**Lời nói đầu**

Đại học Bách Khoa Hà Nội là một môi trường tuyệt vời cho thế hệ trẻ Việt Nam để nuôi dưỡng niềm đam mê khoa học công nghệ, phát huy khả năng sáng tạo và tư duy độc lập của mỗi cá nhân cũng như nhiều kỹ năng mềm khác. Là một sinh viên Bách Khoa nói chung và sinh viên ngành Kỹ thuật Điều khiển – Tự động hóa nói riêng, bản thân em ý thức được sứ mệnh của một “người Bách Khoa”, làm sao tiếp tục phát huy những phẩm chất của các thế hệ cha anh đi trước đã gây dựng nên truyền thống của nhà trường. Đồ án Tốt nghiệp là chặng đường cuối cùng của mỗi một sinh viên trên hành trình chinh phục những nấc thang nơi giảng đường trước khi bước vào thị trường lao động đầy khắc nghiệt ngoài kia.

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành nhất tới giảng viên Nguyễn Thị Huế, người đã luôn hỗ trợ em hết sức nhiệt tình, đóng góp ý kiến, chỉ bảo tận tình để em có thể thực hiện đề tài này một cách đầy đủ và kịp thời.

Em cũng xin gửi lời biết ơn sâu sắc tới các giảng viên trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, đặc biệt là các thầy cô giảng dạy các học phần Cơ sở cốt lõi ngành, các môn chuyên ngành. Cảm ơn các thầy cô đã tạo cho em nền móng vững chắc, những kiến thức từ cơ bản đến nâng cao để áp dụng vào các vấn đề thực tiễn, vào Đồ án Tốt nghiệp này.

Cảm ơn người bạn đồng hành Đinh Anh Tú đã cùng mình hoàn thành Đề tài này, cả hai chúng em đã có những trải nghiệm thú vị, những khó khăn nhất định trong quá trình thực hiện đồ án nhưng đều đã vượt qua. Cuối cùng, em xin gửi lời cảm ơn tới gia đình, bạn bè và thầy cô đã luôn bên cạnh em quan tâm, giúp đỡ trong suốt quá trình học tập và hoàn thiện Đồ án Tốt nghiệp.

**Tóm tắt nội dung đồ án**

Từ lâu, chúng ta đã biết rằng nước vô cùng cần thiết cho sự sống của con người nói riêng và các sinh vật khác nói chung. Nước không chỉ là nguồn sống của con người, mà nó còn dùng để tưới tiêu cho cây cối, để tạo ra cơ năng sản xuất điện hay phục vụ cho nhu cầu giải trí như các bể bơi, công viên nước, …Việc thiếu nước sạch sẽ gây ra ảnh hưởng tiêu cực tới trước nhất là sức khỏe con người, gây ra nhiều bệnh tật, ảnh hưởng đến toàn xã hội.

Tuy vậy, nước không phải là nguồn tài nguyên vô hạn nên chúng ta cần sử dụng nó một cách tiết kiệm và hợp lý. Ngoài nước lạnh phục vụ cho nhu cầu hàng ngày của con người, thì nước nóng cũng đóng vai trò không thể thiếu trong cuộc sống của chúng ta, đặc biệt là trong nấu ăn, tắm giặt mùa đông,.. Việc đo đạc và tính giá tiền nước một cách chính xác, hợp lý là tiền đề để mỗi cá nhân trong xã hội ý thức được trách nhiệm tiết kiệm nước sạch của mình. Vì vậy, công cuộc tính toán đó cần phải được thực hiện một cách công bằng và thuận tiện nhất. 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 chúng em đã tiến hành thực hiện đề tài :”Thiết kế thiết bị đo nước nóng điện tử” làm Đồ án tốt nghiệp của mình.

Trong quá trình thực hiện đồ án, chúng em đã được củng cố vận dụng các kiến thức đã học để hoàn thành mục tiêu đề ra. Hơn thế nữa chúng em đã học tập và rèn luyện phương pháp làm việc, nghiên cứu một cách chủ động hơn, linh hoạt hơn, đặc biệt là phương pháp làm việc theo nhóm. Kết quả của nhóm làm ra đã cơ bản đáp ứng được yêu cầu đặt ra của giảng viên hướng dẫn và mục tiêu đề ra ban đầu. Đề tài hướng tới giải quyết vấn đề thực tiễn để có thể vận hành lâu dài, ổn định và hoạt động chính xác nhất. Vì vậy, rất cần những ý kiến đóng góp, phản hồi của người sử dụng để nâng cao chất lượng sản phẩm cho phù hợp với nhu cầu. Những theo dõi, đánh giá trong tương lai sẽ giúp sản phẩm vận hành hiệu quả và bền lâu hơn.

Các kiến thức và kỹ năng đạt được:

* Kiến thức về lập trình vi điều khiển.
* Kiến thức thiết kế mạch schematic và PCB.
* Kiến thức về thiết kế cơ sở dữ liệu.
* Kiến thức về lập trình Server, kết nối và trao đổi thông tin với các thiết bị

phần cứng IOT.

* Cách thức triển khai một hệ thống IOT cơ bản trong thực tế.
* Hiểu được quy trình cơ bản đo đạc nước nóng tại các toà nhà chung cư.

**MỤC LỤC**

[CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN HỆ THỐNG VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT 5](#_Toc126653422)

[1.1. Giới thiệu chung 5](#_Toc126653423)

[1.1.1. Thực trạng hiện nay 5](#_Toc126653424)

[1.1.2. Giải pháp 5](#_Toc126653425)

[1.2. Giải pháp trên thị trường 5](#_Toc126653426)

[1.3. Lý thuyết về nhiệt lượng 7](#_Toc126653427)

[1.4. Lý thuyết về đo lưu lượng sử dụng cảm biến Hall 8](#_Toc126653428)

[1.5. Lý thuyết nhiệt điện trở 8](#_Toc126653429)

[1.6. Lý thuyết về công nghệ không dây NB-IoT 9](#_Toc126653430)

[1.6.1. Tổng quan 9](#_Toc126653431)

[1.6.2. Đánh giá lựa chọn công nghệ kết nối 10](#_Toc126653432)

[CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ HỆ THỐNG VÀ PHẦN CỨNG 11](#_Toc126653433)

[2.1. Kiến trúc hệ thống 11](#_Toc126653434)

[2.2. Mục tiêu thiết kế 11](#_Toc126653435)

[2.3. Thiết kế phần cứng đồng hồ nước thông minh 12](#_Toc126653436)

[2.3.1. Khối nguồn 13](#_Toc126653437)

[2.3.2. Khối xử lý trung tâm 14](#_Toc126653438)

[2.3.3. Khối giao tiếp cảm biến 16](#_Toc126653439)

[2.3.4. Khối truyền thông 17](#_Toc126653440)

[2.3.5. Khối hiển thị 18](#_Toc126653441)

[2.3.6. Hoàn thiện mạch phần cứng 19](#_Toc126653442)

[CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ PHẦN MỀM 21](#_Toc126653443)

[3.1. Thiết kế phần mềm nhúng 21](#_Toc126653444)

[3.2. Thiết kế giao diện web 21](#_Toc126653445)

[CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC, NGHIỆM THU VÀ ĐÁNH GIÁ 22](#_Toc126653446)

[4.1. Kết quả sản phẩm 22](#_Toc126653447)

[4.2. Nghiệm thu sản phẩm 22](#_Toc126653448)

[KẾT LUẬN 23](#_Toc126653449)

[TÀI LIỆU THAM KHẢO 24](#_Toc126653450)

[PHỤ LỤC 25](#_Toc126653451)

# 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 đồng hồ 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/m3 tùy thuộc và lượng nước dùng là nhiều hay ít. Còn với nước nóng sẽ có đồng hồ điện tử với giá tầm 70000 đồng/m3.

Việc sử dụng song song 2 đồng hồ 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, ta có thể nghĩ đến một thiết bị tính tiền nước nóng dựa trên không chỉ thông số về lưu lượng nước mà còn là nhiệt độ của nước. Việc này sẽ đảm bảo công bằng giữa các hộ dân trong toà nhà. Thiết bị mà chúng em thực hiện sẽ thay thế vào vị trí của các công tơ nước nóng hiện có.

## 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.

Đồng hồ đo nước nóng hay còn được gọi là đồng hồ 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 độ 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.



Đồng hồ đo nước nóng có một số đặc điểm chính như:

* Khả năng chịu nhiệt độ cao. Theo thông tin từ hãng sản xuất đồng hồ có thể chịu được nhiệt độ lên đến 150oC.
* 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 đồng hồ 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**

Về phần cấu tạo thì 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. Cụ thể như:

* Thân đồng hồ: 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 đồng hồ đo nước thông thường.
* Bộ đếm đồng hồ: Phần này là phần quan trọng nhất của đồng hồ. 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.

Diagram

Description automatically generated

**Ứng dụng thực tế :**

Đồng hồ 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 đồng hồ 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 đồng hồ 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 nhiệt lượng

Nhiệt lượng được hiểu là phần nhiệt năng mà vật nhận được hay mất đi trong quá trình truyền nhiệt.

Nhiệt lượng được tính bằng công thức sau:

Q = m.c.∆t

Trong đó:

* Q: nhiệt lượng mà vật thu vào hoặc toả ra (J),
* m: khối lượng của vật (kg),
* c: nhiệt dung riêng của chất (J/kg.K),
* ∆t: độ thay đổi nhiệt độ (K).

Như vậy, nhiệt lượng phụ thuộc vào khối lượng, nhiệt dung riêng của chất và độ thay đổi nhiệt độ. Ứng dụng vào đồng hồ đo nước nóng, để đo được nhiệt lượng nước sử dụng, cần đo được hai thông số là thể tích và nhiệt độ của nước trong khoảng thời gian nhất định.

## 1.4. 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 rôto 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 rôto gây ra điện áp. Điện áp cảm ứng này được đo bằng cảm biến hiệu ứng Hall.

**Hiệu ứng Hall là gì:**

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 bổ 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.

## 1.5. Lý thuyết nhiệt điện trở

Cảm biến nhiệt điện trở: là chuyển đổi có điện trở phụ thuộc vào nhiệt độ của nó. Hiện nay thường sử dụng 3 loại nhiệt điện trở là: nhiệt điện trở kim loại, nhiệt điện trở silic và nhiệt điện trở hỗn hợp các oxit bán dẫn.

Trường hợp điện trở kim loại, hàm trên có dạng:

R(T) = R0 (1+AT+BT2+CT3).

Chart, diagram

Description automatically generated

Hình trên là quan hệ giữa nhiệt độ và điện trở của một số kim loại.

Trường hợp điện trở là hỗn hợp các oxit bán dẫn:

A picture containing text, clock, gauge

Description automatically generated

T là nhiệt độ tuyệt đối, B là hệ số thực nghiệm.

## 1.6. Lý thuyết về công nghệ không dây NB-IoT

### 1.6.1. 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 3rd 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 đâm 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). Bắt đầu 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.

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

Để đánh giá lựa chọn công nghệ NB-IoT dành cho giải pháp đồng hồ nước thông minh, 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** là tiêu chí đầu tiên cần phân tích để lựa chọn công nghệ kết nối.
* Băng tần: băng tần 1800MHz, 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, vẫn được triển khai trên hạ tầng 5G phát triển 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,
* Đồng hồ nước thông minh.

Vì các lý do trên, chúng em lựa chọn NB-IoT là công nghệ kết nối cho giải pháp đồng hồ nước thông minh.

# CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ HỆ THỐNG VÀ PHẦN CỨNG

## 2.1. Kiến trúc hệ thống

Như đã phân tích ở chương 1, hệ thống đồng hồ nước thông minh sẽ 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.

Diagram

Description automatically generated

Hình 1: Kiến trúc tổng quan hệ thống

**Khối thiết bị đo** bao gồm các đồng hồ nước thông minh, đo lưu lượng nước nóng, nước lạnh và nhiệt độ của nước nóng. Mỗi đồng hồ này sẽ gắn ở đầu ống nước trước khi cấp nước vào một căn hộ. Các đồng hồ nước gửi dữ liệu lên server định kỳ.

**Khối kết nối:** lựa chọn công nghệ kết nối NB-IoT (đã phân tích ở chương 1), cho phép các đồng hồ nước gửi dữ liệu tới server.

**Khối nền tảng xử lý** bao gồm server và database. Khối này có chức năng nhận dữ liệu gửi lên từ các đồng hồ 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.

## 2.2. Mục tiêu thiết kế

Từ các yêu cầu đặt ra và kiến trúc hệ thống đã phân tích, chúng 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 đồng hồ nước (đo lưu lượng nước nóng, nước lạnh và nhiệt độ nước nóng), nền tảng xử lý và giao diện web.
* Các thành phần chính của hệ thống:

+ Thiết kế đồng hồ đo lưu lượng nước lạnh, lưu lượng và nhiệt độ nước nóng (tính ra nhiệt lượng) đã sử dụng, gửi dữ liệu đo được về nền tảng xử lý thông qua NB-IoT.

+ Thiết kế nền tảng xử lý nhận dữ liệu từ đồng hồ 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 lượng, cho phép truy xuất lịch sử tiêu thụ các tháng trước.

## 2.3. Thiết kế phần cứng đồng hồ nước thông minh

**Thiết kế của sản phẩm hoàn thiện?**

Từ thiết kế của sản phẩm hoàn thiện, chúng em đưa ra sơ đồ tổng quan về các thành phần mạch điện tử của đồng hồ 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 server 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.

Diagram

Description automatically generated

Hình 2: Sơ đồ cấu trúc phần cứng của đồng hồ nước thông minh

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

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình : Các khối mạch nguyên lý

### 2.3.1. Khối giao tiếp cảm biến

Các cảm biến của đồng hồ nước thông minh 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.

* **Đo lưu lượng nước**

Để đo lưu lượng nước, chúng 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 : 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: ± 5%,
* Dải đo: 1 – 30l,
* Đường kính ống: DN15

Diagram

Description automatically generated

Hình : Mạch chuyển đổi tín hiệu 5V-3,3V

Do cảm biến hoạt động ở điện áp 5V (chênh lệnh điện áp với vi điều khiển), nên khi thiết kế mạch giao tiếp với cảm biến, cần chuyển đổi giữa hai mức điện áp. Đồng hồ nước đo cả lưu lượng nước nóng và nước lạnh, vì vậy, cần có hai đường tín hiệu xung vuông tới vi điều khiển.

* **Đo nhiệt độ nước**

Dải nhiệt độ cần đo là từ 0 – 100oC. Chúng em lựa chọn cảm biến PT100: cảm biến có dải đo từ -200 – 500oC, loại 3 dây để giảm ảnh hưởng của điện trở trên đường dây.

A picture containing shape

Description automatically generated

Hình : Nhiệt điện trở PT100 loại 3 dây

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình : Mạch cầu cho nhiệt điện trở PT100

Công thức tính thay đổi của điện trở theo nhiệt độ

⟹ R thay đổi từ 0 đến 38,5Ω.

Công thức tính điện áp đầu ra cho mạch cầu nhiệt điện trở:

Mạch khuếch đại có hệ số khuếch đại K=7, nên điện áp đi vào ADC của vi điều khiển là Vadc = 1.61V.

ADC có độ phân giải 12bit cho độ chính xác cao.

### 2.3.2. Khối truyền thông

Ở chương 1, chúng em đã phân tích, lựa chọn NB-IoT là công nghệ kết nối cho đồng hồ nước thông minh. Về phần cứng NB-IoT, chúng em lựa chọn module SIM7020C của SIMCOM theo những tiêu chí dưới đây:

* Hỗ trợ băng tần B1, B3, B5 và B8, trong đó B3 là băng tần NB-IoT tại Việt Nam,
* Giá thành rẻ và sẵn có trên thị trường.

A close-up of a microchip

Description automatically generated with medium confidence

Hình : Module SIM7020C của SIMCOM

SIM7020C giao tiếp với vi điều khiển thông qua chuẩn UART. UART hay 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.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình : Khối truyền thông

### 2.3.3. Khối hiển thị

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

Thông số kỹ thuật của màn hình:

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

A picture containing text, monitor, black, displayed

Description automatically generated

Hình : 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 1 – 1, 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.

Diagram

Description automatically generated

Hình : Khối hiển thị với màn hình Oled

### 2.3.4. Khối xử lý trung tâm

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

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

Bảng : Số lượng các ngoại vi cần thiết

Chúng 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 và PWM.
* Tiết kiệm năng lượng.
* Giá thành rẽ và dễ dàng mua được trên thị trường.

Chúng 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,…

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình 6: Khối vi điều khiển STM32F103C8T6

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình 7: 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, chúng em sử dụng mạch dao động ngoài, bao gồm 2 thạch anh 8MHz và thạch anh 32,768KHz.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình 8: Nút reset vi điều khiển

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình 9: 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. Tuy nhiên, SWD là chuẩn của ST cho các vi điều khiển của hãng, ngoài nạp chương trình, chuẩn này cho phép debug vi điều khiển rất tốt. Vì vậy, chúng em chọn nạp chương trình cho vi điều khiển theo chuẩn SWD thông qua mạch nạp ST-Link.

### 2.3.5. Khối nguồn

Nguồn năng lượng đầu vào cho đồng hồ nước có thể sử dụng nguồn pin hoặc nguồn điện lưới. Nguồn pin thường phù hợp với đồng hồ 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, chúng em lựa chọn nguồn điện lưới cho thiết bị của mình. Nguồn điện lưới có mức độ ổn định cao, giảm chi phí thay pin định kỳ.

Khi triển khai thực tế, chúng em để xuất đồng hồ nước được cấp được 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, chúng em liệt kê thông số nguồn của các linh kiện trong mạch như bảng.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **STT** | **Tên linh kiện** | **Điện áp** | **Dòng điện tối đa** |
| 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).

A picture containing text, shoji

Description automatically generated

Hình 4: 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.

Diagram, schematic

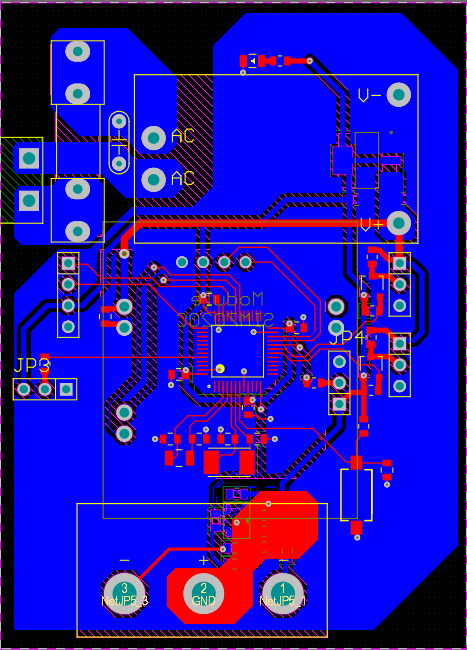
Description automatically generated

Hình 5: Mạch chuyển đổi điện áp AC-DC

Điện áp 220VAC được module Hi-Link chuyển đổi thành 5VDC. Điện áp 5VDC được cấp cho cảm biến lưu lượng. Điện áp 5VDC tiếp tục được hạ áp bởi IC LM1117 xuống còn 3,3VDC, cung cấp năng lượng cho các thành phần còn lại trong mạch.

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

### 2.3.6. Hoàn thiện mạch phần cứng



Hình : Các layer 2D của mạch PCB

Graphical user interface

Description automatically generated

Hình : Hình ảnh 3D của mạch PCB

# CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ PHẦN MỀM

Phần mềm trong hệ thống dành cho đồng hồ nước thông minh bao gồm chương trình nhóm cho đồng hồ nước và chương trình phân tích, xử lý dữ liệu và giao diện web trên server.

## 3.1. Thiết kế phần mềm nhúng

Từ các yêu cầu, chức năng của đồng hồ thông minh đã phân tích, dựa trên thiết kế phần cứng ở chương 2, chúng em tiến hành thiết kế chương trình nhúng cho vi điều khiển.

Vi điều khiển có những chức năng sau:

* Đọc giá trị cảm biến lưu lượng và chuyển đổi thành thể tích nước sử dụng.
* Đọc giá trị cảm biến nhiệt độ, kết hợp với thể tích nước đã đo để tính ra nhiệt lượng nước.
* Hiển thị dữ liệu thể tích nước sử dụng lên màn hình.
* Gửi dữ liệu về thể tích và nhiệt lượng nước lên server thông qua NB-IoT.

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

Chúng em lập trình một Timer ngắt sau mỗi 1s. Khi có tín hiệu ngắt Timer, vi điều khiển đọc thông số cảm biến lưu lượng và cảm biến nhiệt độ.

* Dữ liệu về lưu lượng được tính toán ra thể tích nước,
* Dữ liệu nhiệt độ được tính toán ra nhiệt lượng của nước nóng.

Thể tích nước lạnh được cộng dồn vào một biến, nhiệt lượng nước nóng cộng dồn vào một biến khác. Dữ liệu các biến này được gửi lên server theo chu kỳ 10 phút.

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

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

### 3.1.4. Truyền thông NB-IoT

Theo lý thuyết về nhiệt lượng, dựa trên các thông số thiết bị đo được, chúng em đưa ra công thức tính nhiệt lượng nước như sau:

Trong đó,

* Q: Nhiệt lượng của nước (J),
* D: Khối lượng riêng của nước (1kg/l),
* V: Thể tích nước (l),
* C: Nhiệt dung riêng của nước (4200J/kg.K)
* : Độ biến thiên nhiệt độ của nước

⟹

* **Dữ liệu gửi lên server**

Một Timer được lập trình ngắt sau mỗi 10 phút. Khi có tín hiệu ngắt Timer, vi điều khiển gửi dữ liệu lên server thông qua giao thức MQTT tới topic:

message/<mã thiết bị>/flow

Trong đó, mã thiết bị là mã hex 16bit. Ví dụ về topic: message/0x1a02/flow. Việc sử dụng mã thiết bị làm topic giúp nền tảng xử lý phân biệt ngay các thiết bị, phân luồng xử lý dữ liệu phù hợp.

Dữ liệu gửi lên ở dạng JSON: {<lưu lượng nước lạnh>,<nhiệt lượng nước nóng>}.

Trong đó,

<lưu lượng nước lạnh> tối đa là 999l, cần sử dụng 3byte dữ liệu,

<nhiệt lượng nước nóng> tối đa đạt 126x106J, cần sử dụng 9byte dữ liệu.

Như vậy, mỗi lần gửi tin cần 3+9+3 = 15byte dữ liệu.

* **Xây dựng lưu đồ thuật toán của chương trình**

Diagram

Description automatically generated

Hình : Lưu đồ thuật toán chương trình nhúng

## 3.2. Thiết kế giao diện web

# CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC, NGHIỆM THU VÀ ĐÁNH GIÁ

## 4.1. Kết quả sản phẩm

## 4.2. Nghiệm thu sản phẩm

# KẾT LUẬN

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

# PHỤ LỤC