kiến trúc tổng quan hệ thống

**Khối đo lường** bao gồm các thiết bị đo có khả năng: Đo lưu lượng nước nóng, nước lạnh và nhiệt độ của nước nóng. Mỗi thiết bị này sẽ gắn ở đầu ống nước trước khi cấp nước vào một căn hộ. Các thiết bị này gửi dữ liệu lên nền tảng xử lý định kỳ.

**Khối kết nối:** gửi dữ liệu từ thiết bị đo tới server.

**Khối nền tảng xử lý** là phần mềm chạy trên server. Khối này có chức năng nhận dữ liệu gửi lên từ các thiết bị đo nước, phân tích lượng nước sử dụng, tính tiền và lưu trữ dữ liệu.

**Khối giao diện ứng dụng** cho phép người quản lý, người sử dụng nước xem xét lượng nước tiêu thụ, tính tiền nước hàng tháng, báo cáo sự cố. Giao diện ứng dụng là giao diện web, cung cấp chức năng cơ bản như đăng nhập và phân quyền.

Sau đây, khối nền tảng xử lý và khối giao diện ứng dụng được kết hợp và gọi chung là nền tảng web.

### 2.2. Mục tiêu thiết kế

Từ các yêu cầu đặt ra và kiến trúc hệ thống đã phân tích, em đề ra mục tiêu thiết kế của đề tài như sau:

- Đối tượng áp dụng: Các toà nhà căn hộ sử dụng hệ thống nước nóng trung tâm.
- Phạm vi thiết kế: Hệ thống gồm thiết bị đo nước (đo lưu lượng nước nóng, nước lạnh và nhiệt độ nước nóng) và nền tảng web.
- Các thành phần chính của hệ thống:
  - + Thiết kế thiết bị đo lưu lượng nước lạnh, lưu lượng và nhiệt độ nước nóng đã sử dụng, gửi dữ liệu đo được về nền tảng web thông qua NB-IoT.
  - + Thiết kế nền tảng web nhận dữ liệu từ thiết bị đo nước, phân tích và lưu trữ. Giao diện web có phân quyền, hiển thị giá tiền, hoá đơn tiền nước theo

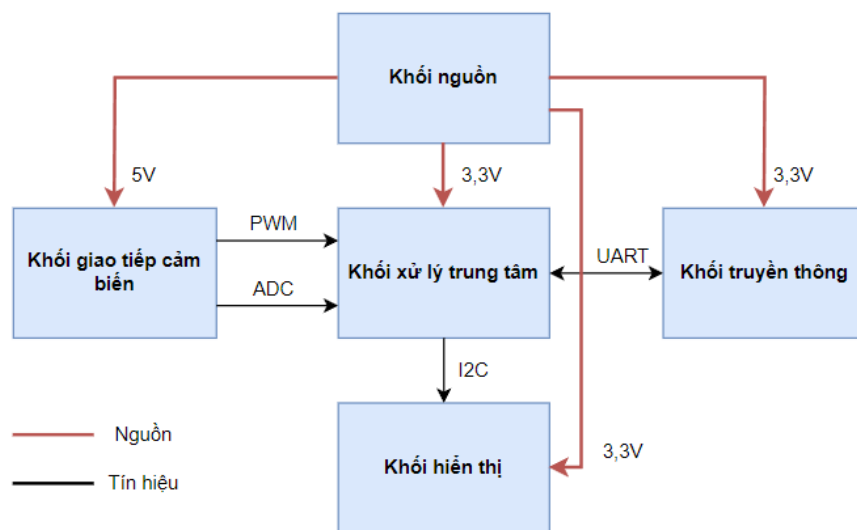
lưu lượng và nhiệt độ, cho phép truy xuất lịch sử tiêu thụ các tháng trước.

+ Thiết kế đóng hộp thiết bị.

### 2.3. Thiết kế phần cứng thiết bị đo

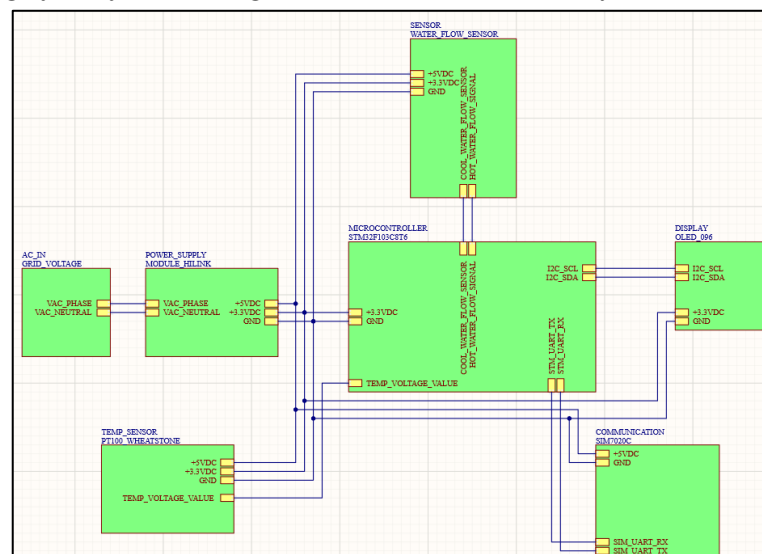
Từ thiết kế của sản phẩm hoàn thiện, em đưa ra sơ đồ tổng quan về các thành phần mạch điện tử của thiết bị đo nước như sau:

- Khối giao tiếp cảm biến: Mạch giao tiếp với cảm biến lưu lượng và cảm biến nhiệt độ.
- Khối truyền thông: Gửi dữ liệu lên nền tảng web thông qua NB-IoT.
- Khối hiển thị: Hiển thị lưu lượng nước.
- Khối xử lý trung tâm: Điều khiển các khối khác hoạt động theo đúng chức năng và yêu cầu.
- Khối nguồn: Cung cấp năng lượng cho hoạt động của thiết bị.



Hình 2.2 Các khối phần cứng của thiết bị đo nước

Từ sơ đồ tổng quan mạch điện tử của thiết bị, em lựa chọn phần cứng, xây dựng mạch nguyên lý theo từng khối như mô tả dưới đây.



Hình 2.3 Các khối nguyên lý mạch phần cứng



### 2.3.1. Khối giao tiếp cảm biến

Cảm biến của thiết bị đo nước bao gồm: 2 cảm biến lưu lượng và một cảm biến nhiệt độ. Vì vậy, cần lựa chọn cảm biến và thiết kế phần cứng khối giao tiếp cảm biến đáp ứng được yêu cầu trên.

#### ❖ Cảm biến lưu lượng nước

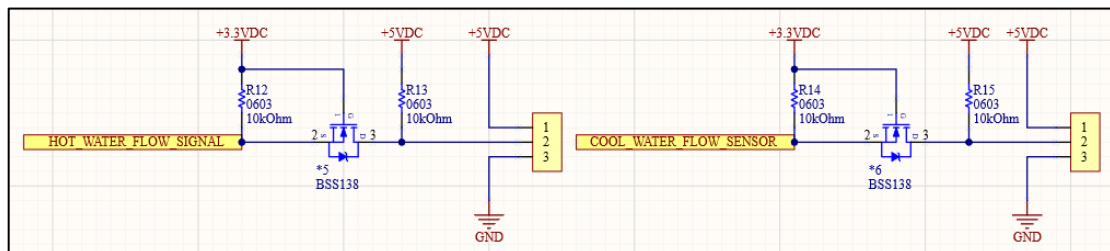
Để đo lưu lượng nước, em lựa chọn cảm biến YF-S201 với các ưu điểm: khoảng đo rộng, độ nhạy cao, an toàn, dễ lắp đặt và có sẵn trên thị trường. Cảm biến này dựa trên hiệu ứng Hall, đầu ra của cảm biến có dạng xung vuông.



Hình 2.4 Cảm biến lưu lượng YF-S201

Các thông số của cảm biến lưu lượng YF-S201:

- Điện áp: 5 – 24V,
- Dòng điện tối đa: 3mA,
- Độ chính xác:  $\pm 5\%$ ,
- Dải đo: 1 – 30l,
- Đường kính ống: DN15
- Nhiệt độ nước tối đa: 120°C



Hình 2.5 Mạch chuyển mức điện áp 5V-3,3V

Yêu cầu đo cả lưu lượng nước nóng và lưu lượng nước lạnh, vì vậy, cần có 2 đường tín hiệu đến vi điều khiển. Do cảm biến YF-S201 hoạt động ở điện áp 5V (chênh lệch điện áp với vi điều khiển là 3,3V), nên cần thiết kế mạch chuyển đổi điện áp cho đường tín hiệu từ 5V xuống 3,3V.

#### ❖ Cảm biến nhiệt độ

Nhiệt độ nước sinh hoạt từ các bể nước nóng tập trung thường có đặc điểm:

- Biến đổi chậm.
- Dải nhiệt độ từ khoảng 10 – 80°C.
- Không yêu cầu độ chính xác quá cao khi đo.

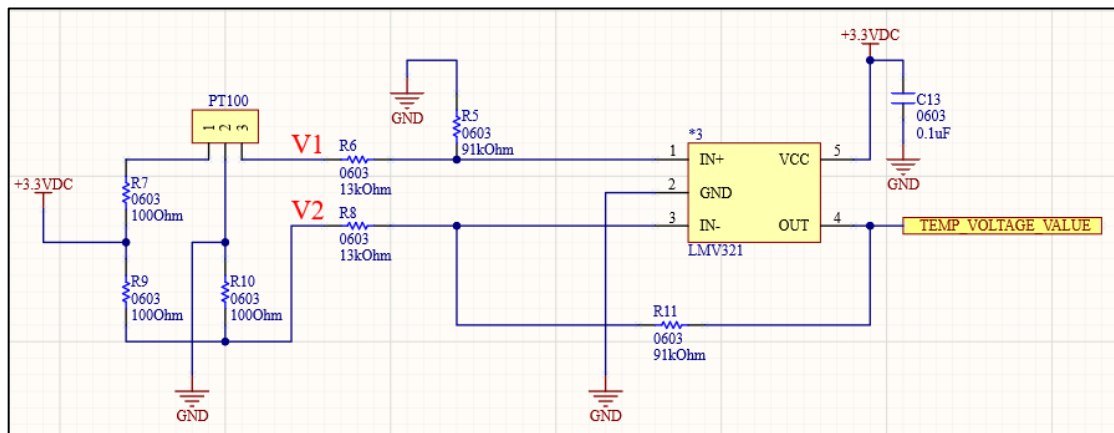
Với các đặc điểm đo lường trên, em lựa chọn cảm biến nhiệt điện trở Pt100 để đo nhiệt độ của nước, cảm biến loại 3 dây để giảm ảnh hưởng của điện trở trên



đường dây.



Hình 2.6 Cảm biến Pt100 3 dây



Hình 2.7 Mạch đo cho cảm biến nhiệt điện trở Pt100

Mạch đo cho nhiệt điện trở Pt100 là mạch cầu 4 nhánh, được cung cấp nguồn áp, bao gồm 3 điện trở  $R_0 = 100\Omega$  (điện trở của Pt100 tại  $0^\circ\text{C}$ ) và nhiệt điện trở Pt100 (có điện trở là  $R_0 + \Delta R$ ). Điện áp đầu ra của mạch cầu được tính như sau:

$$V_{out\_bridge} = V_{cc} \times \left( \frac{R_0 + \Delta R}{R_0 + R_0 + \Delta R} - \frac{R_0}{R_0 + R_0} \right) \quad (2.1)$$

Rút gọn lại ta được:

$$V_{out\_bridge} = \frac{V_{cc}}{4} \times \frac{\Delta R}{R_0 + \frac{\Delta R}{2}} \quad (2.2)$$

Theo công thức (1.1) áp dụng cho nhiệt điện trở Pt100, khi nhiệt độ thay đổi từ  $0$  đến  $100^\circ\text{C}$ , điện trở của cảm biến Pt100 sẽ thay đổi một lượng  $\Delta R$  từ  $0$  đến  $38,5\Omega$ . Như vậy:

- Tại  $T = 0^\circ\text{C}$ ,  $V_{out\_bridge} = 0\text{V}$ .
- Tại  $T = 100^\circ\text{C}$ ,  $V_{out\_bridge} = 0,266\text{V}$ .

Thiết kế mạch khuếch đại vi sai có hệ số khuếch đại  $K=7$ , điện áp ra tối đa là  $V_{out} = 1.864\text{V}$ .  $V_{out}$  là điện áp tới bộ chuyển đổi tương tự - số (ADC) của vi điều khiển.

Từ công thức 2.2, biến đổi ra công thức 2.3 tính độ thay đổi của điện trở  $\Delta R$  theo điện áp đầu ra của mạch cầu:

$$\Delta R = \frac{V_{out\_bridge} \times R_0}{\frac{V_{cc}}{4} - \frac{V_{out\_bridge}}{2}} \quad (2.3)$$

Kết hợp với công thức (1.2) ta được:

$$T = \frac{V_{out\_bridge}}{\left(\frac{V_{cc}}{4} - \frac{V_{out\_bridge}}{2}\right) \times \alpha} \quad (2.4)$$

Lại có  $V_{out} = V_{out\_bridge} \times 7$ , thu được công thức tính nhiệt độ của cảm biến Pt100 theo điện áp đầu ra  $V_{out}$  như sau:

$$T = \frac{V_{out}}{\left(\frac{7 \times V_{cc}}{4} - \frac{V_{out}}{2}\right) \times \alpha} \quad (2.5)$$

Như vậy, đo điện áp đầu ra của mạch đo  $V_{out}$ , ta tính ra được nhiệt độ của cảm biến Pt100.

### 2.3.2. Khối truyền thông

Ở chương 1, em đã phân tích, lựa chọn NB-IoT là công nghệ kết nối cho thiết bị đo lưu lượng nước. Về phần cứng NB-IoT, em lựa chọn module SIM7020C của SIMCOM theo những tiêu chí dưới đây:

- Hỗ trợ băng tần B3 là băng tần NB-IoT tại Việt Nam,
- Giá thành rẻ và sẵn có trên thị trường.

Thông số của SIM7020C:

- Điện áp hoạt động: 2,1 – 3,6VDC,
- Băng tần NB-IoT: B1, B3, B5, B8,
- Hỗ trợ giao thức: TCP, UDP, COAP, MQTT, LwM2M.



Hình 2.8 Module SIM7020C



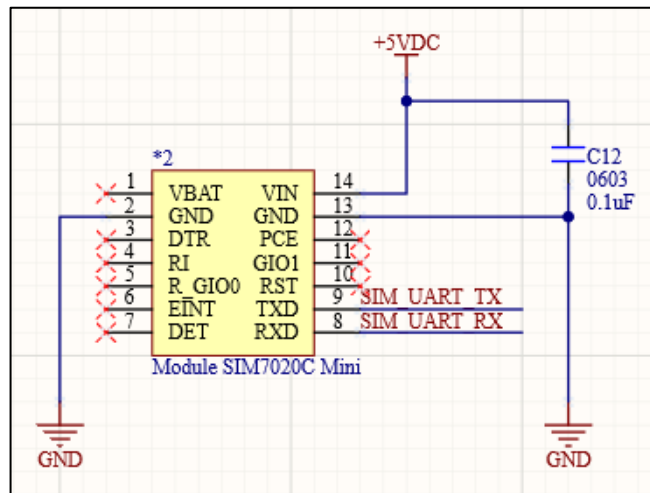
Hình 2.9 Anten cho module SIM7020C

Sim cho module SIM7020C là sim 4G của Viettel. Hiện tại, Viettel chỉ kinh doanh sim NB-IoT cho khách hàng doanh nghiệp. SIM7020C dùng sim 4G vẫn giao tiếp qua NB-IoT được, tuy nhiên sẽ thiếu một số tính năng nâng cao về tiết kiệm năng lượng.

SIM7020C giao tiếp với vi điều khiển thông qua chuẩn UART [2]. UART (Universal asynchronous receiver transmitter) là chuẩn có dây nối tiếp không đồng bộ, gồm 2 dây tín hiệu:

- TX: truyền dữ liệu tới phần cứng UART khác,
- RX: nhận dữ liệu từ TX gửi tới.

Do không sử dụng các chức năng đặc biệt của SIM7020C như ngắt, PSM nên SIM7020C chỉ kết nối UART tới vi điều khiển. SIM7020C được cấp nguồn 3,3V.



Hình 2.10 Mạch nguyên lý cho SIM7020C

### 2.3.3. Khởi hiển thị

Khởi hiển thị sử dụng module màn hình oled 0,96inch, với IC điều khiển SSD1306, cho khả năng hiển thị đẹp, sắc nét.

Thông số kỹ thuật của màn hình:

- Điện áp: 2,2 – 5,5V (đề án cấp nguồn 3,3V),
- Công suất tiêu thụ: 0,04W,
- Số điểm hiển thị: 128x64 điểm,
- Độ lớn màn hình: 0,96inch.

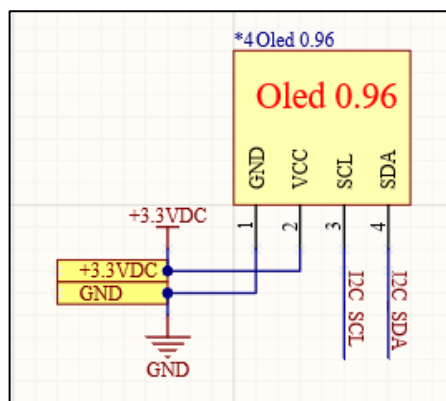


Hình 2.11 Màn hình Oled 0.96inch SSD1306

IC điều khiển SSD1306 giao tiếp với vi điều khiển thông qua giao thức I2C (Inter – Integrated Circuit) là giao thức nối tiếp đồng bộ, sử dụng hai dây tín hiệu:

- Serial Clock Line (SCL): Tạo xung clock đồng bộ từ Master,
- Serial Data Line (SDA): Đường truyền dữ liệu.

Khác với UART chỉ giao tiếp một-một, I2C cho phép nhiều thiết bị giao tiếp với nhau trên cùng đường bus. Các thiết bị được đánh địa chỉ 7bit, tương đương 128 thiết bị.



Hình 2.12 Khối hiển thị với màn hình Oled

### 2.3.4. Khối xử lý trung tâm

Từ nguyên lý mạch điện tử các khối giao tiếp cảm biến, khối truyền thông và khối hiển thị, em đưa ra số lượng các ngoại vi của vi điều khiển cần thiết như sau:

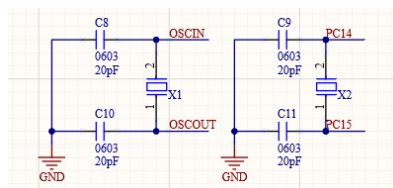
Bảng 2.1 Số lượng các ngoại vi cần thiết

STT	Ngoại vi	Số lượng
1	UART	01
2	I2C	01
3	ADC	01
4	Timer	02
5	GPIO	05

Em lựa chọn vi điều khiển STM32F103C8T6 của ST Electronics cho khối xử lý trung tâm dựa trên những tiêu chí sau:

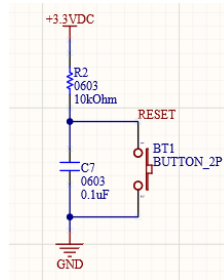
- Năng lực tính toán mạnh mẽ: Kiến trúc ARM Cortex-M3 32bit, xung nhịp tối đa đạt 72MHz, 64KB bộ nhớ Flash, 20KB RAM.
- Đáp ứng đầy đủ các ngoại vi cần thiết: UART, I2C, ADC 12bit, Timer 16bit,...
- Tiết kiệm năng lượng.
- Giá thành rẻ và dễ dàng mua được trên thị trường.

Em đưa ra thiết kế cho khối xử lý trung tâm dựa trên datasheet của nhà sản xuất, bao gồm vi điều khiển, tụ lọc nguồn, bộ dao động thạch anh, nút reset,...



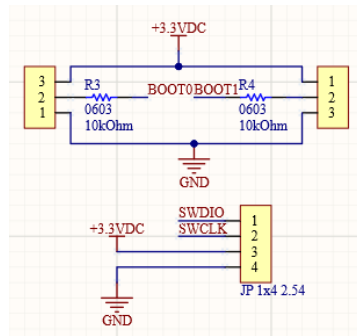
Hình 2.13 Khối tạo dao động cho vi điều khiển

Vi điều khiển STM32F103C8T6 có thạch anh nội 8MHz, tuy nhiên để có xung dao động ổn định, chất lượng tốt, em sử dụng mạch tạo dao động ngoài, bao gồm 2 thạch anh 8MHz (tốc độ cao) và thạch anh 32,768KHz (tốc độ thấp).



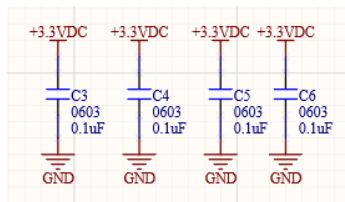
Hình 2.14 Mạch reset vi điều khiển

Nút reset vi điều khiển là nút thường mở, được nối vào chân NRST (chân số 7) của vi điều khiển. Bình thường, chân NRST được kéo lên nguồn 3,3V bởi một điện trở. Khi nhấn nút, chân NRST sẽ được kéo xuống mức thấp và reset vi điều khiển. Tụ 0.1uF được dùng để chống dội nút nhấn.



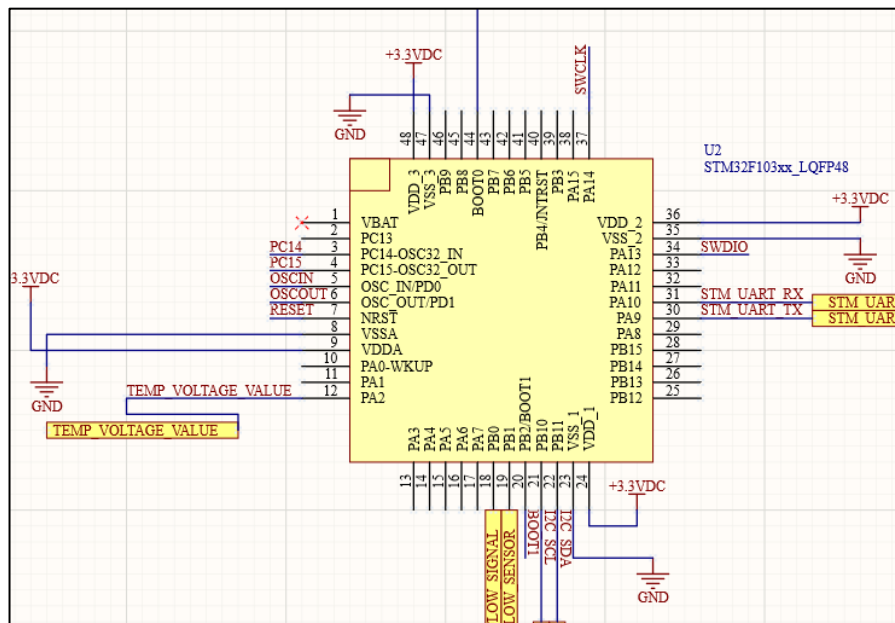
Hình 2.15 Mạch nạp cho vi điều khiển

Vi điều khiển hỗ trợ nạp qua chuẩn SWD (gồm các chân SWDIO và SWCLK) hoặc nạp qua bootloader thông qua UART. Trong đó, SWD là chuẩn của ST Electronics cho các vi điều khiển của hãng, ngoài nạp chương trình, chuẩn này cho phép debug vi điều khiển rất tốt. Vì vậy, em nạp chương trình cho vi điều khiển theo chuẩn SWD thông qua mạch nạp ST-Link.



Hình 2.16 Tụ chống nhiễu

Vi điều khiển được cấp nguồn 3,3V vào 4 chân 9, 24, 36 và 48. Mỗi chân nguồn đều được nối với một tụ chống nhiễu. Các tụ này cần được sắp xếp gần vi điều khiển nhất có thể.



Hình 2.17 Khối vi điều khiển STM32F103C8T6

### 2.3.5. Khối nguồn

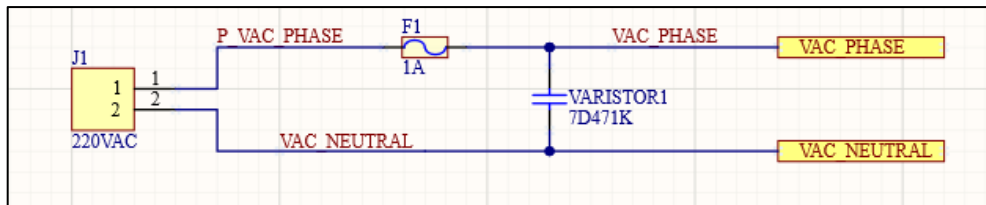
Nguồn năng lượng đầu vào cho thiết bị đo nước có thể sử dụng nguồn pin hoặc nguồn điện lưới. Nguồn pin thường phù hợp với thiết bị đo nước cho hộ gia đình, nhà mặt đất do thiết bị được đặt cách xa nguồn điện lưới. Trong các khu chung cư, nguồn điện lưới thường rất ổn định và có nguồn điện dự phòng, vì vậy, em lựa chọn nguồn điện lưới cho thiết bị của mình. Khi triển khai thực tế, em đề xuất thiết bị đo nước được cấp đường điện tách riêng khỏi các căn hộ, nhằm tăng tính ổn định.

Khối nguồn cần đảm bảo cung cấp đủ nguồn cho từng khối khác của hệ thống, vì vậy, em liệt kê thông số nguồn của các linh kiện trong mạch như bảng.

Bảng 2.2 Yêu cầu về nguồn cấp cho các thành phần trong mạch

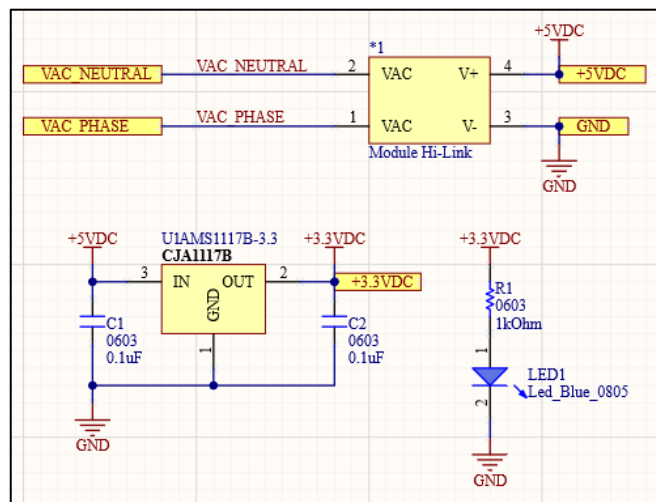
STT	Tên linh kiện	Điện áp	Dòng điện
1	Vi điều khiển STM32F103C8T6	3,3V	15mA
2	Cảm biến lưu lượng YF – S201	5 – 24V	3mA
3	Module SIM7020C	3,3V	16mA
4	Mạch cầu và Pt100	3,3V	
5	Màn hình	3,3V	20mA

Như vậy, khối nguồn cần cung cấp hai mức điện áp là 3,3V và 5V và dòng điện lớn hơn 50mA (lấy tổng các dòng điện tối đa).



Hình 2.18 Mạch bảo vệ điện áp đầu vào 220VAC

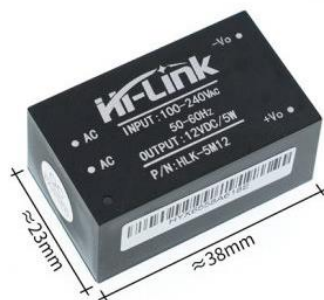
Đầu vào của khối là nguồn điện 220VAC trực tiếp từ điện lưới, được bảo vệ bởi cầu chì chống quá dòng và tụ chống sét.



Hình 2.19 Mạch chuyển đổi điện áp AC-DC

Em sử dụng module Hi-Link để chuyển đổi điện áp từ 220VAC xuống 5VDC. Module nguồn Hi-Link có thiết kế nhỏ gọn, vỏ bọc nhựa an toàn. Các đặc điểm của module Hi-Link như sau:

- Điện áp vào: 100 – 240VAC, 50 – 60HZ.
- Điện áp ra: 5VDC.
- Công suất: 3W.
- Lọc nhiễu ra, bảo vệ quá tải và ngắn mạch.



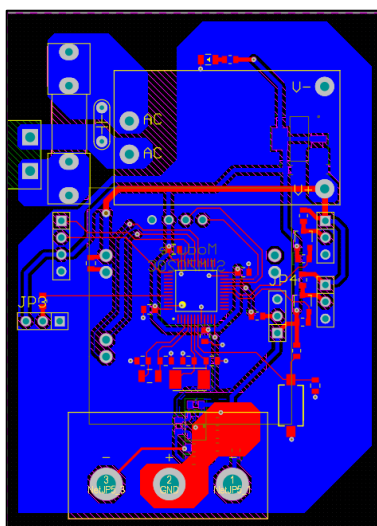
Hình 2.20 Module nguồn Hi-Link

Điện áp 5VDC được hạ áp bởi IC LM1117 xuống 3,3VDC.

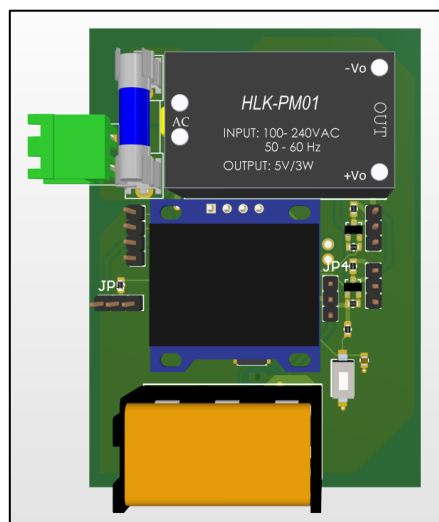
Ngoài ra, mạch còn có các tụ lọc 25V – 0,1uF để san phẳng điện áp. Đèn led màu đỏ dương chỉ thị có nguồn.

### 2.3.6. Hoàn thiện mạch phần cứng

PCB hay Printed Circuit Board – bảng mạch in, là một bảng mạch điện tử được sử dụng để kết nối các linh kiện điện tử với nhau. Sau khi xây dựng mạch nguyên lý của thiết bị, em tiến hành sắp xếp linh kiện, vẽ PCB trên phần mềm Altium Designer. Mạch PCB của đồ án gồm có 2 lớp.



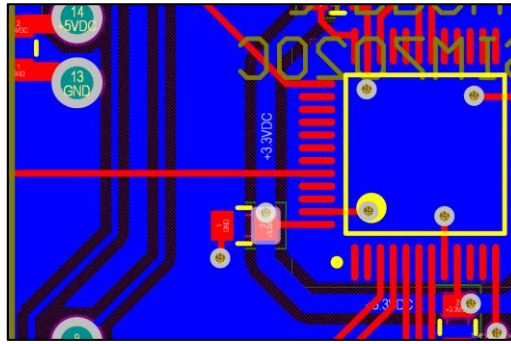
Hình 2.21 Các lớp PCB của mạch



Hình 2.22 Hình ảnh 3D của mạch

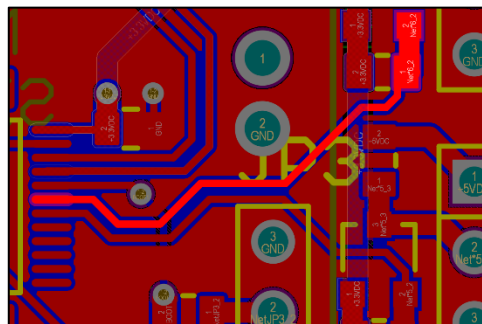
Khi sắp xếp các linh kiện trong mạch, cần lưu ý các tụ lọc nguồn cho vi điều khiển cần đặt gần vi điều khiển nhất có thể. Tương tự với hai bộ dao động thạch anh tốc độ thấp và tốc độ cao.





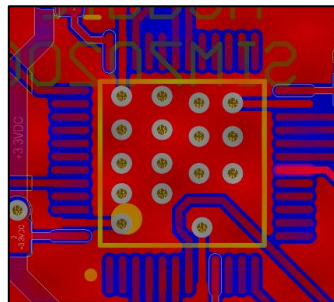
Hình 2.23 Các tụ lọc được đặt gần vi điều khiển nhất có thể

Các đường cấp nguồn 3,3V và 5V được thiết kế to hơn các đường tín hiệu thông thường để giảm điện trở trên đường dây. Đường đọc tín hiệu tương tự cần được phủ hai bên và bên dưới một lớp GND để bảo vệ khỏi những nhiễu phát xạ không mong muốn có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo.



Hình 2.24 Đường tín hiệu analog

Bên dưới vi điều khiển được đặt các lỗ via để tản nhiệt trong quá trình hoạt động.



Hình 2.25 Các via tản nhiệt cho vi điều khiển

Sau khi thiết kế xong PCB trên phần mềm, em đặt mạch in thực tế có vật liệu là FR4 (Fire retardant 4), độ dày mạch in là 1,6 mm.

## 2.4. Tóm tắt chương

Trong chương 2, em đã đưa ra mục tiêu, các yêu cầu và chức năng khi thiết kế hệ thống, bao gồm cả phần cứng và phần mềm.

Em tiến hành thiết kế mạch nguyên lý và mạch PCB phần cứng cho thiết bị.



## CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

Phần mềm trong hệ thống đo nước nóng, lạnh trong chung cư bao gồm chương trình nhúng cho thiết bị đo nước và chương trình phân tích, xử lý dữ liệu trên nền tảng web.

### 3.1. Thiết kế chương trình nhúng

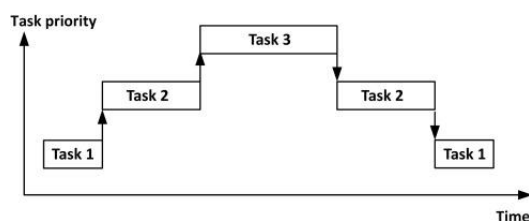
Hệ điều hành thời gian thực (Real-time operating system - RTOS) được thiết kế để hỗ trợ các ứng dụng thời gian thực, trong đó, các tác vụ phải được thực thi trong một khoảng thời gian cụ thể và phản hồi nhanh chóng [3].

- RTOS cung cấp các chức năng như lập lịch, quản lý tài nguyên, quản lý bộ nhớ, điều khiển thiết bị và quản lý tiến trình.
- RTOS thường được sử dụng trong các ứng dụng như điều khiển tự động, hệ thống định vị, điện thoại di động và thiết bị y tế, trong đó các phản hồi phải được đáp ứng trong thời gian thực.

Hệ thống đo của em cần xử lý nhiều tác vụ, các tác vụ yêu cầu cao về đáp ứng thời gian, vì vậy em thiết kế chương trình nhúng cho vi điều khiển dựa trên RTOS. Phiên bản RTOS được lựa chọn là CMSIS-RTOSv1, là phiên bản do ARM phát hành dành cho các dòng vi điều khiển có kiến trúc ARM.

CMSIS-RTOSv1 lập lịch, quản lý thực thi các tiến trình theo cơ chế preemption priority:

- Khi có nhiều tiến trình đang sẵn sàng, tiến trình có mức ưu tiên cao hơn được thực thi.
- Khi một tiến trình đang thực thi, nếu có một tiến trình khác đang sẵn sàng và có mức ưu tiên cao hơn, CPU sẽ block tiến trình đang chạy, sau đó thực thi tiến trình có mức ưu tiên cao hơn.



Hình 3.1 Cơ chế preemption priority trong RTOS

Dựa trên yêu cầu của hệ thống, em đưa ra các tiến trình RTOS cho chương trình nhúng (Bảng 3.1). Khi khởi tạo các tiến trình cần quan tâm tới:

- Bộ nhớ được cấp phát: Lớn hơn bộ nhớ mà tiến trình sử dụng.
- Mức ưu tiên: Các tiến trình có mức ưu tiên cao hơn sẽ được thực thi trước, ngay cả khi một tiến trình có mức ưu tiên thấp hơn đang chạy (cơ chế preemption priority).

Các tiến trình sau khi thực thi xong sẽ được đưa vào trạng thái blocking, nhường CPU lại cho các tiến trình khác đang sẵn sàng. Cuối mỗi tiến trình đều có hàm `osDelay(1)` để block hoạt động của tiến trình.

Để thiết kế được chương trình nhúng dựa trên RTOS, cần xác định trước các tiến trình có thể cần đến, mức độ ưu tiên và bộ nhớ cần được cấp phát của tiến trình đó.

Bảng 3.1 Các tiến trình RTOS trong chương trình nhúng

STT	Tiến trình	Nhiệm vụ	Bộ nhớ cấp phát (byte)	Bộ nhớ sử dụng (byte)	Mức độ ưu tiên
1	initiator	Khởi tạo	512	440	Realtime
2	oled	Hiển thị dữ liệu lên màn hình oled	512	456	Normal
3	kevin	Đo nhiệt độ từ cảm biến Pt100	256	88	Normal
4	uart	Giao tiếp với module SIM7020C	1024	400	High
5	volume_calc	Tính toàn thể tích nước từ lưu lượng	512	88	High
			Tổng:2816	Tổng:1472	

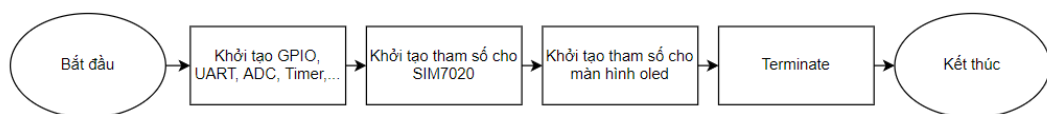
Chương trình nhúng được lập trình bằng STM32CubeMX và KeilC.

### 3.1.1. Khởi tạo

**Tiến trình initiator** khởi tạo các ngoại vi của vi điều khiển, sau đó thiết lập các thông số ban đầu cho các module SIM7020C và màn hình oled.

Đây là tiến trình cần chạy đầu tiên trong chương trình nên có mức ưu tiên là cao nhất (Realtime). Khởi tạo chỉ cần thực hiện một lần duy nhất, vì vậy, sau khi tiến trình thực thi xong sẽ bị loại bỏ (terminate) để giải phóng bộ nhớ.

Chi tiết về khởi tạo các ngoại vi, module sẽ được đề cập trong các phần sau.



Hình 3.2 Các bước khởi tạo

### 3.1.2. Đọc giá trị cảm biến lưu lượng

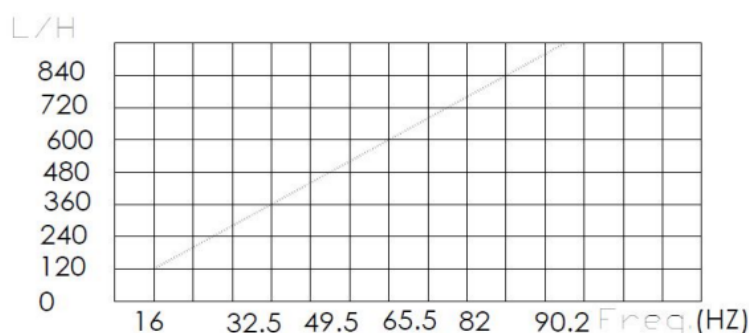
Theo datasheet từ nhà sản xuất, cảm biến lưu lượng YF-S201 có tần số xung vuông đầu ra biến đổi tuyến tính theo giá trị lưu lượng nước chảy qua cảm biến, theo công thức:

$$Q = F/K \quad (3.1)$$

Trong đó: Q là lưu lượng nước (lít/phút),

F là tần số xung (Hz),

K là hệ số từ datasheet.



Hình 3.3 Tần số xung đầu ra phụ thuộc vào lưu lượng nước chảy qua cảm biến

Giá trị K trong công thức 3.1 từ datasheet được trình bày trong Bảng 3.2. Các giá trị K ở tần số xung cao hơn được lấy xấp xỉ là 7,5.

Bảng 3.2 Hệ số K theo datasheet

Lưu lượng (Q)	Tần số xung (F)	Hệ số K
2	16	8
4	32,5	8,125
6	49,3	8,216
8	65,5	8,188
10	82	8,2
12	90,2	7,516

Em tính tần số xung đầu ra của cảm biến dựa trên phép đếm số xung sườn lên trong một khoảng thời gian nhất định, bằng cách sử dụng Timer và GPIO với cấu hình như sau:

- Timer TIM1: Tần số 1MHz, giá trị đếm tối đa là 1000. Như vậy, giá trị đếm sẽ tăng thêm 1 sau mỗi 1 $\mu$ s, thanh ghi đếm của Timer sẽ tràn sau mỗi 1ms. Khi thanh ghi đếm tràn, ngắt Timer xảy ra.
- Chân PB0: Ngắt theo sườn lên, dùng để đo tần số xung của cảm biến lưu lượng nước nóng.
- Chân PB1: Ngắt theo sườn lên, dùng để đo tần số xung của cảm biến lưu lượng nước lạnh.

Tần số xung của cảm biến được tính như sau:

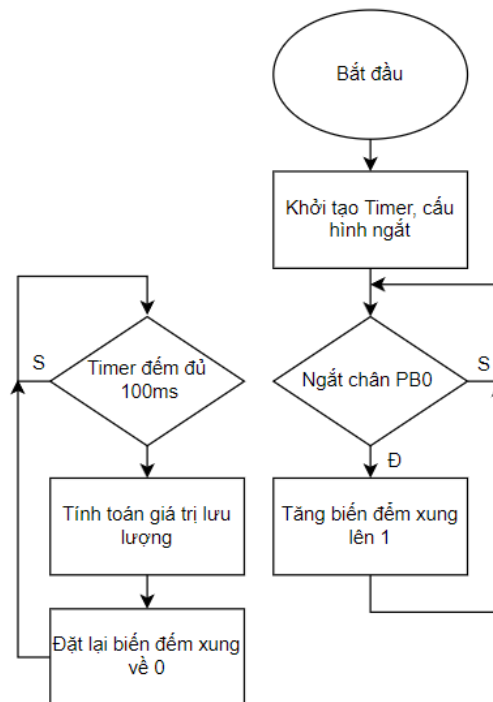
$$F = \frac{\text{Số xung đếm được}}{\text{Khoảng thời gian đo theo giây}} \quad (3.2)$$

Hình 3.4 mô tả thuật toán đọc tần số xung vuông từ cảm biến. Thuật toán có các đặc điểm như sau:

- Vì việc đo lưu lượng diễn ra liên tục nên thuật toán không có điểm kết thúc, có thể coi như một vòng lặp vô hạn.
- Việc đo tần số xung yêu cầu đáp ứng cao về mặt thời gian nên một phần của thuật toán (phần tăng biến đếm và tính giá trị lưu lượng, có thời gian

thực thi rất nhỏ) được thực hiện bởi ngắt (có mức ưu tiên cao hơn tất cả tiến trình RTOS).

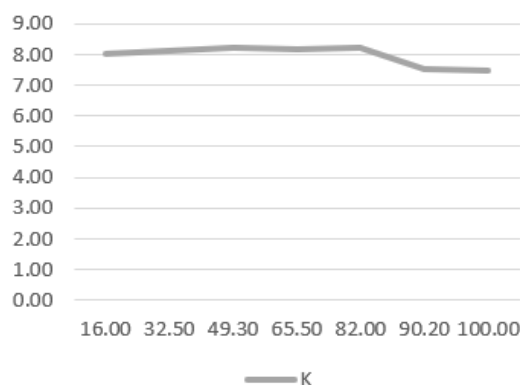
- Em đếm số xung sườn lên trong 100ms. Để ra được khoảng thời gian này, em đã tiến hành một số thử nghiệm. Nếu thời gian đếm nhỏ hơn 100ms, thời gian đo quá ngắn làm ảnh hưởng tới độ chính xác của kết quả đo. Nếu thời gian đếm dài tới 1s thì khi lưu lượng biến đổi nhanh (khi mở và đóng van nước) có thể gây ra sai số lớn.



Hình 3.4 Thuật toán đọc tần số xung vuông

**Tiến trình volume\_calc:** Tính toán thể tích nước từ tần số xung vuông. Tiến trình này có chu kỳ 1s. Khi thực thi, tiến trình tính lưu lượng nước hiện tại (theo công thức 3.1), tính trung bình cộng lưu lượng nước trong vòng 1s, từ đó, tính ra thể tích nước chảy qua cảm biến trong 1s.

Dựa trên Bảng 3.2, em đưa ra đồ thị hệ số K theo từng khoảng tần số. Trên đồ thị có thể thấy đường hệ số K không tuyến tính hoàn toàn, vì vậy cần thực hiện tuyến tính hoá từng đoạn để đảm bảo tính chính xác của phép đo.



Hình 3.5 Đồ thị hệ số K trong các khoảng tần số xung

Em đặt mức ưu tiên của tiến trình trong RTOS là High dựa vào các yếu tố sau:

- Tiến trình cần chốt giá trị lưu lượng nước sau mỗi chính xác 1s.
- Thời gian thực thi ngắn do tiến trình chỉ tính toán đơn thuần, không thực hiện các giao thức truyền tin.

### 3.1.3. Đọc giá trị cảm biến nhiệt độ

Giá trị cảm biến nhiệt độ Pt100 được đọc và xử lý để ra kết quả nhiệt độ của nước bởi tiến trình kevin.

Theo công thức 2.5, mục tiêu đầu tiên của chương trình nhúng đọc giá trị cảm biến nhiệt độ là lấy được giá trị điện áp  $V_{out}$ . Em sử dụng ADC có sẵn trên vi điều khiển với các thiết lập như sau:

- ADC có độ phân giải 12 bit.
- Tần số hoạt động là 12 MHz.
- ADC hoạt động ở chế độ ngắt, thực hiện chuyển đổi 1 lần duy nhất sau khi kích hoạt để giảm tiến tốn CPU.
- ADC có thiết lập thời gian lấy mẫu từ 1,5 tới 239,5 chu kỳ. Thời gian lấy mẫu càng dài thì độ chính xác của chuyển đổi càng cao. Thời gian lấy mẫu quá nhanh gây ra sai số lớn, đồng thời khiến ADC ngắt liên tục, gây ảnh hưởng tới hoạt động của chương trình chính. Em lựa chọn thời gian lấy mẫu là 71,5 chu kỳ cho tốc độ chuyển đổi và độ chính xác vừa phải. Thời gian chuyển đổi được tính như sau [3]:

$$T_{conv} = \frac{T_{sample} + 12}{f_{ADC}} = 7\mu s \quad (3.3)$$

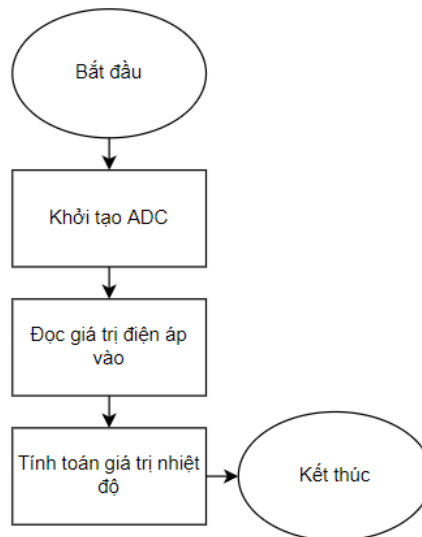
- Giá trị sau chuyển đổi của ADC là 12 bit, khi sử dụng một biến 16 bit (uint16\_t) để lưu thì còn thừa 4 bit. Em lựa chọn lưu ở chế độ căn lề phải (right alignment), tức là 4 bit thừa sẽ là 4 bit MSB.

Sau khi đọc được giá trị của ADC, giá trị điện áp  $V_{out}$  được tính như công thức 3.4, với điện áp tham chiếu của ADC là  $V_{ref} = V_{cc} = 3,3V$ . Trên thực tế,  $V_{cc}$  có thể không đạt chính xác 3,3V, từ đó cần phải hiệu chỉnh lại ADC sau khi nghiệm thu thực tế. Thay  $V_{out}$  vào công thức 2.5 ta được nhiệt độ của cảm biến Pt100.

$$V_{out} = \frac{V_{ref}}{2^{12} - 1} \times ADC \quad (3.4)$$

Do cảm biến Pt100 trong khoảng nhiệt độ thấp từ 0 đến 100°C có độ tuyến tính cao giữa nhiệt độ và điện trở nên không cần thực hiện tuyến tính hoá từng đoạn.

**Tiến trình kevin** có thời gian thực thi rất ngắn và không yêu cầu cao về tính liên tục, em đặt mức ưu tiên là Normal (thấp nhất trong chương trình). Nhiệt độ của nước thường thay đổi chậm, vì vậy, để tiết kiệm tài nguyên tính toán của CPU, tiến trình kevin chạy với chu kỳ là 60s.



Hình 3.6 Lưu đồ thuật toán đọc giá trị cảm biến nhiệt độ

### 3.1.4. Hiển thị dữ liệu lên màn hình

Tiến trình oled điều khiển màn hình oled thông qua IC điều khiển SSD1306. SSD1306 có địa chỉ I2C mặc định là 0x3C, có thể thay đổi địa chỉ này bằng cách hàn các điện trở trên mạch của màn hình oled. Sử dụng I2C ở chế độ Fast Mode, có xung nhịp clock là 400KHz.

Vi điều khiển gửi các lệnh và dữ liệu dưới dạng các mã hexa tới SSD1306. Bảng 3.2 mô tả một số mã lệnh để điều khiển SSD1306 (trích từ datasheet của IC). Các mã lệnh này sau đó được lưu vào các thanh ghi của IC.

Bảng 3.3 Một số lệnh điều khiển SSD1306

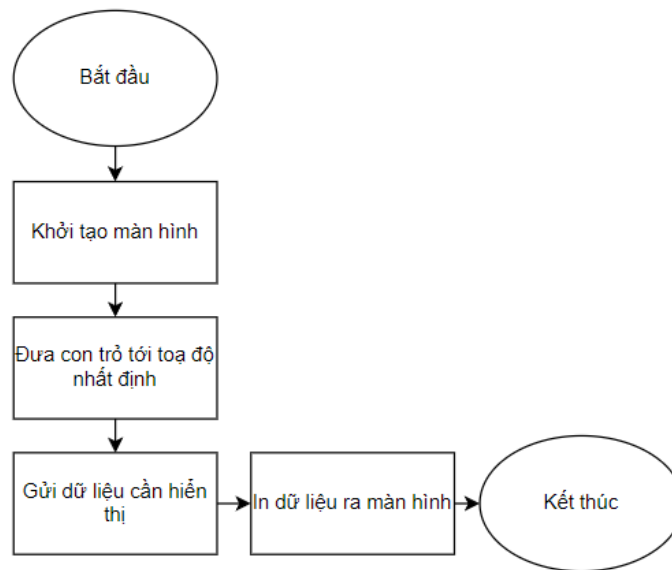
Mã lệnh	Ý nghĩa
0xAE	Tắt màn hình
0x20	Cài đặt chế độ địa chỉ
0xA6	Chế độ hiển thị thông thường
0xAF	Bật màn hình

Từ các lệnh điều khiển trên, em lập trình sắp xếp thứ tự sử dụng các lệnh để tạo thành các hàm điều khiển màn hình oled theo từng chức năng cụ thể như:

- Khởi tạo: Khởi tạo tham số, chế độ hoạt động cho màn hình oled.
- Đi tới tọa độ trên màn hình: Điều khiển con trỏ tới một tọa độ trên màn hình (chiều ngang từ 0 đến 128 pixel, chiều dọc từ 0 tới 64 pixel), sẵn sàng cho việc in dữ liệu ra màn hình.
- Dữ liệu in ra màn hình: Gửi dữ liệu để sẵn sàng in ra màn hình tại vị trí đã được thiết lập trước.
- In ra màn hình: In dữ liệu ra màn hình theo đúng các tọa độ.
- Xoá màn hình: Xoá toàn bộ màn hình.

Về chế độ hiển thị của màn hình, em sử dụng chế độ hiển thị thông thường: Nền màn hình tối, các dữ liệu sẽ được hiển thị bởi các pixel sáng. Chế độ này giúp

màn hình dễ đọc hơn và tiết kiệm năng lượng do phần lớn các pixel sẽ tắt.



Hình 3.7 Thuật toán điều khiển màn hình oled

Dữ liệu hiển thị lên màn hình bao gồm:

- Thẻ tích nước nóng.
- Thẻ tích nước lạnh.
- Nhiệt độ của nước nóng.

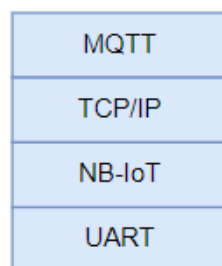
Do các dữ liệu trên biến đổi chậm, đồng thời tần suất xem màn hình của người dùng thấp (có thể chỉ một tháng một lần) nên em đặt thời gian cập nhật màn hình là 1s. Thời gian này không quá ngắn (sẽ gây tốn năng lượng và CPU không cần thiết) và dài vừa đủ để có thể nhìn thấy các dữ liệu thay đổi.

Nhiệt độ được hiển thị sẽ nhấp nháy với chu kỳ là 2s để thông báo tình trạng của màn hình. Nếu nhiệt độ hiển thị tĩnh, chứng tỏ thiết bị đã mất điều khiển đối với màn hình, cần tiến hành khắc phục. Đồng thời, để đảm bảo màn hình luôn hiển thị được, vi điều khiển sẽ khởi tạo lại màn hình sau mỗi 30 phút.

Về tiến trình oled trong RTOS, tiến trình có thời gian thực hiện ngắn, quá trình truyền dữ liệu qua I2C rất nhanh, nên không cần có mức ưu tiên cao. Em đặt mức ưu tiên cho tiến trình oled là Normal. Tiến trình này có chu kỳ thực thi là 1s.

### 3.1.5. Truyền thông

Dữ liệu từ vi điều khiển được gửi lên server theo mô hình truyền thông như Hình. Trong đó, UART là giao tiếp phần cứng trên mạch.



Hình 3.8 Mô hình truyền thông

### ❖ Cấu hình UART

Vi điều khiển giao tiếp phần cứng với SIM7020C thông qua giao thức UART, sử dụng cấu hình mặc định. Các lệnh AT được gửi qua UART để điều khiển SIM7020C.

Bảng 3.4 Cấu hình UART mặc định của SIM7020C

STT	Thông số	Giá trị
1	Baud rate	115200 bit/s
2	Độ dài bản tin	8 bit
3	Parity	Không sử dụng
4	Stop bit	1

### ❖ Cấu hình mạng NB-IoT

Em cấu hình SIM7020C kết nối tới mạng NB-IoT của Viettel theo các thông số dưới đây:

Bảng 3.5 Cấu hình kết nối NB-IoT

STT	Thông số	Giá trị
1	Băng tần NB-IoT	B3
2	Giao thức mạng	IP
3	Access point name	nbiot
4	Nhà mạng	45204 (Viettel)

Việc cấu hình kết nối tới mạng NB-IoT của Viettel chỉ cần thực hiện một lần duy nhất khi khởi tạo (tiền trình initiator). Các lần kết nối sau có thể giao tiếp luôn với MQTT broker thông qua các lệnh AT.

### ❖ Cấu hình giao thức MQTT

Sau khi đã kết nối được mạng thông qua NB-IoT, em sử dụng lệnh AT để kết nối tới MQTT broker và gửi bản tin.

Bảng 3.6 Cấu hình giao thức MQTT

STT	Thông số	Giá trị
1	Địa chỉ MQTT broker	test.mosquitto.org
2	Port	1883
3	Command timeout	12000
4	Buffer size	100

Theo cách thông thường, để sử dụng được MQTT, phải thiết lập kết nối TCP/IP trước, sau đó đóng gói đầy đủ cấu trúc bản tin MQTT. SIM7020C hỗ trợ lệnh AT kết nối và giao tiếp với MQTT broker chỉ cần thông qua một vài lệnh AT



nhất định. Các lệnh AT phục vụ giao thức MQTT [4] bao gồm:

- AT+CMQNEW: Thiết lập kết nối tới MQTT broker.
- AT+CMQCON: Tạo MQTT Client
- AT+CMQPUB: Publish bản tin tới MQTT broker theo các topic, có thể thiết lập QoS của bản tin.
- AT+CMQSUB: Subscribe để nhận bản tin từ MQTT broker.
- AT+CMQDISCON: Ngắt kết nối tới MQTT broker.

#### ❖ Cấu trúc bản tin

Các dữ liệu cần gửi lên nền tảng web bao gồm: Thẻ tích nước nóng, nhiệt độ nước nóng và thẻ tích nước lạnh. Cấu trúc bản tin gửi lên có dạng như sau:

<mã thiết bị>,<thẻ tích nước nóng>,<nhiệt độ nước nóng>,<thẻ tích nước lạnh>

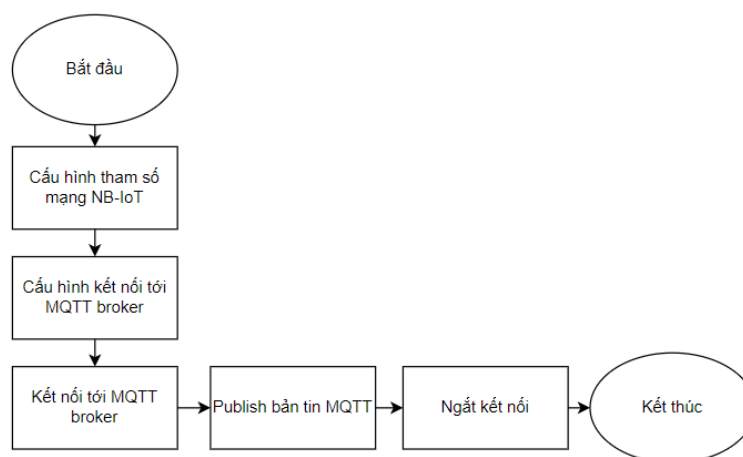
Ví dụ: 0x1ae2,200,56,80. Như vậy, kích thước bản tin gửi lên nền tảng web là 14 byte.

Bảng 3.7 Các trường dữ liệu trong bản tin gửi lên MQTT broker

STT	Dữ liệu	Giá trị	Dung lượng (byte)
1	Mã thiết bị	0x0000 – 0xffff	6
2	Thẻ tích nước nóng	0 - 999	3
3	Nhiệt độ nước nóng	0 - 99	2
4	Thẻ tích nước lạnh	0 - 999	3

#### ❖ Lưu đồ giao tiếp với SIM7020

**Tiến trình sim7020** có thời gian thực thi dài, một lệnh AT có thể mất tới vài giây để phản hồi, sự ngắt quãng trong quá trình kết nối và truyền tin có thể gây ra một số lỗi. Để giảm thiểu các lỗi có thể xảy ra, em đặt mức ưu tiên cho tiến trình là High (mức ưu tiên cao nhất trong các tiến trình, không tính tới tiến trình initiator).



Hình 3.9 Lưu đồ thuật toán giao tiếp với SIM7020C

Đo lường nước sinh hoạt trong căn hộ không cần cập nhật dữ liệu liên tục, nhanh chóng lên nền tảng web. Vì vậy, em cấu hình khối truyền thông gửi dữ liệu sau mỗi 3600s.

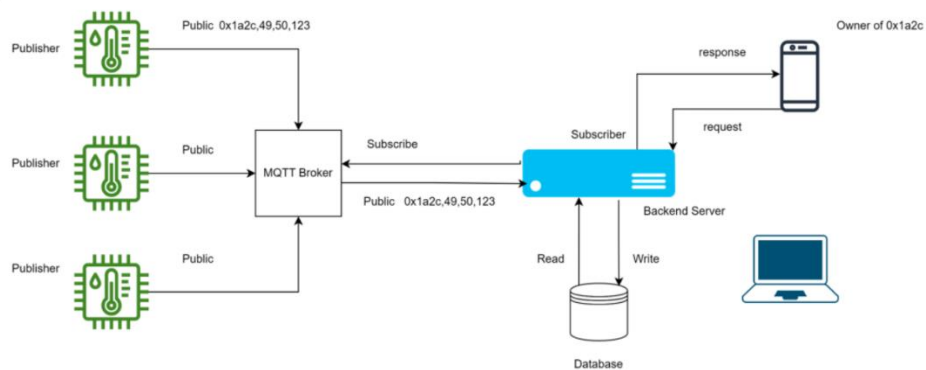
## 3.2. Thiết kế nền tảng web

### 3.2.1. Mục tiêu thiết kế

Để quản lý các thông số về nhiệt độ, lưu lượng nước tiêu thụ sao cho người dùng cũng như người quản lý có thể theo dõi một cách trực quan, tiện lợi và kịp thời nhất, em xây dựng trang web với các chức năng cơ bản cần có của một hệ thống quản lý tiêu thụ nước trong chung cư.

Giao diện web được thiết kế sẽ đảm bảo những yêu cầu kỹ thuật (tính năng) sau:

- Đăng nhập, đăng ký mới:
  - + Đăng ký tài khoản mới: sử dụng Username, Password, Email.
  - + Đăng nhập tài khoản đã có: sử dụng Username, Password.
- Chức năng phân quyền: phân quyền chức năng người dùng: có 2 chế độ là Admin và User.
  - + Admin: có thể xem được các thông số về lượng nước tiêu thụ, nhiệt độ nước nóng, nước lạnh của tất cả người dùng theo thời gian.
  - + User: có thể xem cái thông tin trên của chỉ account mình theo thời gian.
- Tích hợp thiết bị: gán mã thiết bị cho tài khoản.
- Kết nối: Nhận dữ liệu từ thiết bị theo giao thức MQTT.
- Hiển thị:
  - + Tên người dùng, mã thiết bị.
  - + Lưu lượng nước lạnh và nhiệt độ trung bình, lưu lượng của nước nóng theo ngày, theo tháng hay theo năm tùy thuộc vào lựa chọn của người dùng.



Hình 3.10 Sơ đồ hoạt động của nền tảng web

Backend server sẽ subscribe để nhận các topic từ publishers, ở đây cụ thể là các thông số về nhiệt độ, lưu lượng (thể tích). Backend server sẽ giao tiếp đọc dữ liệu từ database cũng như ghi dữ liệu vào CSDL. Ngoài ra, backend server còn giao tiếp với các thiết bị hiển thị thông qua cơ chế HTTP.

Sau khi tham khảo bảng giá tính chi phí nước sạch ở một số trang web có uy tín về quy định chung của nhà nước, kết hợp với cách tính của các khu căn hộ cao cấp trên địa bàn thành phố Hà Nội như VinHome Ocean Park, Times City, Royal City..., chúng em có một số tổng hợp như sau:

Đối với hộ gia đình, từ ngày 01/10/2015 đến năm 2022, giá nước sạch theo

quy định của nhà nước được áp dụng như sau:

- Đối với 10m<sup>3</sup> nước sinh hoạt đầu tiên sẽ có giá: 5.937 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Từ 10m<sup>3</sup> đến 20m<sup>3</sup> nước sinh hoạt sẽ được tính theo giá: 7.052 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Từ 20m<sup>3</sup> đến 30m<sup>3</sup> nước sinh hoạt sẽ được tính theo giá: 8.669 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Trên 30m<sup>3</sup> nước sinh hoạt sẽ có giá: 15.925 VNĐ/m<sup>3</sup>.

Đối với các gia đình thuộc hộ nghèo, cận nghèo theo quy định của nhà nước, nhằm tạo điều kiện cung cấp đầy đủ nhu cầu thiết yếu cho hộ nghèo và cận nghèo nên giá nước sinh hoạt cho các hộ dân này được ưu tiên mức giá thấp hơn bình thường. Cụ thể như sau:

- Đối với 10m<sup>3</sup> nước sinh hoạt đầu tiên sẽ có giá: 3.600 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Từ 10m<sup>3</sup> đến 20m<sup>3</sup> nước sinh hoạt sẽ được tính theo giá: 4.500 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Từ 20m<sup>3</sup> đến 30m<sup>3</sup> nước sinh hoạt sẽ có giá: 5.600 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Trên 30m<sup>3</sup> nước sinh hoạt sẽ có giá: 6.700 VNĐ/m<sup>3</sup>.

Đối với doanh nghiệp, hộ kinh doanh, thường có nhu cầu sử dụng lượng nước sạch khá lớn để phục vụ sản xuất và sinh hoạt của nhân viên, công nhân,... Vì vậy giá nước cũng sẽ cao hơn so với các hộ dân thông thường, cụ thể là:

- Giá nước sạch hoạt áp dụng cho cơ quan hành chính là: 9.955 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Giá nước sạch áp dụng cho đơn vị sản xuất là: 11.625 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Giá nước sạch áp dụng cho các đơn vị sự nghiệp, dịch vụ công ích là: 9.955 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- Giá nước sạch áp dụng cho các đơn vị kinh doanh dịch vụ là: 22.068 VNĐ/m<sup>3</sup>.

Ở khu chung cư Times City thì phí nước nóng được hưởng giá cố định là 30.000đ/m<sup>3</sup> (chưa gồm VAT) trong vòng 10 năm nếu ký hợp đồng ở lâu dài.

Qua những tham khảo trên, em đề xuất thang giá tiền nước lạnh và nước nóng áp dụng cho đề tài của đồ án (đo lường nước sinh hoạt trong các khu chung cư). Cụ thể, bảng giá nước lạnh như sau:

- + 10m<sup>3</sup> đầu tiên giá: 5500 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- + Từ 10m<sup>3</sup> – 20m<sup>3</sup> giá: 7000 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- + Từ 20m<sup>3</sup> – 30m<sup>3</sup> giá: 9000 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- + Từ 30m trở lên giá: 18000 VNĐ/m<sup>3</sup>.

Dưới đây là bảng giá của chi phí nước nóng:

- + 50 - 70 độ C: 30000 VNĐ/m<sup>3</sup>.
- + 70 - 100 độ C: 50000 VNĐ/m<sup>3</sup>.

Từ thang tính tiền trên, ta có thể tính được phí tiền nước của hộ gia đình đó một cách công bằng và chính xác hơn.

### 3.2.2. Kết nối Front-end và Back-end

#### ❖ Chức năng front-end và back-end

Chức năng của front-end và back-end là như sau:

- Front-end: Đây là phần tử phụ trách hiển thị dữ liệu với giao diện được thiết kế mà người dùng của ta trực tiếp tương tác trên trình duyệt.
- Back-end: Đây là phần tử đảm nhiệm phụ trách nhận dữ liệu từ các cảm

biến từ đó xử lý lưu trữ trong cơ sở dữ liệu, khi có yêu cầu dữ liệu từ phía front-end thì nó có nhiệm vụ trả về cho phần tử front-end dữ liệu mà nó mong muốn.

Nền tảng web của đồ án có nhiệm vụ cơ bản nhất là hiển thị. Vì vậy, lượng dữ liệu chủ yếu chuyển từ back-end sang front-end.

#### ❖ Định dạng dữ liệu trao đổi giữa front-end và back-end

Em sử dụng định dạng dữ liệu JSON để trao đổi giữa back-end và front-end.

- JSON là từ viết tắt của JavaScript Object Notation, dữ liệu dưới định dạng JSON có đặc tính "self-describing" nghĩa là bản thân dữ liệu mang đầy đủ thông tin miêu tả nó.
- Dữ liệu dưới định dạng JSON bản chất là text được quy định có cấu trúc là các cặp "key"- "value" được bao bởi dấu {}, các "key" được bao trong dấu "", và value có thể là các kiểu dữ liệu khác nhau như number, string, array, object...
- Định dạng JSON là một định dạng độc lập với các ngôn ngữ lập trình vì bản chất nó là text, nó đặc biệt hiệu quả trong việc trao đổi dữ liệu trên internet vì đặc điểm "self-describing" và nhỏ gọn.
- Như vậy ta đã thấy dữ liệu mà front-end yêu cầu back-end sẽ được back-end truyền đi dưới định dạng JSON.

Dưới đây là ví dụ minh họa định dạng dữ liệu dưới dạng JSON được trao đổi giữa front-end và back-end. Dữ liệu bao gồm thể tích, nhiệt độ của nước nóng và thể tích nước lạnh.

```
1 {  
2   "hot": {  
3     "volumn": 5,  
4     "temp": 60  
5   },  
6   "cold": {  
7     "volumn": 3  
8   }  
9 }
```

Hình 3.11 Dữ liệu JSON về lưu lượng và nhiệt độ

#### ❖ Giao thức truyền dữ liệu HTTP

Cấu trúc dữ liệu truyền đi dưới dạng JSON bản chất là chuỗi ký tự, nên em sử dụng giao thức HTTP là một giao thức phù hợp với yêu cầu truyền tải dạng dữ liệu này.

Giao thức truyền tải siêu văn bản (Hypertext Transfer Protocol – HTTP) là giao thức chuẩn cho World Wide Web để truyền tải dữ liệu dưới dạng văn bản, âm thanh, hình ảnh, video từ web server tới trình duyệt web của người dùng và ngược lại. HTTP là giao thức ứng dụng trên nền TCP/IP.

Front-end lấy dữ liệu từ back-end thông qua địa chỉ:

<http://domain.com/water?year=2023>

### **3.3. Kết luận chương**

Trong chương 3, em đã tiến hành thiết kế phần mềm cho hệ thống để đảm bảo các yêu cầu chức năng đã đặt ra:

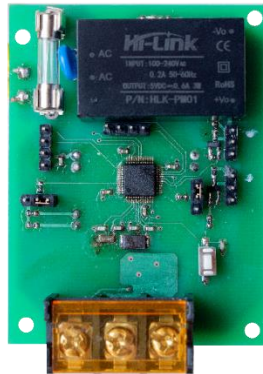
- Thiết kế phần mềm nhúng cho vi điều khiển.
- Thiết kế nền tảng web.

## CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ ĐÁNH GIÁ

### 4.1. Kết quả thiết kế thiết bị đo

#### 4.1.1. Phần cứng

Kết quả gia công mạch in thực tế: Hình 4.1 và Hình 4.2. Mạch sau khi đã hàn, ghép toàn bộ linh kiện lên có kích thước là 7,5x4,5x3,5cm.

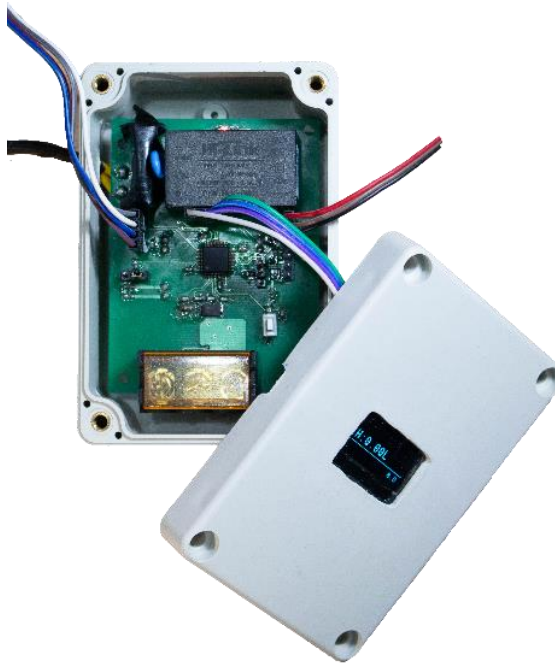


Hình 4.1 Mặt trên của mạch thực tế



Hình 4.2 Mặt dưới của mạch thực tế

Toàn bộ mạch in được đặt trong hộp nhựa cứng có kích thước 10x6,5x4,5. Hộp được đục các lỗ nhỏ để nối dây ra cho cảm biến lưu lượng, cảm biến nhiệt độ và màn hình oled.



Hình 4.3 Hộp thiết bị

#### 4.1.2. Kiểm tra hoạt động các khối trong mạch

##### ❖ Kiểm tra hoạt động của khối nguồn

Kết nối thiết bị vào nguồn điện lưới, tiến hành đo điện áp cấp cho các khối trong mạch bằng đồng hồ đo điện vạn năng Kyoritsu KRS-101-066, kết quả thu được như sau:

Bảng 4.1 Kết quả đo điện áp cấp cho các khối trong mạch

STT	Khối thành phần	Điện áp yêu cầu (V)	Điện áp thực tế (V)
1	Cảm biến lưu lượng nước nóng	5	5,03
2	Cảm biến lưu lượng nước lạnh	5	5,03
3	Cảm biến nhiệt độ Pt100	3,3	3,27
4	Vi điều khiển	3,3	3,28
5	Màn hình oled	3,3	3,28
6	Module SIM7020C	3,3	3,29

Dựa theo dữ liệu nguồn cấp trên, em hiệu chỉnh lại điện áp tham chiếu cho ADC là  $V_{ref} = 3,28V$ .

Theo bảng, khối nguồn đã đáp ứng được điện áp đầu vào cho các khối khác trong mạch. Tuy nhiên, trong quá trình hoạt động, khi module SIM7020C giao tiếp qua NB-IoT theo chiều truyền đi (RX), đèn led đỏ báo nguồn trên module có hiện tượng nháy nhẹ trong khoảng thời gian rất ngắn. Mặc dù không ảnh hưởng tới hoạt động của module, nhưng điều này cũng cho thấy khối nguồn chưa đáp ứng được tối đa yêu cầu của toàn mạch.

#### ❖ Kiểm tra hoạt động của khối vi điều khiển

**Nạp và debug:** Kết nối vi điều khiển với máy tính thông qua mạch nạp ST-Link, phần mềm nạp ST-Link Utility xác định được vi điều khiển. Khi tiến hành nạp chương trình và debug, phần mềm đọc được giá trị các biến và thanh ghi của vi điều khiển.

```
01:57:40 : ST-LINK SN : 2B1919000A14304D434D4E00
01:57:40 : V2J37S7
01:57:40 : Connected via SWD.
01:57:40 : SWD Frequency = 4,0 MHz.
01:57:40 : Connection mode : Connect Under Reset.
01:57:40 : Debug in Low Power mode enabled.
01:57:40 : Device ID:0x410
01:57:40 : Device flash Size : 128KBytes
01:57:40 : Device family :STM32F10xx Medium-density
```

Hình 4.4 Phần mềm ST-Link Utility nhận dạng được vi điều khiển

Address	0	4	8	C	ASCII
0x08000000	20001DB0	0800019D	08002B9F	08002673	°.. ..Ỗ+...s&..
0x08000010	08002B9D	080009D5	08003435	00000000	+..Ỗ...54.....
0x08000020	00000000	00000000	00000000	08000105	.....
0x08000030	080009D7	00000000	08000149	08002F95	x.....l...•/..
0x08000040	080001B7	080001B7	080001B7	080001B7	.....
0x08000050	080001B7	080001B7	080009D9	080009DF	.....Ủ...B...

Hình 4.5 Giá trị trong các ô nhớ của vi điều khiển

**Đo tần số xung vuông:** Lập trình board STM32F407VGT6 với Timer 32bit, tần số 168MHz để tạo ra các xung vuông có tần số khác nhau. Trong khoảng tần số từ 0 đến 300Hz (khoảng tần số của xung vuông từ cảm biến lưu lượng), khối vi

điều khiển có khả năng đo tần số đúng, với sai số xấp xỉ bằng 0.

**Giao tiếp I2C:** Vi điều khiển giao tiếp được với màn hình oled thông qua I2C để hiển thị các chuỗi ký tự lên màn hình.

**Giao tiếp UART:** Lập trình vi điều khiển gửi dữ liệu lên phần mềm Hercules trên máy tính thông qua UART và nhận phản hồi. Giao tiếp UART hoạt động tốt.

#### ❖ Kiểm tra khả năng thu, phát tín hiệu NB-IoT của SIM7020C

Hệ thống đo nước nóng lạnh có thể được sử dụng và lắp đặt ở rất nhiều nơi, vì vậy, em cũng tiến hành đo chất lượng sóng NB-IoT của thiết bị tại nhiều địa điểm khác nhau trên địa bàn thành phố Hà Nội. Chất lượng NB-IoT được lấy từ SIM7020C bằng cách gửi lệnh “AT+CSQ” và “AT+CENG”.

Bảng 4.2 Chất lượng sóng NB-IoT tại một số địa điểm

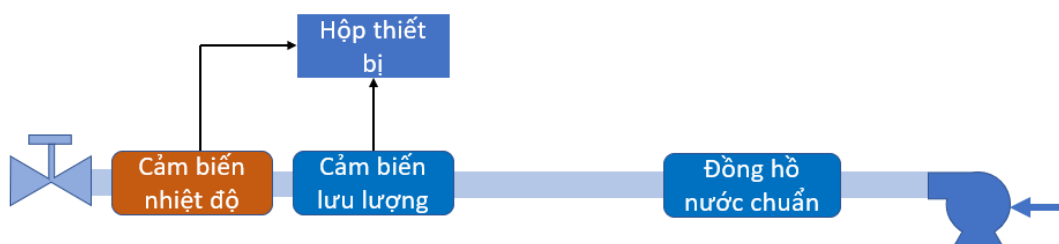
STT	Địa điểm	RSRP	Đánh giá
1	Khuôn viên Đại học Bách Khoa Hà Nội	-70dBm	Tốt
2	Trụ sở Viettel Network, Duy Tân, Cầu Giấy	-65dBm	Rất tốt
3	Phố đi bộ Hồ Gươm	-80dBm	Tốt
4	Khu đô thị Times City	-95dBm	Kém
5	Khu đô thị Định Công	-105dBm	Kém

Dựa theo bảng trên, các khu vực 1, 2 và 3 là khu vực có cường độ sóng tốt, đây là các khu vực được Viettel triển khai NB-IoT sớm nhất. Các khu vực vùng trung như 3 và 4 có chất lượng sóng kém hơn.

## 4.2. Lắp đặt và thử nghiệm hệ thống

### 4.2.1. Lắp đặt

Sau khi hoàn thiện thiết bị đo, em tiến hành lắp đặt hệ thống, bao gồm thiết bị đo của đồ án, đồng hồ nước chuẩn và các đường ống nước để phục vụ thử nghiệm hệ thống.



Hình 4.6 Sơ đồ lắp đặt của hệ thống thử nghiệm

Nước đi vào hệ thống thử nghiệm từ bơm, đi qua đồng hồ nước mẫu (lắp nối tiếp với thiết bị của đồ án), tới các cảm biến lưu lượng và nhiệt độ, sau đó đi ra



ngoài qua một van. Hệ thống thử nghiệm có hai đường nước song song (cho nước nóng và nước lạnh). Em chỉ có một đồng hồ nước mẫu, vì vậy, em sẽ sử dụng đồng hồ nước chuẩn để đo từng bên một.

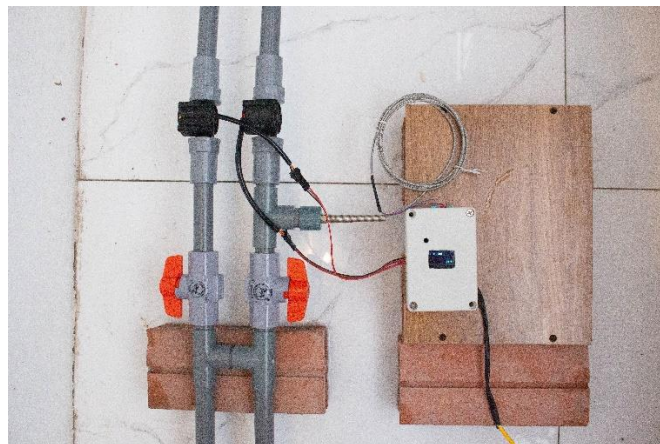
Đồng hồ nước mẫu là đồng hồ LXSF-WC của công ty Sanchuan Wisdom Technology. Đồng hồ đo được lưu lượng tối đa là  $2,5\text{m}^3/\text{h}$  và có độ chính xác mức C (2%).



Hình 4.7 Đồng hồ nước mẫu

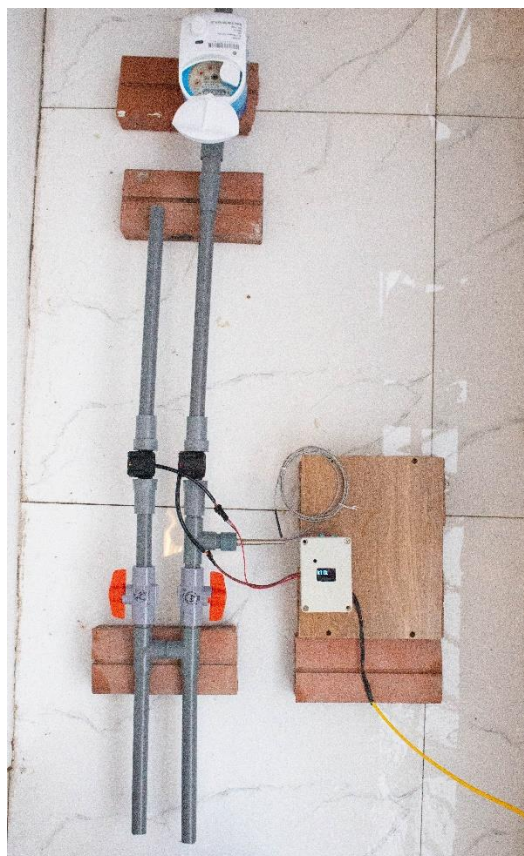
Khi lắp đặt cảm biến lưu lượng cần tuân theo các yêu cầu sau để có được kết quả đo chính xác nhất:

- Cảm biến được lắp đặt trên đường ống nước theo phương nằm ngang với mặt đất, không được nghiêng quá  $5^\circ$ .
- Chiều của dòng nước chảy trong ống phải cùng chiều với chiều mũi tên trên cảm biến.
- Đường ống nước ngay trước và sau cảm biến phải thẳng, không được có các nhánh rẽ hay xiên chéo (ống chữ T, chữ Y).
- Đường ống nối với cảm biến phải có đường kính bằng với đường kính hai đầu của cảm biến ( $\varnothing 21$ ).



Hình 4.8 Thiết bị đo trong hệ thống thử nghiệm

Toàn bộ hệ thống thử nghiệm nằm trong Hình 4.7 (các đường ống cong do độ méo hình từ ống kính máy ảnh).



Hình 4.9 Hệ thống thử nghiệm

#### 4.2.2. Thử nghiệm hoạt động của hệ thống

##### ❖ Kiểm tra đo lưu lượng nước

**Mục tiêu:** Kiểm tra độ chính xác khi đo lưu lượng nước.

**Tiến hành đo:**

- Thử tích nước đo bởi thiết bị đề án được tính giá trị trung bình của 10 kết quả đo.
- Đo riêng từng đường ống nước nóng và nước lạnh (do chỉ có một đồng hồ mẫu).
- Mở bơm nước, ghi lại giá trị đo của đồng hồ nước mẫu và thiết bị đo (quy ra thể tích nước trong khoảng thời gian lấy mẫu) và so sánh.
- Thông thường, các đồng hồ nước sinh hoạt sẽ đo trong thời gian dài và được đọc kết quả đo khoảng một tháng một lần. Thử tích nước sử dụng lên tới vài  $m^3$ . Đối với hệ thống thử nghiệm của đề án, em chỉ tiến hành đo trong thời gian ngắn, với thể tích nước nhỏ (dưới 100 lít) nhằm tránh lãng phí nước.

**Kết quả và nhận xét:** Kết quả đo được ghi lại trong Bảng 4.3 và 4.4. Độ sai lệch lớn nhất so với đồng hồ nước mẫu là 2%. Giá trị này là chấp nhận được trong phạm vi của đề án. Trong quá trình đo lưu lượng, em cũng nhận thấy khi lưu lượng nước lớn thì kết quả đo càng chính xác hơn.

Bảng 4.3 Kết quả đo lưu lượng nước lạnh

STT	Thể tích nước đo bởi đồng hồ mẫu (lít)	Thể tích nước đo bởi thiết bị đồ án (lít)	Sai lệch
1	0,5	0,49	2%
2	1	1,01	1%
3	3	2,95	1,7%
4	25	25,3	1,2%
5	40	40,1	0,2%
6	83	83,6	0,7%

Bảng 4.4 Kết quả đo lưu lượng nước nóng

STT	Thể tích nước đo bởi đồng hồ (lít)	Thể tích nước đo bởi thiết bị đồ án (lít)	Sai số
1	0,5	0,5	0%
2	1	0,99	1%
3	3	3,03	0,9%
4	25	25,4	0%
5	40	40,2	0,5%
6	80	80,2	0,2%

#### ❖ Kiểm tra đo nhiệt độ của nước

**Mục tiêu:** Kiểm tra độ chính xác khi đo nhiệt độ đường nước nóng.

**Tiến hành đo:** Đo nhiệt độ đường nước nóng và so sánh với nhiệt kế mẫu.

**Kết quả và nhận xét:** Nhiệt độ của nước mà thiết bị đồ án đo được có sai số tới 1,9% so với nhiệt kế mẫu. Dải nhiệt độ nước nóng cần đo là khoảng từ 50°C tới dưới 100°C. Sai số khoảng 1,9% là chấp nhận được để tính giá tiền nước nóng.

Bảng 4.5 Kết quả đo nhiệt độ của nước

STT	Nhiệt độ đo được bởi thiết bị đo chuẩn	Nhiệt độ đo được bởi thiết bị đồ án	Sai số
1	10,2	10,4	1,9%
2	23,4	23,0	1,7%
3	40,5	40,7	0,5%
4	55,7	55,3	0,3%
5	75,2	74	1,6%

### ❖ Kiểm tra hoạt động của màn hình

Màn hình oled được lập trình hiển thị tại hai giai đoạn:

- Giai đoạn khởi tạo: Màn hình hiển thị “Initializing...” khi thiết bị mới được cấp nguồn, khởi tạo các ngoại vi và tham số.
- Giai đoạn hoạt động: Màn hình hiển thị thông số thể tích nước nóng, nhiệt độ nước nóng và thể tích nước lạnh. Trong giai đoạn này, màn hình cập nhật dữ liệu theo chu kỳ 1s. Đối với thiết bị đo lưu lượng nước, chu kỳ cập nhật 1s hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu quan sát dữ liệu.
- Trong giai đoạn hoạt động bình thường, giá trị nhiệt độ nhấp nháy với chu kỳ 2s để chỉ thị màn hình vẫn kết nối ổn định tới vi điều khiển
- Sau khoảng thời gian 30 phút, màn hình oled nhấp một lần chứng tỏ chức năng reset lại màn hình hoạt động bình thường.



Hình 4.10 Màn hình khi thiết bị được cấp nguồn



Hình 4.11 Màn hình hiển thị thông số nước

### ❖ Kiểm tra hoạt động của khối truyền thông

**Mục tiêu:** Kiểm tra khả năng nhận, gửi tin của thiết bị đo theo chu kỳ trong thời gian dài.

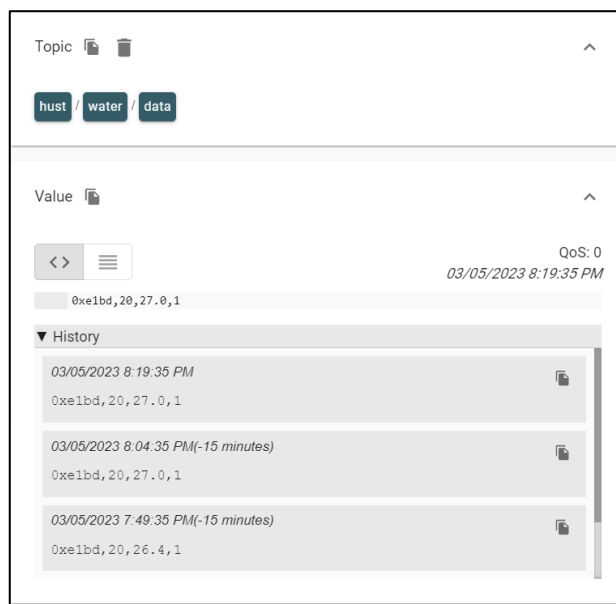
**Tiến hành đo:** Thiết lập chu kỳ gửi bản tin là 15 phút và 1 giờ, quan sát lịch sử các bản tin nhận được bằng phần mềm MQTT Explorer.

Phần mềm MQTT Explorer là một MQTT Client, có thể nhận và gửi bản tin lên MQTT broker với topic cụ thể và có lưu lại lịch sử. Phần mềm hiển thị được rất nhiều MQTT topic và tính được thời gian giữa những lần gửi tin.

**Kết quả và nhận xét:** Dựa theo lịch sử nhận bản tin trên MQTT Explorer, em nhận thấy:

- Khi chu kỳ gửi là 15 phút, các bản tin cách đúng 15 phút.
- Khi chu kỳ gửi bản tin là 60 phút, các bản tin cách nhau khoảng từ 59 đến 60 phút.

Như vậy, chức năng gửi bản tin MQTT theo chu kỳ diễn ra ổn định trong thời gian dài với các chu kỳ khác nhau.



Hình 4.12 Lịch sử gửi bản tin MQTT với chu kỳ 15 phút



Hình 4.13 Lịch sử gửi bản tin MQTT với chu kỳ 60 phút

### ❖ Kiểm tra hoạt động trong thời gian dài

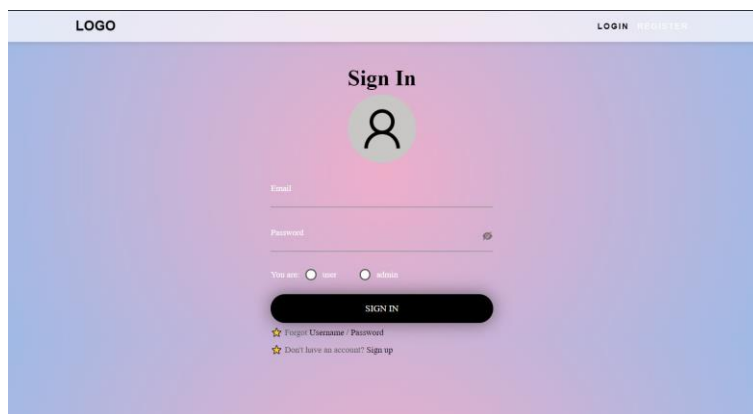
**Mục tiêu:** Kiểm tra khả năng hoạt động của thiết bị trong thời gian dài mà không có sự giám sát của con người.

**Tiến hành:** Cấp nguồn điện cho thiết bị và kiểm tra hoạt động của thiết bị sau mỗi ngày. Kiểm tra các yếu tố sau:

- Màn hình: Màn hình nhấp nháy dữ liệu về nhiệt độ là còn hoạt động (lập trình nhúng cho dữ liệu về nhiệt độ nhấp nháy với chu kỳ 2s).
- MQTT Explorer: Xem lịch sử bản tin MQTT mà thiết bị gửi lên, bao gồm cả mốc thời gian.
- Nền tảng web: Xem dữ liệu mà nền tảng web nhận được từ thiết bị.

**Kết quả:** Trong 3 ngày thử nghiệm, thiết bị hoạt động ổn định và đúng chức năng.

## ❖ Kiểm tra hoạt động của nền tảng web

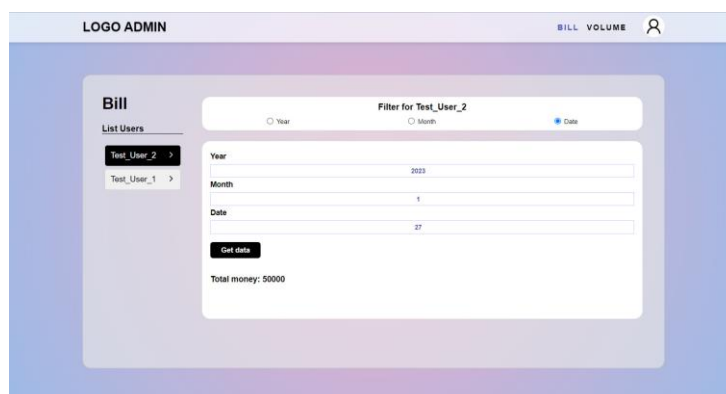


Hình 4.7 Giao diện màn hình đăng nhập

Người dùng đăng nhập vào hệ thống sử dụng Email và Password. Ngoài ra còn có chức năng hỗ trợ lấy lại mật khẩu khi quên Username/Password hoặc chuyển hướng đến trang đăng ký nếu chưa có tài khoản.

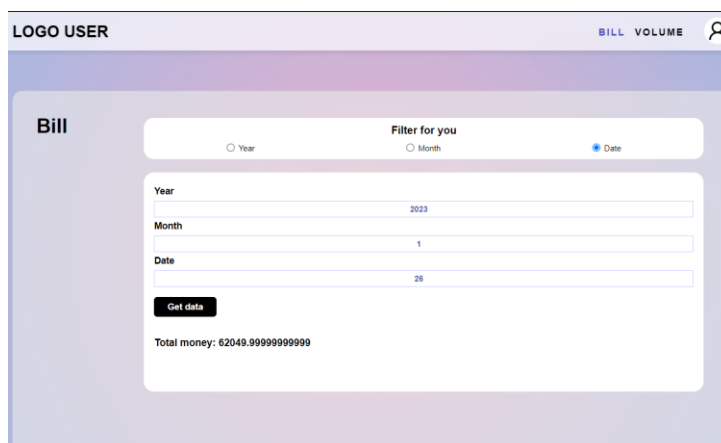
Người dùng đăng ký mới tài khoản vào hệ thống sử dụng Username, Email và Password. Ngoài ra còn có tùy chọn chuyển hướng đến giao diện đăng nhập nếu người dùng đã có tài khoản trước đó.

Giao diện quản lý cho ban quản lý chung cư được mô tả trong Hình



Hình 4.9 Phí sử dụng của User theo dõi được từ Admin

Ban quản lý chung cư sau khi đã đăng nhập dưới quyền Admin có thể theo dõi được các thông số tiêu thụ và phí nước của các hộ gia đình (theo tùy chọn).



Hình 4.10 Đơn giá nước của ngày 26/01/2023



Hình 4.11 Thống kê lưu lượng nước nóng, nước lạnh và nhiệt độ nước nóng theo ngày

Hình 4.12 Đơn giá nước tính theo năm của người sử dụng

- Sau khi đã đăng nhập với Username/Password được cấp, người dùng sẽ được chuyển đến trang để theo dõi các thông số đo được.
- Có 2 tùy chọn là theo dõi Volume và Billing. Ở Tab Volume, người sử dụng có thể biết được thể tích nước lạnh đã dùng, thể tích nước nóng đã dùng và nhiệt độ nước nóng mà mình đã sử dụng. Ở Tab Billing, người dùng theo dõi được chi phí sử dụng nước của họ.
- Người sử dụng có thể theo dõi các thông số trên tùy chọn theo ngày, theo tháng hoặc theo năm.
- Các hộ dân chỉ có thể xem được các thông tin trên của mình mà không theo dõi được của người khác.

Cuối cùng, em đánh giá tổng hợp các kết quả đạt được khi thiết kế nền tảng web:

- Giao diện web đơn giản để đăng nhập và truy xuất dữ liệu.
- Xây dựng được tính năng đăng nhập có phân quyền.
- Truy xuất được dữ liệu về lưu lượng và nhiệt độ nước. Người quản lý có thể xem được hoá đơn nước của người dùng trong hệ thống.
- Tính được hoá đơn dựa trên lưu lượng và nhiệt độ (theo thang tính tiền đã đưa ra).

### **4.3. Kết luận chương**

Trong chương 4, em đã hoàn thiện thiết bị đo nước nóng lạnh thuộc phạm vi đề tài của đề án. Em tiến hành lắp đặt hệ thống đường ống nước để thử nghiệm và đánh giá hoạt động các chức năng:

- Đo thể tích nước lạnh và nước nóng, tuy nhiên chưa thể đo được khi lưu lượng cao và thể tích nước lớn.
- Đo nhiệt độ nước nóng
- Gửi dữ liệu về thể tích nước lạnh, thể tích nước nóng và nhiệt độ nước nóng lên nền tảng web theo chu kỳ.
- Tính tiền và hiển thị trên nền tảng web.



## **CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN**

### **5.1. Kết luận**

Sau quá trình thiết kế phần cứng, chương trình nhúng và nền tảng web cho hệ thống đo nước nóng, lạnh trong chung cư và tiến hành thử nghiệm, đồ án của em đã đạt được các kết quả sau:

- Thiết kế thành công thiết bị: bao gồm mạch phần cứng và đóng hộp thiết bị.
- Thiết kế chương trình nhúng để thiết bị hoạt động theo những chức năng đã đề ra.
- Thiết kế nền tảng web để hiển thị và tính hoá đơn nước.

Chi tiết về thiết bị đo, thiết bị đã đáp ứng được những yêu cầu sau:

- Hoạt động ổn định trong thời gian dài: Cụ thể là trong khoảng gần 3 ngày mà không bị treo hay reset, các chức năng vẫn hoạt động bình thường.
- Các chức năng hoạt động đúng như yêu cầu đặt ra.
- Đo lưu lượng chính xác tới 2% và nhiệt độ chính xác tới 1,9% khi so sánh với các thiết bị đo mẫu.

Do thời gian nghiên cứu chưa đủ và không có nhiều nguồn lực nên đồ án vẫn có một số hạn chế như sau:

- Chưa có chức năng tự động reset và thông báo khi có lỗi xảy ra.
- Chức năng khôi phục dữ liệu khi mất nguồn chưa phát triển xong.
- Hộp thiết bị không chống nước và bụi, chống va đập.
- Chưa gắn với đường ống nước căn hộ thực tế để thử nghiệm.
- Cấu trúc dữ liệu của thiết bị khi giao tiếp với nền tảng web còn đơn giản, chưa chuẩn hoá nên thiết bị khả năng mở rộng thấp.
- Cả thiết bị và nền tảng web chưa hỗ trợ tích hợp thiết bị lên một cách dễ dàng.
- Các cảm biến lưu lượng trên thị trường thường tiêu thụ nhiều năng lượng nên chưa thể dùng nguồn pin cho thiết bị.

### **5.2. Hướng phát triển của đồ án trong tương lai**

Tiếp tục hoàn thiện các chức năng của thiết bị. Để hệ thống có thể dễ dàng mở rộng và tích hợp thêm nhiều thiết bị, cần quy định rõ, đầy đủ cấu trúc dữ liệu giao tiếp giữa thiết bị và nền tảng web.

Nghiên cứu sử dụng nguồn pin cho thiết bị. Đây là yếu tố vô cùng quan trọng khi mở rộng hệ thống tới hàng triệu hộ gia đình, bao gồm cả các hộ gia đình sống ở nhà mặt đất.

Tối ưu thiết kế mạch phần cứng để tiết kiệm năng lượng và giảm kích thước của thiết bị.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] N. V. Anh, Mobile IoT Latest Developments in Viet Nam, Kuala Lumpur: APAC IoT Innovation Summit, 2019.
- [2] SIM7020 \_Hardware Design\_V1.02, 2018.
- [3] C. Noviello, Mastering STM32, 2018.
- [4] SIM7020 Series\_AT Command Manual, 2020.