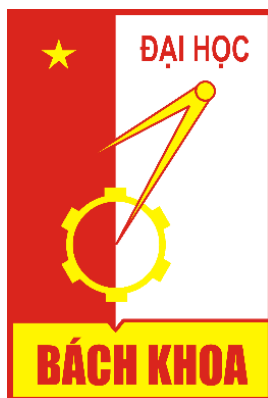


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

----- □ & □ -----



## BÁO CÁO ĐỒ ÁN MÔN HỌC MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

**Đề tài: Mạng cảm biến nhiệt độ trong môi trường**

STT	Họ và tên	MSSV
1	Trần Quang Minh	20181659
2	Nguyễn Văn Dũng	20191784
3	Nguyễn Trọng Phong	20192017

**Hà Nội, tháng 12/2022**

# MỤC LỤC

<b>MỤC LỤC .....</b>	<b>2</b>
<b>DANH MỤC HÌNH VẼ .....</b>	<b>4</b>
<b>DANH MỤC BẢNG .....</b>	<b>5</b>
<b>CHƯƠNG 1. PHÂN TÍCH YÊU CẦU CỦA DỰ ÁN.....</b>	<b>6</b>
<b>CHƯƠNG 2. KẾ HOẠCH THỰC HIỆN CHUNG .....</b>	<b>14</b>
<b>CHƯƠNG 3. KẾ HOẠCH VÀ NỘI DUNG THỰC HIỆN CỦA TỪNG THÀNH VIÊN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Trần Quang Minh.....	15
3.2 Nguyễn Văn Dũng .....	16
3.3 Nguyễn Trọng Phong.....	17
<b>CHƯƠNG 4. TÌM HIỂU CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY .....</b>	<b>19</b>
4.1 Tổng quan về công nghệ truyền thông không dây .....	19
4.1.1 Mô hình truyền thông không dây.....	19
4.1.2 Phân loại mạng không dây .....	19
4.2 WiFi .....	21
4.3 Zigbee .....	21
4.4 Bluetooth.....	21
4.5 Lora.....	24
4.5.1 Giới thiệu về LoRa .....	24
4.5.2 Tỷ lệ mã hóa (Coding Rate).....	25
4.5.3 Hệ số trải phổ (Spread Factor).....	26
4.5.4 Bảng thông.....	26
<b>CHƯƠNG 5. TÌM HIỂU CÁC DỰ ÁN, NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN.....</b>	<b>29</b>
5.1 Hệ thống giám sát nhiệt độ không dây của Therm – X .....	29
5.2 Chức năng hệ thống .....	29
5.3 Các thiết bị trong phần cứng của hệ thống giám sát nhiệt độ không dây .....	29
5.4 Phần mềm giám sát nhiệt độ cho hệ thống .....	30
<b>CHƯƠNG 6. LỰA CHỌN GIẢI PHÁP VÀ LÊN PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ .....</b>	<b>32</b>

6.1	Kiến trúc chung của nút cảm biến không dây.....	32
6.2	Nguồn và vấn đề công suất tiêu thụ của nút cảm biến.....	32
6.2.1	Các chế độ hoạt động của nút cảm biến .....	33
6.2.2	Công suất tiêu thụ của nút cảm biến không dây .....	34
6.3	Sơ đồ kiến trúc hệ thống và chức năng.....	35
6.4	Sơ đồ triển khai chi tiết từng khối .....	36
6.4.1	Sơ đồ triển khai chi tiết Sensor Node .....	36
6.4.1	Sơ đồ triển khai chi tiết Gateway.....	42
<b>CHƯƠNG 7. TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>		<b>46</b>

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 4-1 Mô hình truyền thông không dây.....	19
Hình 4-2 Các chuẩn tương ứng với các mạng truyền thông tương ứng.....	20
Hình 4-3 So sánh tốc độ truyền và khoảng cách truyền của Bluetooth, Zigbee và WiFi..	22
Hình 4-4 Hai loại tín hiệu Up-chirp và Down-chirp trong kỹ thuật CSS.....	25
Hình 4-5 Các giá trị CR và dữ liệu tăng thêm tương ứng (Datasheet SX1278).....	26
Hình 4-6 Mã hóa một Symbol bằng $2^{SF}$ chip .....	26
Hình 4-7 Ba mức băng thông thường dùng trong mạng LoRa.....	27
Hình 5-1 Hình ảnh thiết bị giám sát nhiệt độ không dây.....	29
Hình 5-2 Hình ảnh ứng dụng.....	30
Hình 6-1 Kiến trúc chung của nút cảm biến không dây .....	32
Hình 6-2 Công suất tiêu thụ trong các chế độ hoạt động.....	34
Hình 6-3 Sơ đồ khối mô tả hệ thống .....	36
Hình 6-4 Sơ đồ khối sạc pin.....	37
Hình 6-5 Sơ đồ nguyên lý khối nguồn LDO RT9013 .....	38
Hình 6-6 Sơ đồ nguyên lý tụ bypass cho STM32 .....	38
Hình 6-7 Sơ đồ nguyên lý vi điều khiển STM32 .....	39
Hình 6-8 Sơ đồ nguyên lý khối thạch anh ngoài cho vi điều khiển STM32 .....	39
Hình 6-9 Khối giám sát điện áp pin LiPo.....	40
Hình 6-10 Sơ đồ nguyên lý module Ra-02 LoRa .....	40
Hình 6-11 Sơ đồ nguyên lý khối debug.....	41
Hình 6-12 Sơ đồ nguyên lý các nút nhấn và LED .....	41
Hình 6-13 Sơ đồ nguyên lý khối hiển thị LED 7 thanh.....	42
Hình 6-14 Sơ đồ nguyên lý khối nguồn LDO.....	43
Hình 6-15 Sơ đồ nguyên lý vi điều khiển ESP32 .....	43
Hình 6-16 Sơ đồ nguyên lý các nút nhấn và LED .....	44
Hình 6-17 Sơ đồ nguyên lý khối debug và nạp code .....	44
Hình 6-18 Sơ đồ nguyên lý khối hỗ trợ nạp.....	45
Hình 6-19 Sơ đồ nguyên lý module Ra-02 LoRa .....	45

## DANH MỤC BẢNG

<i>Bảng 1-1 Yêu cầu đặt ra .....</i>	<i>7</i>
<i>Bảng 1-2 Thời gian chuyển đổi ứng với độ phân giải của cảm biến DS18B20.....</i>	<i>8</i>
<i>Bảng 1-3 Thông số của module LoRa sử dụng trong Gateway và Node.....</i>	<i>9</i>
<i>Bảng 1-4 Bảng giá trị SNR .....</i>	<i>10</i>
<i>Bảng 1-5 Phân chia vùng nhớ OTA theo dữ liệu lưu trữ và địa chỉ.....</i>	<i>13</i>
<i>Bảng 2-1 Phân chia công việc chung .....</i>	<i>14</i>
<i>Bảng 3-1 Phân chia công việc của Trần Quang Minh .....</i>	<i>16</i>
<i>Bảng 3-2 Phân chia công việc của Nguyễn Văn Dũng.....</i>	<i>17</i>
<i>Bảng 3-3 Phân chia công việc của Nguyễn Trọng Phong.....</i>	<i>18</i>
<i>Bảng 4-1 So sánh các công nghệ truyền thông không dây.....</i>	<i>24</i>
<i>Bảng 6-1 Các chế độ của thiết bị.....</i>	<i>33</i>
<i>Bảng 6-2 Công suất tiêu thụ của từng phần tử.....</i>	<i>35</i>

## CHƯƠNG 1. PHÂN TÍCH YÊU CẦU CỦA DỰ ÁN

Yêu cầu	Chức năng, Thông số,..	Mức độ ưu tiên
Dải đo 25°C ÷ 125°C Độ chính xác: ±1°C Độ phân giải hiển thị: 0.1°C	Đo nhiệt độ tại mỗi lò ấp trứng Sử dụng 4 LED 7 thanh để hiển thị nhiệt độ tại mỗi lò.	1 Đáp ứng được yêu cầu của dự án
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	Nguồn của nút cảm biến là một pin Lipo công suất khoảng 2100mAh có mạch sạc bảo vệ quá dòng quá áp. Năng lượng tiêu thụ của nút cảm biến được tính toán là 1235.5 mWh (tính toán ở mục 6.2.2)	1 Đáp ứng được yêu cầu của dự án
Kích thước (dự kiến): Trọng lượng (dự kiến):	Kích thước (dự kiến): 70x50x100 mm (kiểu trụ để dễ cầm tay) Trọng lượng (dự kiến): <150g.	1 Đáp ứng được yêu cầu của dự án
Thời gian đo một mẫu : <20s. (nâng cao < 5s)	Tổng thời gian đo một mẫu ước tính là 1.81s (bao gồm chu kỳ lệnh MCU, thời gian đọc cảm biến và thời gian truyền thông).	1 Đáp ứng được yêu cầu của dự án
Kết nối máy tính: RF Khoảng cách truyền trong phạm vi 20m từ hệ thống đo đến trạm thu RF có nối nguồn và mạng	Thiết bị Gateway có thể giao tiếp với máy tính qua dây nối giữa cổng MicroUSB trên thiết bị Gateway và cổng USB trên máy tính bằng chuyển đổi TTL-COM.	1 Đáp ứng được yêu cầu của dự án
Quản lý tối thiểu cho 10 thiết bị đo. (nâng cao: phương án mở rộng số thiết bị với khoảng cách từ thiết bị đến trạm tiếp nhận có thể lên tới 100m)	Cấu trúc mạng dự kiến là mạng hình sao Tối thiểu 10 thiết bị Thiết bị bị lỗi và thiết bị gỡ ra có thể phát hiện được. Phương án mở rộng số thiết bị và khoảng cách.	1 Đáp ứng được yêu cầu của dự án

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.	Platform IoT: Thingsboard/Node – Red Hiển thị real – time, có đồ thị history, hỗ trợ xuất dữ liệu	2 Đáp ứng được yêu cầu của dự án
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	Có tích hợp nút bấm bắt đầu đo Đèn LED báo ngưỡng gồm các trạng thái.	2 Đáp ứng được yêu cầu của dự án
OTA (nâng cao)	Tích hợp chức năng OTA	3 Đáp ứng được yêu cầu của dự án

*Bảng 1-1 Yêu cầu đặt ra*

<b>Yêu cầu 1</b>	Dải đo $25^{\circ}\text{C} \div 125^{\circ}\text{C}$ Độ chính xác: $1^{\circ}\text{C}$ Độ phân giải hiển thị: $0.1^{\circ}\text{C}$
------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sau khi tham khảo yêu cầu 1 và tìm kiếm các cảm biến nhiệt độ phổ biến tại Việt Nam, nhóm em lựa chọn cảm biến DS18B20. Các thông số của cảm biến DS18B20 được viết trong datasheet:

- Dải đo nhiệt độ  $-55^{\circ}\text{C} \div 125^{\circ}\text{C}$ .
- Độ chính xác:  $0.5^{\circ}\text{C}$ .
- Độ phân giải nhiệt độ: 9 – 12 bits. Với độ phân giải 12 bits thì sẽ có được độ phân giải hiển thị là  $0.06^{\circ}\text{C}$ .

Như vậy các thông số của cảm biến DS18B20 đáp ứng được yêu cầu 1.

<b>Yêu cầu 2</b>	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
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Thiết bị hoạt động ổn định khi điện áp pin còn lại phải lớn hơn 3.5V ứng với dung lượng pin là khoảng 30% để đảm bảo điện áp và dòng điện ra từ IC RT9013 đủ lớn cấp nguồn cho toàn mạch. Theo tính toán ở phần 6.2.2, công suất tiêu thụ trung bình là 1235.5mWh nên dòng điện tiêu thụ trung bình từ Pin là 334 mA. Như vậy với Pin Lithium có dung lượng 2100mA thì thiết bị có thể hoạt động trong 4.4 giờ, đáp ứng được yêu cầu

<b>Yêu cầu 3</b>	Kích thước (dự kiến): tùy thuộc vào thiết bị Trọng lượng (dự kiến): <150g.
------------------	-------------------------------------------------------------------------------

Kích thước của Gateway: 80x65x50mm

Trọng lượng của Gateway: 100g

Thiết bị Gateway có LCD2004 được gắn ở mặt trên nên thích thước tối ưu sẽ chính xác bằng kích thước của bản hình để tối giản diện tích. Các nút ấn và đèn LED có thể được gắn bên thành của thiết bị.

Kích thước của Node: 70x50x50mm

Trọng lượng của Node: 150g

Thiết bị Node có 4 LED 7 thanh cần được đưa lên mặt trước. Do kích thước của pin nên các nút ấn và LED có thể được đưa lên mặt trước.

Như vậy đã đáp ứng được yêu cầu 3 của dự án.

<b>Yêu cầu 4</b>	Thời gian đo một mẫu : <20s. (nâng cao < 5s)
------------------	----------------------------------------------

Theo yêu cầu 1, cảm biến DS18B20 sẽ được cấu hình ở độ phân giải 12 bit. Sau khi tìm hiểu trong datasheet của cảm biến, khoảng thời gian mỗi lần vi điều khiển đọc cảm biến DS18B20 mất 752ms được nhóm em tính ra như sau:

1. Bắt đầu quá trình giao tiếp giữa vi điều khiển và cảm biến: Được bắt đầu bằng một xung reset được kéo bởi vi điều khiển trong tối thiểu 480 $\mu$ s sau đó cảm biến sẽ đợi khoảng từ 15 – 60 $\mu$ s và truyền đi một xung trong khoảng từ 60 – 240 $\mu$ s. Như vậy bước này sẽ mất 0.8ms.
2. Đợi cảm biến lấy mẫu trong 750ms.
3. Đọc giá trị từ cảm biến và kết thúc quá trình giao tiếp: Theo như datasheet, nhiệt độ đọc được từ cảm biến có độ dài 16 bit. Mỗi bit đó sẽ được chia ra thành các “Read Time Slot” có khoảng thời gian là 61 $\mu$ s, như vậy đọc giá trị 16 bits sẽ mất 1ms.

<b>RESOLUTION (BITS)</b>	<b>MAX CONVERSION TIME</b>	
<b>9</b>	<b>93.75ms</b>	<b>(t<sub>CONV</sub>/8)</b>
<b>10</b>	<b>187.5ms</b>	<b>(t<sub>CONV</sub>/4)</b>
<b>11</b>	<b>375ms</b>	<b>(t<sub>CONV</sub>/2)</b>
<b>12</b>	<b>750ms</b>	<b>(t<sub>CONV</sub>)</b>

*Bảng 1-2 Thời gian chuyển đổi ứng với độ phân giải của cảm biến DS18B20*



Trong dự án này, nhóm em chọn sử dụng truyền thông không dây LoRa để Gateway và Sensor Node giao tiếp với nhau.

Thông số	Gateway	Sensor Node
Lora Module	SX1278	SX1278
Tần số	433 MHz	433 MHz

*Bảng 1-3 Thông số của module LoRa sử dụng trong Gateway và Node*

Với truyền thông không dây LoRa, dữ liệu cần truyền đi là nhiệt độ, điện áp Pin nên số lượng Payload nhóm em giả sử tối đa 100 byte. Phạm vi truyền tin của LoRa hoàn toàn có thể đáp ứng được yêu cầu của dự án nên không được đưa vào các yêu cầu để chọn 3 thông số CR, SF, BW. Nhóm em sẽ chọn dựa vào các yêu cầu là:

1. Thời gian truyền tin (Time on Air) là khoảng thời gian tính từ khi dữ liệu được gửi từ sender đến khi receiver nhận được dữ liệu đó, được tính theo các công thức sau:

- Thời truyền mỗi symbol:

$$T_{sym} = \frac{2^{SF}}{BW}$$

- Thời gian truyền của preamble symbol:

$$T_{preamble} = (n_{preamble} + 4.25) \times T_{sym}$$

- Số lượng payload symbol:

$$n_{payload} = 8 + \max \left( \text{ceil} \left( \frac{8PL - 4SF + 28 + 16CRC - 20H}{4(SF - 2DE)} \right) (CR + 4), 0 \right)$$

- Thời gian truyền của payload symbol:

$$T_{payload} = n_{payload} \times T_{sym}$$

- Thời gian truyền tin bằng tổng của thời gian truyền preamble symbol và payload symbol:

$$T_{ToA} = T_{preamble} + T_{payload}$$

2. Độ nhạy (Sensitivity) là cường độ tín hiệu tối thiểu mà receiver có thể nhận được. Độ nhạy của receiver được tính theo công thức:

$$S = -174 + 10 \times \log(BW) + NF + SNR \times (NF = 5.5\text{dB})$$

Với mỗi giá trị SF thì đều có một giá trị SNR (Signal to noise ratio) riêng. Sau đây là bảng giá trị SNR được tham khảo trong datasheet.

<i>SpreadingFactor</i> (RegModulationCfg)	Spreading Factor (Chips / symbol)	LoRa Demodulator SNR
6	64	-5 dB
7	128	-7.5 dB
8	256	-10 dB
9	512	-12.5 dB
10	1024	-15 dB
11	2048	-17.5 dB
12	4096	-20 dB

Bảng 1-4 Bảng giá trị SNR

3. Công suất tiêu thụ của module SX1278 phụ thuộc vào các yếu tố như chế độ hoạt động, công suất phát và thời gian truyền tin. Thời gian truyền tin càng lâu đồng nghĩa thời gian module ở chế độ Tx càng dài. Dòng điện tiêu thụ khi ở chế độ Tx khá lớn có giá trị từ 87 – 120mA nên để tiết kiệm năng lượng thì cần giảm thời gian truyền tin.

Sau khi phân tích các yêu cầu trên đồng thời tham khảo trong datasheet, nhóm em chọn ra các thông số như sau:

- CR = 4/5.
- SF = 9.
- BW = 250KHz.

Áp dụng các công thức phía trên tính được  $T_{ToA} = 277ms$ ,  $S = -127dBm$ .

Chu kỳ lệnh của vi điều khiển chỉ có thể tính được bằng các đọc log trong quá trình thử nghiệm. Nhóm em dành ra cho khoảng thời gian đó là 0.5s

Việc truyền nhận giữa Gateway và Sensor Node theo phương thức là yêu cầu – phản hồi nên tổng thời gian để thời gian kể từ lúc Gateway gửi yêu cầu đến khi nhận được dữ liệu từ Sensor Node là  $T = 0.28 \times 2 + 0.75 = 1.31s$ .

Như vậy tổng thời gian lấy một mẫu là 1.8s → Đáp ứng được yêu cầu 4 của dự án.

<b>Yêu cầu 5</b>	RF Khoảng cách truyền trong phạm vi 20m từ hệ thống đo đến trạm thu RF có nối nguồn và mạng
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

Với công nghệ LoRa được sử dụng, phạm vi hoạt động 20m có thể dễ dàng được đảm bảo giữa các Node với nhau và giữ Gateway tới từng Node.

Thiết bị Gateway sẽ được đặt cố định và được cấp nguồn từ Adapter và WiFi để có thể đẩy dữ liệu lên mạng Internet.

Như vậy yêu cầu 5 đã được đáp ứng.

<b>Yêu cầu 6</b>	Quản lý tối thiểu cho 10 thiết bị đo. (nâng cao: phương án mở rộng số thiết bị với khoảng cách từ thiết bị đến trạm tiếp nhận có thể lên tới 100m)
------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Do sử dụng truyền thông không dây LoRa để truyền nhận dữ liệu giữa Gateway và Sensor Node, nhóm em sẽ sử dụng cấu trúc mạng hình sao, số lượng các Sensor Node cần quản lý tối thiểu là 10. Các Sensor Node sẽ thực hiện giao tiếp trực tiếp với Gateway.

Các Sensor Node sẽ được cấp phát cho một địa chỉ, Gateway được cho biết tất cả các địa chỉ đã được cấp phát và căn cứ vào đó để tiến hành gửi bản tin yêu cầu đến từng địa chỉ, trong bản tin yêu cầu đó chứa địa chỉ của Sensor Node đích. Sensor Node có địa chỉ giống với địa chỉ ở bản tin yêu cầu nhận được sẽ tiến hành đọc nhiệt độ và gửi bản tin phản hồi lại cho Gateway. Gateway sẽ tiếp tục gửi bản tin yêu cầu đến Sensor Node tiếp theo chỉ khi nhận được bản tin phản hồi từ Sensor Node đã yêu cầu hoặc thời gian đợi bản tin yêu cầu vượt quá một giá trị timeout.

Để có thể thêm Sensor Node vào mạng thì phải cấu hình cho Sensor Node địa chỉ và thêm địa chỉ vào danh sách địa chỉ để Gateway gửi bản tin yêu cầu đến. Ngược lại để gỡ Sensor Node ra khỏi mạng thì chỉ cần xóa địa chỉ đó khỏi danh sách. Với các thiết bị bị lỗi, nhóm em quy định số lần liên tiếp mà một Sensor Node bị timeout là 5, quá số lần này thì sẽ bị xóa sẽ bị gỡ khỏi mạng và Gateway gửi tín hiệu cảnh báo đến Server.

Phương án mở rộng số thiết bị: Khi có nhiều Sensor Node cần quản lý, dẫn tới việc thời gian đọc dữ liệu tất cả các Sensor Node trong một lần rất lớn. Để giải quyết vấn đề này thì nhóm em sử dụng cấu trúc mạng hình cây, thêm vào mạng một vai trò nữa là Router Node. Router Node sẽ là Node trung gian giữa Gateway và Sensor Node. Mỗi Router Node sẽ được cấp phát cho một địa chỉ. Các Sensor Node thì sẽ được chia nhỏ thành từng nhóm, mỗi nhóm chỉ giao tiếp với một Sensor Node bằng việc cấu hình cho nó địa chỉ của Router Node. Router Node sẽ lưu lại dữ liệu của Sensor Node, đến khi nhận được bản tin yêu cầu từ Gateway thì Router Node sẽ phản hồi lại tất cả các dữ liệu đó.

Khoảng cách từ thiết bị đến trạm tiếp nhận: Phạm vi hoạt động của module SX1278 có thể lên tới vài km, phụ thuộc vào các thông số SF, CR, BW khi cấu hình cho module. Vì vậy với khoảng cách 100m thì hoàn toàn đáp ứng được.

<b>Yêu cầu 7</b>	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.
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Việc kết nối với máy tính và truyền tải dữ liệu sẽ được xử lý bởi thiết bị Gateway. Phần mềm máy tính này được bọn em phát triển trên nền tảng .NET sử dụng ngôn ngữ C#.

Thiết bị Gateway sẽ được thiết kế cổng kết nối MicroUSB và có thể kết nối với cổng USB – COM của máy tính. Sau khi kết nối dây thành công, chọn cổng kết nối, người dùng

có thể theo dõi thông tin thời gian thực được hiển thị trên phần mềm máy tính. Dữ liệu được hiển thị theo dạng đồ thị của từng Node có mặt và đang hoạt động trong mạng lưới. Đồ thị dữ liệu sẽ được cập nhập từng giây.

Các dữ liệu được hiển thị bao gồm: số lượng Node đang hoạt động; thông tin trạng thái hoạt động của Node như khả năng kết nối, địa chỉ, điện áp pin; các thông số liên quan đến quá trình đo như chu kỳ đo, độ phân giải, chỉnh ngưỡng nhiệt độ báo động,...

Trong trường hợp có Node tham gia hoặc rời khỏi mạng, thiết bị Gateway sẽ có thể phát hiện được và tự động thay đổi trạng thái được hiển thị trên phần mềm.

Với những mô tả trên, yêu cầu 7 đã được bọn em đáp ứng.

<b>Yêu cầu 8</b>	Có nút bấm bắt đầu đo; Đèn LED báo ngưỡng nhiệt độ (3 LED); Các ngưỡng nhiệt độ có thể cập nhập từ máy tính
------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Trên Sensor Node có 3 nút nhấn dùng để bắt đầu/dừng đo, hiển thị điện áp pin và 4 LED 7 thanh để hiển thị các thông số cần thiết.

Trên Gateway có 3 nút nhấn dùng để cấu hình WiFi, chỉnh chu kỳ đo, thay đổi ngưỡng và 1 màn hình LCD để hiển thị. Các ngưỡng nhiệt độ cũng có thể cập nhập bằng MQTT và giao diện trên máy tính.

Như vậy yêu cầu 8 đã được đáp ứng.

<b>Yêu cầu 9</b>	OTA nâng cao
------------------	--------------

Để có thể OTA thì bộ nhớ Flash trong vi điều khiển cần chia ra ít nhất 3 phần (bootloader, ota\_0 và ota\_1) để lưu chương trình và 1 cờ ota\_flag có 2 giá trị là 0 và 1. Chương trình trong bootloader sẽ mặc định được chạy khi có sự kiện Reset hoặc Power Up, ở đó nó sẽ đọc giá trị ota\_flag. Nếu ota\_flag = 0 thì bootloader sẽ nhảy đến chạy chương trình ở ota\_0, còn ota\_flag = 1 thì nhảy đến chạy chương trình ở ota\_1. Trong trường hợp vi điều khiển đang chạy chương trình ở ota\_0, khi nhận được yêu cầu tiến hành OTA thì vi điều khiển sẽ xóa toàn bộ dữ liệu ở ota\_1, đọc chương trình mới và viết vào ota\_1. Khi đã viết hết chương trình mới vào ota\_1, vi điều khiển sẽ thay đổi giá trị ota\_flag từ 0 sang 1 và gọi hàm Reset để quay về bootloader rồi thực hiện chương trình ở ota\_1.

- Với Sensor Node, vi điều khiển STM32F103C8T6 có bộ nhớ Flash là 64KB không đủ độ lớn để chia ra làm 3 phần. Do đó không thể OTA được với Sensor Node. Ngoài ra tốc độ truyền của công nghệ LoRa cũng quá thấp, làm thời gian cập nhập OTA rất lâu và làm ảnh hưởng đến toàn hệ thống.
- Với Gateway, vi điều khiển ESP32 có bộ nhớ Flash lớn lên đến 4MB nên hoàn toàn có thể OTA được. Server nhóm em sử dụng để lưu trữ chương trình mới là Github, yêu cầu OTA sẽ được gửi qua giao thức mạng MQTT. Khi nhận được yêu cầu OTA thì Gateway sẽ thực hiện các request theo giao thức mạng HTTPS và nhận được

response chứa dữ liệu của chương trình mới. Gateway sẽ phân vùng bộ nhớ Flash như sau:

Tên phân vùng	Kiểu phân vùng	Offset và kích thước
nvs	data	0x9000 (16KB)
ota_flag	data	0xD000 (8KB)
phy_init	data	0xF000 (4KB)
ota_0	app	0x10000 (1800KB)
ota_1	app	0x1E0000 (1800KB)
storage	data	0x3A2000 (200KB)

*Bảng 1-5 Phân chia vùng nhớ OTA theo dữ liệu lưu trữ và địa chỉ*

## CHƯƠNG 2. KẾ HOẠCH THỰC HIỆN CHUNG

Nội dung	Kết quả cần đạt	Thời gian (tuần)	Ghi chú
Tìm hiểu về các bài toán liên quan	Đánh giá tổng quan. Tìm hiểu các tài liệu, dự án có liên quan.	T2 đến T4	
Lên phương án sơ bộ	Phân tích các yêu cầu của dự án. Đưa ra sơ đồ kiến trúc và chức năng của dự án. Lựa chọn phần cứng.	T5 đến T9	
Thiết kế phần cứng	Lên phương án thiết kế chi tiết. Thiết kế mạch nguyên lý theo các phương án đã chọn. Thiết kế PCB.	T9 đến T14	
Thiết kế phần mềm	Lập trình Firmware cho thiết bị. Thiết kế giao diện trên máy tính. Tìm hiểu và kết nối với Cloud.	T14 đến T18	
Thử nghiệm thực tế	Thử nghiệm thực tế hệ thống và kiểm tra tính năng.	T18 đến T19	
Hoàn thiện sản phẩm	Đóng hộp sản phẩm. Đưa ra kết quả cuối cùng của dự án.	T19 đến T20	

*Bảng 2-1 Phân chia công việc chung*

## CHƯƠNG 3. KẾ HOẠCH VÀ NỘI DUNG THỰC HIỆN CỦA TỪNG THÀNH VIÊN

### 3.1 Trần Quang Minh

Nội dung	Mô tả (tính năng, thông số,...)	Kết quả cần đạt	Thời gian thực hiện (theo tuần)	Ghi chú
Hoạt động chung Quá trình phân tích và tìm hiểu	Báo cáo tổng quan, đánh giá. Tìm hiểu các tài liệu, dự án có liên quan. Phân tích các yêu cầu của dự án. Đưa ra sơ đồ kiến trúc và chức năng của dự án. Lựa chọn phần cứng.		Tuần 2 - 9	
Thiết kế sơ đồ hệ thống cho các thiết bị Node	Thiết kế sơ đồ hệ thống, từ đó thiết kế sơ đồ chi tiết các khối trong hệ thống	Đảm bảo đủ các yêu cầu đã phân tích	Tuần 9 - 10	
Thiết kế Hardware các Node	Thiết kế mạch PCB 3D 2 lớp cho các thiết bị Node theo sơ đồ hệ thống đã thiết kế	Đảm bảo mạch được thiết kế hợp lý theo các quy chuẩn có sẵn	Tuần 10 - 11	
Hoàn thiện mạch các Node	Mua các linh kiện điện tử, lắp ráp và hoàn thiện, kiểm tra các tính năng phần cứng	Đảm bảo hoạt động từng chức năng có trong mạch như đã thiết kế	Tuần 11 - 14	
Thiết kế phần mềm ứng dụng trên máy tính	Thiết kế ứng dụng giao tiếp giữa máy tính và Gateway, kết hợp cùng Dữ liệu để thống nhất quá trình trao đổi dữ liệu	Đảm bảo đủ các tính năng và yêu cầu, bố trí hiển thị đầy đủ và đẹp mắt	Tuần 14 - 18	

Hoạt động chung Hoàn thiện hệ thống	Thử nghiệm thực tế hệ thống và kiểm tra tính năng. Đóng hộp sản phẩm	Đảm bảo hệ thống vận hành ổn định và đầy đủ chức năng	Tuần 18 - 20	
----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------	--

*Bảng 3-1 Phân chia công việc của Trần Quang Minh*

### 3.2 Nguyễn Văn Dũng

Nội dung	Mô tả (tính năng, thông số,...)	Kết quả cần đạt	Thời gian thực hiện (theo tuần)	Ghi chú
Tìm hiểu về các bài toán liên quan	Tìm hiểu lý thuyết các công nghệ truyền tin không dây. Tìm các bài báo, dự án có liên quan.	Nắm được cơ bản lý thuyết các công nghệ truyền tin không dây. Xây dựng thư viện tài liệu tham khảo cho dự án	Tuần 2 - 4	
Lên phương án sơ bộ	Phân tích các yêu cầu của đề tài	Phân tích, tìm hiểu và đưa ra hướng giải quyết với từng yêu cầu	Tuần 5 - 9	
Thiết kế phần cứng	Thiết kế mạch nguyên lý của Gateway. Thiết kế PCB của Gateway	Đảm bảo hoạt động từng chức năng có trong mạch theo phương án đã chọn	Tuần 9 - 14	
Thiết kế phần mềm	Tìm hiểu SDK của hãng để lập trình cho Gateway. Tìm hiểu về các giao thức mạng.	Lập trình được cho Gateway, đảm bảo hoạt động ổn định tất cả các chức năng. Kết nối được với Cloud để hiển thị thông số.	Tuần 14 - 18	



Hoạt động chung Hoàn thiện hệ thống	Thử nghiệm thực tế hệ thống và kiểm tra tính năng. Đóng hộp sản phẩm	Đảm bảo hệ thống vận hành ổn định và đầy đủ chức năng	Tuần 18 - 20	
----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------	--

*Bảng 3-2 Phân chia công việc của Nguyễn Văn Dũng*

### 3.3 Nguyễn Trọng 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	Tìm hiểu các tài liệu, dự án có liên quan. Phân tích các yêu cầu của dự án.	Xây dựng thư viện tài liệu tham khảo cho dự án	Tuần 2 – 4	
Phân tích các yêu cầu dự án	Phân tích làm rõ các yêu cầu của dự án. Tìm hiểu về các công nghệ truyền thông không dây	Báo cáo tổng quan, đánh giá Nắm được cơ bản lý thuyết các công nghệ truyền tin không dây.	Tuần 4 – 9	
Thiết kế sơ đồ hệ thống tổng quan	Thiết kế sơ đồ chi tiết của toàn bộ hệ thống	Đảm bảo đủ các yêu cầu đã phân tích	Tuần 9 - 10	
Hoàn thiện mạch các Node	Mua các linh kiện điện tử, lắp ráp và hoàn thiện, kiểm tra các tính năng phần cứng	Đảm bảo hoạt động từng chức năng có trong mạch như đã tính toán	Tuần 11 - 14	
Thiết kế Firmware các Node	Thiết kế phần mềm cho các Node, lập trình vi điều khiển STM32	Đảm bảo có thể giao tiếp và hoạt động được đúng như đã thiết kế	Tuần 14 - 18	

Hoạt động chung Hoàn thiện hệ thống	Thử nghiệm thực tế hệ thống và kiểm tra tính năng. Đóng hộp sản phẩm	Đảm bảo hệ thống vận hành ổn định và đầy đủ chức năng	Tuần 18 - 20	
----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------	--

*Bảng 3-3 Phân chia công việc của Nguyễn Trọng Phong*

# CHƯƠNG 4. TÌM HIỂU CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY

Mạng truyền thông được phân loại như sau:

- Dựa vào dạng tín hiệu thông tin (Information Signals): Digital, Analog
- Dựa vào phạm vi (Scale): LAN, WAN, MAN, Internet
- Dựa vào công nghệ truyền dẫn (Transmission Technology): Broadcast, Point – to – Point
- Dựa vào phương tiện truyền dẫn (Transmission Medium): Wired, Wireless

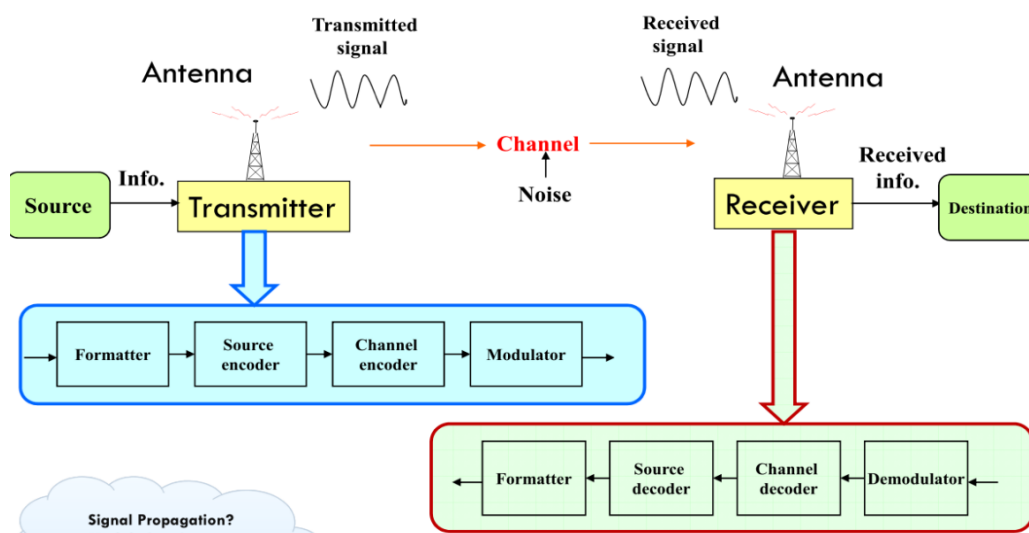
...

## 4.1 Tổng quan về công nghệ truyền thông không dây

Wireless: vô tuyến, không dùng dây dẫn

Truyền thông không dây là việc truyền tải thông tin qua một khoảng cách mà không cần dây dẫn làm môi trường truyền.

### 4.1.1 Mô hình truyền thông không dây



Hình 4-1 Mô hình truyền thông không dây

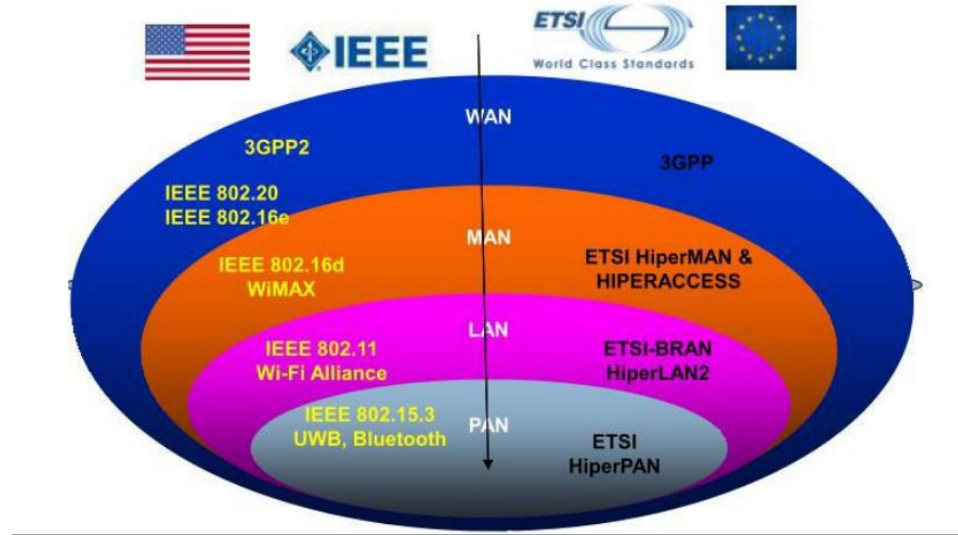
### 4.1.2 Phân loại mạng không dây

Mạng không dây được phân loại dựa theo:

(1) Dựa vào kiến trúc (Infrastructure)

- Mạng có kiến trúc:
  - Sử dụng các node và gateway có dây và không dây
  - Mỗi node chính được định nghĩa trước vai trò trong mạng
  - Mạng có kiến trúc: Mạng tế bào, WLAN dùng access point, ...

- Mạng không có kiến trúc (Ad – hoc network)
    - Không có sự sắp xếp trước
    - Tập hợp ngẫu nhiên các node lại với nhau tạo thành một mạng
- (2) Dựa vào chuẩn (Standardizations)
- 3GPP: WCDMA, HSDPA, 4G LTE
  - 3GPP2: CDMA2000, EV – DO, UMB
  - IEEE: IEEE802.11, IEEE802.16



Hình 4-2 Các chuẩn tương ứng với các mạng truyền thông tương ứng

(3) Dựa vào phạm vi (Scale)

- Body Area Networks: như cảm biến được gắn vào người
- Personal Area Networks: Home networking, Bluetooth và ZigBee
- Local Area Networks: Wireless LAN, WiFi
- Metropolitan Area Networks (Mạng đô thị): WiMAX
- Wide Area Networks: Cellula và Satellite networks

(4) Dựa vào sự di động (Mobility)

- Mạng không dây cố định: người dùng đã kết nối được xem như ở yên một chỗ
- Mạng không dây di động: một phần trong các thiết bị không dây là di động
  - Việc thay đổi điểm kết nối vào mạng có thể được thực hiện khi thiết bị vẫn online.
  - VD: Cellula network, mobile ad hoc network (MANET)

(5) Dựa vào dạng tín hiệu (Signal)

(6) Dựa vào băng thông (Bandwidth)

- Narrowband Wireless Network: Mạng băng hẹp.
- Broadband Wireless Network: Mạng băng rộng (UWB, WiMax, LTE,...)

Các tần số tiêu biểu: Bluetooth ~ 2.4 GHz hay WiFi ~ 2.4 GHz

## 4.2 WiFi

Wi-Fi là viết tắt của Wireless Fidelity. Đây là công nghệ kết nối mạng cục bộ không dây với các thiết bị dựa trên tiêu chuẩn IEEE 802.11. Các thiết bị tương thích với Wi-Fi có thể kết nối với Internet qua mạng WLAN và điểm truy cập không dây viết tắt là AP (Access Point). Mọi mạng WLAN đều có một điểm truy cập chịu trách nhiệm nhận và truyền dữ liệu từ / tới người dùng. IEEE đã xác định các thông số kỹ thuật nhất định cho mạng LAN không dây, được gọi là IEEE 802.11 bao gồm các lớp liên kết vật lý và dữ liệu.

Một số điểm quan trọng về Wi-Fi:

- (1) Nó yêu cầu bộ điều hợp không dây (Wireless Adapter) trên tất cả các thiết bị và bộ định tuyến không dây (Wireless Router) để kết nối với nó.
- (2) Tiêu thụ năng lượng lớn
- (3) Cung cấp bảo mật tốt
- (4) Hỗ trợ lượng lớn người dùng
- (5) Phạm vi tín hiệu ~ 100m
- (6) Yêu cầu băng thông cao

## 4.3 Zigbee

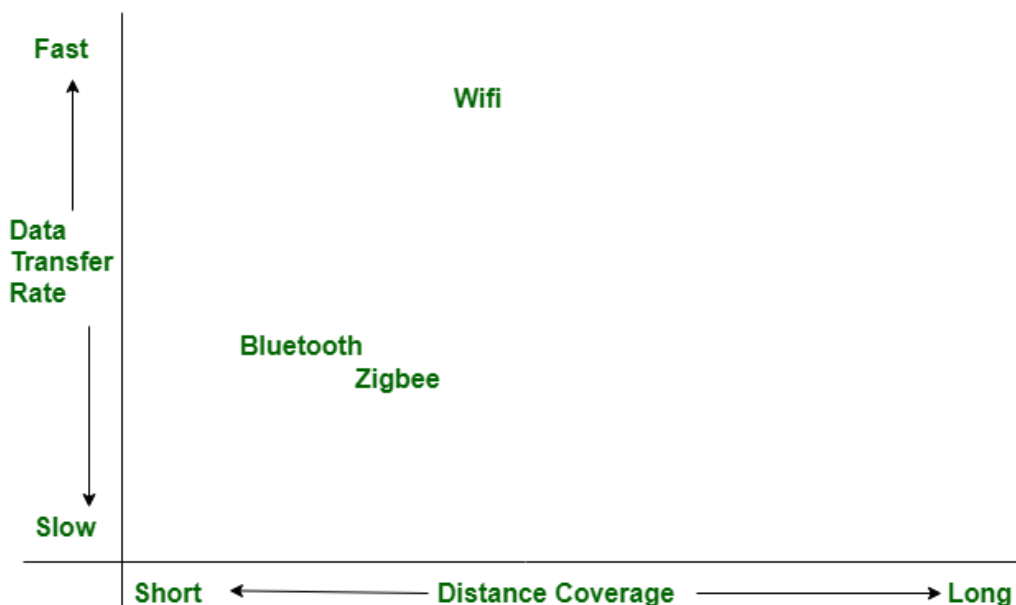
Zigbee giống như UWB (Băng tần siêu rộng). dải tần được hỗ trợ trong Zigbee hầu hết là 2,4 GHz trên toàn thế giới, có nghĩa là 2,4 GHz không được hỗ trợ mọi lúc. Nó bao gồm nhiều khoảng cách hơn so với Bluetooth. Có 16 kênh RF trong Zigbee.

Một số điểm quan trọng về Zigbee:

- (1) Phát triển theo chuẩn IEEE 802.15.4
- (2) Dải tần hỗ trợ ~ 2,4 GHz
- (3) Kỹ thuật điều chế BPSK và QPSK như UWB
- (4) Hơn 65.000 node trong Zigbee
- (5) 16 kênh RF
- (6) Zigbee cũng yêu cầu băng thông thấp nhưng cao hơn băng thông của Bluetooth.
- (7) Phạm vi tín hiệu ~ 10 – 100m

## 4.4 Bluetooth

Bluetooth được phát triển theo chuẩn IEEE 802.15.1, được sử dụng để cung cấp giao tiếp không dây thông qua tín hiệu vô tuyến. Dải tần số được hỗ trợ trong Bluetooth thay đổi từ 2,4 GHz đến 2,483 GHz. Phạm vi tín hiệu của Bluetooth ngắn hơn Zigbee. Trong Bluetooth, kỹ thuật điều chế GFSK được sử dụng.



Hình 4-3 So sánh tốc độ truyền và khoảng cách truyền của Bluetooth, Zigbee và WiFi

Cả Bluetooth và Zigbee đều có nhiều điểm chung, đó là mỗi kiểu đơn vị khu vực của IEEE 802.15 WPANs. mỗi loại đều chạy trong cặp băng tần không được cấp phép 4 GHz và mỗi loại đều tiêu thụ công suất thấp.

		<b>Bluetooth</b>	<b>WiFi</b>	<b>Zigbee</b>
<b>Lớp vật lý</b>	Dải tần hỗ trợ	2,4GHz – 2,483GHz	2,4GHz và 5GHz	Chủ yếu là 2,4GHz trên toàn thế giới
	Số kênh RF	79 kênh RF		16 kênh RF
	Công nghệ điều chế (Modulation Technique)	GFSK	OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) và QAM(Quadrature Amplitude Modulation)	BPSK và QPSK (giống như UWB)
	Chuẩn	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4.	IEEE 802.15.4.
<b>Định tuyến mạng</b>		Mạng mesh, mạng mắt lưới, mạng cây	Router vừa có thể <b>kết nối wifi với điện thoại</b> , máy tính bảng vừa kết nối mạng có dây với máy tính bàn, laptop, tivi. Các loại Router:	Nhiều dạng cấu trúc liên kết chung như hình sao, lưới, mesh, hình cây, định tuyến theo phương pháp OVDA

			Wired router Wireless router Virtual router Core router và Edge-router	
		Băng thông thấp	Băng thông cao	Băng thông thấp nhưng cao hơn Bluetooth
		Mạng khu vực cá nhân không dây (WPAN)	Mạng cục bộ không dây (WLAN)	WPAN
	Tốc độ bit	1Mbps	11Mbps và 55Mbps	250kbps
<b>Phạm vi hoạt động</b>	Khoảng cách truyền	<p>Các yếu tố ảnh hưởng đến khoảng cách truyền thông như môi trường hoạt động, thiết kế anten, vật cản, hướng thiết bị,...</p> <p>BLE tập trung vào các ứng dụng truyền thông trong phạm vi gần.</p> <p>Với BLE ta có:</p> <p>Khoảng cách lý thuyết: 100m (điều kiện tốt).</p> <p>Khoảng cách khả thi: 30m.</p> <p>Khoảng cách thường được sử dụng: 2-5m.</p>	Trong môi trường không có vật cản, hấp thụ và nhiễu sóng: tối đa là 100m	Zigbee có phạm vi kết nối ngắn hơn trong khoảng 10-20 mét vì nó sử dụng ít năng lượng hơn. Điều này làm tăng đáng kể tuổi thọ pin cho các thiết bị sử dụng giao thức Zigbee.
		Công suất tiêu thụ thấp	Công suất tiêu thụ cao (Một bộ phát	Nhờ chức năng điều khiển từ xa

<b>Công suất tiêu thụ</b>		Bluetooth Low Energy đạt tối đa chỉ 1Mbps trong khi chỉ tiêu thụ 0,01 đến 0,5 watt.	sóng Wifi tiêu tốn từ 2W-20W)	không dây, truyền dữ liệu ổn định, tiêu thụ năng lượng cực thấp, công nghệ mở đã giúp công nghệ ZigBee trở nên hấp dẫn sử dụng cho các ứng dụng, đặc biệt là ứng dụng trong nhà thông minh hiện nay.
<b>Ứng dụng</b>		Communication, Cars, Multimedia, Industrial, Medical, Education	Wireless Internet, PC, PDA.	Mainly suitable for automatic control and remote control, you can embed various devices.

*Bảng 4-1 So sánh các công nghệ truyền thông không dây*

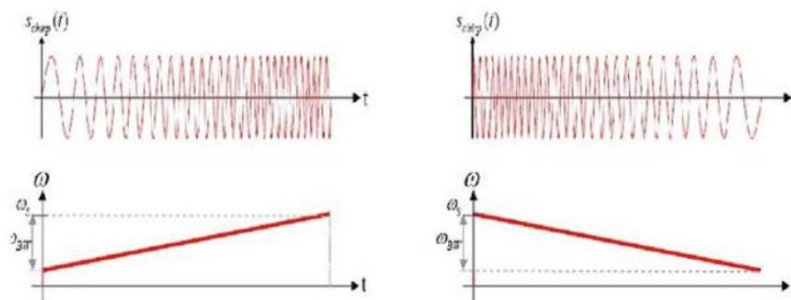
## 4.5 Lora

### 4.5.1 Giới thiệu về LoRa

LoRa (Long Range Radio) là một nền tảng công nghệ không dây có công suất thấp và phạm vi xa, sử dụng dải tần miễn phí. Mục đích của tạo ra công nghệ LoRa là nhằm loại bỏ repeater, giảm giá thành thiết bị. Nó là một lớp vật lý, được sử dụng cho giao tiếp với khoảng cách lớn. LoRa là một kỹ thuật điều chế dựa trên kỹ thuật trải phổ Spread-Spectrum và biến thể của Chirp Spread Spectrum (CSS), được nghiên cứu và phát triển bởi Cycleo và được mua lại bởi công ty Semtech vào năm 2012. Thay vì sử dụng công suất lớn và băng thông hẹp thì tín hiệu được trải ra băng thông rộng hơn với mức công suất nhỏ hơn (tổng mức công suất không đổi) mà bên thu có bộ giải mã thích hợp vẫn có thể nhận được chính xác dữ liệu. Nhờ áp dụng kỹ thuật trải phổ mà tín hiệu truyền đi ít bị suy hao và chống nhiễu tốt hơn, do đó có thể truyền tín hiệu đi xa trong khi truyền với mức công suất thấp.

Dữ liệu truyền đi được mã hóa thành các “Chirp” là tín hiệu hình sin có tần số thay đổi tuyến tính theo thời gian, có hai loại tín hiệu Chirp: Up – Chirp (Tần số tín hiệu tăng dần theo thời gian) và Down – Chirp (Tần số tín hiệu giảm dần theo thời gian).





Hình 4-4 Hai loại tín hiệu Up-chirp và Down-chirp trong kỹ thuật CSS

Trên một dải băng thông cố định cho phép truyền nhận dữ liệu nhờ sử dụng hệ số trải phổ trực giao khác nhau. Điều này làm tăng tính linh hoạt trong thiết kế hệ thống khi các thiết bị có thể tối ưu về khoảng cách, tốc độ đường truyền hay là về tiết kiệm năng lượng. Để tăng độ nhạy tín hiệu cho thiết bị, mỗi gói tin LoRa truyền đi đều có phần mở đầu (Preamble). Phần mở đầu là một chuỗi các chu kỳ phát tín hiệu. Trong mỗi chu kỳ, tín hiệu được truyền đi có tần số tăng tuyến tính bắt đầu từ tần số thấp nhất đến tần số cao nhất. Hết một chu kỳ tương ứng với việc tạo ra một tín hiệu “chirp”. Kết thúc của phần mở đầu (Preamble) được phát hiện khi bộ lọc nhận được một tín hiệu “Down chirp”, tức là tần số tín hiệu giảm dần. Hơn nữa khả năng chống nhiễu và bảo mật thông tin cũng được cải thiện vì một gói tin chỉ được xử lý khi đã xác nhận đúng phần mở đầu.

Các tham số đặc trưng cho điều chế LoRa:

1. Tỷ lệ mã hóa
2. Hệ số trải phổ
3. Băng thông

#### 4.5.2 Tỷ lệ mã hóa (Coding Rate)

Kỹ thuật FEC (Forward error correction) được sử dụng trong LoRa để tăng khả năng xử lý dữ liệu bên phía thiết bị nhận. FEC là một kỹ thuật mã hóa kênh dùng để phát hiện và sửa lỗi gói tin truyền đi bằng cách thêm vào sau gói tin một đoạn mã được tính toán từ dữ liệu bên trong rồi được gửi đi cùng với kiểu FEC.

Vì vậy độ lớn của gói tin phụ thuộc vào hệ số CR (coding rate). Nhà sản xuất LoRa đã đặt giá trị mã CR trong khoảng từ 0 đến 4, ở đây  $CR = 0$  nghĩa là không có FEC. LoRa sử dụng tỉ lệ mã code là 4/5, 4/6, 4/7, 4/8. Hình dưới tương ứng với tỉ số giữa độ lớn mã FEC so với gói tin.

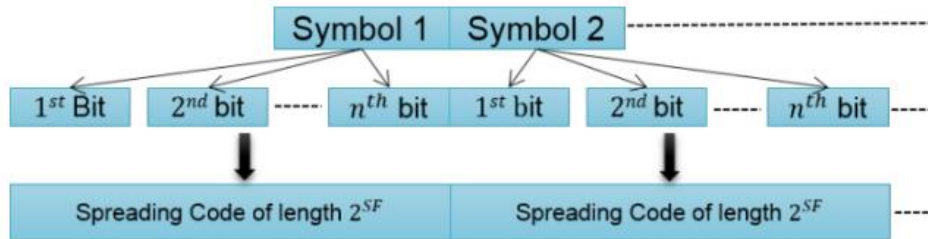
<b>CodingRate (RegTxCfg1)</b>	<b>Cyclic Coding Rate</b>	<b>Overhead Ratio</b>
1	4/5	1.25
2	4/6	1.5
3	4/7	1.75
4	4/8	2

Hình 4-5 Các giá trị CR và dữ liệu tăng thêm tương ứng (Datasheet SX1278)

Nếu  $CR = 4/8$  thì cứ mỗi 4bit data nó sẽ được mã hóa bởi 8bit, tức là chipset LoRa phải gửi gấp đôi dữ liệu cần truyền. Do đó chúng ta có thể sử dụng CR thấp để tăng throughput nhưng độ nhạy sẽ kém đi do khả năng tự phục hồi dữ liệu của chipset LoRa sẽ thấp hơn.

#### 4.5.3 Hệ số trải phổ (Spread Factor)

SF xác định số lượng chip khi mã hóa tín hiệu đã được điều chế tần số, biểu diễn số lượng bit thông tin tối đa mà một symbol có thể mang theo, có giá trị từ 7 – 12.



Hình 4-6 Mã hóa một Symbol bằng  $2^{SF}$  chip

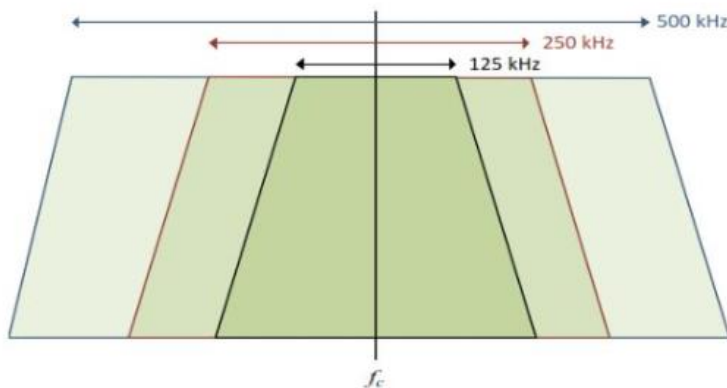
Mỗi *Symbol* mang thông tin trong LoRa sẽ được mã hóa thành  $2^{SF}$  “chip”. Việc tăng hệ số trải phổ lên một sẽ làm tăng số lượng “chip” mã hóa một *symbol* làm cho tốc độ truyền nhận dữ liệu giảm đi.

LoRa thường sử dụng các hệ số trải phổ trực giao từ 7 đến 12 (riêng với chip “SX1277” là từ 6 đến 9), cho phép các thiết bị có thể sử dụng nhiều hệ số khác nhau trong một hệ thống mà không gây nhiễu sang nhau. Hệ số trải phổ ảnh hưởng trực tiếp đến tốc độ truyền dữ liệu cũng như khoảng cách truyền. Ngoài ra khả năng kháng nhiễu cũng được tăng lên khi sử dụng hệ số trải phổ cao hơn.

#### 4.5.4 Băng thông

Băng thông là thông số quan trọng nhất của điều chế LoRa. Một *Symbol* bao gồm  $2^{SF}$  chip được truyền đi trong toàn dải băng thông. Loại tín hiệu sử dụng là “Up – chirp”. Tần số tín hiệu tăng dần đến khi đạt đến tần số tối đa của dải băng thông thì sẽ quay ngược lại tần số nhỏ nhất và lại tiếp tục tăng, cứ như vậy trong suốt khoảng thời gian truyền một *Symbol*. Trong kỹ thuật LoRa thì tốc độ chirp

phụ thuộc vào độ rộng băng thông, dải băng thông sử dụng càng rộng thì thời gian một chirp được truyền đi trong không khí càng lớn hay tốc độ đường truyền càng giảm. LoRa thường sử dụng 3 mức băng thông phổ biến là: 125kHz, 250kHz và 500kHz.



Hình 4-7 Ba mức băng thông thường dùng trong mạng LoRa

Có thể nói SF, BW và CR là 3 thông số cơ bản và quan trọng của chipset LoRa. Trong đó, SF và BW sẽ ảnh hưởng thời gian và khoảng cách truyền dữ liệu; CR thì chỉ ảnh hưởng thời gian truyền dữ liệu. Tùy yêu cầu của ứng dụng cụ thể về khoảng cách, tốc độ gửi dữ liệu, v.v... chúng ta có thể chọn giá trị hợp lý để tối ưu quá trình truyền nhận qua LoRa.

Hiện nay các chirp LoRa do Semtech sản xuất có tần số thuộc dải băng tần ISM (dải băng tần miễn phí cho các ứng dụng không dây) từ 137MHz đến 1020MHz tùy thuộc vào từng khu vực khác nhau trên thế giới:

- 430MHz: Châu Á
- 780MHz: Trung Quốc
- 433MHz hoặc 868MHz: Châu Âu
- 915MHz: Mỹ

Ở dải ISM tần số cao 868 và 915 MHz có 3 lựa chọn cho độ rộng dải băng thông sử dụng là 125, 250 hoặc 500 kHz, trong khi ở dải ISM tần số thấp hơn là 7.8, 10.4, 15.6, 20.8, 31.2, 62.5kHz. Mỗi gói tin truyền nhận có thể từ 2-255 byte với mỗi gói tin và tốc độ truyền dữ liệu có thể đạt từ 0.018 – 37.5 kbps.

Nếu coi thời gian truyền một *Symbol* mang thông tin là  $T_s$  thì dựa vào băng thông và hệ số trải phổ ta tính được:

$$T_s = \frac{2^{SF}}{BW}$$

Do đó tỉ lệ *Symbol* được truyền trong một giây, ký hiệu ( $R_s$ ):

$$R_s = \frac{1}{T_s} = \frac{BW}{2^{SF}}$$

Cuối cùng tốc độ bit theo công thức:

$$R_b = SF \times \frac{BW}{2^{SF}} \times CR$$

Ví dụ: với băng thông là  $BW = 125$  kHz, hệ số trải phổ  $SF = 7$ , và tỉ lệ mã code =  $4/5$ , sẽ cho ta tốc độ truyền bit là  $R_b = 5.5$  kbps.

## CHƯƠNG 5. TÌM HIỂU CÁC DỰ ÁN, NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

### 5.1 Hệ thống giám sát nhiệt độ không dây của Therm – X

Giám sát nhiệt ẩm không dây (Hệ thống giám sát cảnh báo nhiệt độ độ ẩm từ xa) được sản xuất với tiêu chuẩn kết nối bằng công nghệ truyền thông không dây LoRa giúp tín hiệu đường truyền hoạt động trong mọi môi trường. Công ty Therm-X đã lựa chọn hệ thống giám sát cảnh báo nhiệt ẩm không dây đến từ ATPro Corp nhằm thay thế cho việc giám sát thủ công tại kho lạnh. Giải quyết triệt để các sai sót và nâng cao tính chủ động trong công tác quản lý tại kho lạnh.

### 5.2 Chức năng hệ thống

Hệ thống có chức năng như sau:

- Giám sát nhiệt độ độ ẩm tại 5 vị trí khác nhau, điều khiển 6 máy lạnh. Tất cả được kết nối không dây bằng sóng Lora.
- Giám sát và xem trạng thái cảnh báo của hệ thống trên Smartphone, Tablet, Laptop, PC.
- Báo động qua gmail, cài đặt không giới hạn địa chỉ email nhận cảnh báo.
- Giám sát thời gian thực với đồ thị trực quan.
- Có sẵn wifi hoặc cổng LAN để kết nối mạng internet.
- Xuất báo cáo các sự kiện cảnh báo theo thời gian ra file excel

### 5.3 Các thiết bị trong phần cứng của hệ thống giám sát nhiệt độ không dây



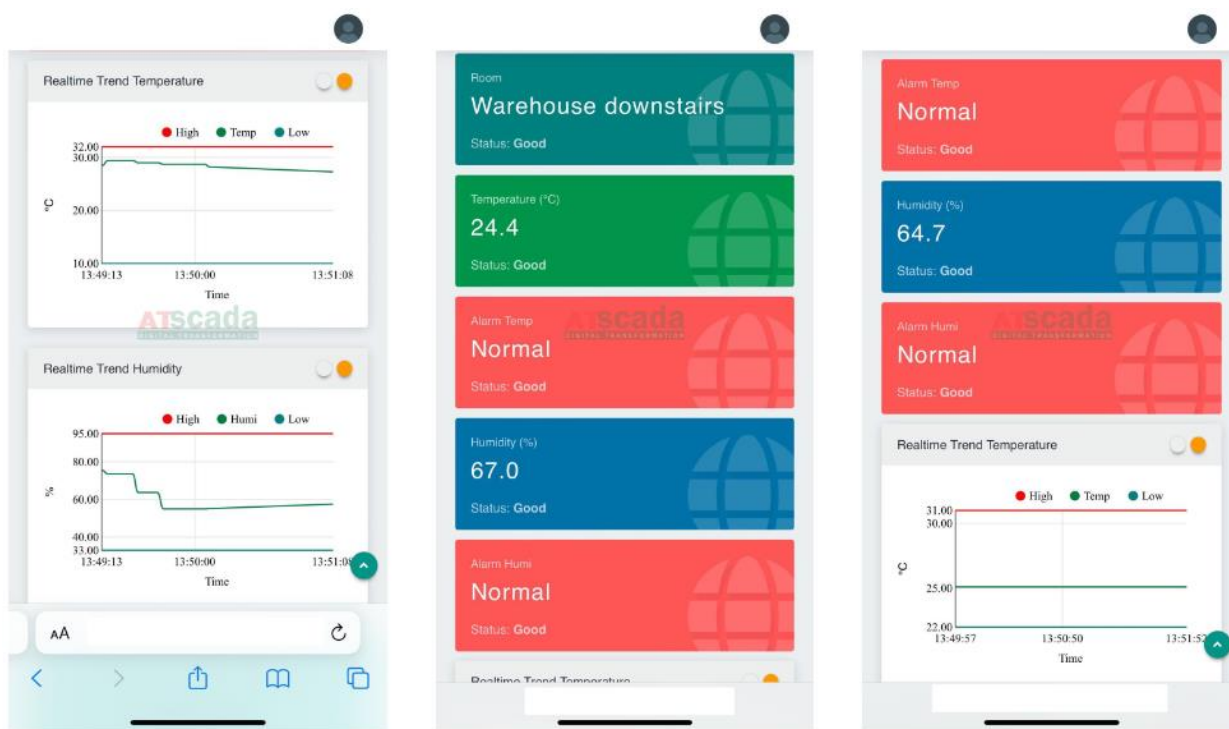
Hình 5-1 Hình ảnh thiết bị giám sát nhiệt độ không dây

## Gateway xử lý trung tâm

Các Sensor Node đo nhiệt độ, độ ẩm:

- Kích thước: 8.8x15.5x6.5 cm
- Hiển thị thông tin nhiệt độ, độ ẩm bằng LED 7 đoạn
- MCU: Microchip PIC16F887
- Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm SHT30:
- Chiều dài dây cảm biến: 30 cm
- Dải đo nhiệt độ từ - 40°C đến +125°C, sai số  $\pm 1^\circ\text{C}$
- Dải đo độ ẩm từ 0 – 100%, sai số  $\pm 5\%$
- Hiệu chỉnh giá trị bằng các nút nhấn trên thiết bị
- Ngõ ra kết nối với chuông cảnh báo

## 5.4 Phần mềm giám sát nhiệt độ cho hệ thống



Hình 5-2 Hình ảnh ứng dụng

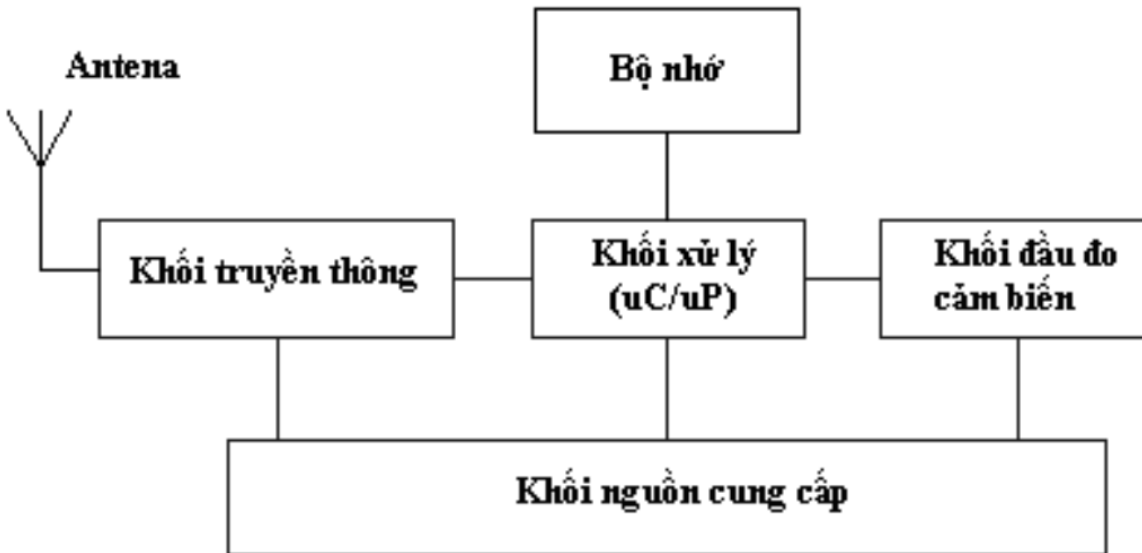
Hệ thống tích hợp xây dựng phần mềm gồm:

- Giám sát nhiệt độ, độ ẩm hiển thị trên màn hình HMI, Smartphone, Tablet, Laptop, PC
- Điều khiển nhiệt độ của 06 máy lạnh
- Cho phép cài đặt ngưỡng nhiệt độ, độ ẩm
- Báo động qua chuông cảnh báo (tích hợp ở Gateway)
- Báo động qua email, cài đặt không giới hạn địa chỉ email nhận cảnh báo

- Xuất báo cáo dữ liệu ra file excel
- Dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm được lưu trên database của Server khách hàng

## CHƯƠNG 6. LỰA CHỌN GIẢI PHÁP VÀ LÊN PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ

### 6.1 Kiến trúc chung của nút cảm biến không dây



Hình 6-1 Kiến trúc chung của nút cảm biến không dây

Một nút cảm biến không dây: bản chất là một thiết bị đo mang tính nhỏ gọn, tiêu thụ năng lượng thấp, dễ di chuyển và lắp đặt, sử dụng công nghệ truyền tin không dây.

Một nút cảm biến không dây bao gồm các khối:

1. Khối nguồn cung cấp
2. Khối đầu đo cảm biến/cơ cấu chấp hành
3. Khối điều khiển
4. Bộ nhớ
5. Khối truyền thông không dây

### 6.2 Nguồn và vấn đề công suất tiêu thụ của nút cảm biến

Để đảm bảo công suất tiêu thụ thấp khi thiết kế, nhóm sẽ phân tích về các vấn đề tiêu thụ năng lượng của từng phần tử trong cảm biến và mạng.

Năng lượng tiêu thụ của mạng được tính bằng thời gian cảm biến truyền hay nhận hay ngủ.

Năng lượng tiêu thụ của cảm biến gồm hai phần:

1. Năng lượng của mỗi linh kiện cấu tạo nên nút cảm biến



2. Năng lượng truyền/nhận sóng khi các nút cảm biến trong mạng trao đổi thông tin với nhau.

### 6.2.1 Các chế độ hoạt động của nút cảm biến

Một nút cảm biến có 3 chế độ hoạt động:

1. Chế độ hoạt động tích cực (Active Mode)
2. Chế độ ngủ (Sleep mode)
3. Chế độ nghỉ (Idle)

Chế độ hoạt động tích cực (Active Mode)	Nút cảm biến thực hiện các nhiệm vụ như đo nhiệt độ, truyền thông tin đi hay nhận thông tin về với khối Gateway
	Ở chế độ này, khối xử lý trung tâm (MCU) của nút cảm biến luôn luôn hoạt động và gần như tất cả các khối còn lại cũng đều hoạt động: bộ truyền nhận sóng LoRa, bộ nhớ. Các khối đồng thời cùng hoạt động (do thiết kế firmware sử dụng hệ điều hành thời gian thực RTOS)
	Tối ưu công suất tiêu thụ thực hiện ở giai đoạn thiết kế firmware
	Công suất tiêu thụ khi nút cảm biến hoạt động ở chế độ tích cực là $P_{active}$
Chế độ ngủ (Sleep Mode)	Nút cảm biến chưa phải thực hiện một nhiệm vụ cảm biến hay truyền thông nào, tuy nhiên nút cảm biến vẫn tham gia hoạt động trong mạng. <i>Sau một khoảng thời gian nghỉ <math>t</math>, nút sẽ hoạt động trở lại</i>
	Ở chế độ này, khối xử lý trung tâm (MCU) của nút cảm biến luôn ở trạng thái ngủ. Nhóm chúng em sẽ tính toán thời gian và năng lượng sử dụng để thực hiện việc chuyển đổi giữa các trạng thái với nhau ở phía dưới.
	Công suất tiêu thụ khi nút cảm biến hoạt động ở chế độ ngủ là $P_{sleep}$
Chế độ nghỉ (Idle Mode)	Nút cảm biến chưa phải thực hiện một nhiệm vụ cảm biến hay truyền thông nào và không tham gia hoạt động trong mạng.
	Ở chế độ này, khối xử lý trung tâm (MCU) của nút cảm biến luôn ở trạng thái ngủ. Các khối khác cũng ở chế độ ngủ.

Bảng 6-1 Các chế độ của thiết bị

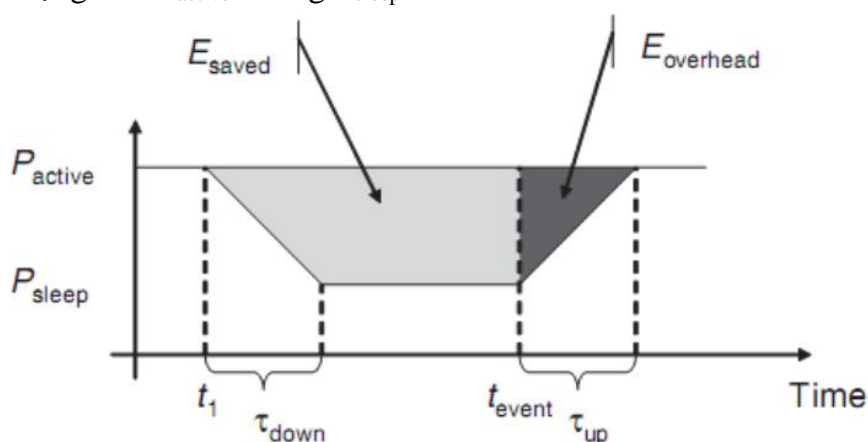
Ở mục này, sau khi thiết kế phần cứng xong nhóm chúng em sẽ thực hiện thử nghiệm với hai trường hợp:

Khi nút cảm biến đang hoạt động tích cực (active), tại thời điểm  $t_1$  là thời điểm đưa ra quyết định (event): nút cảm biến vẫn hoạt động tích cực hay chuyển sang trạng thái ngủ (sleep) để giảm công suất tiêu thụ từ  $P_{\text{active}}$  sang  $P_{\text{sleep}}$

- Trường hợp 1: nếu nút cảm biến đưa ra quyết định duy trì trạng thái hoạt động tích cực và trạng thái ấy kéo dài đến thời điểm  $t_{\text{event}}$  thì toàn bộ năng lượng tiêu thụ trong trường hợp không sử dụng trạng thái nghỉ được tính bằng:

$$E_{\text{active}} = P_{\text{active}} \times (t_{\text{event}} - t_1)$$

- Trường hợp 2: nếu nút cảm biến đưa ra quyết định rơi vào trạng thái ngủ, và phải mất một khoảng thời gian  $t_{\text{down}}$  thì cảm biến mới chuyển hoàn toàn từ trạng thái  $P_{\text{active}}$  xuống  $P_{\text{sleep}}$



Hình 6-2 Công suất tiêu thụ trong các chế độ hoạt động

### 6.2.2 Công suất tiêu thụ của nút cảm biến không dây

Nút cảm biến không dây:

- MCU: STM32F103C8T6
- Vcc: 3.3V
- Tần số hoạt động tối đa: 72MHz
- Cảm biến: DS18B20
- Khối truyền thông: LoRa SX1278
- Khối hiển thị: 4 LED 7 thanh.

Từ các thông số thiết kế nút cảm biến ở trên, nhóm chúng em đề xuất bảng công suất tiêu thụ của nút cảm biến không dây:

Linh kiện	Chế độ	Điện áp hoạt động (V)	Dòng điện tiêu thụ (mA)	Công suất tiêu thụ (mW)
DS18B20	Active	3.3	1.5	0.495
MCU (STM32)	Active	3.3	50.0	165.0
	Sleep	3.3	8.0	26.4
SX1278	Standby	3.3	1.6	5.28
	Tx	3.3	120.0	396.0
	Rx	3.3	12.0	39.6
	Sleep	3.3	0.0002	0.00066
LED 7 SEG		3.3	80.0	264.0

*Bảng 6-2 Công suất tiêu thụ của từng phần tử*

Từ bảng trên, công suất tiêu thụ bởi nút cảm biến không dây ở chế độ Sleep là 26.9 mW, ở chế độ Active với module truyền thông ở mode Tx là 1617.5 mW, ở chế độ Active với module truyền thông ở mode Rx là 1261.1 mW.

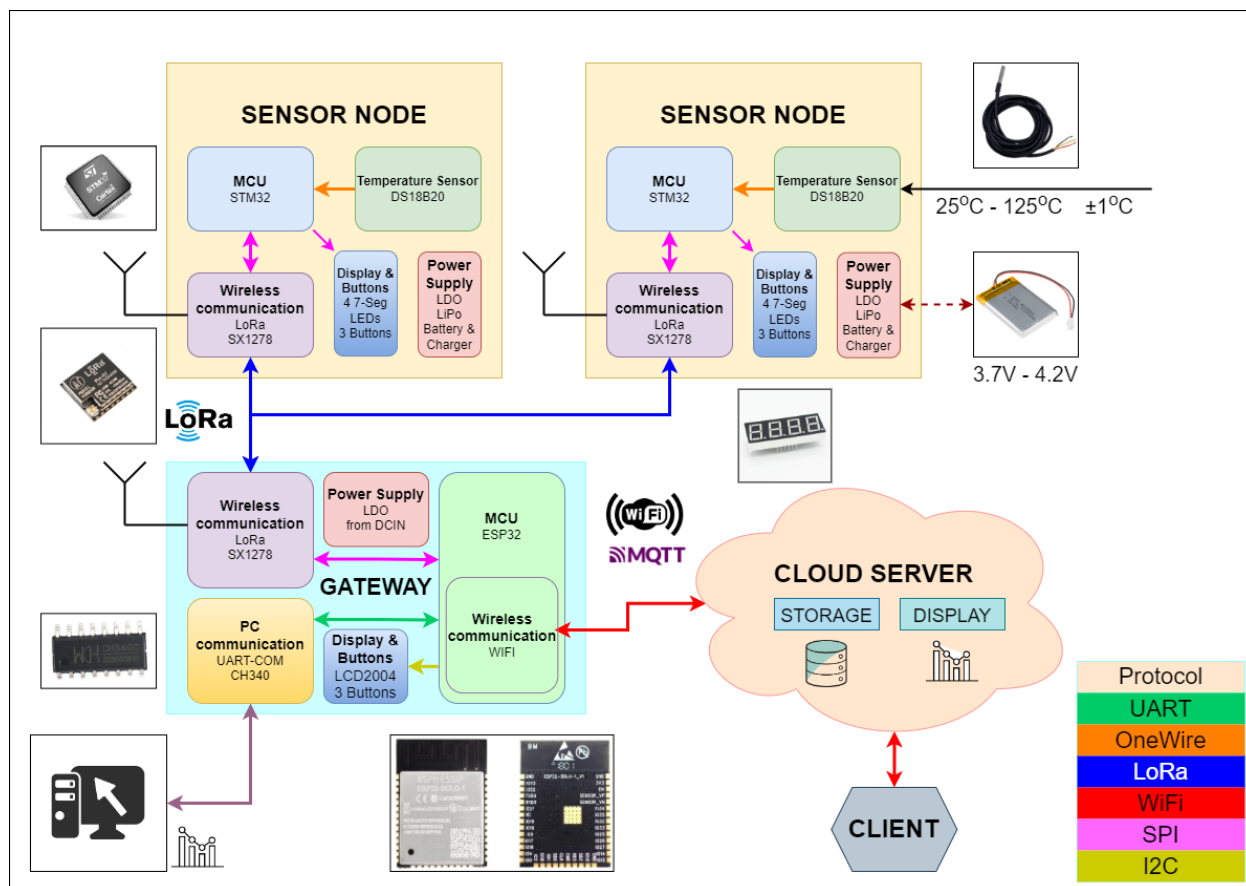
Trong dự án này, nhóm em chọn thời gian lấy mẫu là 5s, số lượng Sensor Node quản lý là 10. Khi bắt đầu đo, tất cả module SX1278 của các Sensor Node sẽ ở chế độ Rx. Sensor Node nào được Gateway yêu cầu thì sau khi phản hồi lại dữ liệu sẽ vào chế độ Sleep trong 35s. Sau 35s thì module sẽ được chuyển sang chế độ Rx và đợi yêu cầu từ Gateway. Trong khoảng thời gian 15s tiếp theo sẽ có khoảng 0.3s module chuyển sang chế độ Tx để gửi dữ liệu. Tổng kết lại trong 50s thì module SX1278 ở chế độ Sleep 35s, chế độ Rx 14.7s, chế độ Tx 0.3s.

Coi các thành phần còn lại ở chế độ Active, 7 thanh sáng toàn bộ tính được năng lượng tiêu thụ của nút cảm biến trong một giờ là:

$$P_{avg} = \frac{35 \times 0.00066 + 14.7 \times 39.6 + 0.3 \times 396.0}{50} + 0.495 + 165.0 + 264.0 \times 4$$

$$= 1235.5 \text{ mWh}$$

### 6.3 Sơ đồ kiến trúc hệ thống và chức năng



Hình 6-3 Sơ đồ khối mô tả hệ thống

Sơ đồ khối mô tả một cách khái quát về mối liên kết giữa các thành phần của hệ thống, chúng được tách ra làm 3 phần riêng biệt:

- Khối Gateway: nhận dữ liệu nhiệt độ từ các Sensor Node và đẩy dữ liệu đó lên Cloud Server thông qua giao thức MQTT.
- Khối Sensor Node: giám sát và thu thập dữ liệu nhiệt độ và gửi dữ liệu đó về Gateway để đánh giá thông qua công nghệ truyền thông không dây LoRa.
- Khối Cloud Server: quản lý và hiển thị dữ liệu theo giao diện thống nhất.

Nhóm chúng em sẽ đi vào demo sơ đồ triển khai chi tiết từng khối phía dưới và phân tích rõ chức năng từng khối trong hệ thống này.

## 6.4 Sơ đồ triển khai chi tiết từng khối

### 6.4.1 Sơ đồ triển khai chi tiết Sensor Node

#### 6.4.1.1. Khối nguồn

Với yêu cầu về khối nguồn của dự án, nhóm em sử dụng nguồn từ Pin Lithium và đồng thời thiết kế mạch sạc để có thể sạc trực tiếp, điện áp đầu vào để sạc cho Pin Lithium

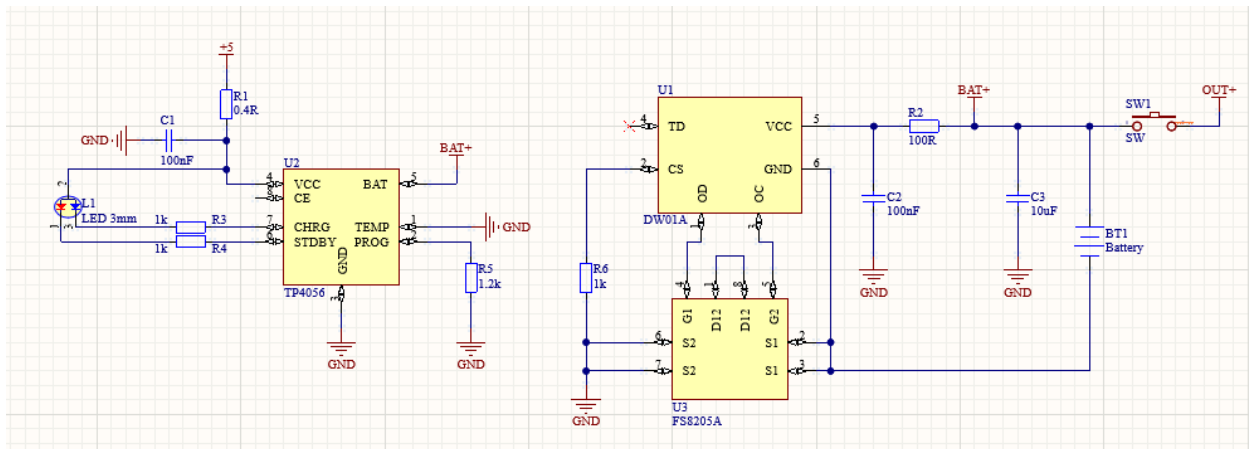
là 5V. Nguồn sạc cho Pin được cung cấp bởi IC TP4056, đây là loại IC chuyên dụng để sạc cho 1 cell Pin Lithium, dòng sạc tối đa là 1A. Đồng thời IC TP4056 có thể tự động ngừng sạc khi dòng sạc nhỏ hơn 100mA. Để bảo vệ Pin khi điện áp Pin bị sụt quá mức cho phép làm giảm tuổi thọ của Pin, nhóm em sử dụng IC DW01A và IC FS8205A. Bản thân IC FS8205A là 2 mosfet kênh P có cổng Drain nối với nhau, khi điện áp Pin sụt xuống còn 3V, chân OD của IC FS8205A nối với cổng Gate mosfet sẽ xuất ra logic 0 để ngắt Pin khỏi tải, nhờ đó Pin sẽ được bảo vệ.

Trong sơ đồ hình 6 – 1,  $R_2 = 0.4\Omega$  và  $C_1 = 100nF$  được dùng để lọc nhiễu điện áp đầu vào. Theo datasheet thì chân PROG của TP4056 dùng để chọn dòng sạc cho pin theo công thức:

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROC}}{R_{PROC}} \times 1200$$

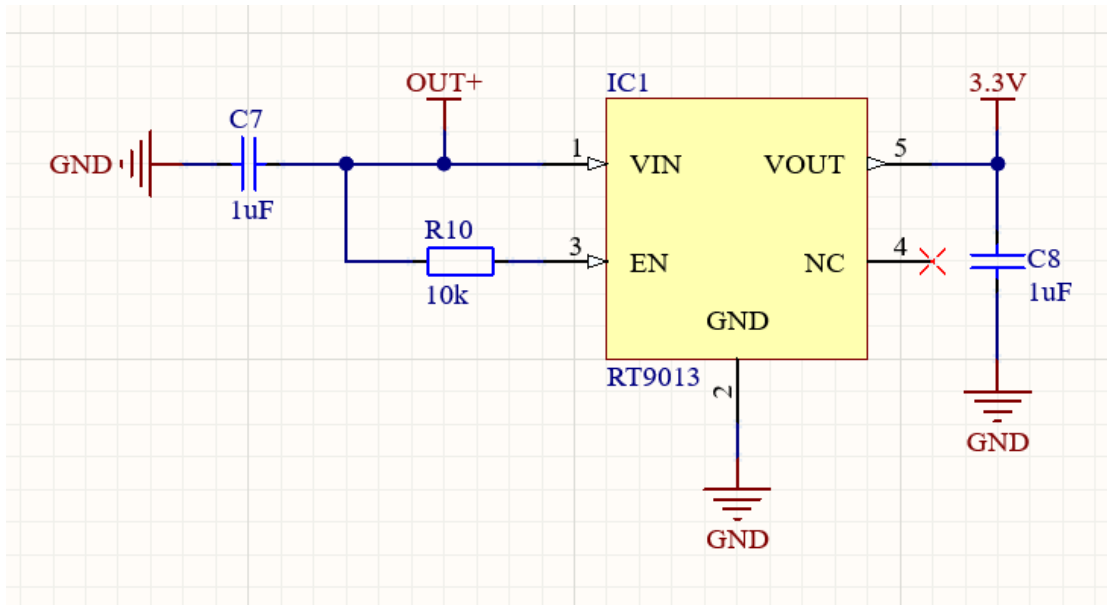
trong đó  $V_{PROC} = 1V$  nên với dòng sạc 1A thì  $R_5 = 1.2k\Omega$ .

Hai chân CHRG và STDBY có vai trò cho biết trạng thái sạc của pin. Khi ngừng sạc thì chân STDBY có mức logic 0, chân CHRG float còn trong quá trình sạc thì ngược lại. Vậy nên nhóm em sử dụng LED L1 có 2 màu để hiển thị trạng thái sạc, điện trở  $R_3$  và  $R_4$  dùng để hạn dòng cho LED. Đầu ra của IC TP4056 sẽ được lọc qua tụ  $C_3 = 10\mu F$  và đến cực dương của Pin.



Hình 6-4 Sơ đồ khối sạc pin

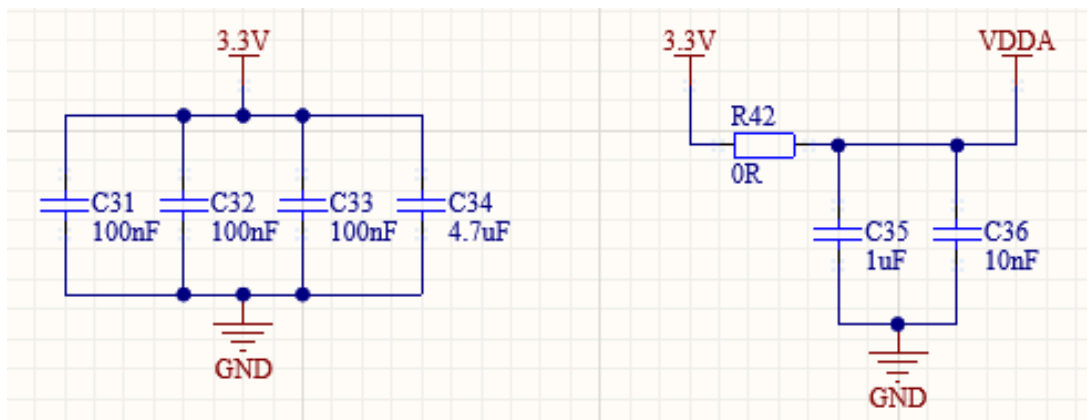
Với điện áp Pin từ 3.7 – 4.2V, nhóm em sử dụng IC LDO RT9013 để hạ áp xuống 3.3V để cấp nguồn cho các khối khác. IC RT9013 cho dòng cung cấp tối đa là 0.5A khi  $V_{DO}$  tối thiểu 250mV. Tụ  $C_7$  và  $C_8$  dùng để lọc nhiễu, chân EN của IC RT9013 sẽ được kéo trở cao để luôn cho phép hoạt động. Ở Sensor Node sẽ có 2 IC RT9013 để có được dòng 1A đảm bảo cung cấp nguồn ổn định.



Hình 6-5 Sơ đồ nguyên lý khối nguồn LDO RT9013

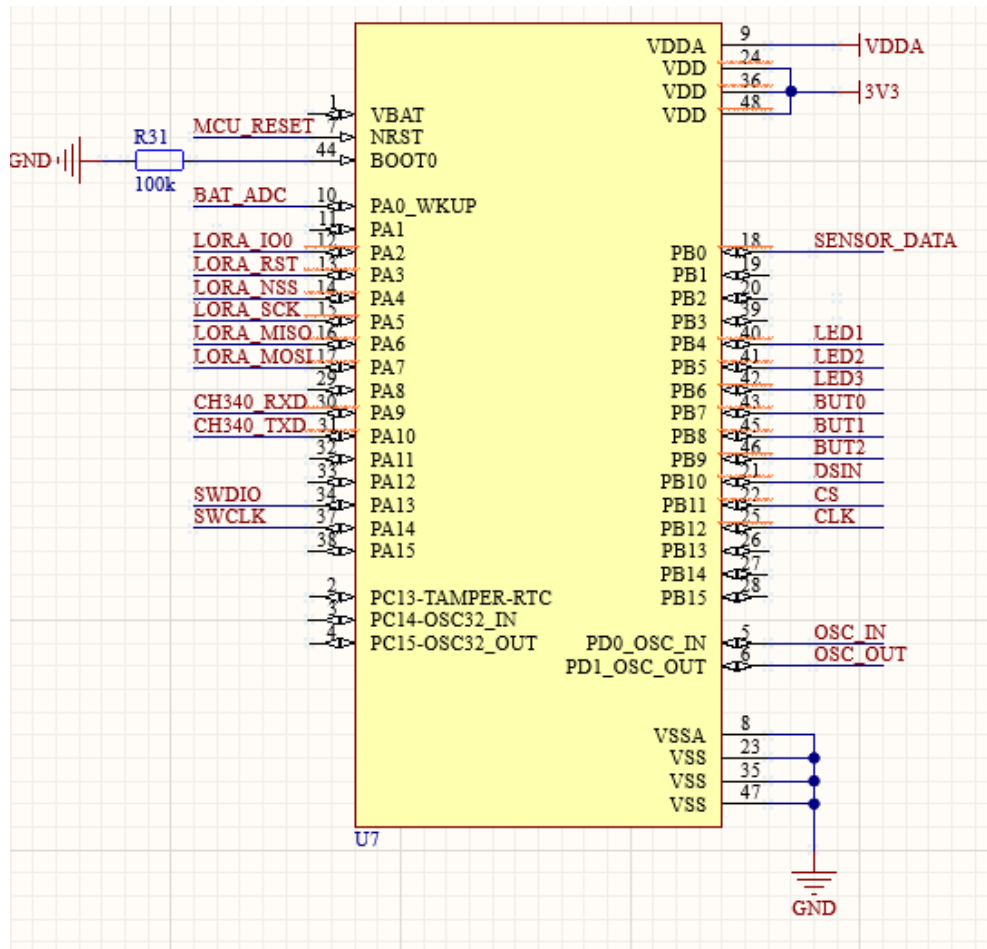
#### 6.4.1.2. Khối xử lý trung tâm

Điện áp IC RT9013 sẽ được lọc qua các tụ bypass theo yêu cầu trong datasheet của STM32 trước khi cấp nguồn.



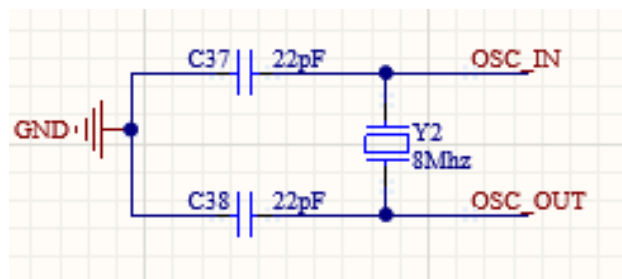
Hình 6-6 Sơ đồ nguyên lý tụ bypass cho STM32

Như đã nói trong phần 6.3, ở Sensor Node nhóm em sử dụng vi điều khiển là STM32F103C8T6 có tần số thạch anh 72MHz, bộ nhớ Flash 64KB, SRAM 20KB. Để vi điều khiển có thể nạp bằng mạch nạp ST – Link, chân BOOT0 sẽ được kéo xuống GND qua trở 100k để chọn chế độ Main flash memory. Chân SENSOR\_DATA là chân để giao tiếp với cảm biến DS18B20. Các chân DSIN, CS, CLK để giao tiếp với IC MAX7219 để điều khiển 4 LED 7 thanh.



Hình 6-7 Sơ đồ nguyên lý vi điều khiển STM32

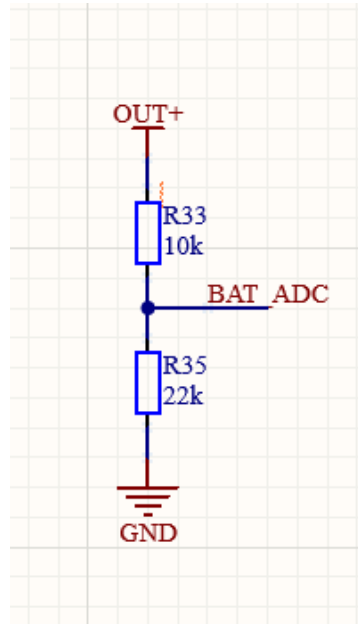
Mặc dù bản thân MCU STM32F103C8T6 đã được hãng trang bị bộ tạo dao động nội HSI lên đến 8MHz tuy nhiên bộ dao động này có độ chính xác không cao, HSI tốc độ chỉ có 8MHz không đáp ứng được yêu cầu hệ thống. Thạch anh HSE 8MHz được mắc vào 2 chân OSC\_IN và OSC\_OUT qua bộ PLL có thể nhân tần số hoạt động của chip lên tối đa 72Mhz. Các tụ C18 và C20 được thêm vào để giúp thạch anh hoạt động ổn định và chính xác.



Hình 6-8 Sơ đồ nguyên lý khối thạch anh ngoài cho vi điều khiển STM32

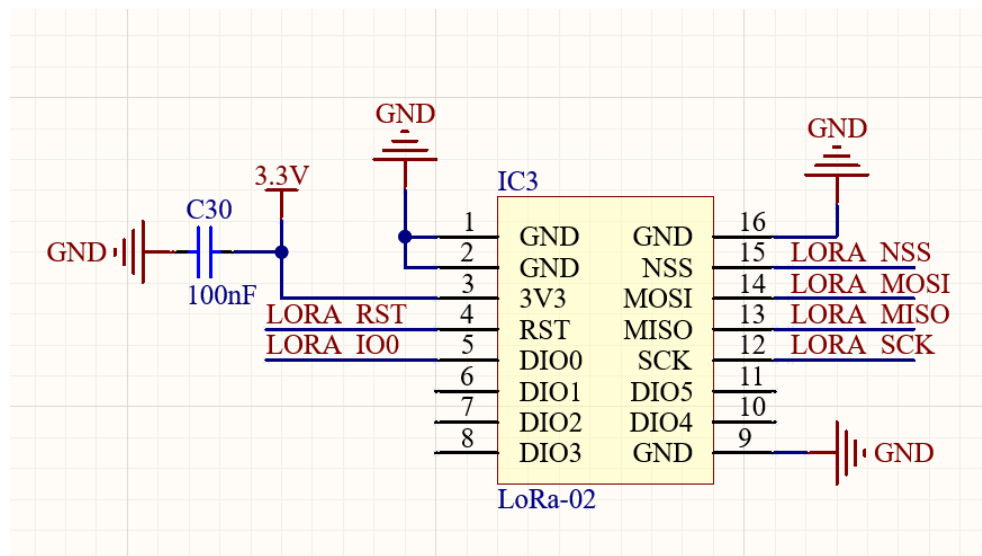
Do điện áp của Pin có thể lên đến 4.2V vượt quá dải điện áp cho phép từ 0 – 3.3V của STM32 nên cần được phân áp trước khi đến chân ADC của STM32. Ở đây em chọn 2

điện trở là  $R_{33} = 10k$  và  $R_{35} = 22k$ , khi  $V_{OUT+} = 4.2V$  thì  $V_{BAT\_ADC} = \frac{22}{22+10} * 4.2 = 2.89V$  nằm trong dải điện áp cho phép.



Hình 6-9 Khối giám sát điện áp pin LiPo

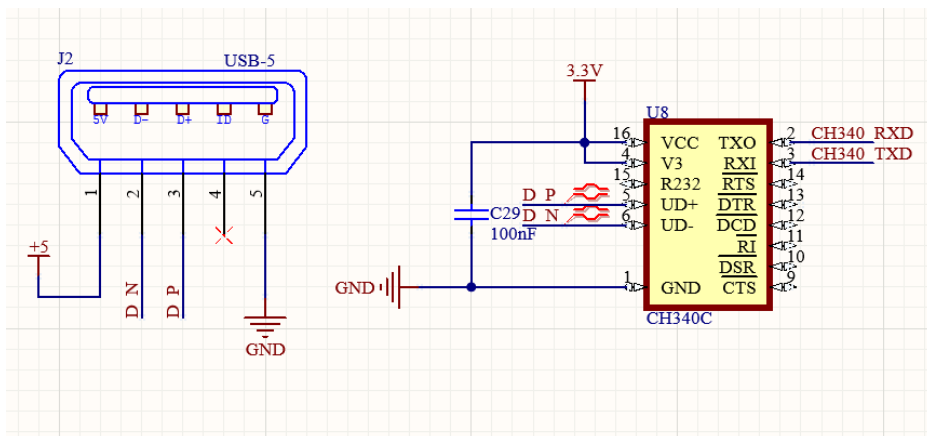
Module SX1278 sẽ được cấp nguồn 3.3V được lọc qua tụ  $C_{30}$ . Vi điều khiển sử dụng truyền thông SPI để giao tiếp với module với Baud Rate là 8Mbit/s, 2 chân LORA\_NSS và LORA\_IO0 được sử dụng để Reset và gửi tín hiệu ngắt đến vi điều khiển.



Hình 6-10 Sơ đồ nguyên lý module Ra-02 LoRa

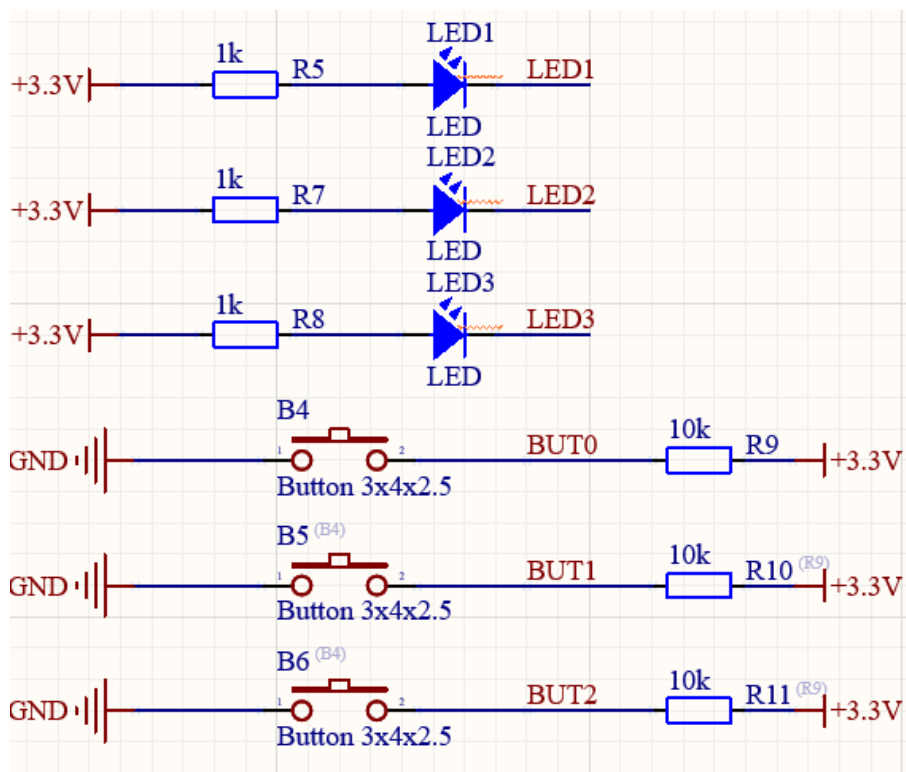


Ngoài ra nhóm em thiết kế thêm khối Debug để in ra dữ liệu cần thiết, thuận tiện khi lập trình và kiểm tra lỗi. USB Micro dùng để chuyển tiếp dữ liệu tới máy tính đồng thời cấp nguồn sạc cho Pin. Hai chân D\_N và D\_P sẽ được nối với chân UD+ và UD- ở IC CH340, IC này sẽ chuyển đổi dữ liệu sang UART để giao tiếp với vi điều khiển.



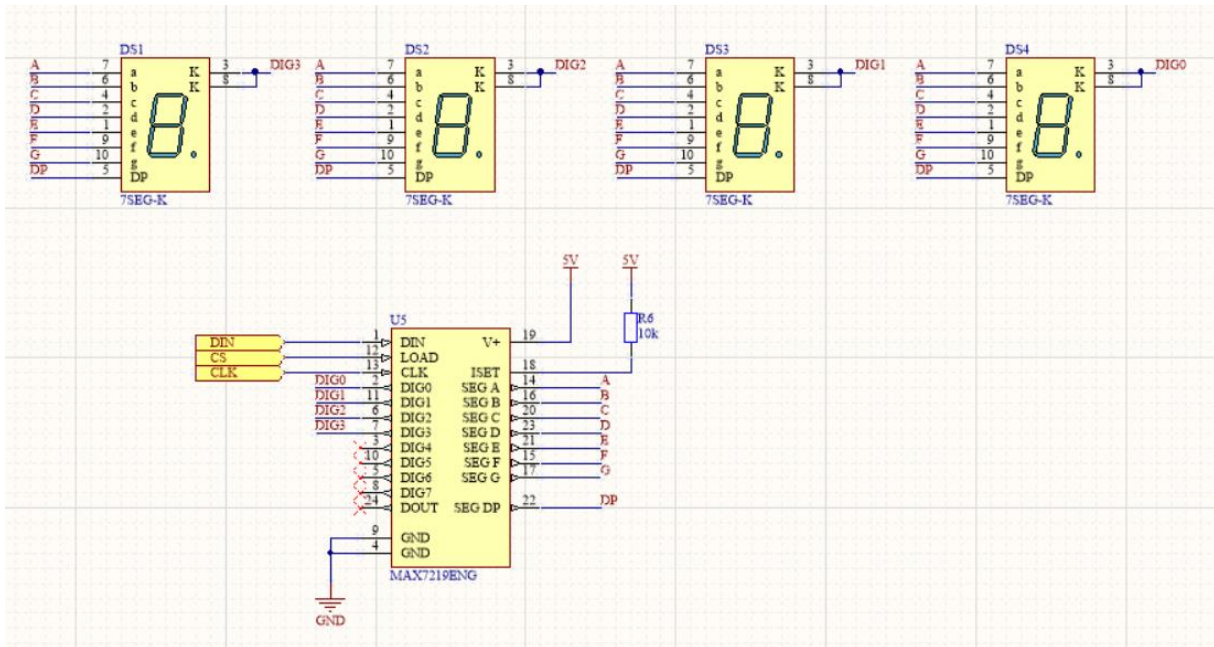
Hình 6-11 Sơ đồ nguyên lý khối debug

Theo như yêu cầu của dự án, ở Sensor Node sẽ có 3 LED cảnh báo ngưỡng và một nút nhấn chức năng. Vi điều khiển sẽ dùng ngắt ngoài để bắt được xung cạnh xuống khi nhấn nút nhấn để tiến hành hoạt động theo từng chức năng của nút nhấn.



Hình 6-12 Sơ đồ nguyên lý các nút nhấn và LED

### 6.4.1.3. Khởi hiển thị



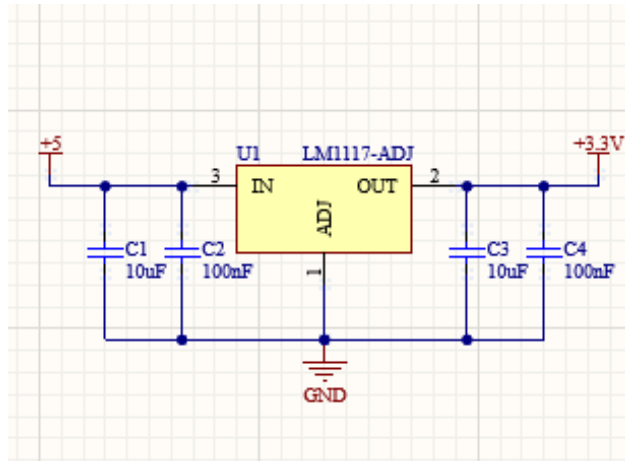
Hình 6-13 Sơ đồ nguyên lý khối hiển thị LED 7 thanh

Các LED 7 thanh được sử dụng là loại Katot chung, được điều khiển qua LED Driver MAX7219. IC MAX7219 giao tiếp với VDK qua giao thức SPI. MAX7219 là Driver LED 7 thanh được thiết kế cho tối đa 8 số mỗi IC và có khả năng mở rộng bằng cách nối tiếp nhiều IC qua nhau. Trong ứng dụng này chúng em chỉ sử dụng 4 LED 7 thanh nên các cực Katot chung của các LED được nối vào các chân DIG0-3. Các tín hiệu của từng thanh trong các LED được nối song song với nhau và nối vào các chân SEG A-G và SEFDP. Ngoài ra, độ sáng của các thanh còn có thể được tùy chỉnh thông qua trở R6 quy định dòng qua các thanh. Nguồn điện áp pin được cấp trực tiếp cho các LED.

## 6.4.1 Sơ đồ triển khai chi tiết Gateway

### 6.4.1.4. Khối nguồn

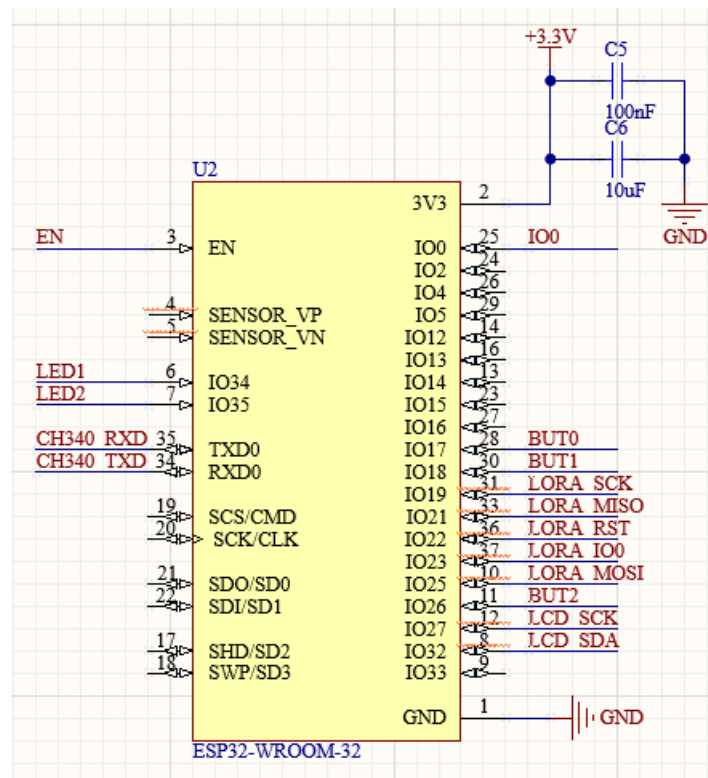
Gateway được cung cấp nguồn đầu vào 5V được lọc nhiễu qua tụ  $C_1$  và  $C_2$ , để hạ áp xuống 3.3V cấp nguồn cho khối xử lý trung tâm thì nhóm em sẽ sử dụng IC LDO LM1117 có khả năng cung cấp dòng điện lên đến 1A đủ đáp ứng cho các khối còn lại.



Hình 6-14 Sơ đồ nguyên lý khối nguồn LDO

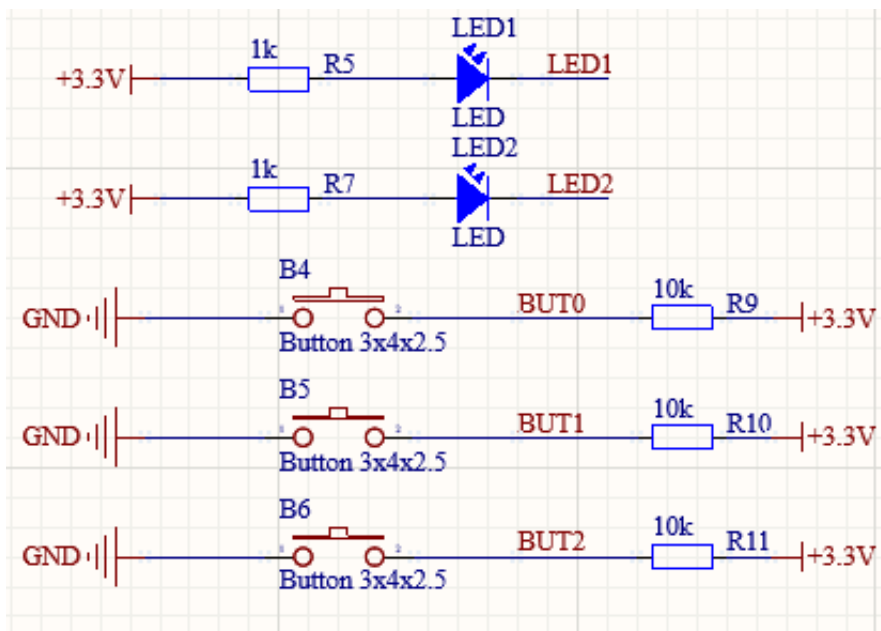
#### 6.4.1.5. Khối xử lý trung tâm

Ở Gateway, nhóm em sử dụng vi điều khiển ESP32. Đây là dòng vi điều khiển hiệu năng rất tốt, tần số hoạt động lên tới 240MHz. Đồng thời hãng đã trang bị cho nó bộ nhớ Flash 4M, SRAM 520KB thích hợp để sử dụng hệ điều hành FreeRTOS. Vi điều khiển được cấp nguồn 3.3V được lọc nhiễu qua 2 tụ  $C_5$  và  $C_6$  theo yêu cầu trong datasheet. Hai chân LCD\_SDA và LCD\_SCK được dùng để giao tiếp với màn hình LCD 1602. Để Gateway đảm bảo kết nối với WiFi nhất thì có thể sử dụng antenna rời, không sử dụng antenna on – chip.



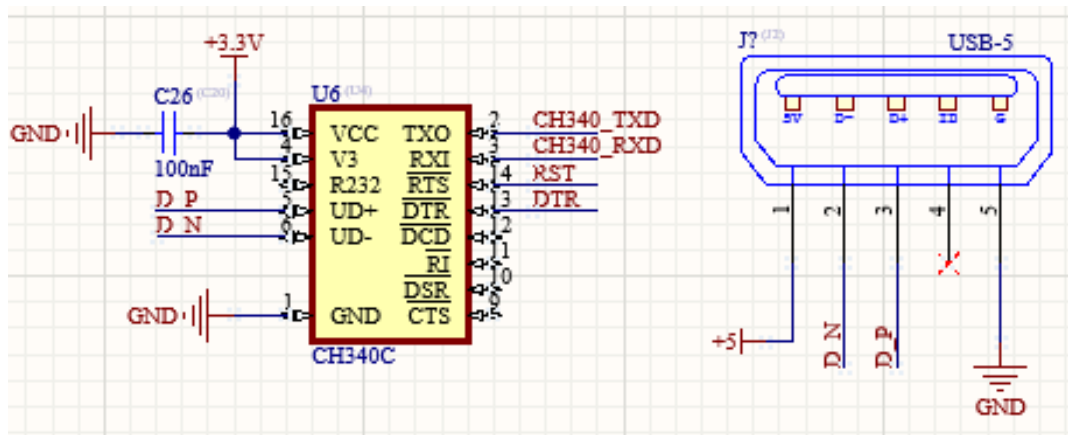
Hình 6-15 Sơ đồ nguyên lý vi điều khiển ESP32

Như đã đề cập ở yêu cầu 8, Gateway sẽ có 3 nút nhấn chức năng để thuận tiện thao tác vật lý, đồng thời có 2 LED để chỉ thị trạng thái hoạt động.



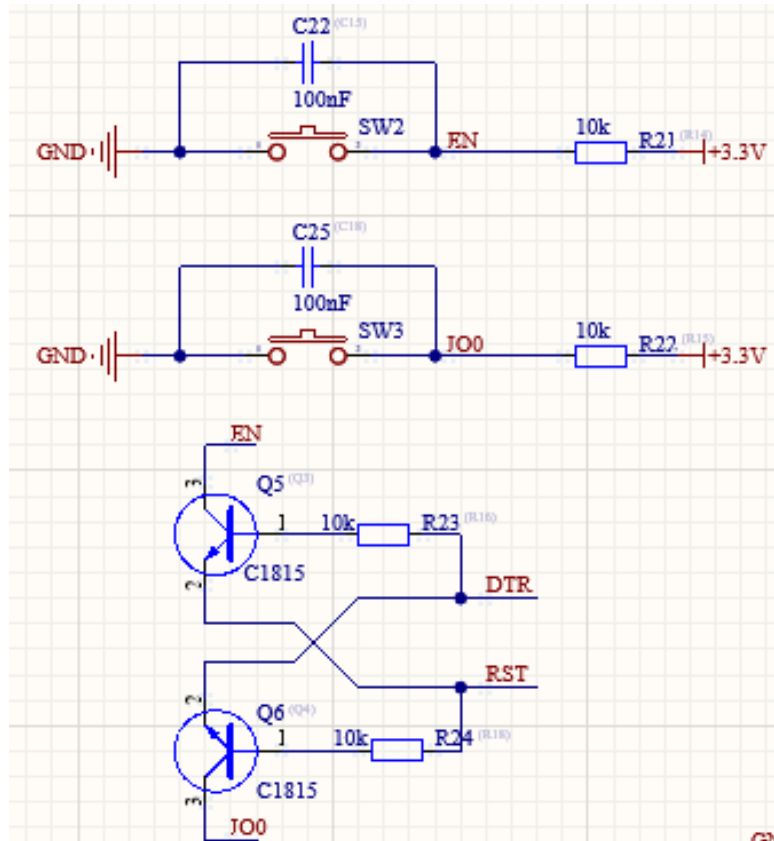
Hình 6-16 Sơ đồ nguyên lý các nút nhấn và LED

Để phục vụ quá trình nạp firmware và debug, một khối chuyển đổi UART sang USB và một cổng MicroUSB được sử dụng giống như ở Sensor Node.



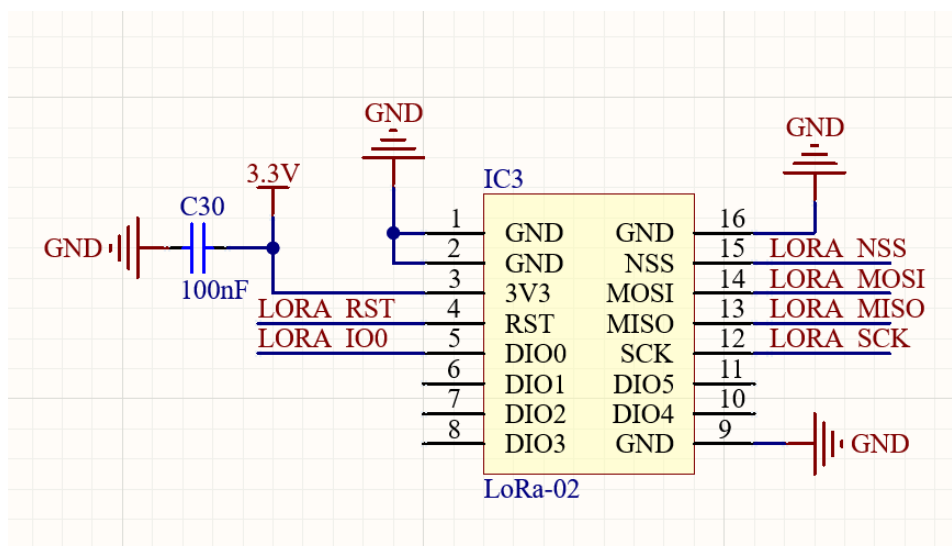
Hình 6-17 Sơ đồ nguyên lý khối debug và nạp code

Khối phụ trợ cho khối nạp firmware, có nhiệm vụ chính là đưa module ESP32 vào chế độ boot bằng cách lần lượt kéo chân EN và GPIO0 xuống GND. Hai nút bấm để reset module và để kéo GPIO0 xuống GND trong trường hợp khối nạp firmware hoạt động không đúng mong đợi.



Hình 6-18 Sơ đồ nguyên lý khởi hỗ trợ nạp

Module SX1278 vẫn sẽ được sử dụng để truyền thông với Sensor Node, các chân được sử dụng giống với thiết kế ở Sensor Node.



Hình 6-19 Sơ đồ nguyên lý module Ra-02 LoRa

## CHƯƠNG 7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.A.Godse A.P.Godse, Microprocessors & Microcontroller Systems Technical Publications, 2008.
- [2] Lê Minh Thùy (2022), “Bài giảng Mạng cảm biến không dây”, Đại Học Bách Khoa Hà Nội, trường Điện – Điện tử.
- [3] Maxim Integrated, "DS18B20 Programmable Resolution 1 – Wire Digital Thermometer" 2022.
- [4] STMicroelectronics (2021), “RM0008 Reference manual”
- [5] Espressif (2022), “ESP32 Technical Reference Manual” Version 4.7.
- [6] Semtech (2015), “SX1276/77/78/79 – 137MHz to 1020MHz Low Power Long Range Transceiver”.
- [7] SparkFun Electronics, “USB to Serial chip CH340,” 2022.
- [8] LoRa NetWork Guide (2022), từ <[https://development.libelium.com/lora\\_networking\\_guide/transmission-modes](https://development.libelium.com/lora_networking_guide/transmission-modes)>,
- [9] RF Wireless World (2022), “LoRaWAN Airtime calculator, LoRa Packet duration calculation”, từ <<https://www.rfwireless-world.com/calculators/LoRaWAN-Airtime-calculator.html>>,
- [10] ElectronicWings (2022), “AVR ATmega Controllers”, từ <<https://www.electronicwings.com/avr-atmega>>
- [11] <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-bluetooth-and-zigbee/?ref=lbp>
- [12] <https://rangdong.com.vn/faq/so-sanh-dac-diem-cua-3-cong-nghe-khong-day-wifi-zigbee-bluetooth.html>
- [13] <https://congnghecongnghecao.com.vn/tin-tuc/t22516/mang-khong-day-lora-cho-ung-dung-iot-tam-xa.html>
- [14] <https://www.daihockhonggiay.com/blogs/post/cong-nghe-mang-khong-day#:~:text=M%E1%BA%A1ng%20kh%C3%B4ng%20d%C3%A2y%20l%C3%A0%20m%E1%BA%A1ng,b%E1%BB%8B%20truy%E1%BB%81n%20th%C3%B4ng%20v%E1%BB%9B%20nhau.>
- [15] [http://elearning.vnua.edu.vn/uploads/images/USERS\\_1341112/Nguyen%20ly%20truyen%20thong%20khong%20day/C1.%20GI%E1%BB%9A%20TH%E1%BB%86U%20V%E1%BB%80%20TRUY%E1%BB%80N%20TH%C3%94NG%20KH%C3%94NG%20D%C3%82Y.pdf](http://elearning.vnua.edu.vn/uploads/images/USERS_1341112/Nguyen%20ly%20truyen%20thong%20khong%20day/C1.%20GI%E1%BB%9A%20TH%E1%BB%86U%20V%E1%BB%80%20TRUY%E1%BB%80N%20TH%C3%94NG%20KH%C3%94NG%20D%C3%82Y.pdf)
- [16] <https://www.linkedin.com/pulse/difference-between-wifi-bluetooth-zigbee-ct-rf-antennas-inc>