

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Thiết kế thiết bị đo nồng độ bụi, nhiệt độ và độ ẩm trong nhà

NGUYỄN SỸ THÁI

thai.ns174190@sis.hust.edu.vn

Ngành KT Điều khiển và Tự động hóa

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Lê Thị Thanh Hà

Chữ ký của GVHD

Khoa: Tự động hóa

Trường: Điện – Điện tử

HÀ NỘI, 8/2022

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ và tên: **Nguyễn Sỹ Thái**

Mã số sinh viên: **20174190**

Khóa: **62**

Trường: **Điện – Điện tử**

Ngành: **KT ĐK&TĐH**

1. Tên đề tài

Thiết kế thiết bị đo nồng độ bụi, nhiệt độ và độ ẩm trong nhà.

2. Nội dung đề tài

- Thiết kế một thiết bị đo các thông số về chất lượng không khí bao gồm PMx, nhiệt độ, độ ẩm. Thiết bị có kích thước nhỏ gọn, giá thành thấp, hoạt động ổn định.

- Thiết bị hoạt động dựa trên nguồn điện lưới và có pin dự phòng cho trường hợp mất điện.

- Thiết kế Main board bao gồm có khối nguồn, khối cảm biến, khối kết nối với OLED Board, khối truyền thông và khối xử lý trung tâm.

- Thiết kế OLED Board bao gồm màn hình OLED và các nút bấm.

- Tiến hành sản xuất thử nghiệm 01 thiết bị

4. Cán bộ hướng dẫn: ThS. Lê Thị Thanh Hà

5. Ngày giao nhiệm vụ thiết kế: 01/04/2022

6. Ngày hoàn thành nhiệm vụ: 31/07/2022

Ngày..... tháng..... năm.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

Lời cảm ơn

Để thực hiện đồ án tốt nghiệp lần này, không thể không kể đến sự giúp sức của gia đình, các thầy cô, quý công ty, bạn bè và nhà trường. Đầu tiên em xin gửi lời cảm ơn tới gia đình đã luôn động viên, hỗ trợ, tạo động lực cho em học hành và phát triển bản thân mỗi ngày. Tiếp theo, em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới ThS Lê Thị Thanh Hà, cô đã đưa ra những định hướng, hướng dẫn cho em thực hiện đồ án. Em xin được gửi lời cảm ơn tới quý công ty BYTECH VIỆT NAM đã tạo điều kiện cho em học hỏi rất nhiều từ lúc bắt đầu thực tập cho đến ngày hôm nay. Em cũng xin cảm ơn cô Lê Minh Thùy và các bạn trong lab RF3I đã nhiệt tình giúp đỡ em trong quá trình nghiên cứu và hoàn thiện đồ án.

Em xin chân thành cảm ơn!

Tóm tắt nội dung đồ án

Bụi mịn PM_x đã và đang ảnh hưởng không nhỏ đến sức khỏe con người. Nhất là trong một đô thị đang phát triển như Hà Nội, việc theo dõi nồng độ bụi trong nhà và đưa ra cảnh báo trở nên cần thiết hơn bao giờ hết.

Trong đồ án này, em tiến hành nghiên cứu và chế tạo ra một thiết bị đo và giám sát các thông số về không khí trong nhà như nồng độ bụi, nhiệt độ và độ ẩm để đưa ra cảnh báo kịp thời cho người sử dụng. Yêu cầu đặt ra cho thiết bị là kích thước nhỏ gọn để có thể đặt ở nhiều vị trí trong nhà, sử dụng điện trực tiếp từ nguồn điện dân dụng 220VAC và có thể sử dụng pin để hoạt động trong trường hợp mất điện, ngoài ra còn phải đáp ứng yếu tố là giá thành rẻ để có thể cạnh tranh với các thiết bị trên thị trường.

Để làm được theo các yêu cầu trên, em đã tiến hành khảo sát các thiết bị trên thị trường, lựa chọn công nghệ sẽ sử dụng, lên kế hoạch thiết kế và chế tạo 01 mạch để chạy thử. Các công cụ em sử dụng trong quá trình làm bao gồm: Altium Designer, LTspice, TeraTerm, Visual Studio Code, nRF Connect. Trong suốt quá trình làm đồ án, em đã học được nhiều kiến thức và kỹ năng như kỹ năng lên kế hoạch, kỹ năng vẽ mạch, kiến thức lập trình firmware, kiến thức về quy trình phát triển sản phẩm – những kiến thức và kỹ năng sẽ giúp ích em rất nhiều trong quá trình làm việc sau này.

Sinh viên thực hiện

Ký và ghi rõ họ tên

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN.....	1
1.1 Tổng quan tình hình ô nhiễm không khí trong nhà ở Việt Nam	1
1.2 Bụi mịn và tác hại của bụi mịn với sức khỏe con người.....	1
1.3 Tiêu chuẩn không khí trong nhà trên thế giới và Việt Nam	2
1.4 Một số thiết bị đo nồng độ bụi trên thị trường	4
1.4.1 Máy đo chất lượng không khí IQAir AirVisual Pro	4
1.4.2 Máy đo chất lượng không khí Temtop LCK-1000E [6]	5
1.4.3 Máy đo chất lượng không khí Tenmars TM-280W	6
1.4.4 Máy đo chất lượng không khí BENETECH GM8803 [7]	7
1.5 Kết luận	7
CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH MỤC TIÊU THIẾT KẾ	8
2.1 Mục tiêu thiết kế.....	8
2.2 Phân tích yêu cầu về mạch nguồn	8
2.3 Phân tích yêu cầu về mạch cảm biến	8
2.4 Phân tích yêu cầu thiết kế khối xử lý trung tâm.....	8
2.5 Phân tích yêu cầu thiết kế khối truyền thông	9
2.6 Phân tích yêu cầu khối ngoại vi	9
2.7 Sơ đồ khối	9
2.8 Kết luận	10
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ.....	11
3.1 Thiết kế khối nguồn	11
3.1.1 Lựa chọn phương án chuyển điện áp từ 220VAC về 5VDC và mạch bảo vệ.....	11
3.1.2 Mạch quản lý nguồn và sạc pin.....	12
3.1.3 Mạch tạo điện áp 5VDC.....	15
3.1.4 Mạch tạo điện áp 3.3VDC	17
3.2 Thiết kế khối cảm biến.....	18
3.2.1 Cảm biến bụi	18
3.2.2 Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm	20
3.2.3 Quạt đối lưu.....	21
3.3 Thiết kế khối xử lý trung tâm.....	22
3.4 Lựa chọn antenna	26

3.5	Thiết kế khối ngoại vi	26
3.5.1	Module màn hình OLED.....	26
3.5.2	Nút bấm.....	28
3.5.3	Còi chirp	28
3.6	Kết luận	29
CHƯƠNG 4. LẬP TRÌNH PHẦN MỀM.....		30
4.1	Lập trình đọc cảm biến bụi	30
4.2	Lập trình đọc cảm biến nhiệt độ và độ ẩm	32
4.3	Lập trình hiển thị điện áp Pin và nhận biết quá trình sạc.....	36
4.4	Lập trình hiển thị OLED	37
4.5	Lập trình chế độ tự reset bằng Watchdog Timer	40
4.6	Lập trình chế độ ngủ và đánh thức MCU trong chu kỳ đo	41
4.7	Lập trình giao tiếp với ứng dụng điện thoại bằng BLE	42
4.8	Lập trình điều khiển quạt và còi chirp.....	45
4.9	Kết luận	45
CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ THỰC HIỆN VÀ ĐÁNH GIÁ.....		46
5.1	Kết quả thi công phần cứng	46
5.2	Kết quả chạy thử nghiệm thiết bị	50
CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN.....		51
TÀI LIỆU THAM KHẢO		52

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1. Sơ đồ khối của thiết bị.....	9
Hình 3.1. Adapter 5V/2A USB [8]	11
Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lí mạch bảo vệ nối từ adapter vào thiết bị.....	12
Hình 3.3. Mạch ứng dụng điển hình của IC sạc bq2407x. [9].....	13
Hình 3.4. Sơ đồ khối của mạch quản lý nguồn và sạc pin	14
Hình 3.5. Sơ đồ các chân của LMR62421 [10].....	15
Hình 3.6. Đồ thị sóng theo chu kỳ [10].....	16
Hình 3.7. Mạch nguyên lý cơ bản của IC [10].....	17
Hình 3.8. Sơ đồ nguyên lý mạch tạo điện áp 5VDC.....	17
Hình 3.9. Sơ đồ nguyên lý mạch tạo điện áp 3.3VDC.....	18
Hình 3.10. Cảm biến bụi PMx GP2Y1014AU0F	19
Hình 3.11. Mô tả nguyên lý hoạt động của cảm biến bụi GP2Y1014AU0F	19
Hình 3.12. Sơ đồ nguyên lý mạch cảm biến bụi	20
Hình 3.13. Cảm biến DHT22	21
Hình 3.14. Sơ đồ nguyên lý cách nối dây cảm biến DHT22	21
Hình 3.15. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển quạt	22
Hình 3.16. Sơ đồ nguyên lý khối xử lý trung tâm.....	24
Hình 3.17. Các thành phần phụ của khối: trở pull-up cho nút bấm, trở pull-up cho I2C, phân áp cho ADC, các tụ decoupling, header nạp code.....	24
Hình 3.18. Thạch anh 32.768kHz và thạch anh 40MHz.....	25
Hình 3.19. Flash ngoài của ESP32-D0WD-V3.....	25
Hình 3.20. Sơ đồ nguyên lý khối truyền thông	26
Hình 3.21. Hình dạng antenna trên tấm PCB.....	26
Hình 3.22. Module màn hình OLED 0.96inch.....	27
Hình 3.23. Sơ đồ nguyên lý mạch kết nối với module SSD1306 trên PCB MAIN	27
Hình 3.24 Sơ đồ nguyên lý mạch kết nối với module SSD1306 trên PCB OLED	27
Hình 3.25. Cách nối dây với 2 nút bấm	28
Hình 3.26. Sơ đồ nguyên lý mắc còi chip	29
Hình 4.1. Cài đặt thời gian lấy mẫu	30
Hình 4.2. Biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa nồng độ bụi đo được và giá trị điện áp ra.	30
Hình 4.3. Lưu đồ thuật toán đọc cảm biến bụi.....	31
Hình 4.4. Lưu đồ thuật toán truyền tín hiệu bắt đầu sang AM2302	33
Hình 4.5. Lưu đồ thuật toán đọc 1 byte dữ liệu từ AM2302.....	34

Hình 4.6. Lưu đồ thuật toán tổng thể quá trình truyền nhận giữa ESP32-D0WD-V3 và AM2302.....	35
Hình 4.7. Mô tả định dạng dữ liệu giao tiếp giữa MCU và SSD106 theo giao thức I2C [16]	38
Hình 4.8. Lưu đồ thuật toán truyền dữ liệu ra module SSD1306	39
Hình 4.9. Lưu đồ thuật toán chống treo vi xử lý bằng Watchdog Timer.....	40
Hình 4.10. Thuật toán debounce nút bấm	43
Hình 4.11. Lưu đồ thuật toán truyền nhận dữ liệu bằng BLE.....	44
Hình 5.1. Hình ảnh mặt sau của PCB Main	46
Hình 5.2. Hình ảnh 3D của PCB Main	47
Hình 5.3. Hình ảnh mặt trước của PCB OLED.....	47
Hình 5.4. Hình ảnh mặt sau của PCB OLED.....	47
Hình 5.5. Hình ảnh 3D khối PCB Main	48
Hình 5.6. Hình ảnh 2 mạch sau khi in.....	48
Hình 5.7. Hình ảnh 2 mạch sau khi hàn linh kiện.....	48
Hình 5.8. Tổng thể các thành phần của thiết bị, lần lượt từ trái qua phải, từ trên xuống dưới: PCB Main; Adapter 220VAC/5VDC; Pin LiPo 2000mAh; PCB OLED; Cảm biến bụi; quạt.	49

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Tiêu chuẩn chất lượng không khí trong nhà của EPA [4]	3
Bảng 1.2. Các thông số về chất lượng không khí trong nhà được khuyến cáo.....	3
Bảng 3.1. Danh mục sử dụng ngoại vi của vi điều khiển	23
Bảng 4.1. Thông số về chu kì lấy mẫu và thời gian bật LED theo khuyến cáo của nhà sản xuất cảm biến [15].....	30
Bảng 4.2. Giá trị chuyển đổi từ điện áp Pin sang giá trị chuyển đổi ADC	36

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Giải thích
ACK	Acknowledged
ADC	Analog/Digital Converter – Chuyển đổi tương tự /số
AQI	Air Quality Index – chỉ số chất lượng không khí
BLE	Bluetooth Low Energy – Bluetooth năng lượng thấp
GDDRAM	Graphic Display Data RAM – Ram chứa dữ liệu hiển thị đồ họa
GPIO	General Purpose Input Output – Giao tiếp các chân vào ra
I2C	Inter – Integrated Circuit – Giao thức nối tiếp đồng bộ
IC	Integrated Circuit – Mạch tích hợp
LDO	Low Dropout Regulator – Ổn áp tuyến tính sụt áp nhỏ
LED	Light Emitting Diode – Đi-ốt phát quang
MCU	Micro Controller Unit – Vi điều khiển
OLED	Organic Light Emitting Diodes - Đi-ốt phát quang hữu cơ
PCB	Printed Circuit Board – Mạch in
PM	Particular Matter – Bụi mịn
RF	Radio Frequency – Sóng vô tuyến
RTC	Real Time Clock – Đồng hồ thời gian thực
SCL	Serial Clock Line – Đường xung nhịp nối tiếp
SDA	Serial Data Line - Đường dữ liệu nối tiếp
USB	Universal Serial Bus

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1 Tổng quan tình hình ô nhiễm không khí trong nhà ở Việt Nam

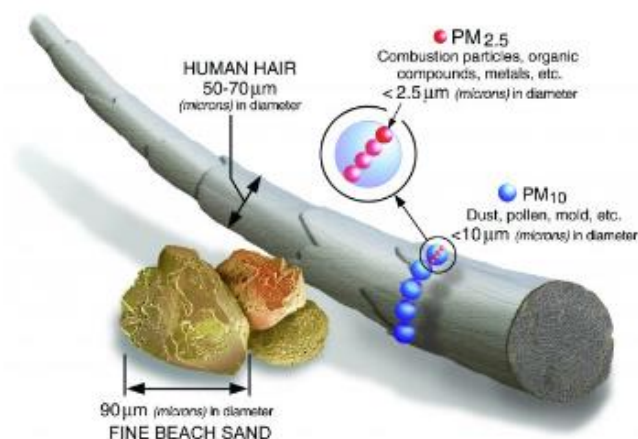
Ô nhiễm nói chung là mối đe dọa về sức khỏe rất lớn đối với con người, trong đó ô nhiễm không khí chiếm tỉ lệ hàng đầu trong những nguyên nhân gây bệnh tật, ung thư, thậm chí là tử vong. Ngoài những tác hại từ ô nhiễm không khí ngoài trời, ô nhiễm không khí trong nhà cũng là một loại ô nhiễm cần được chú ý, do phần lớn thời gian của chúng ta là ở trong nhà hoặc trong phòng kín như trường học, văn phòng, căn hộ, nhà riêng, ...

Ô nhiễm không khí trong nhà là ô nhiễm gây ra bởi các tác nhân như khói, bụi bẩn, các hóa chất hoặc vi sinh vật lơ lửng trong không khí trong các tòa nhà, mà có thể gây ảnh hưởng tới sức khỏe con người. Một số tác nhân có thể kể đến như: khói thuốc lá, khí CO & CO₂, formaldehyde, TVOC, bụi mịn PM_x, nấm mốc và vi khuẩn, ...trong đó, bụi mịn là một trong những tác nhân nguy hiểm và thường gặp nhất.

Ở nước ta, theo kết quả các đề tài nghiên cứu “Khảo sát môi trường không khí trong các nhà văn phòng ở Hà Nội, Đà Nẵng và TP. Hồ Chí Minh (2017 - 2018)” [1] do Trung tâm Môi trường đô thị và Công nghiệp thực hiện cho thấy, hiện trạng môi trường không khí trong nhà ở và nhà công cộng ở nước ta đều đang bị ô nhiễm, có nơi bị ô nhiễm nặng, nhất là ô nhiễm bụi PM_{2.5} và PM₁₀, khí CO₂, formaldehyde, TVOC (tổng lượng các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi), vi khuẩn và nấm mốc.

Báo cáo của Viện Sức khỏe nghề nghiệp và môi trường, năm 2017, không khí trong nhà ở các đô thị nước ta có nồng độ bụi PM_{2.5}, PM₁₀ vượt tiêu chuẩn cho phép từ 2 - 3 lần; trong các nhà văn phòng vượt tiêu chuẩn cho phép từ 1,4 - 2,0 lần. Ngoài ra, tổng số vi khuẩn và nấm mốc tại gần hầu hết các nhà đã được khảo sát đều không đạt tiêu chuẩn cho phép của các nước xung quanh.

1.2 Bụi mịn và tác hại của bụi mịn với sức khỏe con người



Size comparisons for PM particles

Hình 1.1. So sánh kích thước các hạt PM [2]

Bụi mịn (tiếng anh là particulate matter, viết tắt: PM) là thuật ngữ cho hỗn hợp các hạt rắn và lỏng lơ lửng trong không khí, có kích thước cỡ vài micro mét. Bụi mịn được chia làm 4 loại dựa trên kích thước của chúng:

- PM10: là các hạt có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 10 μ m. Nguồn phát thải PM10 có thể là bụi đường, khói từ các nhà máy công nghiệp...
- PM2.5: là các hạt mịn có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 2.5 μ m được tìm thấy trong khói và sương mù. Nguồn phát thải PM2.5 có thể là khói từ các vụ cháy rừng, khí thải từ các nhà máy điện, các ngành công nghiệp và ô tô, khí thải từ động cơ diesel của các phương tiện giao thông.
- PM1: là các hạt rất mịn (nguy hiểm nhất đối với sức khỏe) có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 1 μ m. Chúng hầu như bị loại bỏ bởi khói không khí khi có mưa. Tuy nhiên chúng vẫn có thời gian tích lũy khá dài trong khí quyển.
- PM0.1: các hạt siêu mịn có đường kính nhỏ hơn 0.1 μ m, còn được gọi là "hạt nano". Thời gian cư trú của hạt này trong khí quyển rất ngắn, dao động từ vài phút đến vài giờ.

Bụi mịn có thể được tạo ra từ khí thải công nghiệp, khí thải từ phương tiện giao thông, khí thải trong các công trường xây dựng, khí thải do hoạt động đốt rác, đốt rom rạ. Nguồn phát thải bụi mịn trong nhà chủ yếu là do bụi mịn từ ngoài môi trường xâm nhập vào hoặc do các hoạt động đun nấu, hút thuốc, thắp nhang, sửa chữa nhà cửa, từ đồ nội thất cũ hoặc do da chết từ con người, thú cưng thải ra.

Do có kích thước nhỏ, bụi mịn dễ dàng xâm nhập vào mạch máu, phổi và gây một số bệnh lý như đột quỵ, tim mạch, ung thư. Người thường xuyên tiếp xúc với bụi mịn có thể sẽ gặp phải vấn đề về sức khỏe như hắt hơi, sổ mũi, khó thở, khô mắt. Tiếp xúc trong thời gian dài có thể làm tăng nguy cơ mắc các bệnh về đường hô hấp, suy giảm chức năng phổi, viêm phế quản mãn tính và tăng tỉ lệ tử vong do ung thư và bệnh tim ở người bệnh. Các nhóm nhạy cảm với bệnh phổi hoặc tim từ trước, cũng như người cao tuổi và trẻ em, đặc biệt dễ bị tổn thương bởi bụi mịn. Ví dụ, tiếp xúc với bụi mịn ảnh hưởng đến sự phát triển của phổi ở trẻ em, bao gồm cả sự thiếu hụt có thể đảo ngược trong chức năng phổi cũng như phổi bị suy giảm mãn tính tốc độ tăng trưởng và sự thâm hụt chức năng phổi dài hạn. [3]

1.3 Tiêu chuẩn không khí trong nhà trên thế giới và Việt Nam

Nhìn chung, việc xây tiêu chuẩn về không khí trong nhà vẫn là một vấn đề mới trên các nước trên thế giới. Một số nước phát triển tự đầu tư vào các công trình nghiên cứu để đưa ra tiêu chuẩn cho riêng nước mình, một số nước lại dựa vào các tiêu chuẩn của nước khác hoặc hướng dẫn từ tổ chức y tế thế giới WHO để đưa ra tiêu chuẩn riêng. Ví dụ dưới đây là bảng tiêu chuẩn về chất lượng không khí trong nhà của tổ chức bảo vệ môi trường EPA (Mỹ):

Bảng 1.1. Tiêu chuẩn chất lượng không khí trong nhà của EPA [4]

Tác nhân gây ô nhiễm	Ngưỡng cho phép	Đơn vị
PM2.5	25	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	25	ppm
CO ₂	7000	ppm
Radon	4	pCi/l
PAHs	10	ppm
Formaldehyde	0.03	ppm
Methylene Chloride	220	ppm
NO ₂	100	ppb

Việt Nam chưa chính thức có tiêu chuẩn riêng cho môi trường và khí hậu Việt Nam, tuy nhiên Bộ Xây dựng đã giao cho Hội xây dựng tiến hành nghiên cứu xây dựng “Tiêu chuẩn Việt Nam 2020 về nhà ở và công cộng - Các thông số chất lượng không khí trong nhà” [5]. Theo đó, các thông số về chất lượng không khí trong nhà được khuyến cáo đối với phòng đóng kín cửa sổ chống lạnh mùa đông và làm mát mùa hè do Hội đưa ra trong Bảng 1.2.

Bảng 1.2. Các thông số về chất lượng không khí trong nhà được khuyến cáo

Tác nhân gây ô nhiễm	Ngưỡng cho phép	Đơn vị
PM2.5	35	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	75	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pb	1.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	9	ppm
CO ₂	1000	ppm
TVOC	500	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehyde	0.08	ppm
SO ₂	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

O ₃	100	μg/m ³
Tổng vi khuẩn trong không khí	1500	Cfu/m ³
Tổng nấm mốc trong không khí	700	Cfu/m ³

1.4 Một số thiết bị đo nồng độ bụi trên thị trường

1.4.1 Máy đo chất lượng không khí IQAir AirVisual Pro



Hình 1.2. Máy đo chất lượng không khí IQ AirVisual Pro

Thông số kỹ thuật:

- Kích thước thiết bị: 8.2 x 18.4 x 10cm
- Kích thước màn hình: 5inch LED Screen
- Dung lượng pin: 1900mAh ~ 4h/ 1 lần sạc
- Loại pin: Li-Ion có thể sạc lại
- Kết nối không dây: Wifi 2.4GHz
- Nhiệt độ hoạt động: 0-40 °C

Thông số cảm biến:

- Đo bụi PM: kích thước 0.3-2.5 μm
- Đo nồng độ CO₂: 400-10000 ppm
- Đo nhiệt độ: -10 – 40 °C
- Đo độ ẩm: 0 – 95%

Tính năng chính:

- Đo được các thông số về nồng độ bụi PM, nồng độ CO₂, nhiệt độ, độ ẩm
- Đưa ra cảnh báo khi chất lượng không khí vượt ngưỡng an toàn.
- Kết nối internet và kết nối với platform của hãng để đưa ra dự báo ô nhiễm

Giá thành: 7.500.000 VNĐ

1.4.2 Máy đo chất lượng không khí Temtop LCK-1000E [6]



Hình 1.3. TEMTOP LCK-1000E của hãng Temtop

Thông số kỹ thuật:

- Kích thước thiết bị: 8.2 x 3.1 x 2.5cm
- Dung lượng pin: 3000mAh
- Nguồn sạc: 5VDC/0.5-1A

Thông số cảm biến:

- Cảm biến PM2.5 có dải đo: 0-999 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; độ phân giải: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Cảm biến PM10 có dải đo: 0-999 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; độ phân giải: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Cảm biến HCHO có dải đo: 0-2 mg/m^3 ; độ phân giải: 0.01 mg/m^3

Tính năng chính:

- Đo được các thông số: PM2.5, PM10, HCHO, AQI
- Cảm biến mới và thuật toán tối ưu để cải thiện kết quả đo và tính ổn định
- Nút nhấn thay đổi thông số muốn hiển thị
- Pin dung lượng cao có thể dùng liên tục 8 h trong một lần sạc

Giá thành: 2.300.000 VNĐ

1.4.3 Máy đo chất lượng không khí Tenmars TM-280W



Hình 1.4. Tenmars TM-280W Wifi PM2.5

Thông số kỹ thuật:

- Kích thước thiết bị: 8.5 x 8.0 x 5.4cm
- Dung lượng pin: 2600mAh
- Nguồn sạc: USB 5V/1A

Thông số cảm biến:

- Cảm biến PM2.5 có dải đo: 0-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; độ phân giải: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; độ chính xác: 10%
- Cảm biến nhiệt độ có dải đo: -20 - 50 $^{\circ}\text{C}$; độ phân giải: 0.1 $^{\circ}\text{C}$; độ chính xác: $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- Cảm biến độ ẩm có dải đo: 1-99 %; độ phân giải: 0.1%; độ chính xác: 5% của kết quả đo

Tính năng chính:

- Đo được các thông số: PM2.5, nhiệt độ, độ ẩm
- Giám sát theo thời gian thực và truyền dữ liệu qua Wifi
- Thời lượng Pin lên đến 8h
- Đưa ra cảnh báo khi chất lượng không khí vượt ngưỡng an toàn.

Giá thành: 3.400.000 VNĐ

1.4.4 Máy đo chất lượng không khí BENETECH GM8803 [7]



Hình 1.5. Máy đo chất lượng không khí BENETECH GM8803

Thông số kỹ thuật:

- Kích thước thiết bị: 9.2 x 6.6 x 13.4cm
- Nguồn: 3x 1.2V pin AAA
- Cảm biến PM2.5 và PM10 có dải đo: 0-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; độ phân giải: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; độ chính xác: 10%

Tính năng chính:

- Đo được các thông số: PM2.5, PM10, nhiệt độ
- Cảnh báo bằng âm thanh, ánh sáng
- Thay đổi được kiểu hiển thị dữ liệu, đơn vị đo

Giá thành: 1.600.000 VNĐ

Nhìn chung, các thiết bị trên đều có nhược điểm là giá thành khá cao; một số thiết bị có dung lượng pin chưa được lớn, thời gian sử dụng thấp; một số thiết bị khác có kích thước khá lớn; có thiết bị không có kết nối không dây, người dùng chỉ có thể xem thông số trực tiếp trên màn hình thiết bị.

1.5 Kết luận

Chương này, đồ án đã trình bày tổng quan tình hình ô nhiễm không khí trong nhà, tác hại của bụi mịn với sức khỏe con người, tiêu chuẩn về không khí trong nhà ở Việt Nam và trên thế giới, tính cấp thiết của việc quan trắc và xử lý các thông số liên quan đến nồng độ bụi của không khí trong nhà. Đồng thời đưa ra một số so sánh về các thiết bị đo nồng độ bụi có sẵn trên thị trường để làm cơ sở đặt ra mục tiêu thiết kế cho đồ án này.

CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH MỤC TIÊU THIẾT KẾ

2.1 Mục tiêu thiết kế

Thông qua việc tìm hiểu, nghiên cứu một số thiết bị trên thị trường, cùng với sự góp ý và yêu cầu từ giảng viên hướng dẫn, em xin đưa ra một số mục tiêu thiết kế như sau:

- Thiết bị nhỏ gọn, giá thành thấp
- Thiết bị sử dụng nguồn điện 220VAC và có thể sử dụng Pin dự phòng
- Thiết bị có màn hình hiển thị thông số đo được
- Thiết bị có thể đo được các thông số về nồng độ bụi, nhiệt độ và độ ẩm
- Thiết bị có quạt để đối lưu không khí nhằm tăng độ chính xác của kết quả đo
- Thiết bị có thể đưa ra cảnh báo bằng âm thanh nếu chất lượng không khí quá ngưỡng cho phép
- Thiết bị có thể kết nối với các thiết bị khác thông qua BLE

2.2 Phân tích yêu cầu về mạch nguồn

Do thiết bị được thiết kế theo tiêu chí là thiết bị đặt trong nhà, nên nguồn cung cấp cho thiết bị có thể lấy trực tiếp từ lưới điện dân dụng 220VAC, tuy nhiên trong một số trường hợp xảy ra sự cố dẫn đến mất điện thì việc chuyển sang sử dụng nguồn cung cấp từ Pin dự phòng là điều cần thiết.

Đối với Pin, cần tính toán dung lượng của Pin sao cho thiết bị có thể hoạt động mà không có nguồn điện lưới trong ít nhất 6 giờ. Đồng thời Pin cần được quản lý quá trình sạc, xả để tránh gây hỏng Pin.

Nguồn cung cấp cho thiết bị gồm 2 phần: nguồn 5VDC cho các thiết bị cảm biến, quạt và nguồn 3.3VDC cho các thành phần điện tử, màn hình OLED.

2.3 Phân tích yêu cầu về mạch cảm biến

Thiết bị cần đo được các thông số về bụi mịn, nhiệt độ, độ ẩm đồng thời phải đáp ứng tiêu chí về giá thành rẻ và kích thước nhỏ gọn, độ chính xác cao, hoạt động ổn định. Ngoài ra, để cảm biến đo đặc thông số về không khí trong phòng được chính xác hơn, thiết bị cần được đảm bảo tính lưu thông không khí giữa bên trong và bên ngoài vỏ hộp.

2.4 Phân tích yêu cầu thiết kế khối xử lý trung tâm

Thiết bị cần được trang bị khối điều khiển trung tâm để làm nhiệm vụ thu thập và xử lý tín hiệu từ cảm biến. Tiến hành lấy mẫu và số hóa dữ liệu nhận được để hiển thị và đưa ra cảnh báo cho người sử dụng.

Ngoài ra khối điều khiển trung tâm cần đảm nhiệm nhiệm vụ quản lý và điều khiển các ngoại vi khác để thực hiện các tính năng của thiết bị như truyền tin, hiển thị kết quả, cảnh báo bằng âm thanh.

Với một hệ thống nhúng, việc vi điều khiển bị treo dẫn đến hệ thống bị treo không hoạt động được là một điều không thể lường trước, vì vậy thiết bị cần trang bị tính năng tự reset để khởi động lại mà không cần bật tắt lại nguồn.

Ngoài ra, với hệ thống có sử dụng nguồn chạy Pin thì cần đảm bảo cả vấn đề tiết kiệm năng lượng. Để thời gian sử dụng thiết bị khi sử dụng Pin được lâu nhất thì thiết bị cần có tính năng ngủ trong mỗi chu kỳ đo, khi đo xong thiết bị sẽ đi vào chế độ ngủ, đến chu kỳ tiếp theo sẽ thức dậy để đo tiếp.

2.5 Phân tích yêu cầu thiết kế khối truyền thông

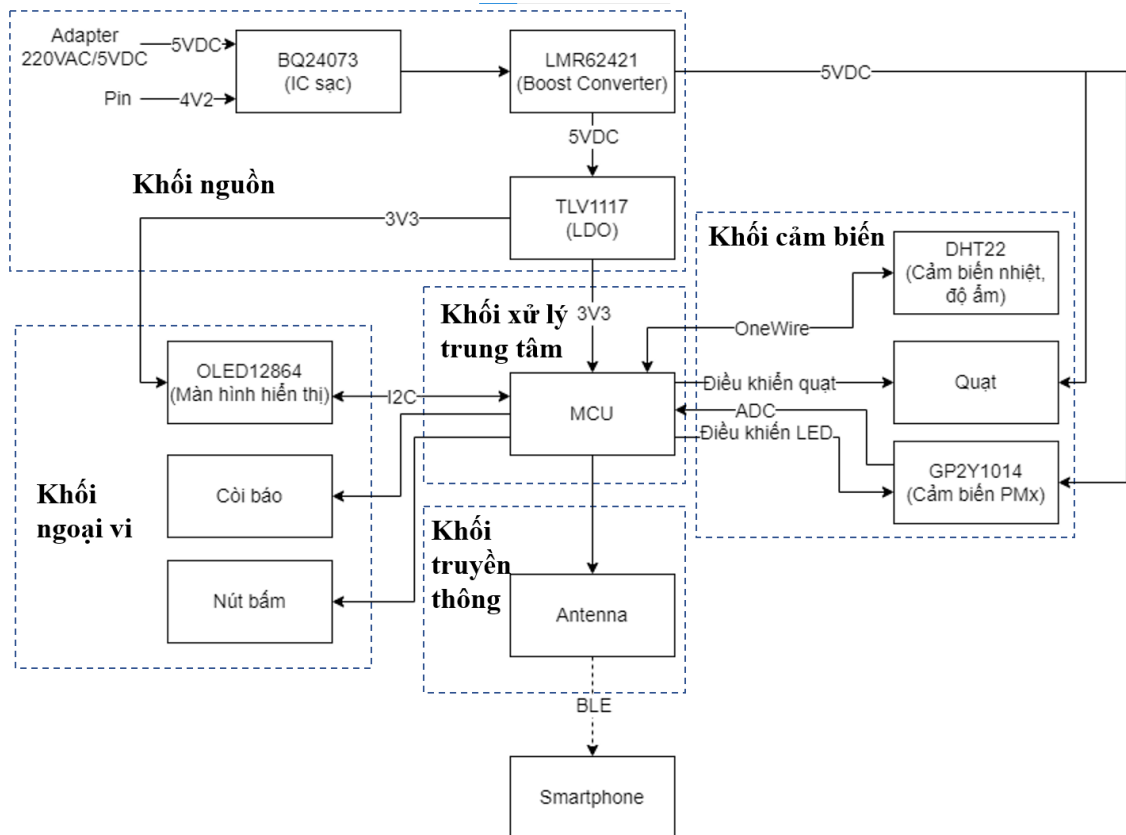
Đối với một thiết bị đo, việc kết nối không dây với các thiết bị khác là một điều hết sức cần thiết, nhất là trong trường hợp người dùng muốn xem thông số của không khí nhưng lại không ở gần thiết bị, thiết bị có thể truyền tin lên điện thoại để người dùng tiện theo dõi. Hoặc trong một số ứng dụng khác, thiết bị có thể kết nối trực tiếp với máy lọc không khí, khi chất lượng không khí trong phòng giảm xuống dưới mức cho phép thì có thể truyền tin sang máy lọc không khí để điều khiển bật máy lọc.

2.6 Phân tích yêu cầu khối ngoại vi

Thiết bị được định hướng có thể hiển thị thông số về nồng độ bụi, nhiệt độ và độ ẩm trong không khí vì vậy cần trang bị thêm màn hình có độ phân giải đủ lớn để người dùng có thể xem thông số. Ngoài ra, khi nồng độ bụi vượt ngưỡng cho phép, thiết bị cần đưa ra cảnh báo cho người dùng bằng âm thanh.

2.7 Sơ đồ khối

Từ những yêu cầu trên, đồ án đưa ra sơ đồ khối của thiết bị như Hình 2.1



Hình 2.1. Sơ đồ khối của thiết bị

Phương thức hoạt động của thiết bị như sau: khi đến chu kỳ lấy mẫu, thiết bị gửi tín hiệu đến khối cảm biến để bật quạt, quạt thổi không khí vào trong thiết bị

đi qua các đầu cảm biến, cảm biến đo rồi gửi thông số về vi điều khiển, vi điều khiển xử lý dữ liệu rồi hiển thị ra màn hình OLED. Nếu thông số về nồng độ bụi vượt ngưỡng cho phép, vi điều khiển gửi lệnh tới Còi chirp điều khiển bật còi để cảnh báo.

2.8 Kết luận

Trong chương này, đồ án đã đi vào phân tích các yêu cầu đặt ra cho thiết bị như: thiết bị cần có kích thước nhỏ gọn, giá thành rẻ; thiết bị có pin và bộ sạc để sử dụng trong trường hợp mất điện; thiết bị cần có hệ thống đối lưu giữa không khí bên ngoài và bên trong vỏ hộp; thiết bị cần có chế độ ngủ, chế độ tự reset; thiết bị cần có khối truyền tin không dây; thiết bị cần trang bị các ngoại vi để giao tiếp với người sử dụng.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ

Với mục tiêu và yêu cầu đã đặt ra ở “Chương 2: Phân tích mục tiêu thiết kế”, ở chương sẽ đi sâu về giải pháp để thỏa mãn các yêu cầu đó. Chương này bao gồm các nội dung:

- Thiết kế khối nguồn
- Thiết kế khối cảm biến
- Thiết kế khối xử lý trung tâm
- Thiết kế khối truyền tin
- Thiết kế khối ngoại vi

Sau đây là chi tiết từng nội dung thiết kế.

3.1 Thiết kế khối nguồn

Khối nguồn có nhiệm vụ cung cấp điện áp 5VDC và 3.3VDC cho các khối khác. Điện áp được lấy từ 2 nguồn: điện lưới dân dụng 220VAC hoặc Pin Li-on 4.2VDC. Khi nguồn điện lưới được đảm bảo mạch sẽ hoạt động dưới nguồn lấy trực tiếp từ lưới điện 220VAC và ngược lại, khi mất điện, nguồn điện từ Pin sẽ được lấy ra để sử dụng, Pin sẽ được sạc trong lần có điện tiếp theo. Mạch nguồn sẽ có các thành phần:

- Mạch chuyển điện áp từ 220VAC về 5VDC và bảo vệ
- Mạch quản lý nguồn và sạc pin
- Mạch tạo điện áp 5VDC
- Mạch tạo điện áp 3.3VDC

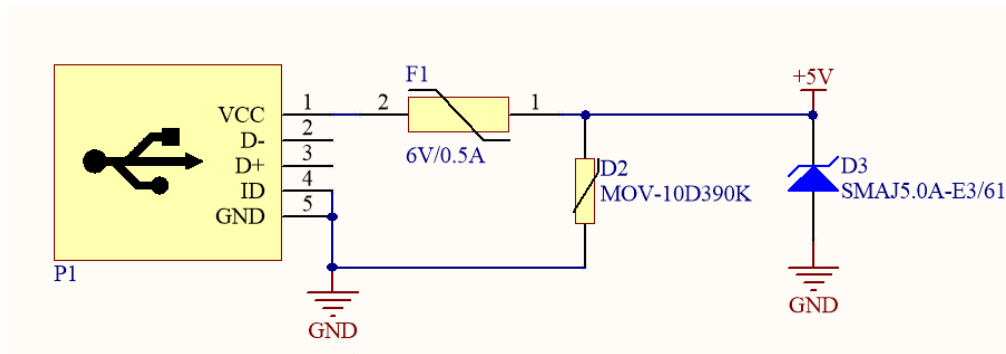
3.1.1 Lựa chọn phương án chuyển điện áp từ 220VAC về 5VDC và mạch bảo vệ

Như đã nói ở trên, thiết bị sẽ sử dụng một trong hai nguồn điện đó là 220VAC từ điện lưới dân dụng, do đây là nguồn xoay chiều điện thế cao, muốn sử dụng được cho thiết bị thì cần hạ áp và chuyển về điện áp một chiều. Có nhiều cách để chuyển điện áp từ 220VAC về 5VDC, đồ án này sẽ sử dụng adapter 5V/2A USB vì lí do thông dụng và giá thành rẻ.



Hình 3.1. Adapter 5V/2A USB [8]

Đầu ra sau adapter là nguồn điện 5V/2A sẽ được nối vào thiết bị thông qua dây cáp USD-to-microUSB và header P1 như trong Hình 3.2



Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý mạch bảo vệ nối từ adapter vào thiết bị

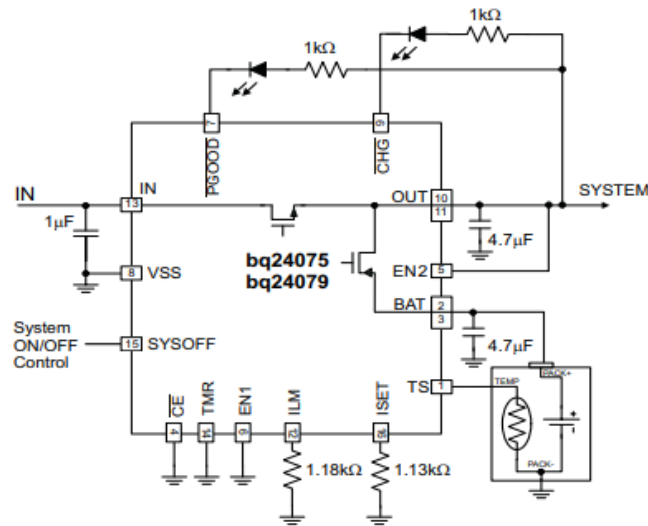
Nguồn điện vào từ header P1 sẽ đi qua các phần tử bảo vệ và ổn định mạch điện như:

- Tụ chống sét D2 và cầu chì F1 chống lại sự gia tăng đột ngột về điện áp. Khi dòng điện đầu vào quá lớn, điện trở của D2 sẽ giảm, khiến cho dòng qua F1 tăng, làm đứt cầu chì, bảo vệ các thành phần phía sau.
- Diode tvs D3 để loại bỏ các điện áp cao hơn điện áp định mức 5V của diode. Với các xung điện áp cao hơn điện áp 5V, diode sẽ dẫn để xả điện áp cao xuống GND, đảm bảo không có điện áp cao đi vào mạch phía sau diode.

3.1.2 Mạch quản lý nguồn và sạc pin

Theo như mục đích thiết kế, nguồn cấp cho mạch cần chuyển đổi qua lại giữa nguồn chính và nguồn dự phòng, đồng thời quá trình sạc cho Pin cần được quản lý chặt chẽ, vì vậy sử dụng IC sạc “BQ24073RGTT” của hãng Texas Instrusment hoàn toàn đáp ứng được mục tiêu đề ra. Một số tính năng của IC này [9] như sau:

- Dòng sạc tối đa là 1.5A ở chế độ sạc nhanh
- Điện áp vào tối đa có thể hoạt động: 6.4V
- Điện áp vào tối đa có thể chịu được: 28V
- Phù hợp với Pin Li-ion và Li-Polymer
- Điện áp sạc cho Pin: 4.2V
- Cấu hình được thời gian sạc, dòng sạc
- Báo trạng thái sạc: đang sạc, sạc xong, nguồn
- Bảo vệ dòng ngược, ngắn mạch, quá nhiệt



Hình 3.3. Mạch ứng dụng điển hình của IC sạc bq2407x. [9]

Nguyên lý hoạt động của IC như sau:

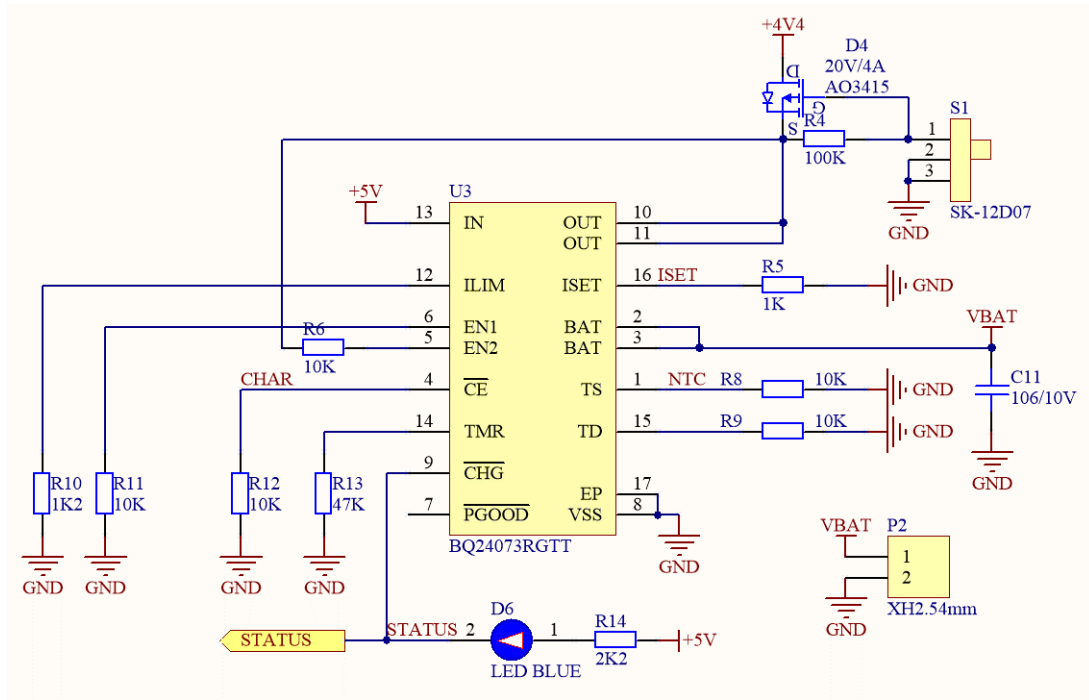
- Khi $V_{IN} < V_{UVLO}$ (V_{IN} là điện áp đầu vào vào chân số 13 của IC, V_{UVLO} là điện áp ngưỡng dưới, điện áp này có giá trị từ 3.2V đến 3.4V), lúc này IC ở chế độ “downmode”: các chân CE, EN1, EN2 bị bỏ qua; chân CHG và PGOOD được để ở mức cao; mosfet Q_1 nối giữa chân IN và chân OUT bị đóng; mosfet Q_2 nối giữa chân BAT và chân OUT được mở (Nếu chân TD = 1 thì Q_2 đóng).

- Khi $V_{UVLO} < V_{IN} < V_{BAT} + V_{IN(DT)}$, (V_{BAT} là điện áp chân 2 và chân 3 của IC, $V_{IN(DT)}$ là điện áp phát hiện đầu vào, giá trị 55-130 mV), lúc này IC được bật, tuy nhiên vẫn hoạt động ở chế độ downmode.

- Khi $V_{IN} > V_{BAT} + V_{IN(DT)}$, chân PGOOD được đưa lên cao; các chân CE, EN1, EN2 được đọc, IC chuyển sang chế độ “standby mode” nếu “EN1=EN2=1” hoặc khi xảy ra hiện tượng quá áp đầu vào $V_{IN} > V_{OVP}$ (V_{OVP} là điện áp ngưỡng trên, điện áp này có giá trị 28V). Ở chế độ này, mosfet Q_1 nối giữa chân IN và chân OUT bị đóng; mosfet Q_2 nối giữa chân BAT và chân OUT được mở (Nếu chân TD = 1 thì Q_2 đóng).

- Khi $V_{BAT} + V_{IN(DT)} < V_{IN} < V_{OVP}$ và EN1, EN2 không đồng thời bằng 1, IC sẽ kiểm tra ngắn mạch tại các chân ISET và ILIM, nếu không IC sẽ bật Q_1 với giới hạn dòng 100mA để kiểm tra ngắn mạch tại chân OUT, nếu không xảy ra ngắn mạch, IC đi vào chế độ “normal operation”: mosfet Q_1 được mở để lấy nguồn từ chân IN và liên tục theo dõi các chân CE, EN1, EN2 và điện áp V_{IN} .

- Để bắt đầu quá trình sạc, chân CE phải sẵn sàng được đọc (tức là $V_{IN} > V_{BAT} + V_{IN(DT)}$) và được đặt ở mức logic thấp. Đầu tiên, IC kiểm tra ngắn mạch trên chân BAT bằng cách cấp nguồn $I_{BAT(SC)}$ vào pin và theo dõi điện áp. Khi điện áp V_{BAT} vượt quá $V_{BAT(SC)}$ thì quá trình sạc pin sẽ được bắt đầu. Quá trình sạc sẽ diễn ra trong 3 pha: pha trước sạc, pha sạc cố định dòng, pha sạc cố định áp.



Hình 3.4. Sơ đồ khối của mạch quản lý nguồn và sạc pin

Hình trên là sơ đồ khối của mạch quản lý nguồn và sạc pin sử dụng IC BQ24073RGTT. Các chân số 12 (ILIM), chân số 16(ISET) và chân số 14 (TMR) dùng để cấu hình cho việc lựa chọn dòng vào tối đa và thời gian sạc nhanh. Công thức để tính toán các giá trị trên, theo hướng dẫn từ nhà sản xuất, như sau:

$$R_{ISET} = \frac{K_{ISET}}{I_{CHG}} \text{ với } K_{ISET} = 890A\Omega \quad PT 3.1$$

Từ PT 3.1, chọn điện trở $R_{ISET} = 1k$ ta có dòng điện giới hạn sạc nhanh $I_{CHG} = 0.89 A$

$$R_{ILIM} = \frac{K_{ILIM}}{I_{IN}} \text{ với } K_{ILIM} = 1550A\Omega \quad PT 3.2$$

Từ PT 3.2, chọn điện trở $R_{ILIM} = 1.2k$ ta có dòng điện tối đa cấp cho hệ thống là $I_{IN} = 1.29A$.

$$R_{TMR} = \frac{t_{maxCHG}}{10K_{TMR}} \text{ với } K_{TMR} = 48s/k\Omega \quad PT 3.3$$

Từ PT 3.3, chọn điện trở $R_{TMR} = 47k$ ta có thời gian sạc $t_{maxCHG} = 6.27h$

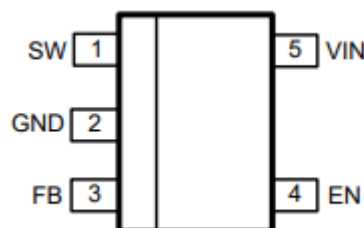
Dựa trên các tính toán trên và mục đích thiết kế, cách nối các chân trong IC được trình bày như sau:

- Chân 1 (TS) được nối với trở R8 xuống đất. Nếu Pin có nhiệt điện trở thì chân này được nối với nhiệt điện trở, tuy nhiên Pin chúng em sử dụng không có nên chân này được nối với trở 10k xuống đất theo khuyến nghị của nhà sản xuất.

- Chân 2,3 (BAT) được nối với Pin, tụ C11 được mắc ngay trước hai chân này để làm nhiệm vụ ổn định điện áp.
- Chân 4 (CE) nối với trở 10k xuống đất để bật chế độ cho phép sạc.
- Chân 5 (EN2) nối với trở 10k lên chân OUT để giữ điện áp ở mức cao và chân 6 (EN1) nối với trở 10k xuống đất để giữ điện áp ở mức thấp. Với cài đặt này, IC sẽ hoạt động ở chế độ sạc với dòng được cài đặt theo điện trở R_{ILM} .
- Chân 7 (PGOOD) để treo. Chân này có chức năng báo hiệu điện áp V_{IN} có nằm trong ngưỡng cho phép hay không, tuy nhiên trong ứng dụng của đồ án này là không cần thiết nên để treo.
- Chân 8 (VSS) nối với đất chung.
- Chân 9 (CHG) nối với LED BLUE và điện trở 2k2 để bảo vệ LED rồi nối vào điện áp 5V. Nếu đang trong quá trình sạc, chân này sẽ ở mức thấp và đèn LED sẽ sáng. Ngược lại, nếu đã sạc xong hoặc chế độ sạc bị tắt, chân này sẽ ở mức cao và đèn không sáng. Ngoài ra chân này còn nối với vi điều khiển để có thể theo dõi quá trình sạc từ màn hình OLED.
- Chân 10,11 (OUT) là chân điện áp ra, chân này sẽ mắc với mosfet D5 và công tắc S1, đồng thời mắc với các chân 5 như đã mô tả ở trên. Khi công tắc đóng, mosfet D5 mở và điện áp tại chân này sẽ cung cấp cho các phần tử phía sau.
- Chân 12 (ILM) mắc với điện trở R_{ILM} xuống đất, để cài đặt dòng sạc.
- Chân 13 (IN) mắc với điện áp 5VDC.
- Chân 14 (TMR) mắc với điện trở R_{TMR} xuống đất, để cài đặt thời gian sạc.
- Chân 15 (TD) nối với trở 10k xuống đất để cài đặt mức logic 0, khi đó chế độ ngắt sạc sẽ được bật, khi sạc xong pin sẽ được ngắt khỏi nguồn sạc
- Chân 16 (ISET) nối với điện trở R_{ISET} xuống đất, để cài đặt dòng sạc trong pha sạc cố định dòng.
- Chân 17 là pad tản nhiệt, chân này được nối với đất chung.

3.1.3 Mạch tạo điện áp 5VDC

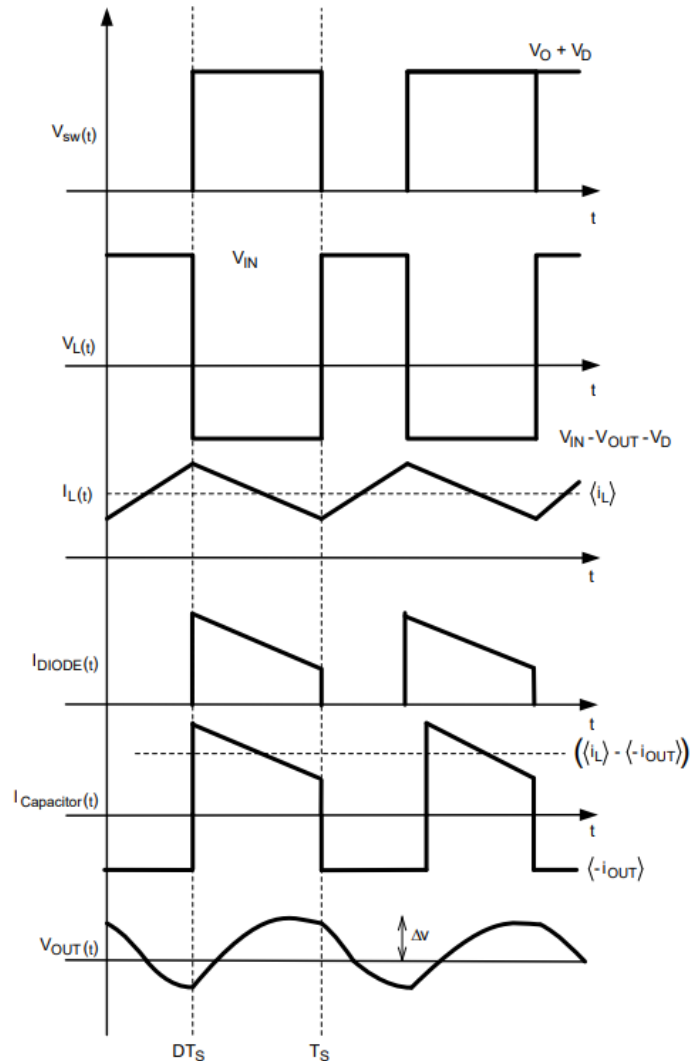
Phần 3.1.2 đã trình bày về khối quản lý nguồn đầu vào, điện áp đầu ra sẽ thay đổi tùy theo nguồn được chọn bởi IC BQ24073RGTT. Điện áp đầu ra sẽ bằng 4.4V nếu điện áp $V_{IN} = 5V$ hoặc bằng điện áp Pin nếu không có điện áp vào tại V_{IN} . Vì vậy cần thiết kế mạch ổn áp để cung cấp một điện áp 5VDC ổn định cho các phần tử cần nguồn 5VDC như quạt, cảm biến bụi, cảm biến nhiệt độ và độ ẩm, module màn hình OLED. Lựa chọn trong trường hợp này là sử dụng IC boost-converter LMR62421 của hãng Texas Instrusment để tăng điện áp lên 5VDC.



Hình 3.5. Sơ đồ các chân của LMR62421 [10]

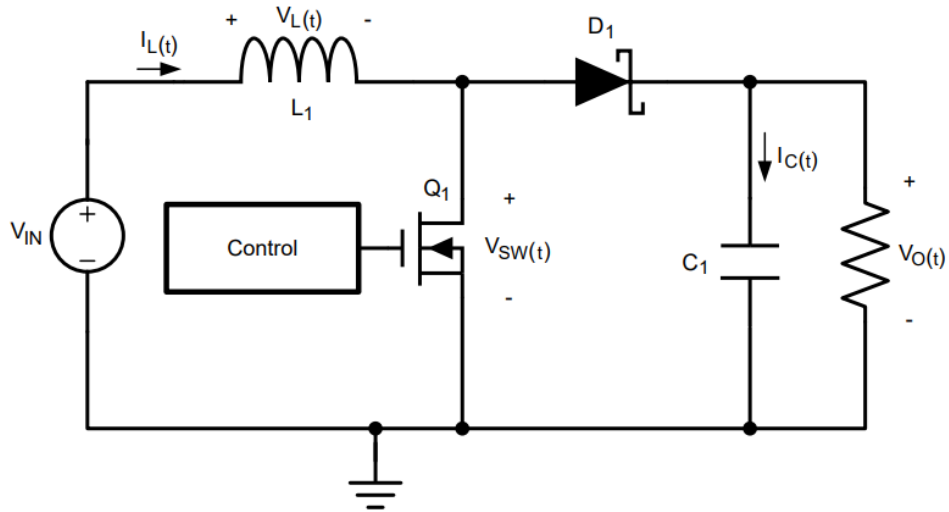
Một số thông số của LMR62421 [10] như sau:

- Điện áp vào: 2.7V – 5.5V
- Điện áp ra tối đa: 24V
- Dòng đóng cắt tối đa: 2.1A
- Tần số đóng cắt: 1.6MHz



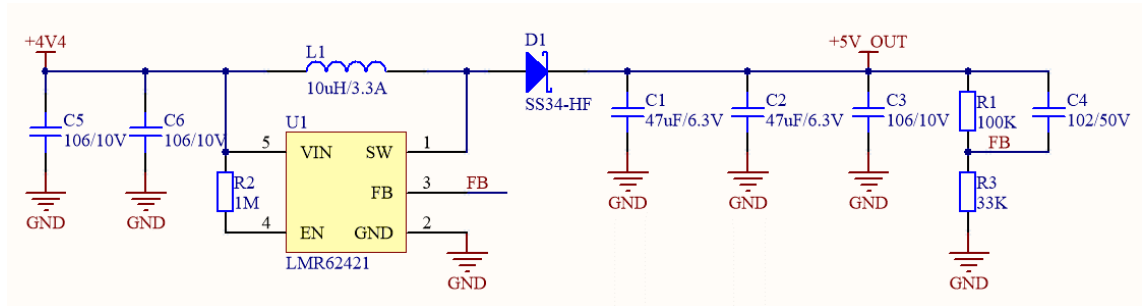
Hình 3.6. Đồ thị sóng theo chu kỳ [10]

Nguyên lý hoạt động của IC này giống như một mạch boost converter cơ bản. Điện áp đầu ra được điều chỉnh bằng cách đóng ngắt mosfet NMOS bên trong với tần số không đổi và Duty Cycle có thể thay đổi. Một chu kỳ đóng cắt được bắt đầu bởi một xung sườn xuống, khi đó NMOS sẽ dẫn và V_{sw} giảm xuống xấp xỉ GND và I_L tăng tuyến tính, điện áp phản hồi và điện áp tham chiếu được so sánh với nhau, khi chênh lệch này tăng cao NMOS sẽ ngắt cho tới đầu chu kỳ tiếp theo. Khi NMOS ngắt, dòng điện dẫn qua Diode, điện áp V_{sw} lúc này sẽ bằng với điện áp thuận của Diode cộng với điện áp đầu ra. IC thay đổi Duty Cycle để duy trì điện áp đầu ra không đổi.



Hình 3.7. Mạch nguyên lý cơ bản của IC [10]

Sơ đồ nguyên lý của mạch tạo điện áp 5VDC như sau:



Hình 3.8. Sơ đồ nguyên lý mạch tạo điện áp 5VDC

Điện áp đầu ra của mạch quản lý nguồn và sạc pin được nối vào chân V_{IN} thông qua các tụ decoupling C5 và C6. Để cài đặt điện áp ra 5VDC thì cần điều chỉnh tỉ lệ giữa điện trở R1 và điện trở R3 theo công thức sau [10]:

$$R_1 = \left(\frac{V_{out}}{V_{Ref}} - 1 \right) \cdot R_3 \text{ với } V_{Ref} = 1.255V \quad PT 3.4$$

Từ đó, chọn $R_1=100k$ và $R_3=33k$ ta sẽ có được điện áp ra là 5VDC. Chân EN được nối với VIN thông qua 1 điện trở 1M để đảm bảo khi hoạt động lúc nào chân EN cũng được đặt ở mức logic cao. Các giá trị còn lại trên mạch được chọn theo khuyến cáo của nhà sản xuất [10].

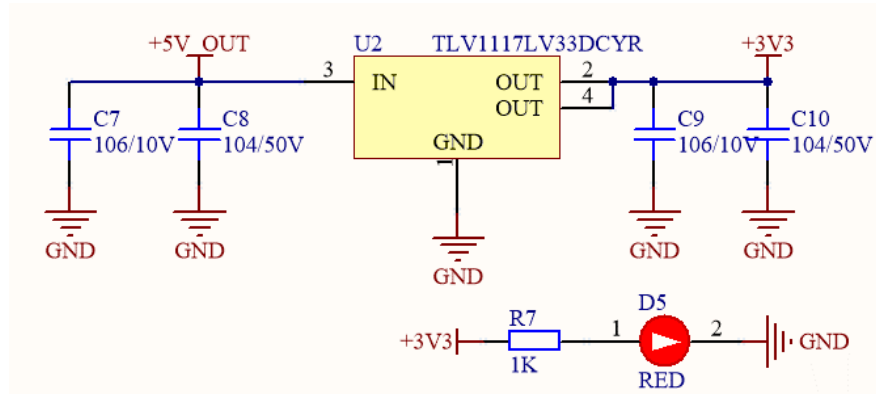
3.1.4 Mạch tạo điện áp 3.3VDC

Trong thiết kế này, có các phần tử sử dụng điện áp 3.3VDC để hoạt động như MCU, còi chirp. Vì vậy cần thiết kế mạch tạo điện áp 3.3VDC từ các điện áp đã có sẵn, trong trường hợp này, sử dụng một LDO là hoàn toàn hợp lý và phù hợp. Thông qua khảo sát thấy IC LDO TLV1117LV33DYCR đáp ứng đủ yêu cầu đã đề ra. Một số thông số của IC này [11]:

- Điện áp vào: 2.0V – 5.5V
- Điện áp vào tối đa: 6.0V
- Điện áp đầu ra: $3.3 \pm 0.05 V$

- Độ chính xác: 1.5%
- Có chức năng bảo vệ quá nhiệt và quá dòng.

Dưới đây là sơ đồ nguyên lý của mạch tạo điện áp 3.3VDC:



Hình 3.9. Sơ đồ nguyên lý mạch tạo điện áp 3.3VDC

IC này có 4 chân, được đóng gói theo kiểu SOT223, chân 3 là chân điện áp ngõ vào, được lấy từ đầu ra của mạch quản lý nguồn và sạc pin, các tụ C7 và C8 là các tụ decoupling, làm nhiệm vụ ổn định điện áp. Điện áp ngõ ra là điện áp 3.3VDC được lấy từ chân 2 và chân 4, ở đây C9 và C10 cũng là các tụ decoupling. Đèn LED D5 để báo hiệu có nguồn 3.3VDC hay không.

3.2 Thiết kế khối cảm biến

Khối cảm biến có nhiệm vụ thu thập dữ liệu từ không khí trong phòng, chuyển thành tín hiệu tương tự rồi truyền về vi điều khiển để thực hiện các thao tác tính toán, hiển thị. Khối cảm biến bao gồm 3 thành phần:

- Cảm biến bụi GP2Y1014
- Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT22
- Quạt đối lưu.

Sau đây đồ án xin lần lượt trình bày các thành phần của khối.

3.2.1 Cảm biến bụi

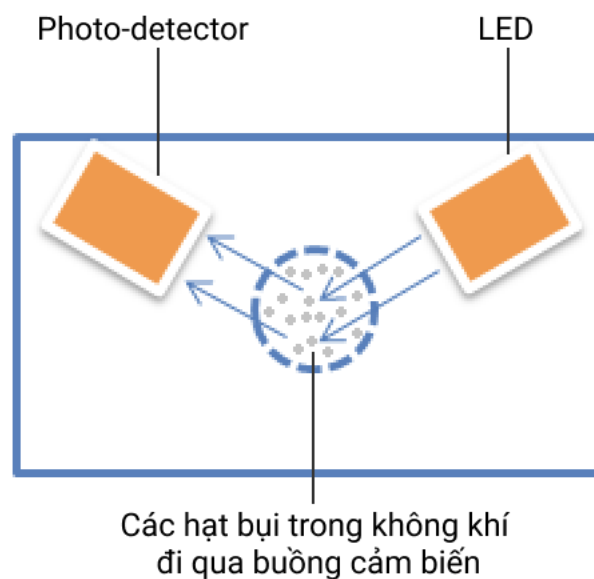
GP2Y1014AU0F là một trong những mẫu cảm biến bụi PM của hãng Sharp, nó được thiết kế để sử dụng trong các máy lọc không khí gia đình, máy điều hòa và các ứng dụng cần theo dõi chất lượng không khí trong phòng. Một số thông số kỹ thuật của cảm biến [12]:

- Điện áp hoạt động: 4.5-5.5VDC
- Kích thước: $46 \times 30 \times 17.6\text{mm}$
- Kích thước hạt bụi tối thiểu có thể đo được: $0.5\mu\text{m}$
- Nồng độ bụi tối đa có thể đo được: $\sim 580 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Tín hiệu ra: tín hiệu tương tự
- Độ chính xác: 15%



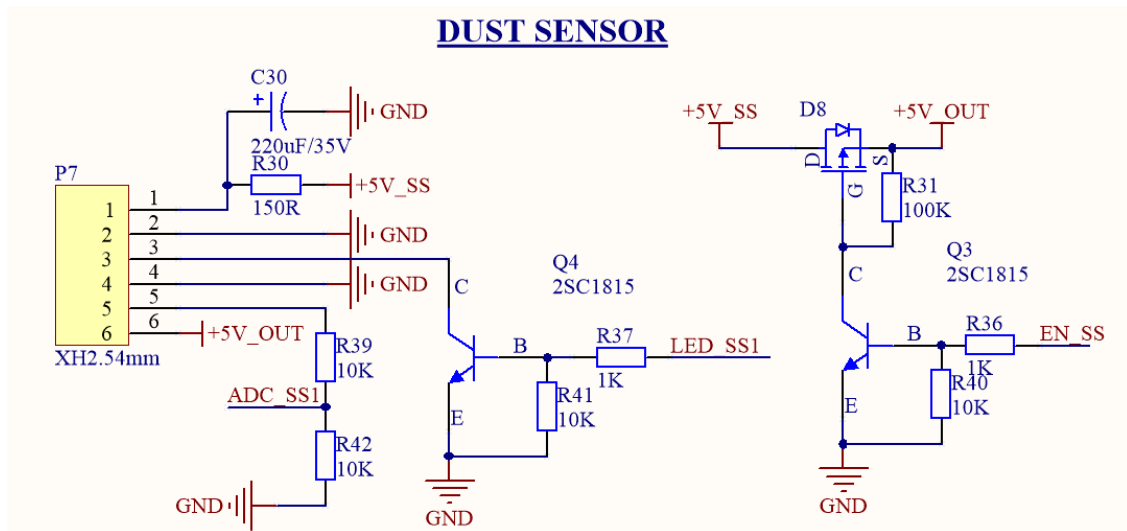
Hình 3.10. Cảm biến bụi PMx GP2Y1014AU0F

GP2Y1014AU0F hoạt động trên nguyên lý tán xạ ánh sáng. Một photo-detector và một đèn LED được mắc ở hai bên dưới một góc lệch như Hình 3.11. Khi không khí có chứa các hạt bụi đi qua buồng cảm biến, ánh sáng từ đèn LED chiếu tới các hạt bụi sẽ bị tán xạ về phía photo-detector. Càng có nhiều bụi trong buồng cảm biến, cường độ ánh sáng tán xạ càng lớn. Cảm biến sẽ tạo ra một điện áp ra thay đổi theo cường độ của ánh sáng tán xạ, tương ứng với mức độ bụi trong không khí. Từ giá trị điện áp này có thể tính ra nồng độ bụi theo một quan hệ tuyến tính.



Hình 3.11. Mô tả nguyên lý hoạt động của cảm biến bụi GP2Y1014AU0F

Dưới đây là sơ đồ nguyên lý của khối cảm biến bụi:



Hình 3.12. Sơ đồ nguyên lý mạch cảm biến bụi

Cảm biến hoạt động dưới điện áp 5VDC, để điều khiển cấp nguồn cho cảm biến, nguồn +5V_SS sẽ được nối vào nguồn 5V_OUT thông qua mosfet D8. Khi có tín hiệu điều khiển từ MCU thông qua chân EN_SS, transistor Q7 sẽ mở và thông giữa chân C và chân E làm cho điện thế tại cực G của mosfet D8 bằng 0, lúc này $U_{GS} < 0$, mosfet sẽ dẫn dòng điện từ cực S sang cực D để cấp nguồn cho khối cảm biến. Ngược lại, khi tắt tín hiệu điều khiển từ MCU, transistor không dẫn nữa, điện thế tại cực G sẽ gần bằng điện thế tại cực S do tác dụng của điện trở R42 nối giữa 2 cực này, lúc này $U_{GS} \approx 0$ và mosfet sẽ ngắt nguồn 5V_OUT ra khỏi +5V_SS để tạm ngừng hoạt động của cảm biến.

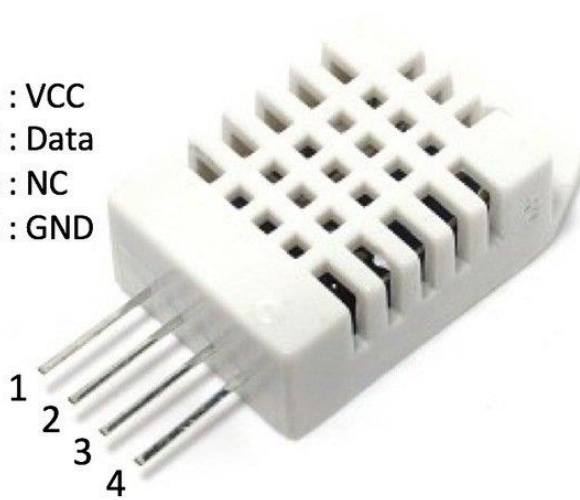
Để cảm biến hoạt động được chính xác, nhà sản xuất khuyến cáo cần phải mắc chân 1 với điện trở 150Ω lên nguồn và tụ 220μF xuống đất. Đồng thời, khi tiến hành đo đạc, cần cấp tín hiệu điều khiển để bật LED sau đó tiến hành lấy mẫu. MCU gửi tín hiệu điều khiển thông qua chân LED_SS1, transistor Q4 sẽ mở, chân 3 của cảm biến được nối đất, đèn LED bên trong cảm biến sẽ sáng. Sau khi lấy mẫu xong, điện áp output từ chân 5 của cảm biến sẽ được phân áp và nối vào MCU để tiến hành tính toán và xử lý.

3.2.2 Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm

Cảm biến DHT22 là một trong nhiều loại cảm biến nhiệt độ và độ ẩm thông dụng trên thị trường. Với đầu ra số, độ chính xác cao, giá thành rẻ và kích thước nhỏ gọn, DHT22 hoàn toàn đáp ứng được những yêu cầu thiết kế trong đồ án này. Một số thông số kỹ thuật của DHT22 như sau [13]:

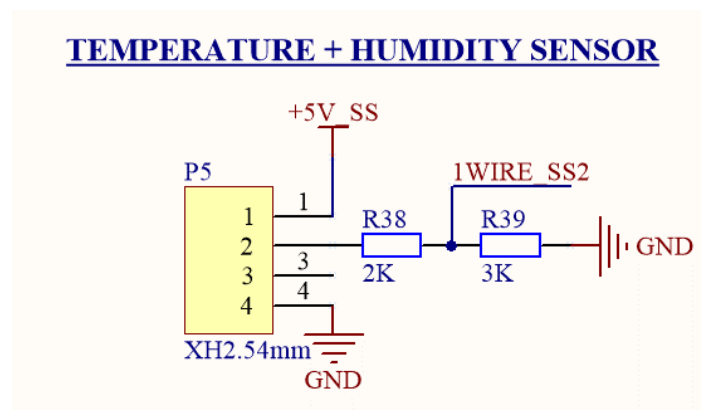
- Điện áp hoạt động: 3.3-5.5VDC
- Tín hiệu ra: tín hiệu số
- Dải đo: 0-100% với độ ẩm và -40~80 °C với nhiệt độ
- Sai số: ±2% với độ ẩm và ±0.5 °C với nhiệt độ
- Độ nhạy: 0.1% với độ ẩm và 0.1 °C với nhiệt độ

- 1 : VCC
- 2 : Data
- 3 : NC
- 4 : GND



Hình 3.13. Cảm biến DHT22

Sơ đồ nguyên lý cách nối dây của cảm biến DHT22 trên mạch:



Hình 3.14. Sơ đồ nguyên lý cách nối dây cảm biến DHT22

Cảm biến DHT22 có 4 chân, trong đó: chân 1 sẽ nối lên nguồn +5V_SS để điều khiển cấp nguồn cùng với cảm biến đo nồng độ bụi; chân 2 được phân áp qua 2 điện trở 2K VÀ 3K rồi nối vào MCU (Do mức logic cao của tín hiệu output từ cảm biến là bằng với VCC tức 5V mà điện áp trên chân của MCU chỉ được tối đa là 4.1V, với phân áp này, điện áp mà MCU nhận được sẽ khoảng 3.3V); chân 3 không nối và chân 4 nối xuống đất chung.

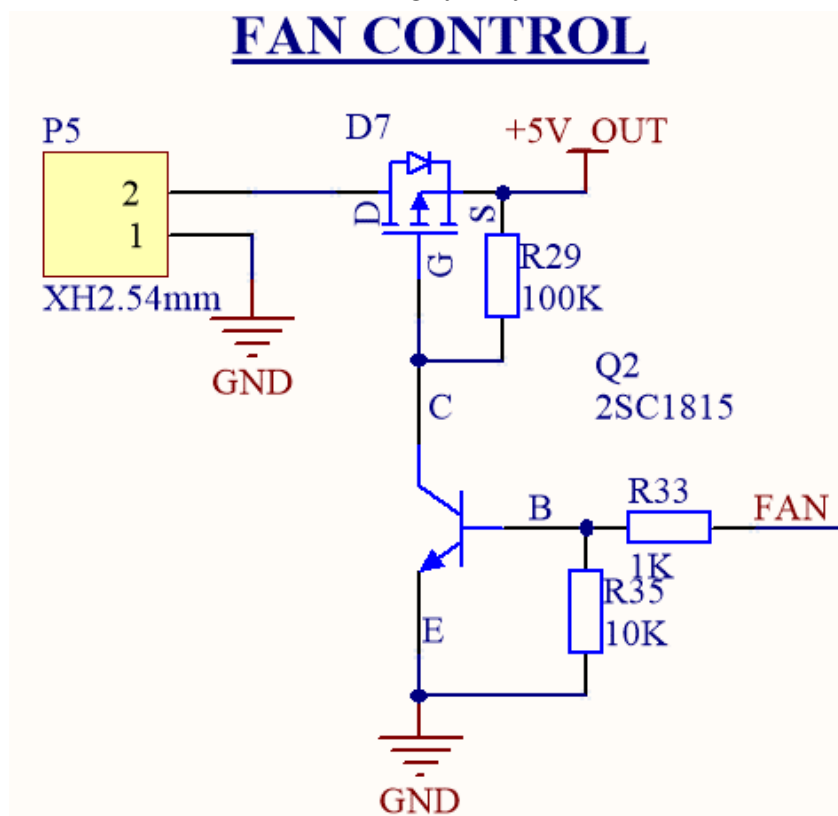
3.2.3 Quạt đối lưu

Do toàn bộ thiết kế được đặt trong một hộp nhựa bảo vệ, nên thông số của không khí bên trong hộp nhựa chưa chắc đã phản ánh đúng tình trạng không khí ngoài phòng, vì vậy yêu cầu đặt ra là cần một thiết bị đối lưu không khí từ ngoài vào trong hộp nhựa trước khi tiến hành đo đạc. Đồ án này sử dụng quạt tản nhiệt 4010HSL của hãng QiFeng do giá thành rẻ, kích thước nhỏ gọn và phù hợp với yêu cầu của thiết kế.



Hình 3.15. Quạt tản nhiệt 4010HSL của hãng QiFeng

Nguyên lý điều khiển quạt giống với nguyên lý điều khiển cấp nguồn cho cảm biến đã được mô tả ở trên. Sơ đồ nguyên lý của mạch như sau:



Hình 3.16. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển quạt

3.3 Thiết kế khối xử lý trung tâm

Khối điều khiển trung tâm đảm nhiệm nhiệm vụ thu thập dữ liệu từ đầu ra của mạch cảm biến. Tín hiệu này được xử lý, tính toán rồi truyền ra các thiết bị ngoại vi khác phục vụ hiển thị. Khối điều khiển trung tâm đảm nhiệm điều khiển các khối chức năng của thiết bị, đảm bảo thiết bị hoạt động ổn định, tiết kiệm năng

lượng. Đồ án này sử dụng ESP32-D0WD_V3 của hãng Espressif Systems với một số thông số kỹ thuật như sau [14]:

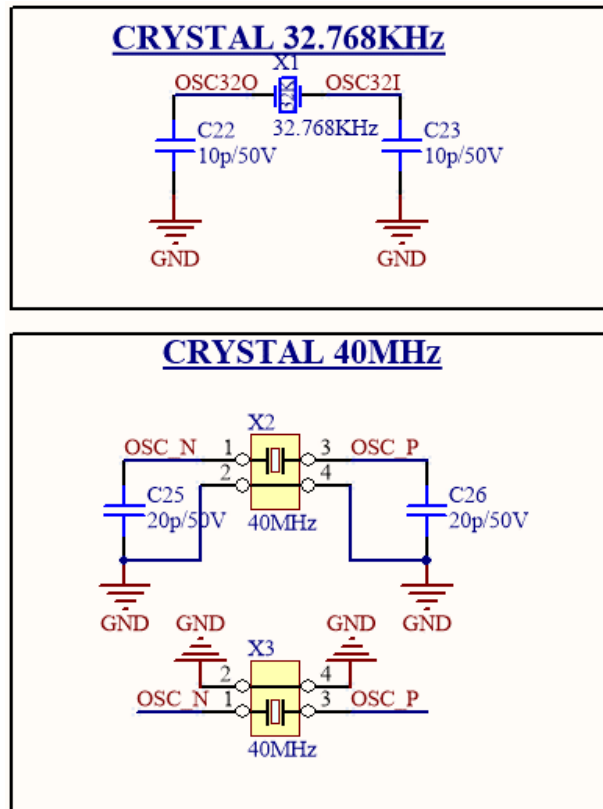
- Điện áp hoạt động: 3.3VDC
- Kết nối không dây: Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i; Bluetooth: v4.2 BR/EDR và Bluetooth Low Energy (BLE)
- Lõi: Tensilica Xtensa 32-bit LX6; 2 nhân
- Bộ nhớ: 448 KB ROM; 520 KB SRAM; 16 KB SRAM RTC
- Timer: 2 nhóm Timer, mỗi nhóm có 2 timer 64-bit và 1 watchdog timer
- ADC: 18 kênh ADC 12-bit
- Ngoại vi UART; SSI; I2C; I2S
- GPIO: 34 chân
- RF: 2.4-GHz RF Transceiver, tương thích với BLE 4.2
- Dòng tiêu thụ thấp: 5 μ A ở chế độ Hibernation, 10-150 μ A ở chế độ Deep-sleep, 0.8 mA ở chế độ Light-sleep...

Bảng dưới đây thể hiện sự phân bố tài nguyên vi điều khiển cho các khối:

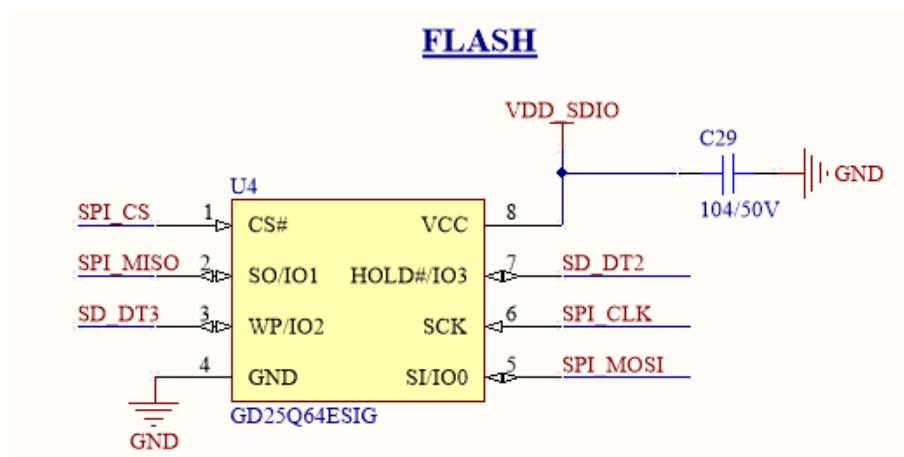
Bảng 3.1. Danh mục sử dụng ngoại vi của vi điều khiển

<i>STT</i>	<i>Tên ngoại vi</i>	<i>Tài nguyên sử dụng</i>	
		<i>Phần cứng</i>	<i>Số lượng</i>
1	Cảm biến bụi	GPIO + ADC	1 kênh ADC + 3 GPIO
2	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm	GPIO	1
3	Khối OLED	GPIO + I2C	1 GPIO + I2C
4	Khối nguồn	GPIO + ADC	1 kênh ADC + 2 GPIO
5	Nút bấm, còi, quạt	GPIO	4
6	Truyền thông	RF	1

Sơ đồ nguyên lý của khối điều khiển trung tâm được cho bởi 4 hình vẽ dưới đây:



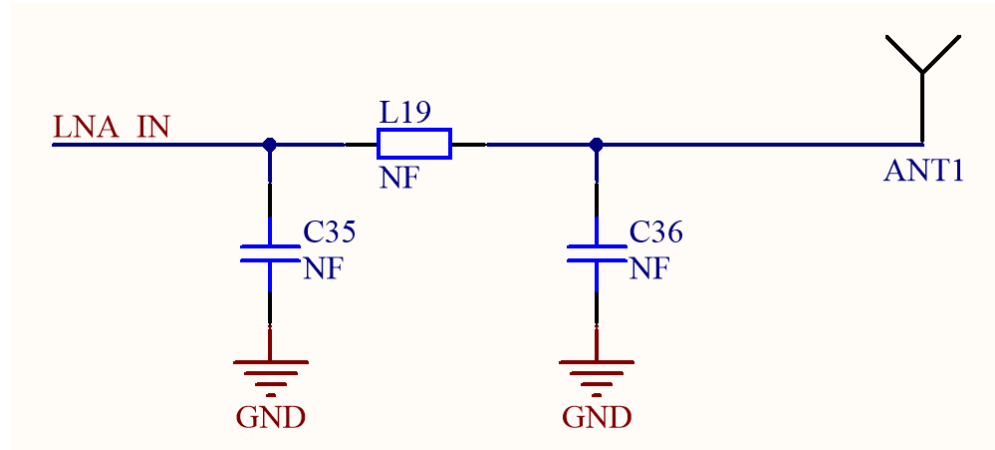
Hình 3.19. Thạch anh 32.768kHz và thạch anh 40MHz



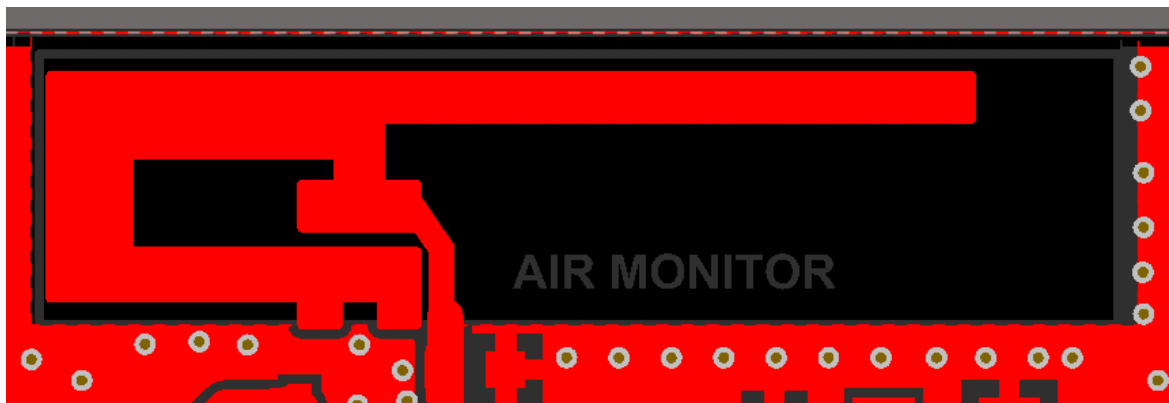
Hình 3.20. Flash ngoài của ESP32-D0WD-V3

3.4 Lựa chọn antenna

Với một ứng dụng nhúng cần đáp ứng yêu cầu kích thước nhỏ gọn và giá thành rẻ thì antenna tích hợp sẵn trên PCB là một giải pháp hiệu quả. Do không có chuyên môn về thiết kế antenna, nên ở đây em lựa chọn sử dụng antenna băng tần 2.4GHz của công ty thực tập, antenna này đã được ứng dụng trong các sản phẩm sử dụng BLE. Các tụ C35, C36 và cuộn cảm L19 dùng để hiệu chỉnh phối hợp trở kháng với antenna.



Hình 3.21. Sơ đồ nguyên lý khối truyền thông



Hình 3.22. Hình dạng antenna trên tấm PCB

3.5 Thiết kế khối ngoại vi

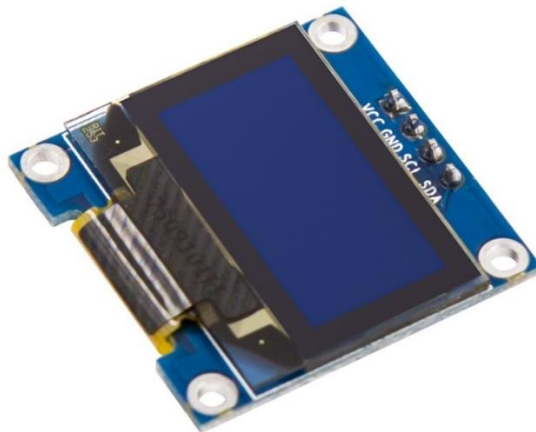
Khối ngoại vi gồm màn hình OLED, nút bấm và còi chip. Nhiệm vụ của khối ngoại vi là giao tiếp, truyền tải thông tin giữa người sử dụng và thiết bị.

3.5.1 Module màn hình OLED

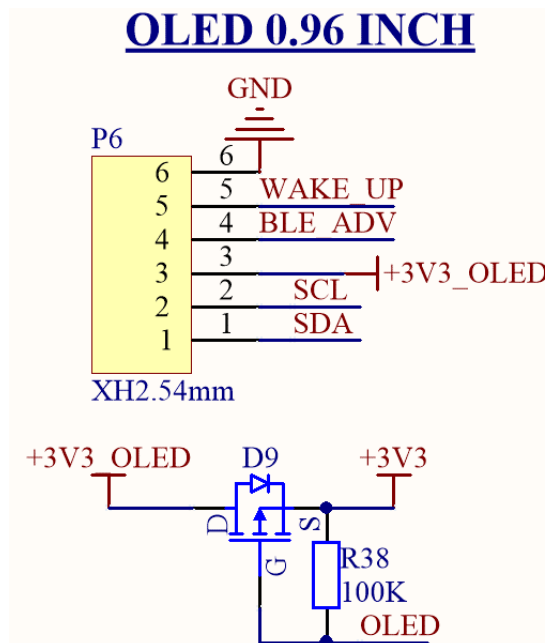
Để người dùng xem được các thông số về môi trường mà cảm biến đo được, màn hình cần có độ phân giải đủ lớn để hiển thị thông tin. Đồ án này sử dụng module màn hình OLED SSD1306 0.96inch I2C (sau đây gọi là SSD1306) để hiển thị thông tin vì lí do dễ kiếm, giá thành ổn, tiết kiệm điện năng. Thông số của module màn hình như sau:

- Dải điện áp hoạt động: 3.3 đến 5VDC
- Công suất tiêu thụ: 0.4W
- Kích thước: 26.70×19.26× 1.45 mm
- Độ phân giải: 128x64 px

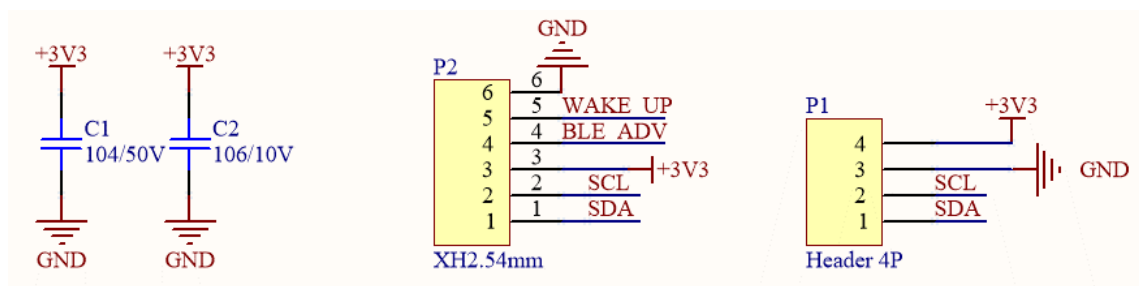
- Kích thước màn hình: 0.96 inch
- Nhiệt độ hoạt động: -30 – 70 °C



Hình 3.23. Module màn hình OLED 0.96inch



Hình 3.24. Sơ đồ nguyên lý mạch kết nối với module SSD1306 trên PCB MAIN



Hình 3.25 Sơ đồ nguyên lý mạch kết nối với module SSD1306 trên PCB OLED

Module được đặt ở mặt trên của vỏ hộp cùng 2 nút bấm để tiện thao tác với người sử dụng. Mặt trên này sẽ gắn PBC OLED. Module có 4 chân bao gồm: VCC, GND, SDA, SCL và được kết nối với PBC OLED bằng header P1, chân VCC nối với nguồn 3.3VDC qua 2 tụ decoupling C1 và C2, chân GND nối đất, 2 chân SCL

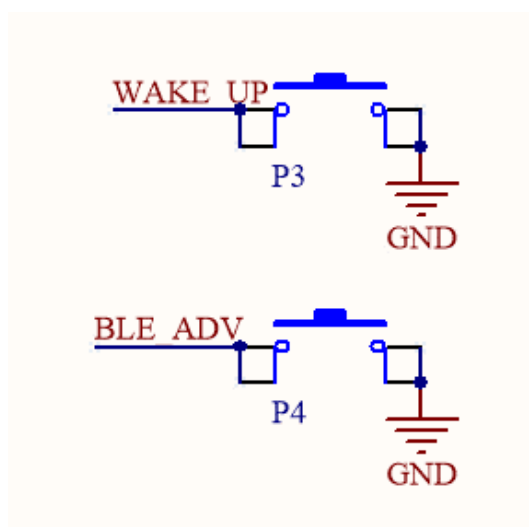
và SDA được pull-up lên 3.3V thông qua điện trở 10K rồi nối với chân 20 và 21 của MCU.

Header P2 của PCB OLED được kết nối với header P6 của PCB MAIN qua dây nối ngoài. Nguồn 3.3V trước khi nối vào header P6 thì được điều khiển đóng mở bởi MCU thông qua Mosfet D9. Nguyên lý đóng mở đơn giản hơn nguyên lý đóng mở cảm biến và quạt bên trên do nguồn cấp cho SSD1306 là 3.3VDC bằng với điện áp tạo ra trên các chân IO của MCU. Khi chân OLED có mức logic cao, tức có điện áp 3.3VDC, điện thế $U_{GS} = 0$ và mosfet sẽ đóng. Ngược lại, khi mức logic ở chân OLED được kéo xuống thấp, U_{GS} lúc này sẽ âm và mosfet sẽ dẫn, Module OLED sẽ được cấp điện áp và sẵn sàng hiển thị thông tin mà MCU truyền qua 2 chân SCL và SDA.

3.5.2 Nút bấm

Trên mặt trên của thiết bị có 2 nút bấm chức năng. Nút bấm thứ nhất là nút WAKE_UP, có tác dụng đánh thức MCU khỏi chế độ ngủ. MCU được lập trình để điều khiển thiết bị đi vào trạng thái ngủ giữa mỗi lần đo thông số nhằm tiết kiệm năng lượng tiêu thụ. Tuy nhiên, nếu người dùng muốn xem thông số hiện tại mà thiết bị vẫn chưa đến chu kỳ đo tiếp theo thì người dùng có thể nhấn nút WAKE_UP để gọi MCU dậy và thực hiện chu kỳ đo tiếp theo ngay lập tức.

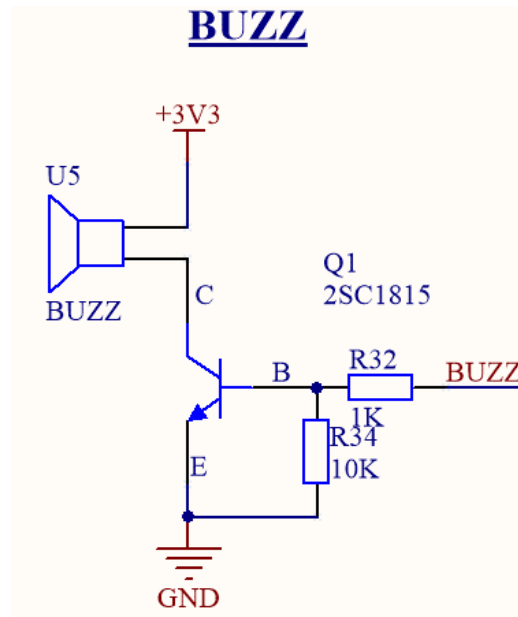
Nút thứ hai là nút BLE_ADV, có tác dụng bật chế độ phát bản tin advertising của MCU, khi bấm nút, cách thiết bị khác có thể tìm và kết nối với thiết bị bằng BLE.



Hình 3.26. Cách nối dây với 2 nút bấm

3.5.3 Còi chirp

Khi các thông số trong môi trường vượt ngưỡng an toàn, cần phải thông báo cho người sử dụng biết để xử lý. Khi đó, còi chirp sẽ được điều khiển để kêu báo hiệu. Còi chirp sử dụng nguồn 3.3V, chân dương nối với nguồn, chân âm nối với cực C của transistor NPN Q1, cực B nối lên chân BUZZ của Vi điều khiển thông qua điện trở 1k, cực E nối đất, giữa cực B và cực E mắc điện trở 10k. Khi chân BUZZ được đưa lên mức logic 1, transistor sẽ mở để dòng đi từ cực C tới cực E, còi chirp sẽ kêu.



Hình 3.27. Sơ đồ nguyên lý mắc còi chip

3.6 Kết luận

Với những yêu cầu đặt ra ở chương 2, chương 3 của đồ án đã đi vào phân tích, tính toán các thông số để đưa ra những lựa chọn, thiết kế thỏa mãn các yêu cầu đó với từng khối riêng biệt: khối nguồn (thành phần chính: IC sạc, IC boost-converter, IC LDO); khối cảm biến (cảm biến bụi, cảm biến nhiệt độ và độ ẩm, quạt đối lưu); khối xử lý trung tâm; khối truyền thông; khối ngoại vi (nút bấm, OLED, còi chip).

CHƯƠNG 4. LẬP TRÌNH PHẦN MỀM

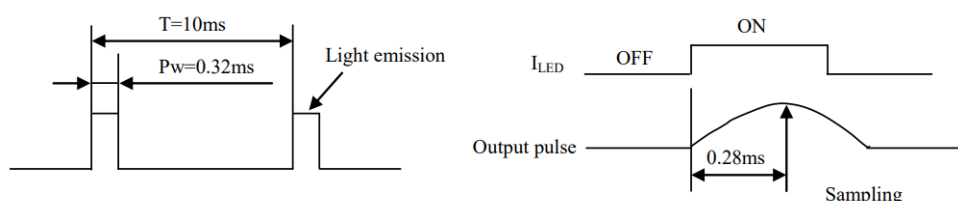
Phần này sẽ trình bày các thiết kế phần mềm cho thiết bị. Nội dung sẽ đi vào việc tổ chức các chương trình, lưu đồ thuật toán, nêu ra các kịch bản hoạt động của thiết bị.

4.1 Lập trình đọc cảm biến bụi

Cảm biến bụi hoạt động dựa trên nguyên lý tán xạ ánh sáng, vậy để cảm biến thực hiện đo nồng độ bụi, cần lập trình để điều khiển bật tắt LED bên trong cảm biến. Nhà sản xuất khuyến cáo nên cài đặt 1 chu kỳ lấy mẫu là $T = 10\text{ms}$, bật đèn LED trong $Pw = 0.32$ mili giây đầu tiên của chu kỳ, đọc cảm biến sau khi bắt đầu bật LED 0.28ms .

Bảng 4.1. Thông số về chu kỳ lấy mẫu và thời gian bật LED theo khuyến cáo của nhà sản xuất cảm biến [15]

Parameter	Symbol	Specified condition	Recommended condition	Unit
Pulse cycle	T	10	10 ± 1	ms
Pulse width	Pw	0.32	0.32 ± 0.02	ms



Hình 4.1. Cài đặt thời gian lấy mẫu

Giá trị nồng độ bụi được tính theo công thức:

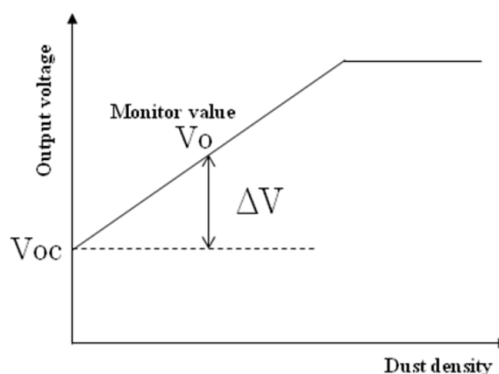
$$\text{Nồng độ bụi } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{V_{\text{out}} - V_{\text{oc}}}{K} \times 100 \quad \text{PT 4.1}$$

Với: V_{out} - giá trị đầu ra cảm biến

V_{oc} - giá trị đầu ra lúc không có bụi

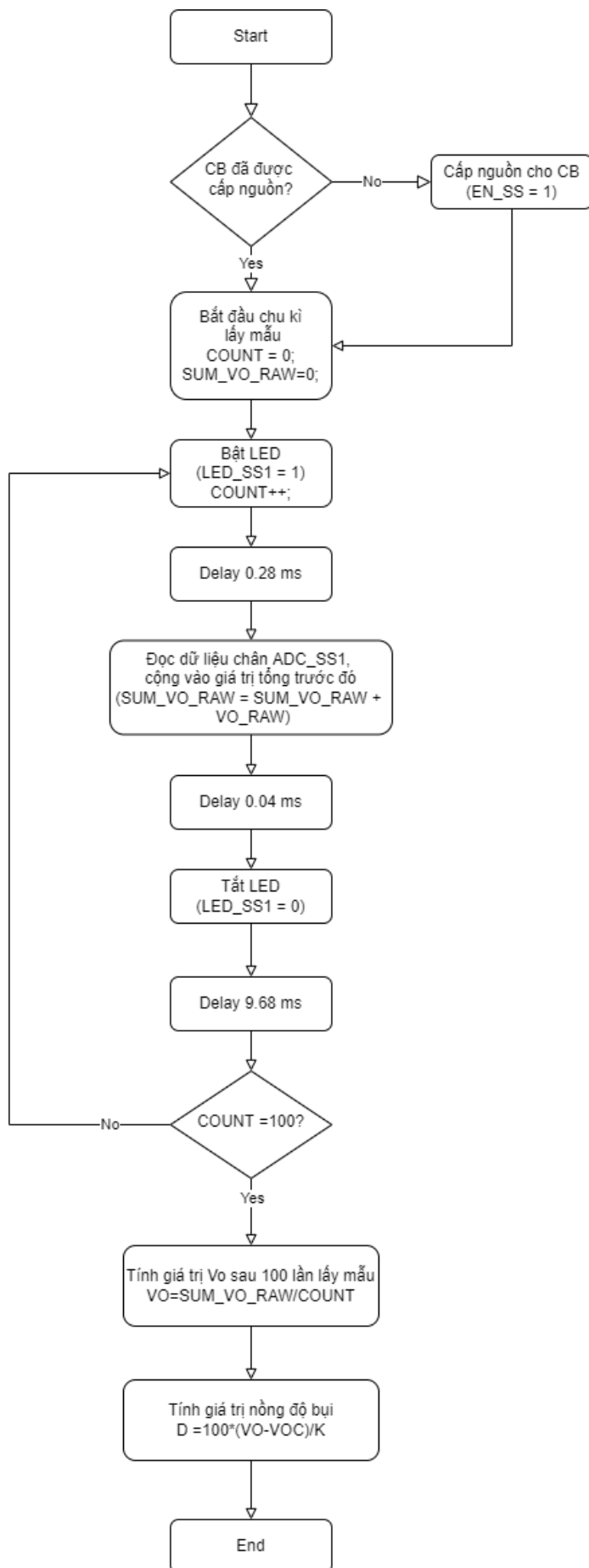
K - hằng số độ nhạy = 0.5

Giá trị của K và V_{oc} có thể cài đặt lại trong khâu hiệu chỉnh cảm biến để kết quả đo được chính xác hơn.



Hình 4.2. Biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa nồng độ bụi đo được và giá trị điện áp ra.

Dưới đây là lưu đồ thuật toán đọc cảm biến bụi:



Hình 4.3. Lưu đồ thuật toán đọc cảm biến bụi

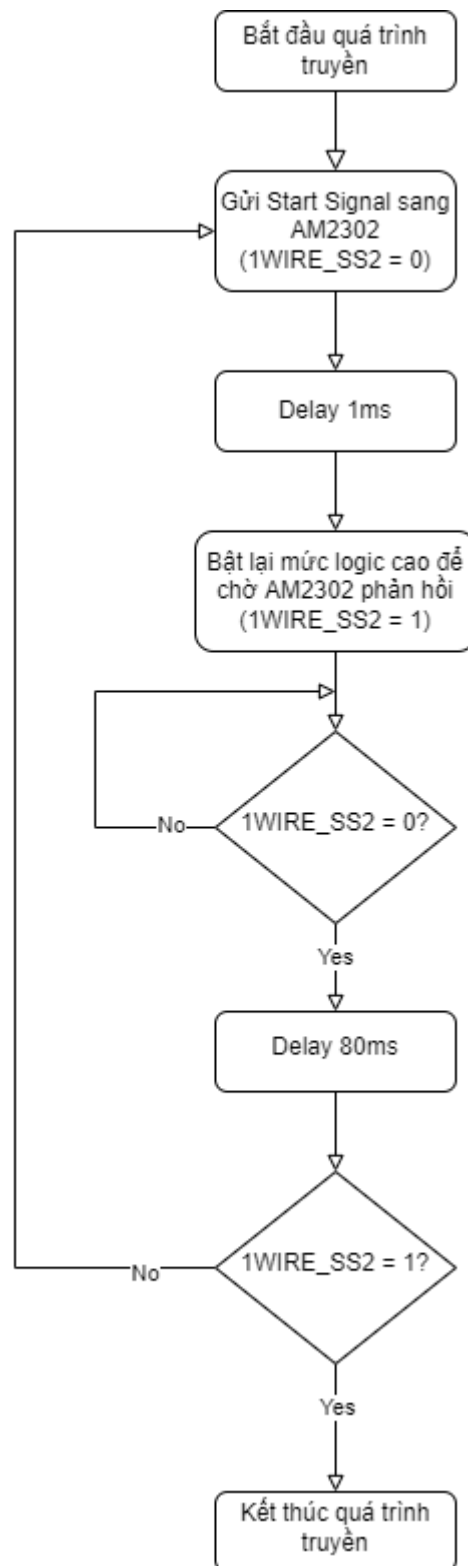
4.2 Lập trình đọc cảm biến nhiệt độ và độ ẩm

DHT22 sử dụng giao tiếp 1-Wire để giao tiếp giữa AM2302 (MCU của cảm biến) và MCU ESP32-D0WD-V3 trong mạch [13]. Khi nhận tín hiệu bắt đầu (start signal) từ MCU, AM2302 chuyển từ trạng thái chờ sang trạng thái hoạt động. Khi MCU gửi xong tín hiệu bắt đầu, AM2302 sẽ gửi lại tín hiệu phản hồi bao gồm 40 bit dữ liệu phản ánh độ ẩm và nhiệt độ đo được. Mỗi lần MCU muốn nhận tín hiệu phản hồi từ AM2302 thì cần một lần gửi tín hiệu bắt đầu. Sau khi kết thúc quá trình thu thập dữ liệu, AM2302 sẽ chuyển về trạng thái chờ nếu MCU không gửi tín hiệu bắt đầu sang.

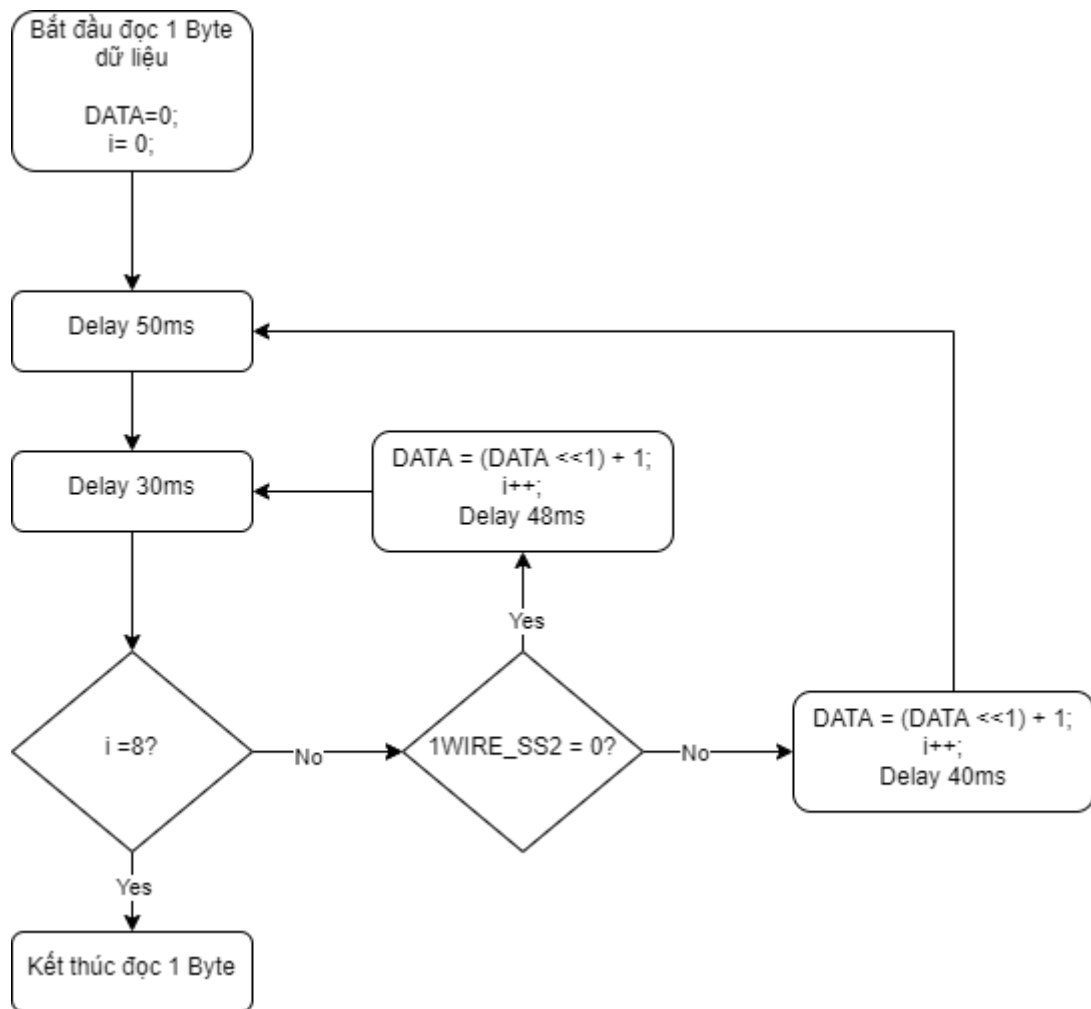
40 bit dữ liệu mà MCU sẽ nhận được từ AM2302 sẽ lần lượt bao gồm: 16 bit thông số về độ ẩm; 16 bit thông số về nhiệt độ; 8 bit checksum. Ví dụ với 40 bit sau: 0000001011001101 0000000110001101 01011101

- Chuyển 16 bit đầu tiên sang hệ thập phân ta được thông số về độ ẩm:
 $(0000001011001101)_2 = (717)_{10} \Rightarrow$ độ ẩm đo được là 71.7%
- Chuyển 16 bit tiếp theo sang hệ thập phân ta được thông số về nhiệt độ:
 $(0000000110001101)_2 = (397)_{10} \Rightarrow$ nhiệt độ đo được là 39.7 °C
Nếu bit đầu tiên trong 16 bit này là số 1 thì có nghĩa nhiệt độ đo được là giá trị âm. Ví dụ 1000000011001000 \Rightarrow nhiệt độ đo được là -20 °C
- Cộng tổng 8 bit một trong 32 bit trên: 00000010 + 11001101 + 00000001 + 10001101 = 0101011101, lấy 8 bit cuối trong tổng này và so sánh với 8 bit checksum (01011101). Nếu giống nhau thì kết quả đo được là đúng, còn không thì kết quả không có nghĩa.

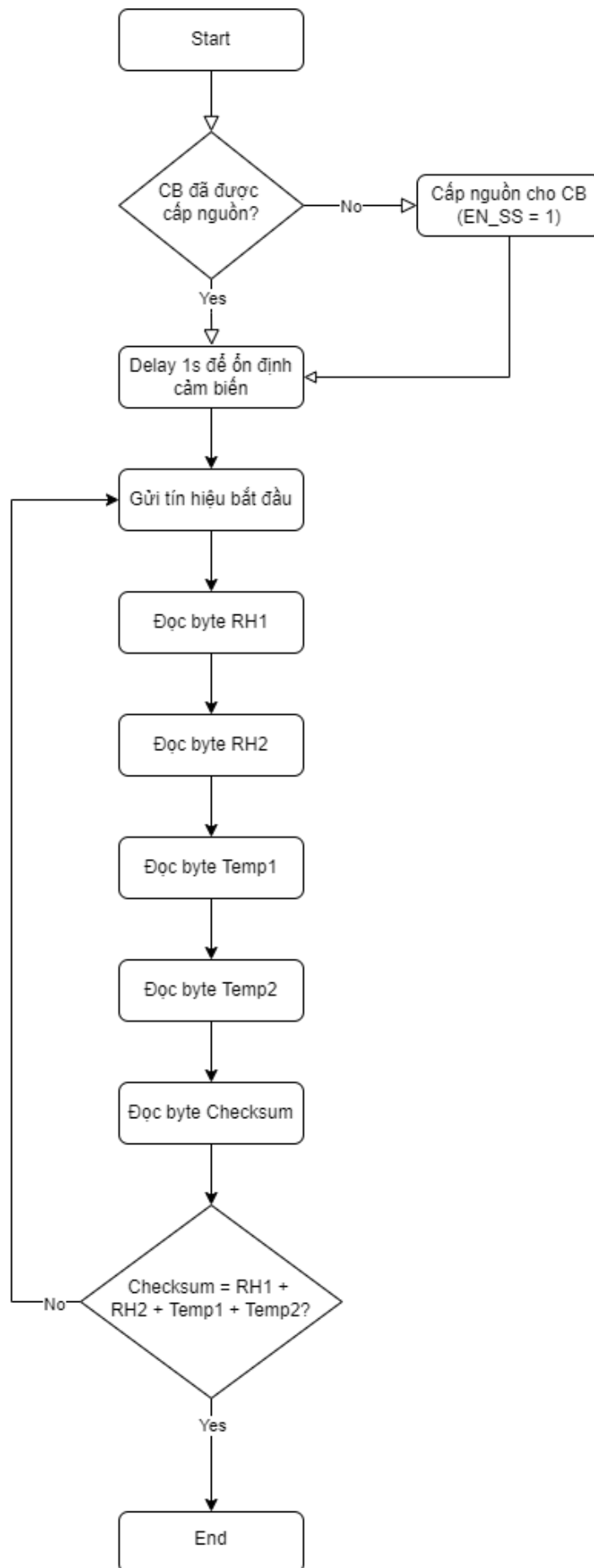
Dưới đây là lưu đồ thuật toán cho quá trình truyền nhận dữ liệu giữa MCU và AM2302 gồm 3 lưu đồ: lưu đồ gửi tín hiệu bắt đầu, lưu đồ nhận 1 byte, lưu đồ tổng thể



Hình 4.4. Lưu đồ thuật toán truyền tín hiệu bắt đầu sang AM2302



Hình 4.5. Lưu đồ thuật toán đọc 1 byte dữ liệu từ AM2302



Hình 4.6. Lưu đồ thuật toán tổng thể quá trình truyền nhận giữa ESP32-D0WD-V3 và AM2302

4.3 Lập trình hiển thị điện áp Pin và nhận biết quá trình sạc

Để tính toán dung lượng hiện tại của Pin, MCU cần biết giá trị điện áp hiện tại của Pin. Khi Pin đầy, điện áp do Pin tạo ra là 4.2VDC, khi Pin không còn khả năng cấp điện cho mạch, điện áp của Pin là 3VDC. Cực dương của Pin được phân áp qua 2 điện trở 100k, giá điện áp sẽ được chia 2 trước khi được nối vào chân ADC của MCU, điều này đảm bảo ADC của MCU có thể đọc được tất cả các giá trị điện áp của Pin. Bảng dưới đây đưa ra các giá trị chuyển đổi từ điện áp Pin sang giá trị chuyển đổi ADC.

Bảng 4.2. Giá trị chuyển đổi từ điện áp Pin sang giá trị chuyển đổi ADC

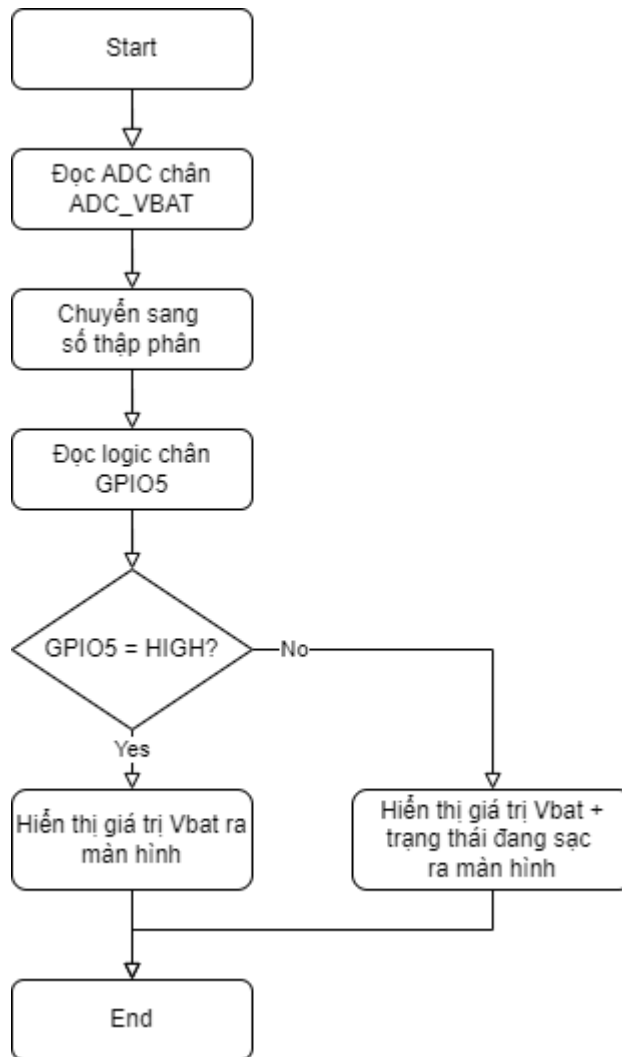
Điện áp Pin	Điện áp vào ADC	Giá trị đầu ra ADC
3V	1.5V	1862
4.2V	2.1V	2606

ADC của MCU là ADC 12-bit vì vậy MCU có thể đọc được 4096 giá trị với giá trị 0 ứng với 0VDC và 4095 ứng với 3.3VDC. Đổi giá trị chuyển đổi ADC mà MCU đọc được sang giá trị thập phân để hiển thị lên màn hình theo công thức:

$$V_{bat(float)} = \frac{V_{bat(ADC)}}{4095} \times 3.3 \quad PT\ 4.2$$

Chân CHG của IC sạc được nối với chân GPIO5 của MCU. Trước khi đi vào MCU, chân này được pull-up để đảm bảo nếu không có tác động thì mức logic của chân GPIO5 luôn ở HIGH. Khi quá trình sạc diễn ra, IC sạc sẽ tự động chuyển mức logic của chân CHG xuống logic LOW, dẫn đến logic chân GPIO5 của MCU cũng xuống logic LOW. Đọc mức logic chân GPIO5 này sẽ biết được Pin có đang được sạc hay không.

Dưới đây là lưu đồ thuật toán:



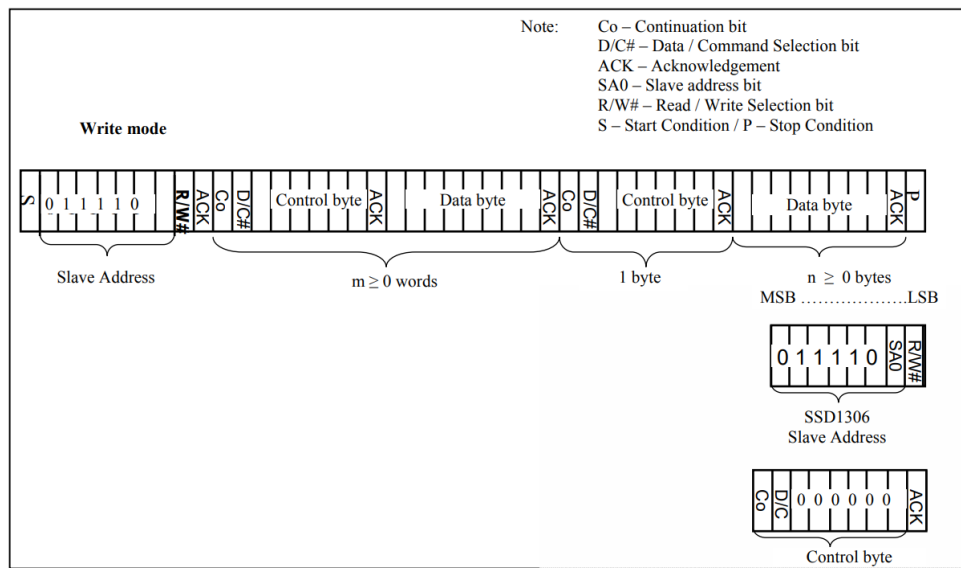
Hình 4.7. Lưu đồ thuật toán đọc giá trị điện áp của Pin và trạng thái sạc

4.4 Lập trình hiển thị OLED

Module OLED SSD1306 giao tiếp với MCU qua giao thức I2C. Các bước giao tiếp như sau:

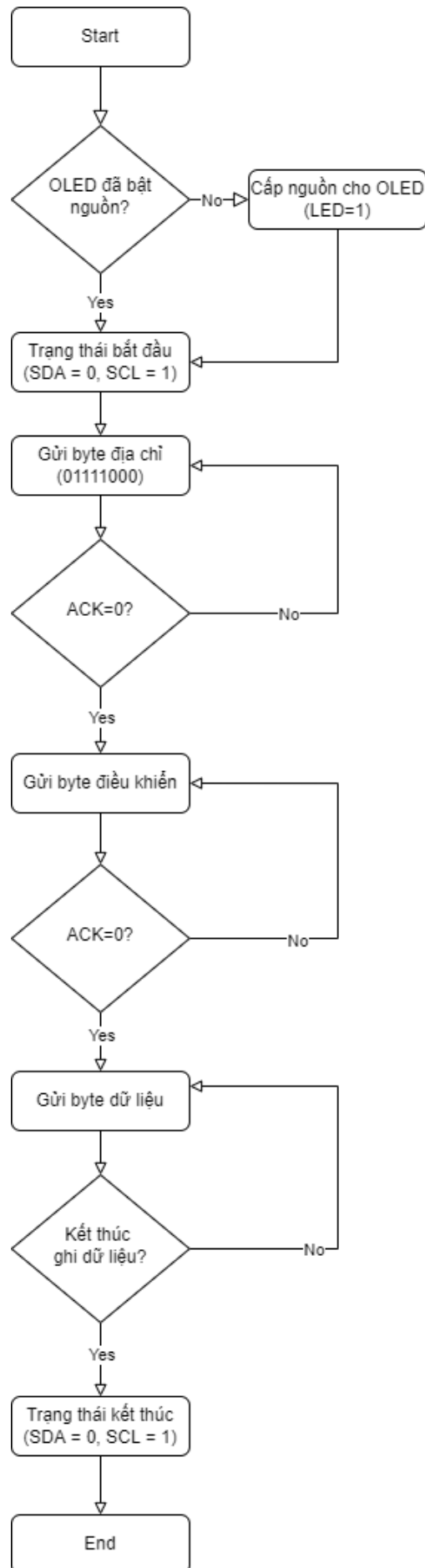
- Để bắt đầu MCU sẽ kéo SDA từ mức logic HIGH xuống LOW, trong khi SCL vẫn ở mức HIGH (điều kiện bắt đầu)
- Ngay sau đó MCU sẽ gửi 8 bit bao gồm 7 bit địa chỉ + 1 bit R/W để quy định việc đọc hoặc ghi dữ liệu từ SSD1306. Ở chế độ chỉ ghi dữ liệu ra màn hình thì bit R/W = 0
- Nếu SSD1306 nhận được đúng địa chỉ sẽ kéo SDA xuống logic LOW để trả lời. (bit ACK)
- Sau khi nhận bit ACK, MCU truyền 1 byte sang SSD1306 gồm: bit Co + bit D/C + 6 bit 0. Trong đó, nếu Co = 0 thì tất cả các byte sau đó sẽ được SSD1306 hiểu là dữ liệu. Còn với bit D/C, nếu bit này bằng 0 thì byte tiếp theo SSD1306 sẽ hiểu là lệnh (command), nếu D/C = 1 thì byte tiếp theo sẽ là dữ liệu để truyền cho GDDRAM (hiển thị ra màn hình).
- Bit ACK sẽ được tạo ra mỗi khi MCU truyền xong 1 byte dữ liệu, để thông báo cho MCU rằng dữ liệu đã được truyền thành công

- Cuối cùng điều kiện dừng được thiết lập bằng cách kéo SDA từ logic LOW lên HIGH trong khi SCL vẫn ở mức HIGH



Hình 4.8. Mô tả định dạng dữ liệu giao tiếp giữa MCU và SSD106 theo giao thức I2C [16]

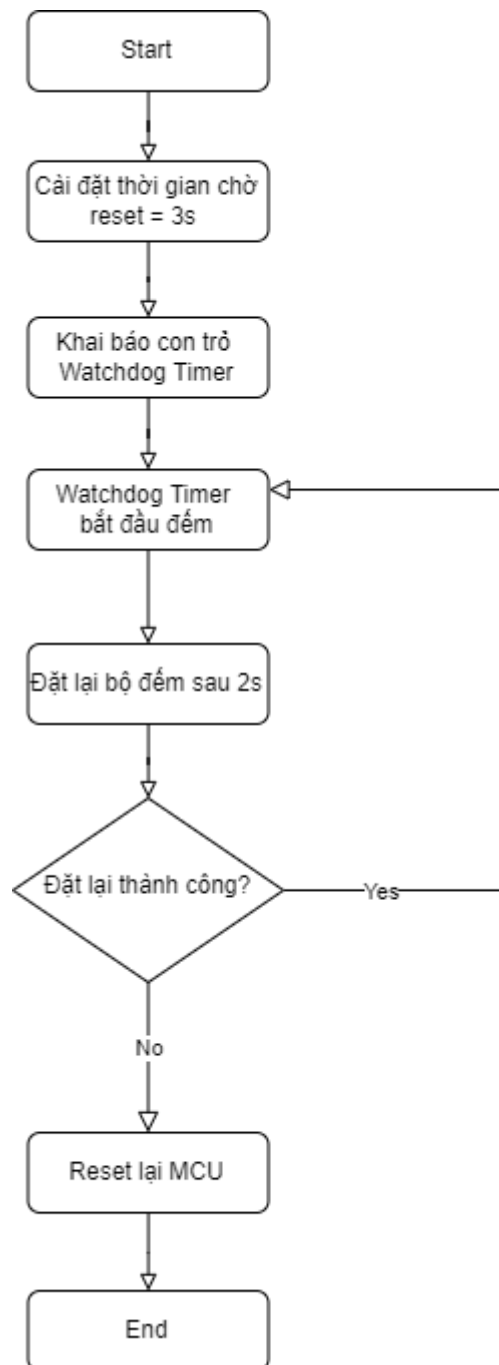
Dưới đây là lưu đồ thuật toán:



Hình 4.9. Lưu đồ thuật toán truyền dữ liệu ra module SSD1306

4.5 Lập trình chế độ tự reset bằng Watchdog Timer

MCU ESP32-DW0D-V3 có hỗ trợ tới 3 Watchdog Timer: 2 Main Watchdog Timer trong 2 nhân và 1 RTC Watchdog Timer trong module RTC. Tính năng của Watchdog Timer là khởi động lại vi xử lý khi vi xử lý đang thực hiện các tác vụ mà bị treo do một lỗi không lường trước. Cách thức hoạt động của Watchdog Timer cơ bản giống như một ngắt timer, khi đến một thời gian nhất định kể từ lúc bắt đầu đếm, nó sẽ thực hiện ngắt (ở đây là khởi động lại). Trong quá trình hoạt động, vi xử lý sẽ liên tục reset lại bộ đếm của Watchdog Timer để nó không bị tràn và kích hoạt ngắt. Nếu vi xử lý bị treo, không thể thực hiện hành động reset lại bộ đếm, ngắt sẽ được thực hiện và vi xử lý sẽ được khởi động lại. Lưu đồ thuật toán được thể hiện trong hình bên dưới.



Hình 4.10. Lưu đồ thuật toán chống treo vi xử lý bằng Watchdog Timer

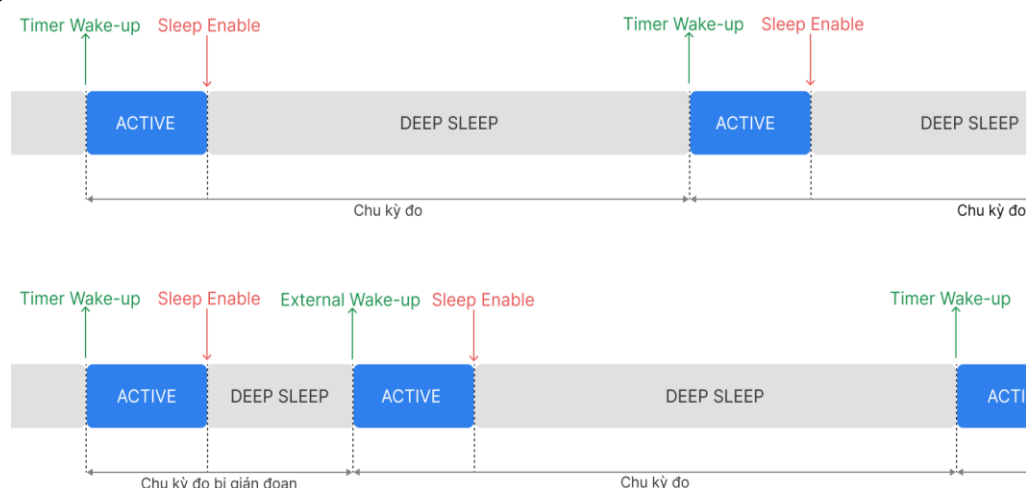
4.6 Lập trình chế độ ngủ và đánh thức MCU trong chu kỳ đo

Như đã phân tích ở trên, thiết bị cần có chế độ nghỉ giữa các lần đo để đảm bảo tính tiết kiệm năng lượng, ở MCU ESP32-D0WD-V3 có hỗ trợ nhiều chế độ ngủ để ứng dụng vào từng yêu cầu khác nhau. Các chế độ được so sánh trong Bảng 4.3 dưới đây.

Bảng 4.3. Các chế độ ngủ của MCU [14]

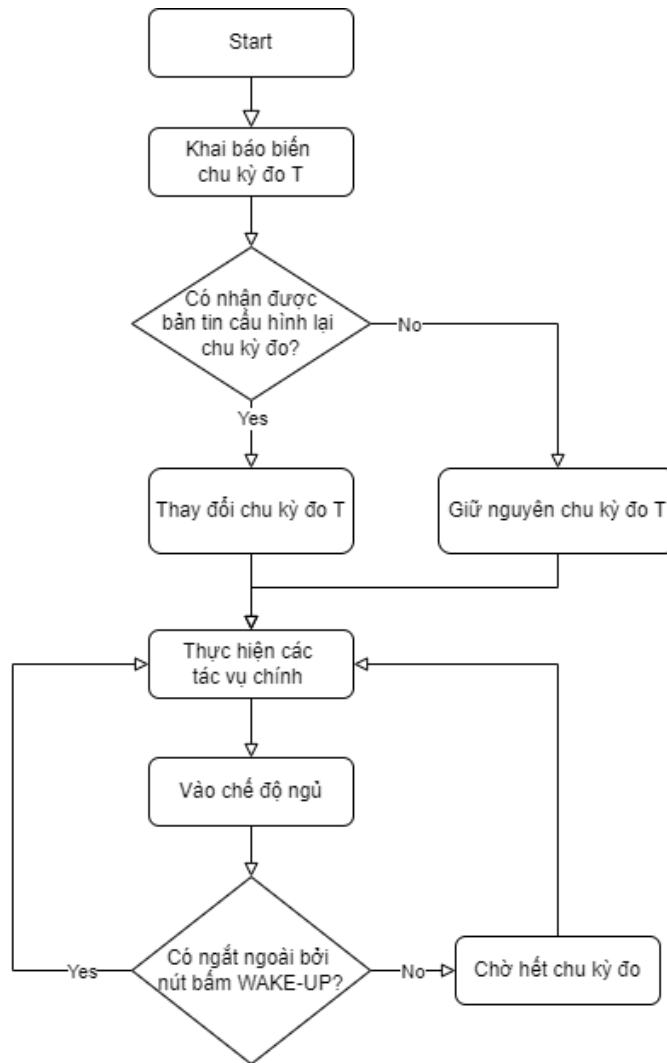
Chế độ	Mô tả	Năng lượng tiêu thụ
Morden-sleep	CPU được cấp nguồn; khối truyền thông bị vô hiệu hóa.	240 MHz: 30 mA – 50 mA
		80 MHz: 20 mA – 25 mA
		2 MHz: 2 mA – 4 mA
Light-sleep	CPU tạm ngưng hoạt động; khối RTC và ULP co-processor hoạt động bình thường	0.8 mA
Deep-sleep	Khối RTC hoạt động, ULP co-processor có thể hoạt động hoặc không	10 μ A -150 μ A
Hibernation	Chỉ có RTC timer hoạt động	5 μ A

Trong ứng dụng này, đồ án chọn chế độ ngủ Deep-sleep vì ở chế độ này MCU có thể được đánh thức bằng 2 cách: bằng ngắt timer khi đến chu kỳ đo hoặc bằng ngắt ngoài bởi nút bấm khi người dùng muốn xem thông số ngay lập tức. Để MCU có thể bắt sự kiện ngắt khi đang trong chế độ Deep-sleep, đường nối từ nút bấm xuống MCU phải được đặt ở một trong các chân RTC_GPIO, ở đây, chân dùng để đánh thức MCU là chân GPIO4.



Hình 4.11. Chu kỳ đo của thiết bị với 2 chế độ đánh thức

Với chu kỳ đo người dùng có thể cấu hình bằng điện thoại, khi điện thoại được kết nối với thiết bị bằng BLE, chi tiết cách cấu hình sẽ được mô tả ở mục 4.7. Mặc định hệ thống sẽ cài đặt chu kỳ đo là 5 phút một lần. Dưới đây là lưu đồ thuật toán:



Hình 4.12. Cấu hình chế độ ngủ và thức dậy cho MCU

4.7 Lập trình giao tiếp với ứng dụng điện thoại bằng BLE

Để giao tiếp với các thiết bị khác, đặc biệt là smartphone, ESP32-D0WD-3 hỗ trợ các phương thức truyền tin là Wifi, Bluetooth và BLE. Trong ứng dụng này, đồ án lựa chọn BLE làm phương thức truyền tin vì lí do thiết bị được đặt trong nhà dẫn đến khoảng cách truyền tin ngắn, ngoài ra BLE tiêu tốn rất ít năng lượng để đảm bảo thời lượng sử dụng của thiết bị được lâu và ứng dụng không yêu cầu tốc độ truyền cao, vì vậy BLE là một sự lựa chọn phù hợp cho đồ án này.

Thiết bị nhúng sử dụng BLE có thể được cấu hình làm một trong hai loại: BLE Server và BLE Client. Thiết bị Server có nhiệm vụ quảng bá (advertises) sự có mặt của mình, tức là truyền bản tin để các thiết bị Client khác có thể quét và kết nối, sau đó truyền dữ liệu tới các thiết bị Client. Ngược lại, thiết bị Client sẽ quét các thiết bị ở gần có truyền bản tin quảng bá để kết nối và nhận dữ liệu. Đây gọi là kết nối điểm - điểm.

Để cấu hình thiết bị thành BLE Server cần trải qua các bước:

1. Tạo BLE Server
2. Tạo BLE Service
3. Tạo các BLE Characteristic trong Service

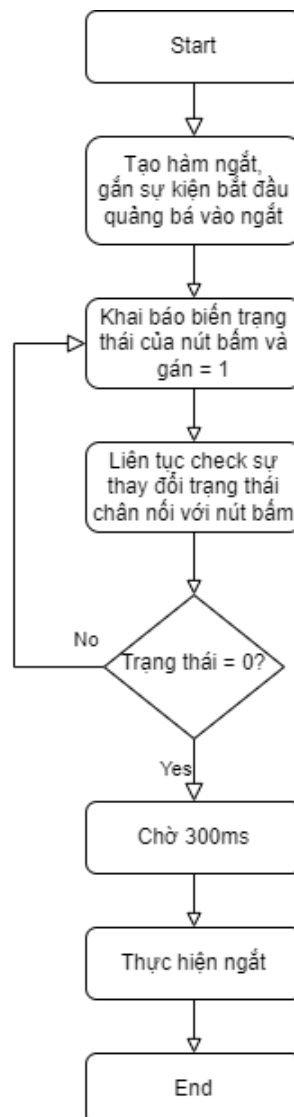
4. Khởi động Service

5. Bắt đầu quảng bá để các thiết bị khác có thể quét và kết nối

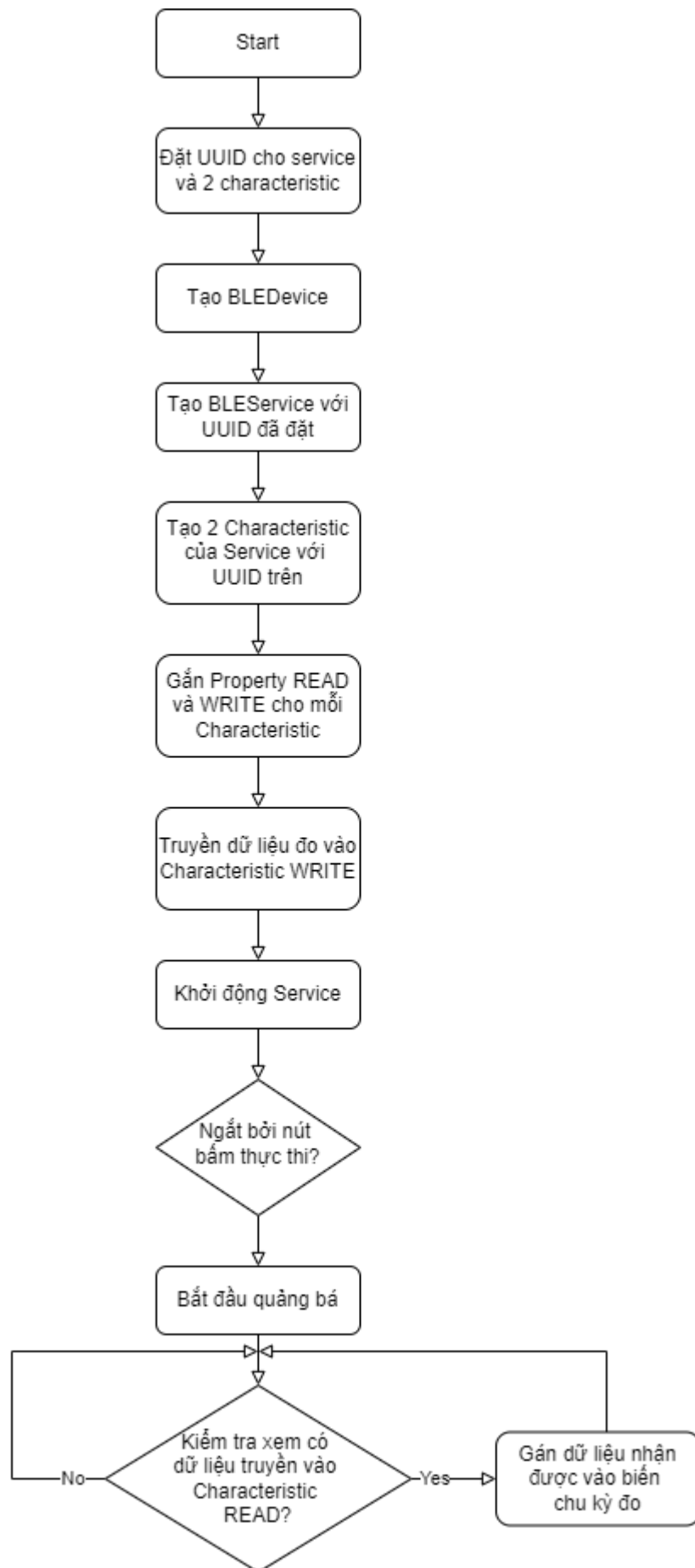
Ở đây, thiết bị sẽ được cấu hình thành Server và điện thoại sẽ đóng vai trò là Client để quét thiết bị và kết nối. Để truyền các thông số lên điện thoại, các dữ liệu sẽ nằm trong một Characteristic được mang tính chất WRITE và ngược lại thông số về cấu hình chu kỳ đo được truyền về điện thoại được nằm trong một Characteristic mang tính chất READ. Ngoài ra, thiết bị được trang bị nút bấm BLE_ADV để đảm bảo thiết bị chỉ bắt đầu quảng bá khi người dùng muốn, không quảng bá liên tục khiến thiết bị tiêu hao nhiều năng lượng. Ở nút bấm cơ khí dễ xảy ra hiện tượng “switch bounce”, hiện tượng nút bấm cơ khí có tính đàn hồi khi bấm khiến MCU nhận được nhiều sự kiện ngắt cùng một lúc, chương trình cần có thuật toán khử hiện tượng này.

Do không có chuyên môn về lập trình ứng dụng điện thoại, em sử dụng ứng dụng có sẵn “nRF Connect” do hãng Nordic phát triển. Ứng dụng có tính năng quét và kết nối với các thiết bị sử dụng BLE khác, cho phép đọc và truyền dữ liệu tới thiết bị.

Lưu đồ thuật toán được mô tả ở hình dưới.



Hình 4.13. Thuật toán debounce nút bấm



Hình 4.14. Lưu đồ thuật toán truyền nhận dữ liệu bằng BLE

4.8 Lập trình điều khiển quạt và còi chirp

Với hai ngoại vi này, việc điều khiển chỉ đơn giản là đặt mức logic cho các GPIO. Quạt sẽ được bật đầu mỗi chu kỳ đo, để đảm bảo không khí bên ngoài vỏ hộp được lưu thông vào bên trong, quạt sẽ được bật 3s rồi tắt, sau đó thiết bị sẽ bắt đầu tiến hành quá trình thu thập dữ liệu. Còn với còi chirp, khi nồng độ bụi PMx vượt quá một ngưỡng an toàn thì còi sẽ kêu, do cảm biến bụi chỉ đọc được tổng lượng bụi trong không khí (bao gồm cả PM2.5, PM10), mà theo Bảng 1.2 chỉ số cho phép của PM2.5 nhỏ hơn PM10, nên đồ án sẽ lấy ngưỡng an toàn của PM2.5 làm mốc để đưa ra cảnh báo, nếu tổng lượng bụi mà cảm biến đo được lớn hơn $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, còi sẽ kêu để cảnh báo.

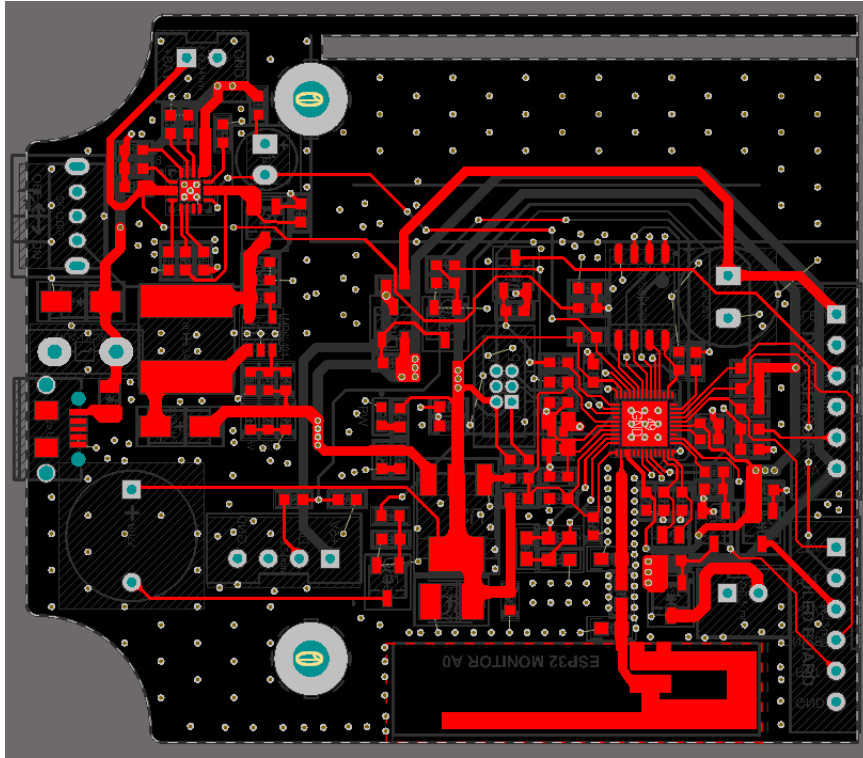
4.9 Kết luận

Chương 4 đã đi vào phân tích thuật toán để lập trình cho các tính năng của thiết bị. Các thuật toán là: đọc cảm biến bụi; đọc cảm biến nhiệt độ và độ ẩm; đọc điện áp Pin và phát hiện quá trình sạc; hiển thị dữ liệu ra màn hình OLED; chế độ reset bằng Watchdog Timer; chế độ ngủ Deep-sleep; giao tiếp với điện thoại bằng BLE; điều khiển quạt và còi chirp.

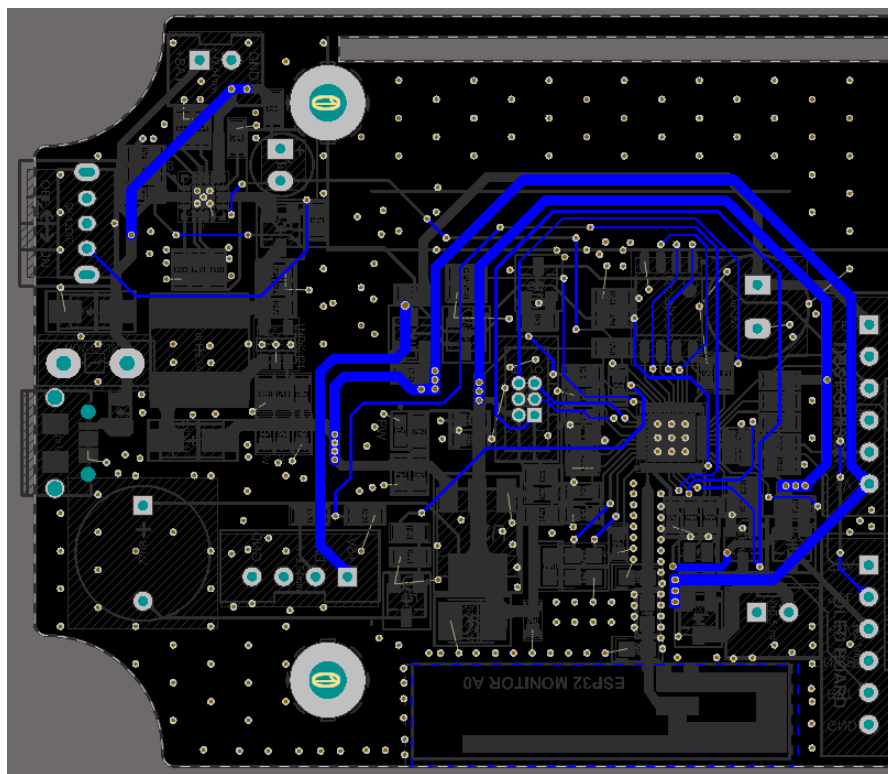
CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ THỰC HIỆN VÀ ĐÁNH GIÁ

5.1 Kết quả thi công phần cứng

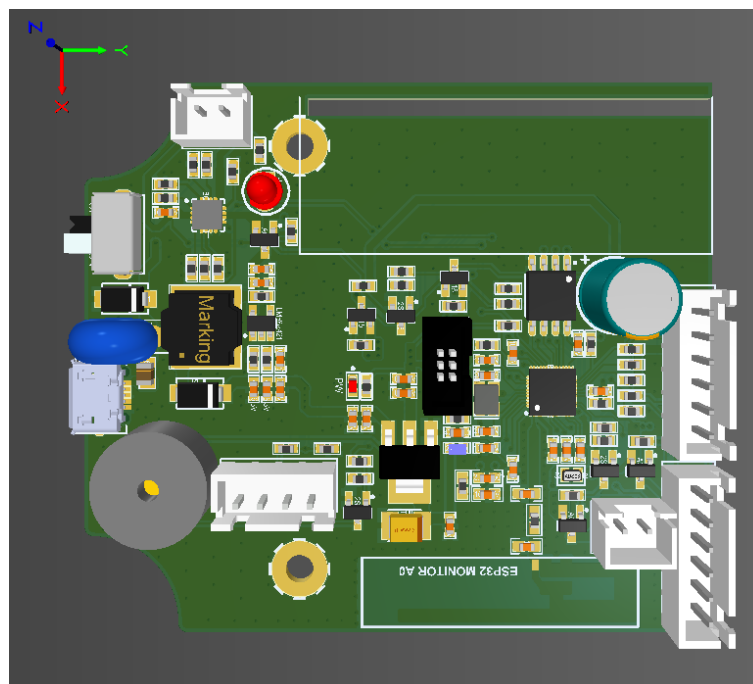
Mạch phần cứng được thi công bằng phần mềm Altium Designer. Dưới đây là một số hình ảnh về mạch in của thiết bị trên phần mềm và trên thực tế.



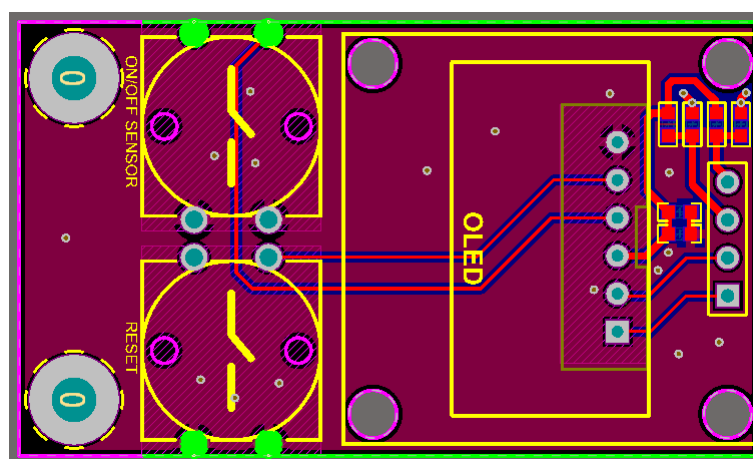
Hình 5.1. Hình ảnh mặt trước của PCB Main



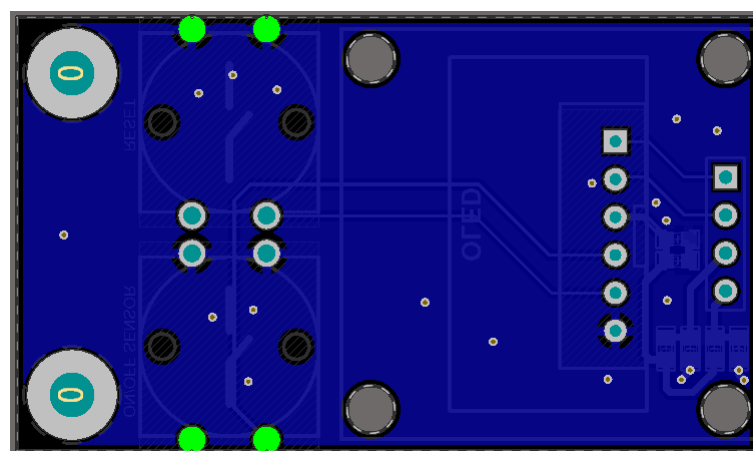
Hình 5.2. Hình ảnh mặt sau của PCB Main



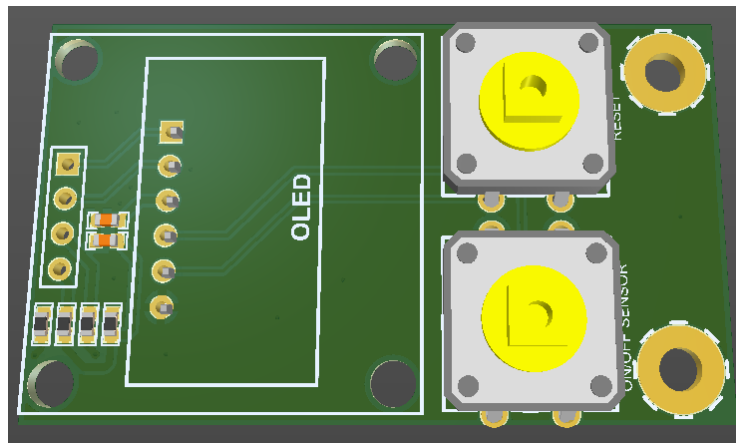
Hình 5.3. Hình ảnh 3D của PCB Main



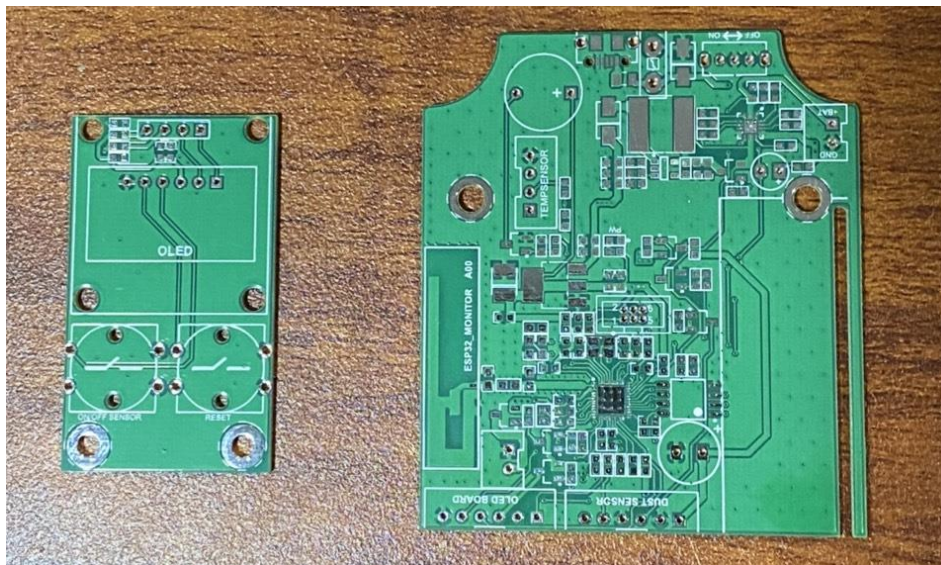
Hình 5.4. Hình ảnh mặt trước của PCB OLED



Hình 5.5. Hình ảnh mặt sau của PCB OLED



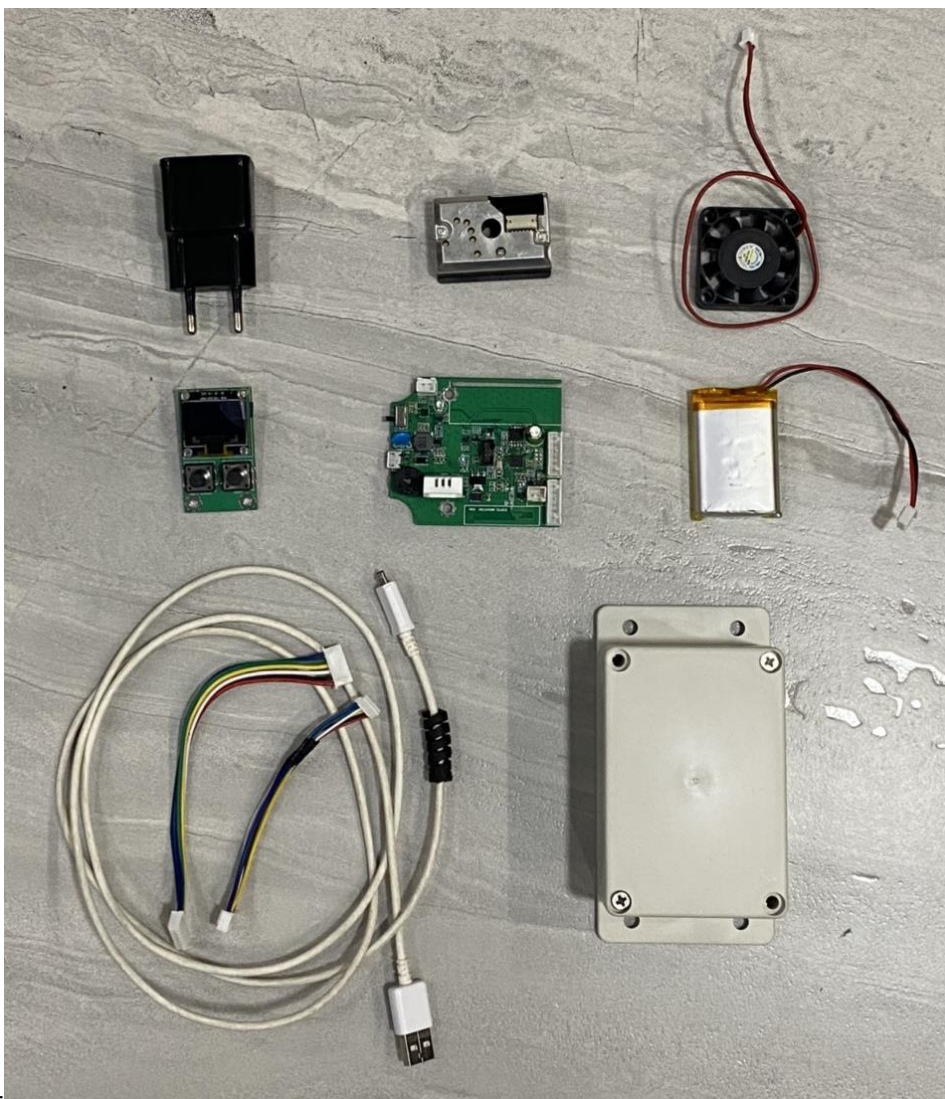
Hình 5.6. Hình ảnh 3D khối PCB Main



Hình 5.7. Hình ảnh 2 mạch sau khi in



Hình 5.8. Hình ảnh 2 mạch sau khi hàn linh kiện



Hình 5.9. Tổng thể các thành phần của thiết bị, lần lượt từ trái qua phải, từ trên xuống dưới: Adapter 220VAC/5VDC; Cắm biến bụi; quạt; PCB OLED; PCB Main; Pin LiPo 2000mAh; dây nối; vỏ hộp.

5.2 Kết quả chạy thử nghiệm thiết bị

Sau khi hoàn thành thi công, em tiến hành đo đạc các vị trí nguồn và nạp code chạy thử cho thiết bị, các đường nguồn của mạch đã hoạt động tuy nhiên phần nạp firmware đang không thực hiện được mà em chưa tìm ra nguyên nhân. Em sẽ tiếp tục nghiên cứu và cố gắng khắc phục trong thời gian sớm nhất.

CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN

Đồ án đã trình bày những kiến thức cơ bản về bụi mịn và những tác hại của bụi mịn với sức khỏe con người, chỉ ra những ưu nhược điểm của các thiết bị có sẵn trên thị trường, cuối cùng đưa ra những phân tích thiết kế và chế tạo 01 phiên bản thử nghiệm của thiết bị đo thông số về bụi mịn và nhiệt độ, độ ẩm trong nhà.

Trong quá trình thiết kế, đồ án sử dụng các kiến thức liên quan đến cảm biến, bộ chuyển đổi ADC, giao tiếp I2C, quản lý nguồn và sạc pin, boost converter, LDO. Ngoài ra còn các kiến thức liên quan đến MCU ESP32 như: tính năng tự reset bằng Watchdog Timer, tính năng ngủ và đánh thức, tính năng kết nối với thiết bị khác bằng BLE. Đồ án đã thực hiện xây dựng thành công một thiết bị mẫu bằng cách nối dây các thành phần với Kit ESP32 và đã chạy thành công. Tuy nhiên khi tiến hành thử nghiệm trên mạch thật, mạch đã phát sinh một số lỗi không mong muốn dẫn đến kết quả là mạch chưa đi vào hoạt động hoàn chỉnh như bản mẫu.

Sau khi hoàn thành đồ án này, em mong muốn có thể phát triển thêm nhiều tính năng của thiết bị trong tương lai ví dụ như: kết nối với internet bằng Wifi để có thể xem thông số ở bất cứ đâu; kết nối không dây với các thiết bị khác trong nhà để truyền tin trong ứng dụng IoT; kết nối với máy lọc không khí hoặc điều hòa không khí để lọc khi chỉ số bị quá ngưỡng an toàn; tối ưu hơn nữa về thiết kế để thiết bị có kích thước nhỏ gọn hơn, giá thành rẻ hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G. T. P. N. Đăng and T. T. T. M. N. TS. KTS Phạm Thị Hải Hà, "Chất lượng không khí trong nhà văn phòng ở một số thành phố và đề xuất giải pháp cải thiện," *Tạp chí môi trường*.
- [2] EPA, "US Environmental Protection Agency," [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>.
- [3] W. E. Office, "Health effects of particulate matter," p. 6, 2013.
- [4] Foobot, "Foobot," [Online]. Available: <https://foobot.io/guides/iaq-standards-and-guidelines.php#:~:text=The%20American%20Conference%20of%20Governmental,exposure%20limit%20of%2035%20ppm..>
- [5] T. T. T. M. N. GS.TSKH Phạm Ngọc Đăng, "Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn mới về chất lượng không khí trong nhà ở và nhà công cộng," *Tạp chí môi trường*.
- [6] Temtop, "Temtop LCK-1000E," [Online]. Available: <https://temtopus.com/collections/pm2-5-monitor/products/temtop-lkc-1000e-air-quality-detector-professional-formaldehyde-monitor-detector-with-pm2-5-pm10-accurate-testing>.
- [7] BENETECH, "Air Quality Detector GM8803," [Online]. Available: <http://www.benetechno.net/en/products/gm8803.html>.
- [8] ShopDelta, "ShopDelta," [Online]. Available: https://shopdelta.eu/power-supply-adapter-5v2ausbb_12_p9794.html.
- [9] Texas Instruments, "BQ2407x Datasheet," [Online]. Available: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24074.pdf?ts=1646299398093&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FBQ24074.
- [10] Texas Instruments, "LMR62421 Datasheet," [Online]. Available: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmr62421.pdf?ts=1657797282976&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLMR62421.
- [11] Texas Instruments, "TLV1171 Datasheet," [Online]. Available: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv1171.pdf?ts=1646299876048&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F.
- [12] Sharp, "GP2Y1014AU0F's Datasheet," Sharp, [Online]. Available: https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1905131608_Sharp-Microelectronics-GP2Y1014AU0F_C390729.pdf.

- [13] Aosong Electronics Co., "DHT22's Datasheet," Aosong Electronics Co., [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>.
- [14] Espressif Systems, "ESP32 Datasheet," Espressif Systems, [Online]. Available: https://espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.
- [15] Sharp, "GP2Y1014AU0F's Application Note," Sharp , [Online]. Available: https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_appl_e.pdf?fbclid=IwAR0l62OTraUSPRhivVHXmYtm5FA-4gDp1MwhYMseF1nrd91AncNvFLg9MZ4.
- [16] SOLOMON SYSTECH, "SSD1306 Datasheet," [Online]. Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf>.
- [17] [Online]. Available: <https://foobot.io/guides/iaq-standards-and-guidelines.php#:~:text=The%20American%20Conference%20of%20Governmental,exposure%20limit%20of%2035%20ppm..>