**Báo cáo cuối kì**

**Thiết kế mạng cảm biến không dây giám sát nhiệt độ các đầu máy trong nhà máy.**

- Đánh giá mức độ ưu tiên

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TT | Nội dung | Mức độ ưu tiên |
| 1 | - Dải đo: 25oC ÷ 150oC  - Độ chính xác: 1oC  - Độ phân giải hiển thị: 0.1oC | Mức 2 |
| 2 | Nguồn pin, thời gian hoạt động của thiết bị là 4h (nâng cao: 8h). Pin có thể sạc trực tiếp trên máy hoặc tháo ra ngoài | Mức 2 |
| 3 | - Kích thước (dự kiến): 70x50x100 mm (kiểu trụ để dễ lắp vào các thiết bị giám sát)  - Trọng lượng (dự kiến): <150g. | Mức 3 |
| 4 | - Thời gian đo một mẫu : <5s (độ trễ) | Mức 1 |
| 5 | - Kết nối máy tính: Công nghệ BLE: thông tin của các node được đưa về gateway qua BLE, sử dụng chip STM32F  Trạm thu RF là gateway: thu thập dữ liệu đo từ các node và đẩy lên server qua WiFi, sử dụng MCU ESP32F103C8T6 | Mức 1 |
| 6 | Quản lý tối thiểu cho 11 thiết bị đo. | Mức 3 |
| 7 | - Phần mềm máy tính: thu thập giá trị đo từ thiết bị đo, quản lý dữ liệu, xuất báo cáo dạng excel, giao diện theo mẫu thống nhất. | Mức2 |
| 8 | Có nút bấm bắt đầu đo; Đèn LED báo ngưỡng nhiệt độ (3 LED); Các ngưỡng nhiệt độ có thể cập nhật từ máy tính | Mức 1 |
| 9 | OTA (nâng cao) | Mức 3 |

# Giới thiệu thành viên của dự án

|  |  |
| --- | --- |
| (ảnh) | Họ và tên: Nguyễn Hải Phong  MSSV: 20212914  -Tìm hiểu đề tài và lựa chọn các công nghệ truyền thông.  - Thiết kế phần cứng  - Tính toán công suất tiêu thụ  - Xây dựng kiến trúc mạch nguồn và mạch sạc  - Lập trình đọc dữ liệu cảm biến |
| (ảnh) | Họ và tên: Nguyễn Viết Ngọc Tân  MSSV: 20212960  -Tìm hiểu đề tài và lựa chọn các công nghệ truyền thông.  - Lập trình cho Gateway và lập trình cho node  - Kiểm tra đánh giá phần cứng |
| (ảnh) | Họ và tên: Nguyễn Danh Nghĩa  MSSV: 20202666 |

Kế hoạch thực hiện dự án:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nội dung | Kết quả cần đạt | Thời gian (tuần) | Ghi chú |
| Tìm hiểu các bài toán liên quan | - Phân tích yêu cầu của dự án.  - Lựa chọn công nghệ truyền thông và kiến trúc mạng  - Lựa chọn cảm biến nhiệt độ  - Lựa chọn kit/chip cho node cảm biến và gateway | 25-28 | Đã hoàn thành |
| Lên phương án thiết kế | - Xây dựng chỉ tiêu thiết kế cho mạng và nguồn  - Xây dựng sơ đồ khối chức năng | 28-29 | Đã hoàn thành |
| Phát triển thiết bị | - Lựa chọn module truyền thông  - Xây dựng mạch nguyên lý của node cảm biến và gateway  - Layout PCB và đặt mạch  - Xây dựng thuật toán cho node cảm biến và gateway | 29-34 | Đã hoàn thành |
| Kiểm tra | - Hàn mạch  - Đo kiểm  - Nhúng thuật toán vào thiết bị  - Kiểm tra thiết bị | 34-36 | Đã hoàn thành nhưng mạch chưa được chỉn chu, một số mạch bị lỗi phải dùng các module thay thế |
| Phát triển các chức năng nâng cao và hoàn thiện | - Kiểm tra lỗi toàn diện  - Hoàn thiện các chức năng optional  - Hoàn thiện tính năng OTA cho cả node cảm biến và gateway  - Hoàn thiện báo cáo | 36-42 | Đã hoàn thành tuy nhiên tính năng OTA chuwa được hoàn thiện |

Kế hoạch và nội dung thực hiện của từng thành viên

Nguyễn Hải Phong

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nội dung | Mô tả (tính năng, thông số,…) | Kết quả cần đạt | Thời gian thực hiện (theo tuần) | Ghi chú |
| Tìm hiểu các bài toán liên quan | - Phân tích yêu cầu của dự án.  - Lựa chọn công nghệ truyền thông và kiến trúc mạng  - Lựa chọn cảm biến nhiệt độ  - Lựa chọn kit/chip cho node cảm biến và gateway | - Lựa chọn được công nghệ truyền thông, kiến trúc mạng, cảm biến và chip cho node cảm biến và kit cho gateway | 25-28 | Đã hoàn thành |

Nguyễn Viết Ngọc Tân

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nội dung | Mô tả (tính năng, thông số,…) | Kết quả cần đạt | Thời gian thực hiện (theo tuần) | Ghi chú |
| Tìm hiểu các bài toán liên quan | - Phân tích yêu cầu của dự án.  - Lựa chọn công nghệ truyền thông và kiến trúc mạng  - Lựa chọn cảm biến nhiệt độ  - Lựa chọn kit/chip cho node cảm biến và gateway | - Lựa chọn được công nghệ truyền thông, kiến trúc mạng, cảm biến và chip cho node cảm biến và kit cho gateway | 25-28 | Đã hoàn thành |

Tự đánh giá tỷ lệ đóng góp của từng thành viên trong dự án theo kế hoạch (trước khi thực hiện, thực hiện trong khi lên kế hoạch thực hiện dự án)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Người thực hiện | Tỷ lệ | Công việc thực hiện |
| Nguyễn Hải Phong | 50% | - Tìm hiểu đề tài và lựa chọn các công nghệ truyền thông.  Xây dựng phần cứng:  + Chọn thiết bị phần cứng  + Tính toán công suất tiêu thụ  + Xây dựng kiến trúc mạch nguồn  -+Thiết kế mạch nguồn |
| Nguyễn Viết Ngọc Tân | 50% | - Tìm hiểu đề tài và lựa chọn các công nghệ truyền thông.  Xây dựng phần mềm:  + Chọn cảm biến  + Lập trình đọc dữ liệu cảm biến  + Lập trình cho node + gateway sử dụng ESP32  + Đẩy dữ liệu lên server |
| Lê Đức Anh | 0% |  |

**Nội dung thực hiện:**

**I. Phân tích yêu cầu dự án và lựa chọn giải pháp**

**1. Yêu cầu về thiết bị đo:**

+) Dải đo: 25oC ÷ 150oC

+) Độ chính xác: 1oC

+) Độ phân giải hiển thị: 0.1oC

Từ đó phân tích các yêu cầu để lựa chọn cảm biến nhiệt độ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Thông số | LM35 | DHT11 | SHT31 |
| Phạm vi | -55°C đến 150°C | 0°C đến 50°C | -40°C đến 125°C |
| Độ phân giải | 0,5°C | 1°C (8 bit) | 0,015°C |
| Loại giao diện | Analog | 1 Wire | I2C |
| Điện áp cung cấp | 4-30V | 3-5,5V | 2,4-5,5V |
| Công suất | 60μA  Hoạt động: 1,5mA | Hoạt động: 0,2mA  Hoạt động: 0,8mA | Chế độ chờ: 45μA  Hoạt động: 0.8mA |
| Độ chính xác | ±0,5°C | ±2°C | ±0,3°C |
| Thời gian đo |  | 1s | 2.5-15ms |

-> chọn cảm biến nhiệt độ LM35

**2. Lựa chọn MCU cho node cảm biến và gateway**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tính năng | STM32F103C8T6 | ESP32 | ESP8266 | ATMEGA328 |
| Tần số CPU | 72MHz | 240MHz | 80MHz | 16MHz |
| Lõi CPU | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Flash | 64Kb | 4Mb | 4Mb | 32Kb |
| RAM | 20Kb | 512Kb | 160Kb | 2Kb |
| GPIO | 37 | 36 | 17 | 14 |
| SPI/I2C/I2S/UART | 37 | 36 | 17 | 14 |
| ADC | 10\*12bit | 6\*12bit | 1\*10bit | 6\*10bit |
| DAC | Không | 0 | 2 | 0 |
| Không dây | Không | Wifi, BLE | Wifi | Không |
| Kiến trúc | 32bits | 32bits | 32bits | 8bits |
| Chế độ hoạt động | active: 4.5-36mA, sleep: 14-24µA | active: 20mA-68mA,  light-sleep: 0.8mA,  deep-sleep: 10µA-150µA | active: 15mA-170mA,  light-sleep: 0.9mA, deep-sleep: 0.8μA | active: 0.3mA, power-down: 0.1µA |

-> Lựa chọn MCU cho node cảm biến là STM32F103C8T6, gateway là Kit ESP32

**3. Lựa chọn công nghệ truyền thông:**

**a. Công nghệ truyền thông không dây**

Công nghệ truyền thông lựa chọn cần tối thiểu đáp ứng yêu cầu sau:

- Quản lý được tối thiểu 11 nút cảm biến không dây.

- Khoảng cách: giữa các đầu máy trong nhà máy (1-5m).

Đặc biệt ưu tiên công nghệ truyền thông với công suất tiêu thụ thấp – tiêu chí chính mà nhóm đưa ra.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Ưu điểm | Nhược điểm |
| BLE | - Tiêu thụ rất ít năng lượng so với các giao thức khác.  - Độ tin cậy cao:  - Chi phí thấp: Do ít phần cứng và tiêu thụ ít năng lượng.  - Tích hợp trên hầu hết các smartphone.  - Thời gian trễ, bao gồm thiết lập kết nối và truyền tải thấp: 3ms  - Ổn định, tính bảo mật cao  - Tốc độ truyền cao hơn Zigbee  - Có khả năng mở rộng | - Tốc độ truyền dữ liệu thấp: 125Kbps – 2Mbps  - Khoảng cách hạn chế: <30m trong thực tế |
| Zigbee | - Cài đặt và thiết lập đơn giản  - Hoạt động ổn định: ZigBee có thể hoạt động ổn định trong khu vực có mật độ tín hiệu dày đặc và có nhiều tín hiệu gây nhiễu nhờ khả năng đánh giá chất lượng, sự phát hiện năng lượng tiếp nhận và đánh giá kênh rõ ràng.  - Cấu trúc mạng linh hoạt. Khi một thiết bị hỏng không gây ảnh hưởng đến toàn bộ hệ thống  - Tiết kiệm năng lượng:  - Khả năng mở rộng cực lớn: Zigbee có thể hỗ trợ kết nối số lượng lên đến khoảng 65,000 nút. | - Hoạt động cần bộ điều khiển trung tâm  - Zigbee có tốc độ truyền tải trung bình thấp: 250 Kbps  - Tầm ngắn hơn BLE: tầm 10 – 15m  - Không xuyên tường mạnh được, nếu nhà nhiều phòng thì sẽ bị giảm tín hiệu.  - Không có nhiều thiết bị cuối có sẵn.  - Chi phí bảo trì cao. |
| Lora | Phạm vi truyền tải xa: LoRa có thể truyền tải dữ liệu trên khoảng cách rất xa, tới km đối với một số môi trường đặc biệt.  Khả năng truyền tải: LoRa có khả năng truyền tải dữ liệu qua các vật cản, như tường, cửa sổ hoặc các tòa nhà.  Tiêu thụ điện năng thấp: Công nghệ tiêu thụ điện năng rất thấp, cho phép các thiết bị hoạt động trên pin hoặc nguồn điện từ mặt trời suốt rất nhiều năm. | Tốc độ truyền tải dữ liệu của LoRa không nhanh so với các công nghệ kết nối khác  LoRa có giới hạn về dung lượng dữ liệu truyền tải, nên không phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu truyền tải dữ liệu lớn.  Để triển khai một mạng LoRa đầy đủ, cần có một số gateway và thiết bị kết nối cần thiết, có thể tăng chi phí cho việc triển khai.  Sự phụ thuộc vào môi trường: Hiệu suất của LoRa có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường, như tầm vực truyền tải, mật độ bức xạ,... |
| WiFi | Phạm vi truyền: Phạm vi hoạt động trung bình (khoảng 50-100m).  Tốc độ truyền tải cao: Tốc độ truyền tải dữ liệu cao (khoảng 11-108 Mbps).  Độ trễ thấp: Độ trễ thấp hơn so với các công nghệ khác.  Hạ tầng sẵn có: Hạ tầng mạng WiFi được triển khai rộng rãi.  Khả năng tương thích cao: Hỗ trợ nhiều thiết bị và ứng dụng. | Tiêu thụ pin cao: Tiêu thụ năng lượng cao hơn so với BLE và LoRa.  Khả năng chống nhiễu: Khả năng chống nhiễu thấp hơn so với LoRa. |

Từ yêu cầu dự án nhóm lựa chọn công nghệ BLE để truyền tin từ Node đến Gateway và Wifi từ gateway lên server

**b. Kiến trúc mạng:**

Nhóm lựa chọn cấu trúc mạng hình sao. Cấu trúc link hình sao là một cấu trúc link truyền thông online, trong đó mỗi nút liên kết trực tiếp với trạm gốc. Trạm gốc duy nhất hoàn toàn có thể gửi hoặc nhận tin nhắn đến 1 số ít nút từ xa. Các nút không được phép gửi thông tin cho nhau

\* Lựa chọn giao thức lớp ứng dụng

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tiêu Chí** | **MQTT** | **HTTP** | **CoAP** | **AMQP** |
| **Cơ chế** | Publish/Subscribe | Request/Response | Request/Response | Message Queuing |
| **Băng thông** | Rất thấp, thường dưới 10 kB/s cho các tin nhắn nhỏ và đơn giản | Cao, có thể từ 10 kB/s đến vài MB/s tùy thuộc vào payload và header | Thấp, tương tự MQTT | Cao hơn MQTT và CoAP, do nó cung cấp nhiều tính năng hơn và một mô hình tin nhắn phức tạp hơn |
| **Độ trễ** | Thấp, thường vài ms | Cao hơn MQTT, do HTTP cần thiết lập kết nối mới cho mỗi yêu cầu | Thấp | Trung bình, phụ thuộc vào cách triển khai và tải mạng. |
| **Độ tin cậy** | Cao (QoS levels) | Trung Bình | Cao (cơ chế xác nhận) | Cao (bảo đảm giao hàng) |

MQTT sẽ là giao thức mà nhóm lựa chọn với các lý do:

* MQTT không tiêu thụ quá nhiều công suất do băng thông thấp.
* Độ trễ thấp, độ tin cậy cao
* Phù hợp mới bản tin ngắn của các cảm biến.

\* Phần mềm quản lý

Hiện nay, có rất nhiều nên tảng IoT mã nguồn mở có thể đáp ứng được yêu cầu của dự án như Thingsboard, Thingspeak, KAAIOT, … Do đây tiêu chí này không phải mức ưu tiên cao của dự án nên nhóm sẽ sử dụng Thingsboard như một server để thu thập và lưu trữ dữ liệu.

* Thingsboard cung cấp một nền tảng giúp quản lý, lưu trữ và xử lý dữ liệu.
* Giao diện trực quan, cung cấp các widget để hiển thị dữ liệu
* Hỗ trợ nhiều giao thức như MQTT, CoAP, HTPP.

**II. Sơ đồ khối chức năng từng thành phần trong mạng**

**1. Sơ đồ khối nút cảm biến**

A diagram of a computer system

Description automatically generated

**2. Sơ đồ khối gateway**

A diagram of a computer network

Description automatically generated

**III. Phương án thiết kế phần cứng**

**1. Khối ngoại vi**

- Cảm biến sử dụng LM35

- Mạch nguyên lý cho mạch đo và chuẩn hóa cho LM35

A diagram of a circuit

Description automatically generated

**2. Khối MCU và khối truyền thông**

- MCU được sử dụng cho node là STM32F103C8T6 có hiệu năng cao.

- Mạch nguyên lý cho khối MCU

A diagram of a computer

Description automatically generated

- Do yêu cầu bài toán không cần thiết phải sử dụng ở tần số cao nên em không sử dụng thạch anh ngoài.

- Khối truyền thông sử dụng module BLE JDY-23.

**3. Khối nguồn**

**\* Mục tiêu thiết kế**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Thành phần | Điện áp hoạt động | Dòng tiêu thụ | | |
| Active | | Deepsleep |
| Truyền | Nhận |  |
| JDY-23 | 5V | 1mA | 3mA | 3uA |
| STM32F103C8T6 | 3V3 | 14.1mA | | 14uA |
| LED | 3V3 | 10mAx3 | | - |
| LM35 | 5V | 56-131uA | | - |

- Dòng tối đa: 39mA

- Công suất tiêu thụ tối đa: 134.46mW

- Thời gian hoạt động yêu cầu tối thiểu 4h

-> Sử dụng 1 Pin Lithium-ion 1200mAh 3.7V

Mạch nguồn cấp nguồn 5V cho khối truyền thông, ngoại vi và 3V3 cho khối MCU Đồng thời tích hợp thêm mạch sạc 1 cell pin. Cách nút cảm biến sử dụng pin là nguồn chính. Pin có thể sạc trực tiếp bằng máy tính.

**\* Cấu trúc khối nguồn**

A diagram of a computer

Description automatically generated

Mạch nguồn gồm các thành phần sau:

* Mạch chống ngược pin
* Mạch tăng áp từ pin lên 5V
* Mạch sạc 1 cell pin sử dụng IC TP4056
* Mạch LDO xuống 3V3

**\* Mạch chống ngược pin**

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Khi lắp thuận pin thì Vgs <0, nên Mosfet dẫn, lúc này pin cấp nguồn cho mạch hoạt động bình thường.

Khi lắp ngược pin Vgs>0 nên Mosfet không dẫn

**\* Khối tăng áp từ pin lên 5V**

A diagram of a boost converter

Description automatically generated

- Khối tăng áp sử dụng dụng IC LM3488, lý do sử dụng:

* Hiệu suất cao
* Dòng cấp cho tải có thể lên đến 1A phù hợp với thực tế.

Chức năng linh kiện:

- IC LM3488 hoạt động theo 2 chu kì. Trong chu kì đầu tiên của quá trình, MOSFET Q2 mở và năng lượng được lưu trữ trong cuộn cảm L1 và dòng đầu ra được cung cấp bởi tụ C13. Trong chu kì 2 MOSFET Q2 đóng diode D1 dẫn. Năng lượng tích trữ trong tụ điện chuyển ra tải và tụ đầu ra

- Tự C9 và C10 có tác dụng lọc nguồn ổn định đầu vào của IC

- Diode D1 là diode SS34 đáp ứng yêu cầu đầu ra:

- Cuộn cảm L1, L2 thỏa mãn:

- Khi có dòng điện lớn hơn 350mV đi qua điện trở R18, IC sẽ kích hoạt chế độ bảo vệ ngắn mạch.

- Điện trở R19 được nối trực tiếp với chân số 7 có tác dụng điều chỉnh tần số đóng cắt, lựa chọn điện trở 25k tương ứng tần số đóng cắt là 600kHz

- Điện trở R16 và R17 để tạo điện áp đầu ra Vout=5V thông qua chân feedback

**\* Khối sạc pin 1 cell:**

A diagram of a circuit

Description automatically generated

IC Sử dụng là TP4056:

Điện trở R11 có tạc dụng điều chỉnh dòng sạc, R11 = 1k dòng sạc đầu ra là 1A.

IC bảo vệ pin DW01A kết hợp với 2 mosfet kênh N FS8205 có tác dụng bảo vệ sạc quá dòng quá áp và phóng qúa áp.

**\* Mạch LDO:**

A diagram of a computer

Description automatically generated

Sử dụng IC RT9193 có độ đập mạch thấp dòng đầu ra cao lên tới 300mA,

Tụ C15 và C16, C17 có tác dụng lọc điện áp đầu vào và đầu ra.

Mạch lọc thông thấp tạo từ tụ C18 và cuộn cảm L3 có tác dụng lọc điện áp đập mạch và nhiễu cung cấp nguồn đầu vào cho khối analog của vi điều khiển.

**4. Layout PCB**

A computer circuit board with many different colored parts

Description automatically generated

A close-up of a circuit board

Description automatically generated

**III. Phương án thiết kế phần mềm**

**1. Triển khai chương trình tại nút cảm biến**

Tại nút cảm biến, chương trình cần thực hiện được những nhiệm vụ sau:

* Phát bản tin BLE advertising
* Khởi tạo giá trị ngưỡng ban đầu, 3 led tắt.
* Sử dụng ngắt cho nút ấn bắt đầu đo
* Khi nút bắt đầu đo được ấn, đọc giá trị cảm biến LM35 dùng ADC, đọc lặp lại theo chu kỳ 10s / 1 lần
* Nếu đọc ra giá trị đo hợp lệ:
* 1 trong 3 led bật nếu giá trị đo nằm trong ngưỡng tương ứng
* Phát bản tin BLE notification gửi giá trị đo đến gateway (chỉ thực hiện việc này khi nút cảm biến đã kết nối với gateway).
* Chương trình thực hiện lặp lại việc đọc, gửi dữ liệu và hiển thị cho đến khi ấn nút lần nữa

A diagram of a software system

Description automatically generated

**2. Triền khai chương trình tại gateway**

Quét Thiết Bị BLE:

* Bắt đầu quét các thiết bị BLE xung quanh.
* Khi tìm thấy thiết bị, kiểm tra thông tin (như địa chỉ MAC, dịch vụ BLE).
* Lựa chọn thiết bị cần kết nối dựa trên tiêu chí cụ thể (ví dụ, dựa trên dịch vụ hoặc tên thiết bị).

Kết Nối và Nhận Bản Tin BLE:

* Kết nối với thiết bị BLE được chọn.
* Đăng ký thông báo (notification) hoặc đọc các đặc tính (characteristic) từ thiết bị để nhận dữ liệu.
* Khi dữ liệu được nhận, xử lý và lưu trữ nếu cần.

Gửi Dữ Liệu Qua MQTT:

* Định dạng dữ liệu nhận được từ thiết bị BLE.
* Gửi dữ liệu đó lên server qua MQTT, sử dụng topic đã đăng ký.
* Xử lý các phản hồi hoặc hành động tiếp theo dựa trên dữ liệu nhận được từ server MQTT.

A diagram of a flowchart

Description automatically generated

**3. Triển khai hệ thống cảm biến**

A diagram of a computer system

Description automatically generated

Thử nghiệm và Đánh giá

Kết luận