

MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	1
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT	3
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH	5
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	7
LỜI CẢM ƠN.....	8
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU	9
1.1. Giới thiệu đề tài.....	9
1.2. Nội dung thực hiện.....	10
1.3. Bố cục khoá luận	11
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ	12
2.1. Công nghệ NarrowBand IoT	12
2.1.1. Khái niệm.....	12
2.1.2. Nguyên lý hoạt động.....	12
2.1.3. So sánh tính năng với mạng LoRaWAN	13
2.1.4. Ứng dụng	14
2.2. Giao thức Message Queuing Telemetry Transport	16
2.2.1. Khái niệm.....	16
2.2.2. Nguyên lý hoạt động.....	16
2.3. Nguyên lý cảm biến.....	17
2.3.1. Cảm biến từ Reed	17
2.3.2. Cảm biến từ Hall.....	18
2.3.3. Cảm biến đo nồng độ bụi.....	20
2.3.4. Cảm biến đo nhiệt độ	22
2.3.5. Cảm biến đo độ ẩm.....	23
2.3.6. Cảm biến đo áp suất.....	24
2.4. Các mạch chuyển đổi DC-DC	25
2.4.1. Mạch Buck.....	25
2.4.2. Mạch Boost.....	27
2.4.3. Mạch Buck-boost.....	28
2.4.4. Mạch LDO	29
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ MÔ HÌNH	31
3.1. Khối nguồn	31

3.1.1.	Sơ đồ khối tổng quan	31
3.1.2.	Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối	33
3.2.	Khối điều khiển	39
3.2.1.	Sơ đồ khối tổng quan	39
3.2.2.	Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối	40
3.3.	Khối truyền thông	42
3.3.1.	Sơ đồ khối tổng quan	42
3.3.2.	Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối	43
3.4.	Khối cảm biến đi kèm với kết cấu	44
3.4.1.	Sơ đồ khối tổng quan	44
3.4.2.	Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối	45
3.5.	Thiết kế chương trình	46
3.5.1.	Sơ đồ tổng quan	46
3.5.2.	Lưu đồ quy trình về hoạt động chính của chương trình	47
3.5.3.	Lưu đồ thuật toán lấy dữ liệu GPS	48
3.5.4.	Lưu đồ thuật toán lấy dữ liệu và gửi dữ liệu lên server Thingsboard	50
3.6.	Thiết kế dashboard trực quan hoá dữ liệu trên Thingsboard	51
3.6.1.	Thiết kế trang tổng quan	51
3.6.2.	Thiết kế trang con hiển thị chi tiết thông tin	52
CHƯƠNG 4:	KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	53
4.1.	Kết quả thiết kế bo mạch và đánh giá	53
4.2.	Kết quả mô hình hoàn chỉnh và đánh giá	54
CHƯƠNG 5:	KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	57
TÀI LIỆU THAM KHẢO		58

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

3GPP	The 3rd Generation Partnership Project
BOOST	Tăng áp
BOOTLOADER	Trình tải khởi động
BTS	Base Transceiver Station
BUCK	Hạ áp
CMD	Command
Dashboard	Trang tổng quan
DC	Direct Current
EN	Enable
FB	Hồi tiếp
GPS	Global Positioning System
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning
I2C	Inter-Integrated Circuit
IC	Integrated Circuit
IR LED	Diode phát hồng ngoại
LDO	Low Dropout Regulator
LPWAN	Low-Power Wide-Area Network
LTE	Long-Term Evolution
M2M	Machine to Machine
MCU	Microcontroller Unit
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems
Module NB	Narrowband Module
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NB-IOT	Narrowband Internet of Things
PCB	Printed Circuit Board
RF	Radio Frequency
RPC	Công ty Trách nhiệm Hữu hạn Điện tử R&P
SPI	Serial Peripheral Interface

SW	Switch
SVTH	Sinh viên thực hiện
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
USB	Universal Serial Bus
VCP_DEBUG	Virtual COM Port Debug
VIN	Điện áp đầu vào
VOUT	Điện áp đầu ra
WDT	Watchdog Timer

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH

Hình 1.1. Trạm thời tiết Wireless Vantage Pro2.....	9
Hình 2.1. Cơ chế hoạt động của mạng truyền thông NB-IoT.	12
Hình 2.2. Các ứng dụng phổ biến của công nghệ truyền thông NB-IoT.	15
Hình 2.3. Trạm sóng NB-IoT đã được lắp đặt hoàn tất.	16
Hình 2.4. Cơ chế truyền nhận dữ liệu của MQTT.	17
Hình 2.5. Nguyên lý hoạt động của cảm biến từ Reed [10].....	18
Hình 2.6. Nguyên lý hoạt động của cảm biến Hall [13].	19
Hình 2.7. Nguyên lý hoạt động của cảm biến bụi [14].	21
Hình 2.8. Nguyên lý hoạt động của cặp nhiệt điện dựa trên hiệu ứng Seebeck [17].....	22
Hình 2.9. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của cảm biến đo độ ẩm [18].....	23
Hình 2.10. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của cảm biến áp suất MEMS [20].....	24
Hình 2.11 Sơ đồ một mạch Buck tiêu biểu [21].....	25
Hình 2.12. Sơ đồ một mạch Boost tiêu biểu [21].....	27
Hình 2.13. Sơ đồ một mạch Buck-boost tiêu biểu [22].	28
Hình 3.1. Sơ đồ khối nguồn hệ thống.	31
Hình 3.2. Gợi ý thiết kế khi làm việc với IC MT1470 từ nhà sản xuất	33
Hình 3.3. Gợi ý thiết kế khi làm việc với IC MCP3781 từ nhà sản xuất.....	35
Hình 3.4. Gợi ý thiết kế sử dụng IC TPS63070 từ nhà sản xuất.....	36
Hình 3.5. Sơ đồ hoạt động của IC TCR3UF33A	37
Hình 3.6. Gợi ý thiết kế sử dụng IC MT3608 từ nhà sản xuất.....	38
Hình 3.7. Sơ đồ khối điều khiển.....	39
Hình 3.8. Sơ đồ khối truyền thông.....	43

Hình 3.9. Sơ đồ khối cảm biến kèm kết cấu.	44
Hình 3.10. Sơ đồ tổng quát về thiết kế chương trình.	46
Hình 3.11. Sơ đồ hoạt động của chương trình.	47
Hình 3.12. Lưu đồ thuật toán lấy dữ liệu GPS.....	49
Hình 3.13. Lưu đồ thuật toán kích hoạt MQTT và đẩy dữ liệu lên server.....	50
Hình 3.14. Hình ảnh về trang tổng quan.	51
Hình 3.15. Hình ảnh về một trang con về dữ liệu áp suất.....	52
Hình 4.1. Kết quả hàn lắp linh kiện vào bo mạch thành công.	53
Hình 4.2. Mô hình được thi công hoàn tất.	54
Hình 4.3. Kết quả đo của cảm biến nồng độ bụi được hiển thị trên Thingboard.....	55
Hình 4.4. Kết quả hiển thị giá trị của cảm biến lên Dashboard của Thingsboard.	55

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1: Bảng so sánh NB và LoRaWAN [4].....	14
--	----

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc nhất đến Thầy Nguyễn Quốc Khoa. Thầy đã tận tâm, tận lực hướng dẫn và định hướng em phát triển khóa luận này đúng hướng, đồng thời cung cấp nhiều tài liệu và tạo điều kiện thuận lợi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu để em có thể hoàn thành khóa luận.

Tiếp theo, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến anh Phan Dũng Liêm (Trưởng bộ phận R&D Công ty TNHH Điện tử R&P, nơi em đang thực tập) đã nhiệt tình hướng dẫn, hỗ trợ cũng như cho em mượn các sản phẩm mà công ty đang phân phối như PIC32MM0256GPM048 (Microchip) và Module NB (ME310G1) của hãng Telit. Nhờ đó mà em có thể thuận lợi và giảm được nhiều chi phí trong quá trình hoàn thành khóa luận.

Em xin gửi lời cảm ơn đến các Thầy Cô trong Khoa Điện Tử - Viễn Thông, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên đã nhiệt tình giảng dạy và truyền đạt những kiến thức, kinh nghiệm quý giá trong suốt thời gian em học tập và rèn luyện tại trường.

Cuối cùng, em xin chân thành cảm ơn gia đình và bạn bè đã quan tâm, động viên và giúp đỡ em có thêm ý chí và quyết tâm để phấn đấu hoàn thành tốt luận văn này.

Do kiến thức và thời gian có hạn nên luận văn chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Một lần nữa, em xin gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc.

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU

1.1. Giới thiệu đề tài

Biến đổi khí hậu hiện nay đang ngày càng nghiêm trọng, gây ảnh hưởng sâu rộng đến môi trường và cuộc sống của con người trên toàn cầu. Các hiện tượng thời tiết cực đoan như bão, lũ lụt, hạn hán và nắng nóng gay gắt xuất hiện với tần suất và cường độ ngày càng tăng. Việt Nam là một trong những quốc gia bị ảnh hưởng nặng nề nhất bởi biến đổi khí hậu, với những nguy cơ từ bão, lũ lụt, hạn hán, sạt lở đất... không chỉ gây thiệt hại về kinh tế và hoa màu mà còn đe dọa trực tiếp đến sức khỏe và tính mạng con người. Vì vậy, việc giám sát và đưa ra cảnh báo kịp thời về các hiện tượng thời tiết bất thường là vô cùng quan trọng.

Để giải quyết vấn đề này, các nhà khoa học và kỹ sư đã phát triển các trạm giám sát thời tiết. Những trạm này không chỉ có chức năng thu thập dữ liệu và cảnh báo người dùng mà còn tích hợp công nghệ Internet of Things (IoT), giúp việc giám sát trở nên tiện lợi hơn và cung cấp dữ liệu thời tiết nhanh chóng, chính xác.



Hình 1.1. Trạm thời tiết Wireless Vantage Pro2.

Hiện tại, trên thị trường có các sản phẩm trạm thời tiết như Wireless Vantage Pro2, sử dụng công nghệ RF (Radio Frequency) để truyền dữ liệu. Đây là một giải pháp mạnh

mẽ với các chức năng đo lường đa dạng như nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa, tốc độ và hướng gió. Tuy nhiên, việc sử dụng công nghệ RF cũng mang lại một số điểm yếu như phạm vi truyền dữ liệu bị hạn chế do công nghệ này thường có tầm hoạt động ngắn và dễ bị cản trở bởi các vật cản như tường, cây cối, và các công trình xây dựng. Ngoài ra, các trạm sử dụng RF thường tiêu thụ nhiều năng lượng hơn, đòi hỏi nguồn điện ổn định hoặc phải thay pin thường xuyên. Cuối cùng, chi phí triển khai và duy trì các trạm này có thể cao do yêu cầu bảo trì và thay thế thiết bị thường xuyên.

Để khắc phục những hạn chế đã nêu, một giải pháp hiệu quả là thiết kế trạm giám sát thời tiết sử dụng công nghệ NB-IoT (Narrowband Internet of Things). Công nghệ truyền thông không dây NB-IoT có nhiều ưu điểm như phạm vi truyền dữ liệu rộng, tiêu thụ năng lượng thấp, khả năng chống nhiễu tốt, chi phí thấp và độ bảo mật cao. Bên cạnh đó, trạm giám sát thời tiết này sẽ sử dụng Thingsboard để quản lý và trực quan hóa dữ liệu đã thu thập được từ trạm, giúp việc theo dõi và phân tích thông tin trở nên dễ dàng và hiệu quả hơn. Thingsboard sẽ đóng vai trò là nền tảng kết nối với máy chủ, cung cấp giao diện trực quan để người dùng theo dõi và phân tích các dữ liệu thời tiết một cách dễ dàng.

1.2. Nội dung thực hiện

Lý thuyết liên quan bao gồm mạng NB-IoT (NarrowBand Internet of Things), nguyên lý hoạt động của các cảm biến và các giao thức truyền thông. Trong phần mô hình, cần tính toán thiết kế, thiết kế mạch in (PCB - Printed Circuit Board) trên phần mềm KiCad và tiến hành hàn lắp bo mạch. Tiếp theo, các cảm biến và bo mạch sẽ được lắp đặt vào kết cấu cơ khí được in 3D (Three-Dimensional) từ nguồn tham khảo. Thiết bị sẽ được lập trình để hoạt động với các tính năng như đọc thông số GPS (Global Positioning System), cảm biến, giao tiếp với module NB-IoT, kết nối với server và truyền dữ liệu. Phần xây dựng server sẽ sử dụng dịch vụ miễn phí của Thingsboard, từ đó thiết lập một bảng điều khiển (Dashboard) hiển thị thông tin dữ liệu từ các cảm biến theo thời gian thực. Ngoài ra, các chức năng như trực quan hóa dữ liệu qua đồng hồ và biểu đồ, cũng như cảnh báo người dùng, sẽ được tích hợp. Cuối cùng, cần kiểm tra độ chính xác của cảm biến và thực hiện thử nghiệm trạm tại một số địa điểm có sóng NB-IoT.

1.3. Bố cục khoá luận

Chương 1: Giới thiệu đề tài.

Chương 2: Tổng quan công nghệ.

Chương 3: Thiết kế mô hình.

Chương 4: Kết quả và thảo luận.

Chương 5: Kết luận và kiến nghị.

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ

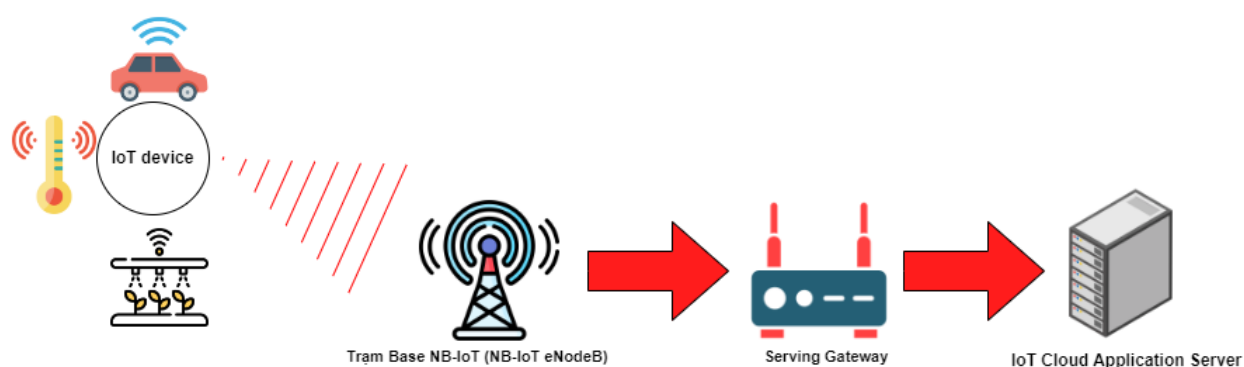
2.1. Công nghệ NarrowBand IoT

2.1.1. Khái niệm

NarrowBand IoT (NB-IoT) là một công nghệ IoT băng thông hẹp, được chuẩn hóa bởi 3GPP (3rd Generation Partnership Project) [1]. Đây là một giải pháp truyền thông M2M (Machine-to-Machine) nhằm cải thiện vùng phủ sóng trong nhà và những khu vực khó tiếp cận, đồng thời giảm chi phí và tiêu thụ năng lượng. Công nghệ này có độ trễ thấp và hoạt động trong cơ sở hạ tầng di động hiện có, đi kèm với các tính năng khác như bảo mật. NB-IoT hỗ trợ truyền thông hai chiều, cho phép các thiết bị không chỉ truyền dữ liệu mà còn nhận lệnh từ xa [2].

2.1.2. Nguyên lý hoạt động

Công nghệ NB-IoT được thiết kế để kết nối các thiết bị IoT trong các môi trường có vùng phủ sóng rộng và tiêu thụ năng lượng thấp. Để kết nối và sử dụng hiệu quả công nghệ này, cần phải trang bị một số thiết bị và hạ tầng cơ bản. Hình 2.1 dưới đây minh họa các thành phần chính trong hệ thống NB-IoT, bao gồm thiết bị IoT, trạm base, serving gateway và máy chủ.



Hình 2.1. Cơ chế hoạt động của mạng truyền thông NB-IoT.

- **Thiết bị IoT:** Bao gồm các thiết bị như cảm biến nhiệt độ, xe tự hành, hệ thống tưới cây tự động và nhiều thiết bị khác. Những thiết bị này được trang bị module NB-IoT, chịu trách nhiệm kết nối không dây với mạng NB-IoT. Module này thực

hiện các chức năng quan trọng như mã hóa dữ liệu, quản lý kết nối và truyền tải dữ liệu. Ngoài ra, thiết bị còn được gắn thẻ SIM để xác thực và kết nối với mạng NB-IoT.

- **Trạm Base (eNodeB):** Là trạm phát sóng thuộc quyền sở hữu của các doanh nghiệp viễn thông, có chức năng nhận dữ liệu từ các thiết bị IoT thông qua kết nối NB-IoT, sau đó chuyển tiếp dữ liệu này đến serving gateway. Trạm eNodeB đảm bảo rằng dữ liệu từ các thiết bị IoT được truyền tải ổn định và bảo mật đến các thành phần mạng tiếp theo.
- **Serving Gateway:** Hoạt động như một điểm kết nối giữa trạm eNodeB và mạng lõi NB-IoT. Gateway này giúp quản lý luồng dữ liệu từ các thiết bị IoT, định tuyến dữ liệu đến máy chủ ứng dụng và đảm bảo rằng dữ liệu được truyền tải một cách hiệu quả và an toàn.
- **Máy chủ:** Là nơi dữ liệu từ các thiết bị IoT được phân tích, lưu trữ và hiển thị thông qua các ứng dụng IoT. Máy chủ này cho phép người dùng cuối truy cập và sử dụng thông tin đã thu thập từ các thiết bị IoT.

2.1.3. So sánh tính năng với mạng LoRaWAN

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) là một giao thức mạng không dây tầm xa, được thiết kế để hỗ trợ các ứng dụng IoT, đặc biệt là những ứng dụng yêu cầu kết nối trong khoảng cách xa với mức tiêu thụ năng lượng thấp. LoRaWAN hoạt động chủ yếu trong các hệ thống mạng riêng biệt, nơi mà các doanh nghiệp có thể tự triển khai hạ tầng mạng của mình, bao gồm các thiết bị gateway LoRa và các cảm biến. Trong khi đó, NB-IoT (Narrowband IoT) là một công nghệ IoT băng thông hẹp, được phát triển và chuẩn hóa bởi 3GPP, hoạt động trên cơ sở hạ tầng mạng di động hiện có của các nhà mạng viễn thông.

Dưới đây là bảng 2.1 so sánh một số thông số kỹ thuật giữa NB-IoT và LoRaWAN, giúp làm nổi bật những điểm mạnh và yếu của từng công nghệ, cũng như các ứng dụng phù hợp cho từng loại mạng

Bảng 2.1: Bảng so sánh NB và LoRaWAN [4].

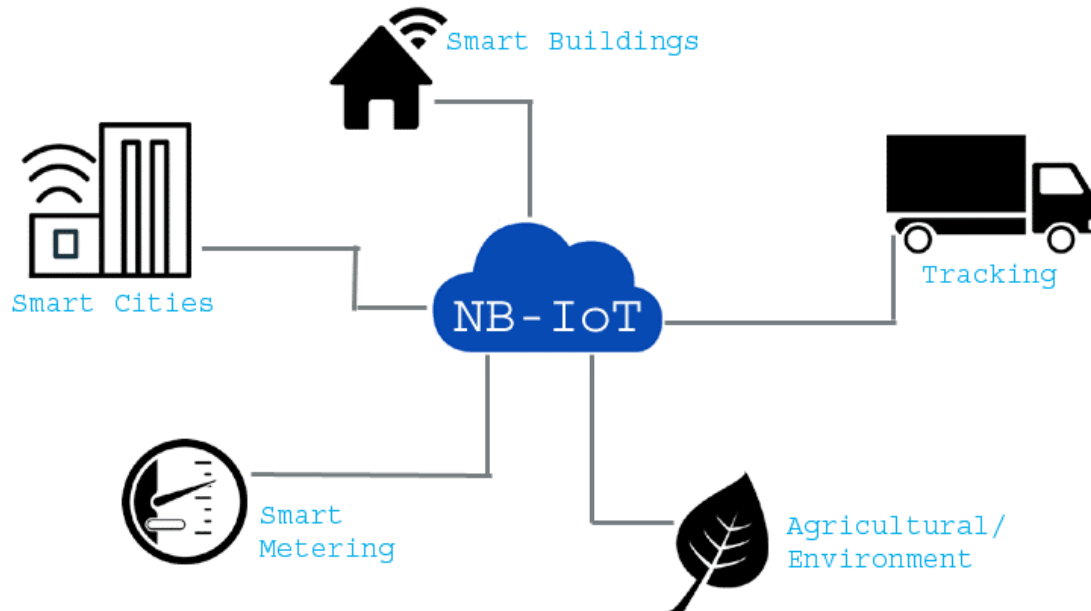
Thông số công nghệ	NB-IoT	LoRaWAN
Băng thông	180 kHz	125 kHz
Phủ sóng	164 dB	165 dB
Thời lượng pin	10+ năm	15+ năm
Độ trễ	<10s	Phụ thuộc vào thiết bị
Bảo mật	3GPP (128 đến 256 bit)	AES 128 bit
Hạ tầng	Không cần xây dựng vì các nhà mạng viễn thông đã triển khai.	Cần xây dựng vì phải đầu tư vào hạ tầng mạng riêng như gateway LoRa.

NB-IoT vượt trội hơn trong nhiều khía cạnh khi so sánh với LoRaWAN, đặc biệt là ở khả năng cung cấp độ trễ thấp, phạm vi phủ sóng rộng, và mức độ bảo mật cao, nhờ vào việc được triển khai trên hạ tầng mạng di động hiện có. Điều này khiến NB-IoT trở thành lựa chọn tối ưu cho các ứng dụng yêu cầu kết nối ổn định, an toàn và có thể mở rộng, chẳng hạn như các hệ thống giám sát y tế từ xa, quản lý đô thị thông minh, và các ứng dụng công nghiệp quy mô lớn. Mặc dù LoRaWAN có thể là một giải pháp hiệu quả cho các ứng dụng cục bộ với chi phí thấp và không yêu cầu thời gian thực, NB-IoT vẫn là công nghệ lý tưởng hơn cho những ứng dụng yêu cầu sự tin cậy và khả năng tích hợp cao trong môi trường mạng hiện đại.

2.1.4. Ứng dụng

Hiện nay, NB-IoT đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong theo dõi tài sản từ xa, các doanh nghiệp có thể sử dụng NB-IoT để giám sát tài sản và nhận cập nhật trạng thái liên tục, chẳng hạn như theo dõi vị trí và điều kiện của các container vận chuyển, hay giám sát thiết bị công nghiệp để thực hiện bảo trì kịp thời. Trong nông nghiệp thông minh, NB-IoT hỗ trợ nông dân giám sát các yếu tố môi trường như độ ẩm, áp suất và pH đất, giúp tối ưu hóa tưới tiêu và duy trì điều kiện lý tưởng cho cây trồng. Ngoài ra, công nghệ này còn được ứng dụng trong phát hiện rò rỉ gas, nơi NB-

IoT giám sát chất lượng không khí liên tục và tự động gửi cảnh báo khi mức độ khí gas vượt ngưỡng an toàn, giúp phát hiện rò rỉ sớm trong các nhà máy, nhà ở hoặc tòa nhà thương mại.



Hình 2.2. Các ứng dụng phổ biến của công nghệ truyền thông NB-IoT.

Tại Việt Nam, NB-IoT đang được triển khai rộng rãi bởi các nhà mạng lớn, đặc biệt là Viettel. Viettel đã bắt đầu vận hành 1.000 trạm phát sóng (BTS) [6] sử dụng công nghệ NB-IoT để phủ sóng toàn bộ thành phố Hồ Chí Minh. Trước đó, công ty đã triển khai gần 500 trạm NB-IoT tại quận Cầu Giấy và vùng ngoại ô Hà Nội. Viettel có kế hoạch mở rộng mạng lưới NB-IoT ra toàn bộ các tỉnh thành trên cả nước, cũng như quốc tế.



Hình 2.3. Trạm sóng NB-IoT đã được lắp đặt hoàn tất.

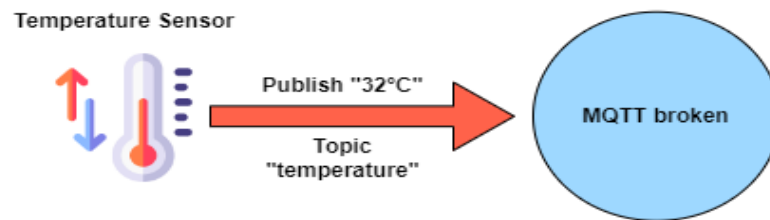
2.2. Giao thức Message Queuing Telemetry Transport

2.2.1. Khái niệm

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) là một giao thức truyền thông nhẹ được thiết kế để truyền tải thông tin giữa các thiết bị trong môi trường có băng thông hạn chế và độ trễ cao. Giao thức này được phát triển bởi IBM (International Business Machines) vào cuối những năm 1990, ban đầu nhằm mục đích theo dõi các đường ống dẫn dầu qua vệ tinh - một ứng dụng đòi hỏi giao tiếp hiệu quả trong điều kiện băng thông hạn chế và độ tin cậy cao [7].

MQTT nổi bật với đặc điểm sử dụng ít tài nguyên, khiến nó trở nên lý tưởng cho các thiết bị có công suất thấp và kết nối không ổn định. Giao thức này hoạt động hiệu quả trong môi trường băng thông thấp và độ trễ cao, như mạng di động hoặc kết nối vệ tinh. Đồng thời, MQTT hỗ trợ đa dạng các ứng dụng, từ những ứng dụng đơn giản đến các hệ thống phức tạp và quy mô lớn.

2.2.2. Nguyên lý hoạt động



Hình 2.4. Cơ chế truyền nhận dữ liệu của MQTT.

MQTT hoạt động dựa trên mô hình "publish-subscribe", cho phép các thiết bị giao tiếp thông qua một broker trung gian. Hình 2.4 minh họa cách thức một cảm biến nhiệt độ sử dụng giao thức MQTT để gửi dữ liệu đến một broker. Trong hệ thống này, cảm biến nhiệt độ đóng vai trò là publisher, nó gửi thông điệp "32°C" đến một chủ đề (topic) cụ thể có tên là "temperature". Thông điệp này sau đó được gửi tới broker MQTT, nơi chịu trách nhiệm quản lý và phân phối thông tin đến các subscribers đã đăng ký nhận thông báo từ chủ đề "temperature". Broker đảm bảo rằng thông điệp được truyền tải đến đúng thiết bị hoặc ứng dụng đích mà không cần publisher phải biết trước về sự tồn tại của chúng.

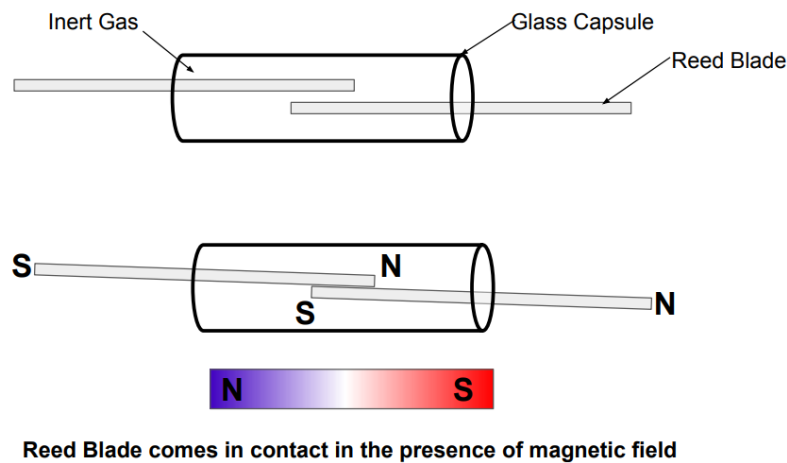
2.3. Nguyên lý cảm biến

2.3.1. Cảm biến từ Reed

2.3.1.1. Khái niệm

Cảm biến từ Reed, còn được gọi là công tắc từ Reed, là một loại cảm biến hoạt động dựa trên nguyên lý từ trường. Cảm biến này được cấu tạo bởi hai tiếp điểm từ tính đặt trong một ống kín [9].

2.3.1.2. Nguyên lý hoạt động



Hình 2.5. Nguyên lý hoạt động của cảm biến từ Reed [10].

Hình 2.5 trên minh họa nguyên lý hoạt động của cảm biến từ Reed. Cảm biến từ Reed bao gồm hai lá tiếp điểm từ tính (Reed Blades) được đặt trong một ống thủy tinh kín (Glass Capsule) chứa khí trơ (Inert Gas). Khi không có từ trường tác động, các lá tiếp điểm này tách rời và không cho dòng điện đi qua.

Tuy nhiên, khi có một từ trường đủ mạnh xuất hiện gần cảm biến, như được biểu diễn bằng cực Bắc (N) và cực Nam (S) trong hình, từ trường này sẽ khiến các lá tiếp điểm từ tính bị hút lại với nhau, đóng mạch và cho phép dòng điện đi qua. Khi từ trường không còn nữa, các lá tiếp điểm sẽ tách ra, ngắt mạch và ngừng truyền dòng điện. Đây là cơ chế cơ bản giúp cảm biến từ Reed hoạt động, cho phép nó phát hiện sự hiện diện của từ trường và đóng hoặc mở mạch điện tùy thuộc vào từ trường có mặt hay không.

2.3.2. Cảm biến từ Hall

2.3.2.1. Khái niệm

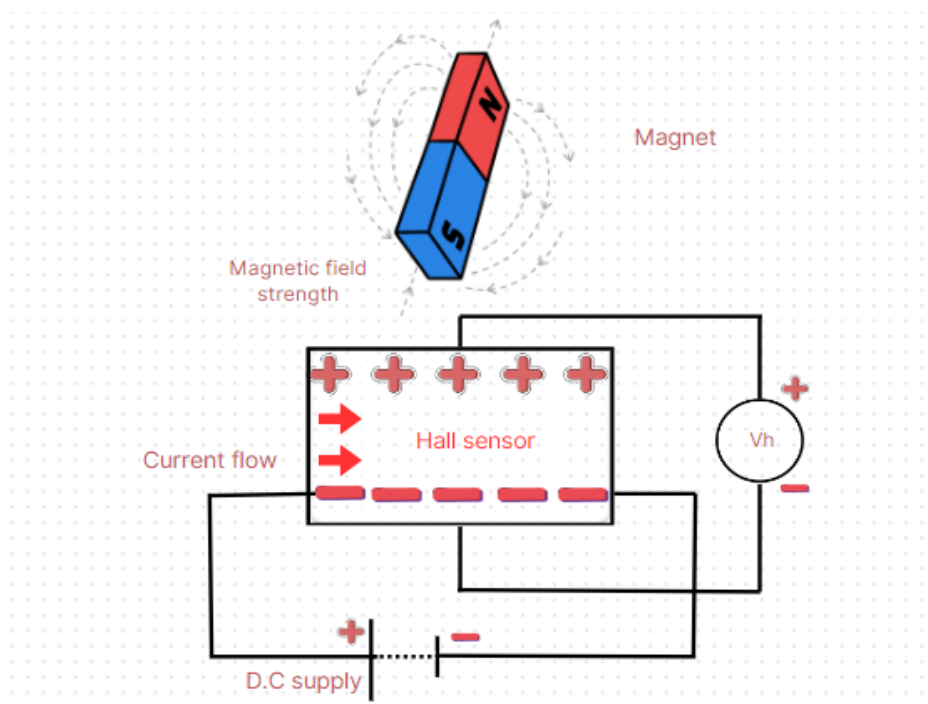
Cảm biến từ Hall, còn được gọi là cảm biến Hall, là một loại cảm biến sử dụng hiệu ứng Hall để phát hiện sự hiện diện của từ trường. Hiệu ứng Hall được phát hiện bởi nhà vật lý người Mỹ Edwin Hall vào năm 1879 [11].

Cảm biến Hall được chế tạo từ các vật liệu bán dẫn mỏng như Gallium arsenide (GaAs), Indium phosphide (InP), Indium antimonide (InSb), hoặc Indium arsenide (InAs).

[12]. Các vật liệu này giúp cảm biến Hall phát hiện từ trường và chuyển đổi nó thành tín hiệu điện, phục vụ cho nhiều ứng dụng khác nhau trong công nghiệp và điện tử.

2.3.2.2. Nguyên lý hoạt động

Hình 2.6 dưới đây minh họa cách cảm biến Hall hoạt động khi được đặt trong một từ trường và dòng điện được áp dụng qua vật liệu bán dẫn.



Hình 2.6. Nguyên lý hoạt động của cảm biến Hall [13].

Cảm biến Hall được đặt trong một từ trường tạo bởi nam châm. Khi một dòng điện chạy qua vật liệu bán dẫn từ nguồn DC, lực Lorentz (là lực tác động lên các hạt mang điện khi chúng di chuyển trong từ trường) tác động lên các hạt mang điện (electron và lỗ trống) trong vật liệu bán dẫn, làm cho chúng bị lệch về hai bên của vật liệu. Kết quả là, một mặt của vật liệu tích điện âm và mặt kia tích điện dương, tạo ra một điện áp vuông góc với cả dòng điện và từ trường, gọi là điện áp Hall (V_h).

Điện áp Hall này được đo bởi các điện cực đặt trên bề mặt của cảm biến. Giá trị của điện áp Hall tỷ lệ với cường độ của từ trường, cho phép cảm biến Hall xác định được sự hiện diện và cường độ của từ trường. Nhờ đó, cảm biến Hall có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng, từ đo lường cường độ từ trường đến phát hiện vị trí của nam châm.

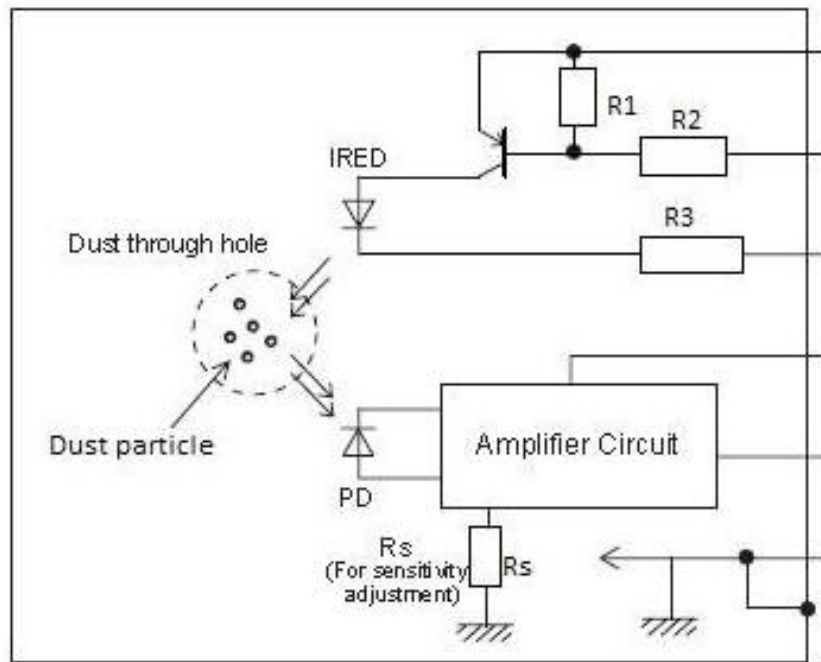
2.3.3. Cảm biến đo nồng độ bụi

2.3.3.1. Khái niệm

Cảm biến đo nồng độ bụi là thiết bị được sử dụng để phát hiện và đo lường số lượng hạt bụi trong không khí. Cảm biến đo nồng độ bụi được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống giám sát chất lượng không khí, từ các thiết bị di động đến các trạm quan trắc cố định, giúp theo dõi mức độ ô nhiễm không khí và bảo vệ sức khỏe cộng đồng. Những dữ liệu thu thập từ cảm biến này có thể được sử dụng để đưa ra các cảnh báo về mức độ ô nhiễm hoặc để điều chỉnh các hệ thống lọc không khí nhằm đảm bảo môi trường sống trong lành hơn.

2.3.3.2. Nguyên lý hoạt động

Cảm biến bụi hoạt động dựa trên nguyên lý phản xạ ánh sáng hồng ngoại từ các hạt bụi trong không khí. Hình 2.7 dưới đây minh họa cách thức cảm biến này phát hiện và đo lường nồng độ bụi trong môi trường xung quanh.



Hình 2.7. Nguyên lý hoạt động của cảm biến bụi [14].

Cảm biến bụi bao gồm một diode phát hồng ngoại (IR LED - Infrared Light Emitting Diode) và một phototransistor. Diode phát hồng ngoại liên tục phát ra tia sáng hồng ngoại (infrared), loại tia sáng này không nhìn thấy được bằng mắt thường nhưng có khả năng phản xạ từ các vật thể, bao gồm cả các hạt bụi.

Khi các hạt bụi đi qua khu vực phát hiện của cảm biến, ánh sáng hồng ngoại từ diode sẽ bị phản xạ. Mức độ phản xạ này phụ thuộc vào số lượng và kích thước của các hạt bụi trong không khí. Phototransistor được đặt gần diode phát hồng ngoại và có nhiệm vụ thu nhận ánh sáng phản xạ từ các hạt bụi.

Khi ánh sáng hồng ngoại phản xạ trúng phototransistor, nó tạo ra một dòng điện nhỏ, dòng điện này tỷ lệ thuận với cường độ ánh sáng mà phototransistor nhận được. Dòng điện này gây ra một điện áp rơi trên một điện trở kết nối với phototransistor. Tín hiệu điện áp này sau đó được đưa vào một bộ khuếch đại hoặc bộ so sánh để xử lý và biến đổi thành tín hiệu số hoặc tín hiệu tương tự, đại diện cho nồng độ bụi trong không khí.

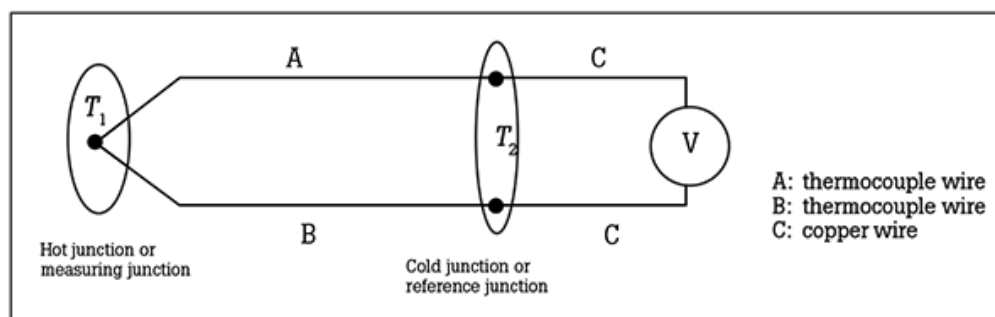
2.3.4. Cảm biến đo nhiệt độ

2.3.4.1. Khái niệm

Cảm biến đo nhiệt độ là một thiết bị được sử dụng để đo mức nhiệt độ của một môi trường hoặc đối tượng cụ thể. Nó chuyển đổi thông tin nhiệt độ từ dạng vật lý sang dạng tín hiệu điện để có thể đọc và xử lý. Một trong những phương pháp đo nhiệt độ phổ biến là sử dụng cặp nhiệt điện (thermocouple) [16].

Cảm biến nhiệt độ như cặp nhiệt điện được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp, từ điều khiển quá trình trong nhà máy, hệ thống HVAC (sưởi, thông gió và điều hòa không khí) cho đến các thiết bị y tế và nghiên cứu khoa học, nhờ vào độ chính xác và khả năng đáp ứng nhanh với sự thay đổi nhiệt độ.

2.3.4.2. Nguyên lý hoạt động



Hình 2.8. Nguyên lý hoạt động của cặp nhiệt điện dựa trên hiệu ứng Seebeck [17].

Cặp nhiệt điện (thermocouple) là một thiết bị đo nhiệt độ hoạt động dựa trên hiệu ứng Seebeck. Hiệu ứng Seebeck là hiện tượng tạo ra một sức điện động (EMF) khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai điểm tiếp xúc của hai kim loại khác nhau. Khi hai dây kim loại khác nhau (được gọi là dây A và dây B trong hình 2.8) được hàn lại tại một điểm nóng (hot junction), và đầu còn lại được giữ ở một nhiệt độ tham chiếu ổn định sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai điểm này sẽ tạo ra một điện áp nhỏ, thường ở mức millivolts. Điện áp này tỷ lệ thuận với chênh lệch nhiệt độ và có thể được đo bằng một vôn kế để xác định nhiệt độ tại điểm nóng.

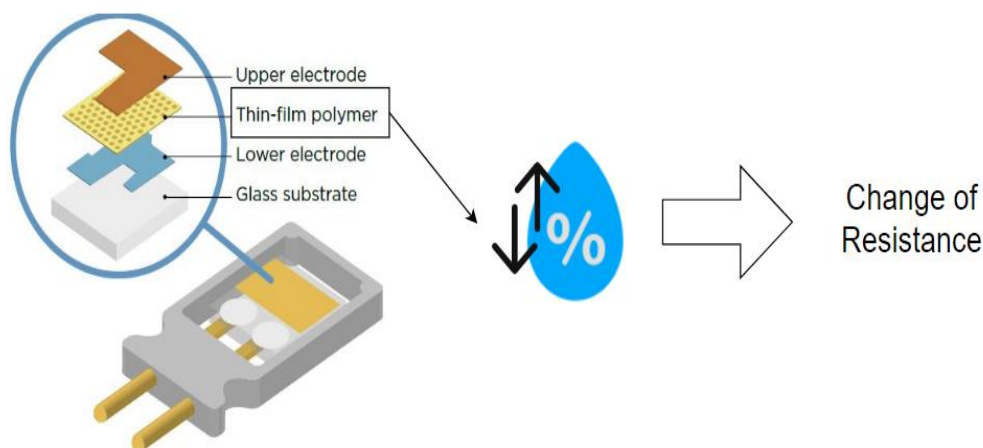
Trong hình 2.8, dây A và dây B là hai kim loại khác nhau, và chúng được nối với nhau tại điểm nóng (T1) để tạo thành một cặp nhiệt điện. Điểm lạnh (T2) được đặt tại một nhiệt độ tham chiếu ổn định. Khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa T1 và T2, điện áp sinh ra có thể được đo bằng vôn kế (ký hiệu là V).

2.3.5. Cảm biến đo độ ẩm

2.3.5.1. Khái niệm

Cảm biến đo độ ẩm là một thiết bị được thiết kế để đo lượng hơi nước có trong không khí hoặc các chất khí khác. Thông tin về độ ẩm thường được biểu thị dưới dạng phần trăm của độ ẩm tương đối (%RH) hoặc độ ẩm tuyệt đối (g/m^3). Cảm biến đo độ ẩm chuyển đổi thông tin này từ dạng vật lý sang tín hiệu điện để có thể đọc và xử lý.

2.3.5.2. Nguyên lý hoạt động



Hình 2.9. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của cảm biến đo độ ẩm [18].

Để đo lường độ ẩm trong môi trường, cảm biến đo độ ẩm hoạt động dựa trên nguyên lý thay đổi điện dung. Hình 2.9 ở trên minh họa cấu trúc và cách thức hoạt động của loại cảm biến này.

Cảm biến đo độ ẩm bao gồm hai điện cực (Upper electrode và Lower electrode) được đặt cách nhau bởi một lớp polymer mỏng (Thin-film polymer). Lớp polymer này có khả năng hấp thụ hoặc mất đi hơi nước từ môi trường xung quanh khi độ ẩm thay đổi.

Khi lớp polymer hấp thụ hơi nước, hằng số điện môi của nó sẽ thay đổi, dẫn đến sự thay đổi điện dung giữa hai điện cực.

Sự thay đổi điện dung này sau đó được đo lường và chuyển đổi thành tín hiệu điện tử. Tín hiệu này tỷ lệ với độ ẩm của môi trường và có thể được đọc bởi hệ thống đo lường để cung cấp thông tin chính xác về độ ẩm trong môi trường. Đây là cách mà cảm biến đo độ ẩm có thể theo dõi và phản ánh mức độ ẩm thay đổi trong không khí.

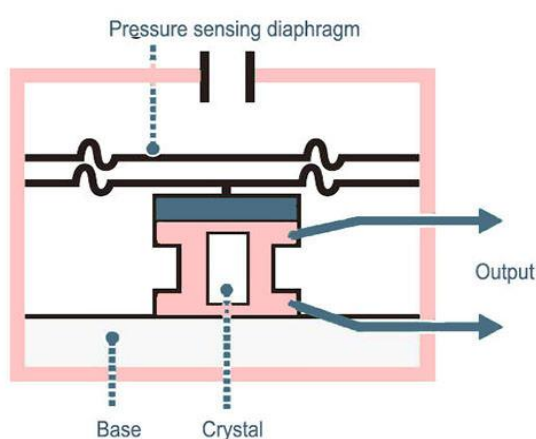
2.3.6. Cảm biến đo áp suất

2.3.6.1. Khái niệm

Cảm biến đo áp suất là thiết bị được sử dụng để đo áp suất của chất lỏng hoặc khí. Cảm biến này chuyển đổi áp suất vật lý thành một tín hiệu điện mà có thể được đo lường và hiển thị. Các cảm biến áp suất thường được sử dụng trong các ứng dụng công nghiệp, ô tô, hàng không, và trong các thiết bị gia dụng để đảm bảo an toàn và hiệu suất [19].

2.3.6.2. Nguyên lý hoạt động

Có nhiều loại cảm biến áp suất khác nhau, nhưng một trong những loại phổ biến nhất hiện nay là cảm biến áp suất MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems). Hình 2.10 dưới đây minh họa cấu trúc và nguyên lý hoạt động của loại cảm biến này.



Hình 2.10. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của cảm biến áp suất MEMS [20].

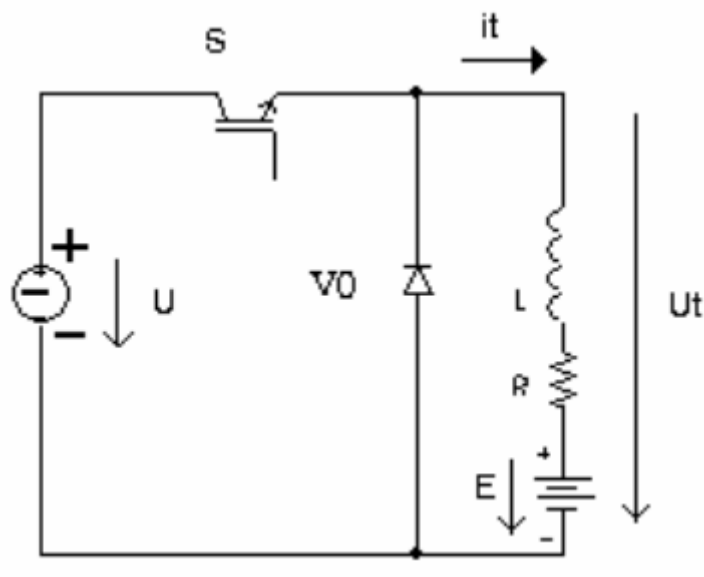
Cảm biến áp suất MEMS hoạt động dựa trên nguyên lý biến dạng của một màng mỏng silicon khi bị tác động bởi áp suất. Cấu tạo chính của cảm biến bao gồm một màng mỏng silicon nhạy cảm với áp suất, được cấu thành như một cầu Wheatstone với bốn điện trở. Nguyên lý hoạt động của cảm biến áp suất MEMS dựa trên sự biến dạng của màng mỏng silicon khi chịu tác động từ áp suất môi trường bên ngoài. Khi áp suất tác động lên màng mỏng silicon, màng này sẽ bị biến dạng, dẫn đến sự thay đổi trong giá trị điện trở của các phần tử trong cầu Wheatstone. Sự thay đổi này tạo ra một điện áp vi sai, tỷ lệ với mức áp suất tác động lên màng silicon. Điện áp này sau đó được khuếch đại và chuyển đổi thành tín hiệu số hoặc tín hiệu analog, cho phép đo lường và hiển thị áp suất một cách chính xác.

2.4. Các mạch chuyển đổi DC-DC

2.4.1. Mạch Buck

2.4.1.1. Sơ đồ cấu tạo

Mạch Buck là một mạch chuyển đổi điện áp DC-DC phổ biến, được sử dụng để giảm điện áp đầu vào xuống mức điện áp đầu ra thấp hơn một cách hiệu quả [21]. Hình 2.11 dưới đây minh họa cấu trúc cơ bản của một mạch Buck.



Hình 2.11 Sơ đồ một mạch Buck tiêu biểu [21].

Các thành phần chính của mạch Buck bao gồm nguồn điện áp một chiều (U) nối tiếp với tải qua công tắc (S), diode V_0 mắc song song với tải. Ngoài ra, tải còn bao gồm R , L và sức điện động E (ví dụ động cơ một chiều). Nguồn một chiều có thể được sử dụng từ ắc quy, pin điện hoặc từ nguồn áp xoay chiều qua bộ chỉnh lưu không điều khiển và mạch lọc. Công tắc S thường là các linh kiện tự chuyển mạch, chẳng hạn như transistor (BJT, MOSFET, IGBT), GTO hoặc kết hợp với thyristor (SCR) và bộ chuyển mạch.

2.4.1.2. Nguyên lý hoạt động

Trạng thái đóng S: Khi công tắc S đóng, dòng điện từ nguồn U đi qua mạch gồm (U , S , R , L , E). Phương trình biểu diễn trạng thái hoạt động của tải:

$$u_t = U$$

$$u_t = R \cdot i_t + L \frac{di_t}{dt} + E$$

Trạng thái ngắt S: Khi công tắc S ngắt, mạch tải có chứa L nên dòng qua nó không thể thay đổi đột ngột. Dòng tải i_t tiếp tục đi theo chiều cũ và khép kín qua diode V_0 . Phương trình mô tả trạng thái mạch (V_0 , R , L , E):

$$u_t = 0$$

$$u_t = R \cdot i_t + L \frac{di_t}{dt} + E$$

Điện áp trung bình trên tải:

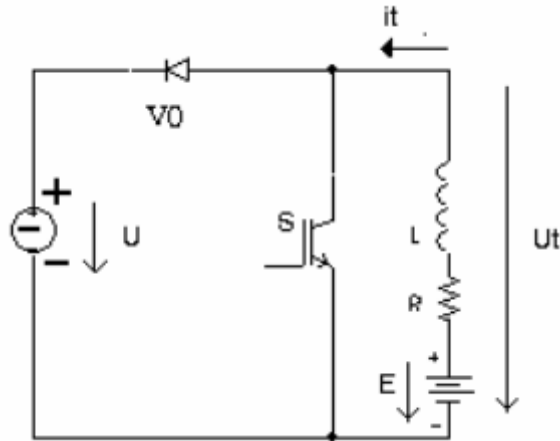
$$U_t = U \cdot \frac{T_1}{T} + E \cdot \frac{T - T_2}{T} = U \cdot \gamma + E \left(1 - \frac{T_2}{T}\right)$$

Trong đó $\gamma = \frac{T_1}{T}$, U là điện áp đầu vào, E là sức điện động, T_1 là thời gian công tắc đóng, T_2 là thời gian công tắc ngắt. T là tổng chu kỳ.

2.4.2. Mạch Boost

2.4.2.1. Sơ đồ cấu tạo

Mạch Boost là một bộ chuyển đổi DC-DC, thường được sử dụng để tăng điện áp từ mức thấp lên mức cao hơn [21].



Hình 2.12. Sơ đồ một mạch Boost tiêu biểu [21].

Như sơ đồ mạch Boost ở hình 2.10, mạch Boost gồm nguồn cung cấp U mắc song song với công tắc S , thường là MOSFET. Diode được nối tiếp giữa nguồn U và tải. Ngoài ra còn có các thành phần R , L .

2.4.2.2. Nguyên lý hoạt động

Trạng thái đóng S - khoảng thời gian từ $(0 < t < T_1)$. Dòng điện khép kín qua mạch (R, L, E, S) . Phương trình mô tả trạng thái S đóng:

$$u_t = 0$$

$$u_t = -R \cdot i_t - L \frac{di_t}{dt} + E$$

Trạng thái V_0 - khoảng thời gian $(T_1 < t < T)$: Công tắc S bị kích ngắt trong khoảng thời gian T_2 . Dòng qua công tắc S triệt tiêu. Do tính liên tục của dòng qua tải chứa L nên

dòng tải tiếp tục dẫn điện theo chiều cũ và khép kín qua diode V_0 và nguồn U . Phương trình mô tả trạng thái mạch (R, L, E, V_0, U) .

$$u_t = U$$

$$u_t = -R \cdot i_t - L \frac{di_t}{dt} + E$$

Điện áp trung bình trên tải:

$$U_t = U \cdot \frac{T_2}{T} = U \cdot (1 - \gamma)$$

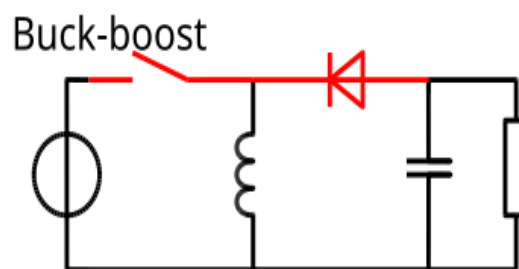
$$\text{Do } 0 \leq \gamma \leq \frac{T_1}{T} \rightarrow 0 \leq U_t \leq U \text{ và } i_t = \frac{-U_t + E}{R}$$

Nếu thay đổi vai trò giữa U và tải: gọi là tải U_t là nguồn cấp năng lượng và U là tải nhận năng lượng thì ta có:

$$U = \frac{U_t}{1 - \gamma} > U_t$$

Điện áp tải lớn hơn điện áp nguồn nên ta gọi đây là mạch Boost.

2.4.3. Mạch Buck-boost



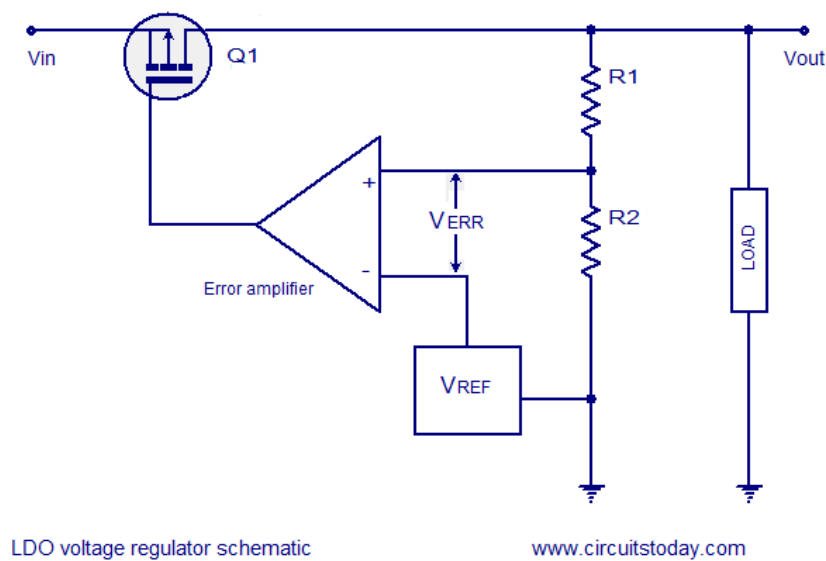
Hình 2.13. Sơ đồ một mạch Buck-boost tiêu biểu [22].

Mạch Buck-Boost là một loại mạch chuyển đổi DC-DC được sử dụng để điều chỉnh điện áp đầu ra, bất kể điện áp đầu vào cao hơn hay thấp hơn so với điện áp đầu ra mong muốn. Nguyên lý hoạt động của mạch Buck-Boost kết hợp giữa nguyên lý của mạch Buck và mạch Boost.

2.4.4. Mạch LDO

2.4.4.1. Sơ đồ cấu tạo

Mạch LDO (Low Dropout Regulator), hay mạch điều chỉnh điện áp thấp, là một loại mạch điện tử được sử dụng để điều chỉnh và duy trì điện áp đầu ra ổn định, ngay cả khi điện áp đầu vào chỉ cao hơn điện áp đầu ra một lượng rất nhỏ [23]. Sơ đồ cấu tạo của LDO bao gồm transistor, bộ khuếch đại sai lệch, điện áp tham chiếu và bộ chia điện áp.



Hình 2.14. Sơ đồ nguyên lý của mạch LDO [20].

2.4.4.2. Nguyên lý hoạt động

Dựa theo hình 2.12 nguyên lý của mạch LDO như sau: Điện áp đầu ra được hồi tiếp qua bộ chia điện áp ($R1$ và $R2$), và so sánh với điện áp tham chiếu (V_{REF}) tại đầu vào của bộ khuếch đại sai lệch. Nếu V_{out} giảm xuống dưới mức mong muốn, điện áp phản hồi cũng giảm, dẫn đến V_{ERR} tăng lên. Bộ khuếch đại sai lệch sẽ điều chỉnh transistor Q_1 để tăng dòng điện từ V_{in} tới V_{out} , nâng V_{out} lên mức cần thiết. Ngược lại, nếu V_{out} tăng quá cao, V_{ERR} sẽ giảm, bộ khuếch đại sai lệch sẽ giảm dòng điện qua transistor Q_1 , làm giảm V_{out} .

Điện áp đầu ra của LDO dựa trên công thức:

$$V_{out} = V_{fb} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Trong đó: V_{fb} là điện áp hồi tiếp.

Hiệu suất của LDO được tính dựa trên:

$$H\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Trong đó: P_{out} là công suất đầu ra, P_{in} là công suất đầu vào.

Mà $P_{out} = U_{out} \times I_{out}$ và $P_{in} = U_{in} \times I_{in}$

Vì I_{in} xấp xỉ I_{out} (dòng điện đầu vào gần bằng dòng điện đầu ra trong LDO), công thức hiệu suất có thể viết lại như sau:

$$H\% = \frac{U_{out}}{U_{in}} \times 100\%$$

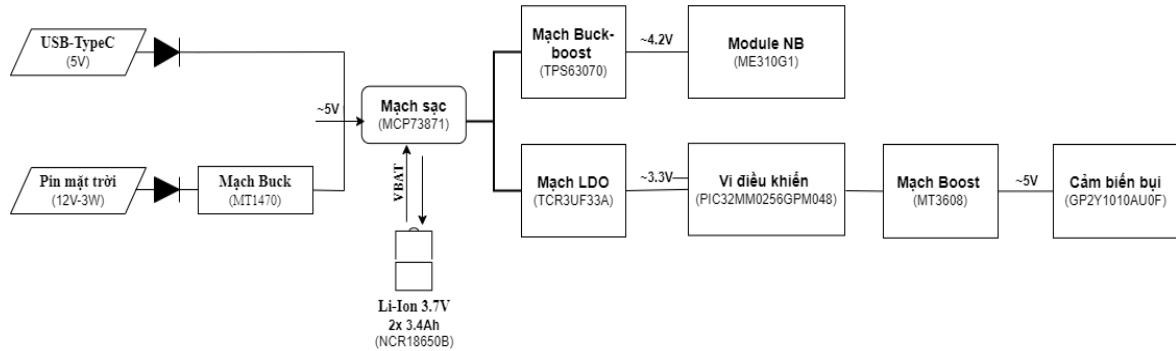
Nếu điện áp đầu ra U_{out} nhỏ hơn nhiều so với điện áp đầu vào U_{in} , hiệu suất của LDO sẽ rất thấp. Điều này dẫn đến nhiều năng lượng bị lãng phí dưới dạng nhiệt. Cụ thể

- Khi U_{in} lớn hơn nhiều so với U_{out} , phần lớn năng lượng từ đầu vào chuyển thành nhiệt năng thay vì điện năng đầu ra.
- Sự chênh lệch giữa U_{in} và U_{out} lớn sẽ làm cho transistor điều khiển trong mạch LDO phải tiêu tán nhiều công suất, dẫn đến nhiệt độ cao.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ MÔ HÌNH

3.1. Khối nguồn

3.1.1. Sơ đồ khối tổng quan



Hình 3.1. Sơ đồ khối nguồn hệ thống.

Nguồn cung cấp đầu vào:

- **USB-TypeC:** Cung cấp điện áp 5V từ nguồn USB chuẩn. Ngoài việc cấp điện cho hệ thống và sạc pin, kết nối USB-TypeC còn được sử dụng để nạp code hoặc cập nhật firmware cho vi điều khiển và các thành phần liên quan trong hệ thống
- **Pin mặt trời (12V-3W):** Pin mặt trời cung cấp điện áp 12V, qua mạch Buck MT1470 để giảm điện áp xuống còn ~5V, phù hợp cho việc sạc và cung cấp điện cho hệ thống.

Mạch sạc và pin lưu trữ:

- **Mạch sạc (MCP73871):** Mạch này chịu trách nhiệm sạc pin Li-Ion 3.7V (cụ thể là pin NCR18650B với dung lượng 3.4Ah). Mạch sạc nhận đầu vào từ nguồn 5V, có thể là từ USB-TypeC hoặc pin mặt trời qua mạch Buck, và sạc pin đồng thời cung cấp năng lượng trực tiếp cho các thành phần khác trong hệ thống.
- **Pin Li-Ion 3.7V:** Pin này lưu trữ năng lượng và cung cấp điện áp ổn định cho các thành phần của hệ thống khi không có nguồn điện trực tiếp từ USB hoặc pin mặt trời.

Cấp nguồn cho các thành phần hệ thống:

- Mạch sạc (MCP73871): Nhận điện áp $\sim 4.2V$ từ mạch Buck-boost (TPS63070). Mạch Buck-boost điều chỉnh điện áp từ pin Li-Ion để cung cấp đúng mức điện áp cần thiết cho Module NB.
- Vi điều khiển (PIC32MM0256GPM048): Nhận điện áp $\sim 3.3V$ từ mạch LDO (TCR3UF33A). Mạch LDO đảm bảo cung cấp điện áp ổn định, phù hợp cho hoạt động của vi điều khiển. Vi điều khiển có thể được nạp code hoặc cập nhật firmware qua kết nối USB-TypeC.
- Cảm biến bụi (GP2Y1010AU0F): Nhận điện áp $\sim 5V$ từ mạch Boost (MT3608). Mạch Boost này điều chỉnh điện áp từ vi điều khiển để cấp điện cho cảm biến bụi.

Mô tả tổng quan hoạt động:

- Mạch sạc (MCP73871): Nhận điện áp $\sim 4.2V$ từ mạch Buck-boost (TPS63070). Mạch Buck-boost điều chỉnh điện áp từ pin Li-Ion để cung cấp đúng mức điện áp cần thiết cho Module NB.
- Vi điều khiển (PIC32MM0256GPM048): Nhận điện áp $\sim 3.3V$ từ mạch LDO (TCR3UF33A). Mạch LDO đảm bảo cung cấp điện áp ổn định, phù hợp cho hoạt động của vi điều khiển. Vi điều khiển có thể được nạp code hoặc cập nhật firmware qua kết nối USB-TypeC.
- Cảm biến bụi (GP2Y1010AU0F): Nhận điện áp $\sim 5V$ từ mạch Boost (MT3608). Mạch Boost này điều chỉnh điện áp từ vi điều khiển để cấp điện cho cảm biến bụi.

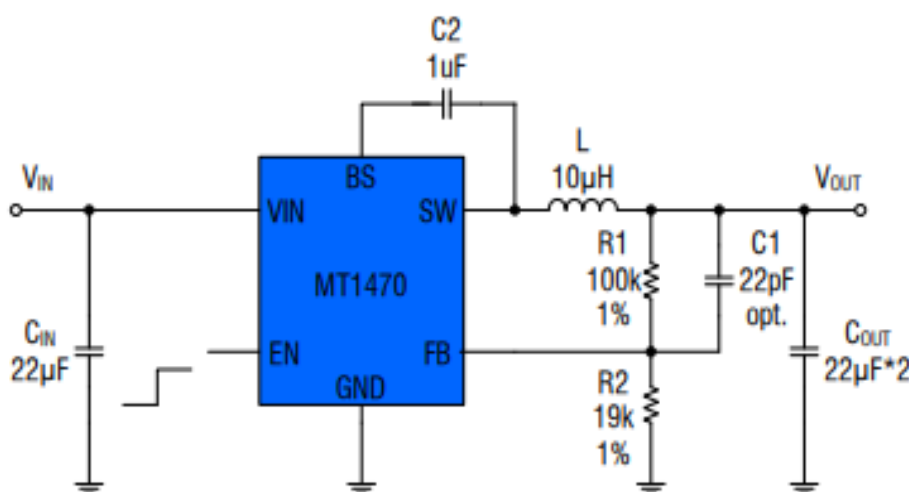
Mô tả hoạt động: Nguồn từ USB-TypeC hoặc pin mặt trời được chuyển thành $\sim 5V$ qua mạch Buck, cung cấp cho mạch sạc MCP73871. MCP73871 sạc pin Li-Ion và đồng thời cung cấp điện áp cho các thành phần hệ thống khác. Các mạch điều chỉnh điện áp (Boost, LDO) đảm bảo cung cấp điện áp phù hợp cho từng thành phần: module NB, vi điều khiển và cảm biến bụi.

3.1.2. Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối

3.1.2.1. Thiết kế mạch hạ áp cho pin năng lượng mặt trời

Tìm hiểu IC MT1470 [25]

IC MT1470 là bộ chuyển đổi giảm áp (buck converter) đồng bộ, hiệu suất cao, hỗ trợ dòng đầu ra lên đến 2A và tần số hoạt động 500kHz. Nó cho phép chuyển đổi điện áp đầu vào từ 4.5V đến 21V thành điện áp đầu ra thấp hơn với độ chính xác cao, lý tưởng cho các ứng dụng trong hệ thống phân phối điện, thiết bị số, và máy tính xách tay. IC tích hợp MOSFET nội bộ và các thành phần bù, giúp thiết kế mạch đơn giản và giảm số lượng linh kiện ngoại vi cần thiết.



Hình 3.2. Gợi ý thiết kế khi làm việc với IC MT1470 từ nhà sản xuất

Nguyên lý hoạt động: Nguồn vào được cấp cho chân VIN của IC (kết nối với tụ điện 22µF để giảm nhiễu). Chân EN là chân kích hoạt, khi được cấp điện áp mức cao (nối với chân VIN thông qua điện trở) sẽ kích hoạt IC. Chân SW kết nối với cuộn cảm và chịu trách nhiệm chuyển đổi điện áp. Chân BS được nối với một tụ điện (C2) để cung cấp điện áp cần thiết cho bộ điều khiển MOSFET cao áp. Chân FB giám sát điện áp đầu ra thông qua bộ chia điện áp (R1 và R2) và điều chỉnh chu kỳ làm việc của chuyển mạch để duy trì điện áp ổn định.

Tính toán: Điện áp đầu ra (VOUT) được thiết lập bởi bộ chia điện áp R1 và R2 theo công thức

$$V_o = V_{fb} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Với $V_{fb} = 0.8V$ (Mức điện áp hồi tiếp trung bình của IC MT1470)

Áp dụng: Vì nguồn ra yêu cầu 5V thì ta cần tính toán điện trở trên và điện trở dưới phù hợp. Lựa chọn điện trở trên 53.6kΩ, điện trở dưới 10kΩ. Và cuộn cảm có giá trị 10μH/3A là một yếu quan trọng để đảm bảo đủ khả năng chịu dòng cho ứng dụng yêu cầu dòng đầu ra 2A, hiệu suất cao.

Kết quả tính toán:

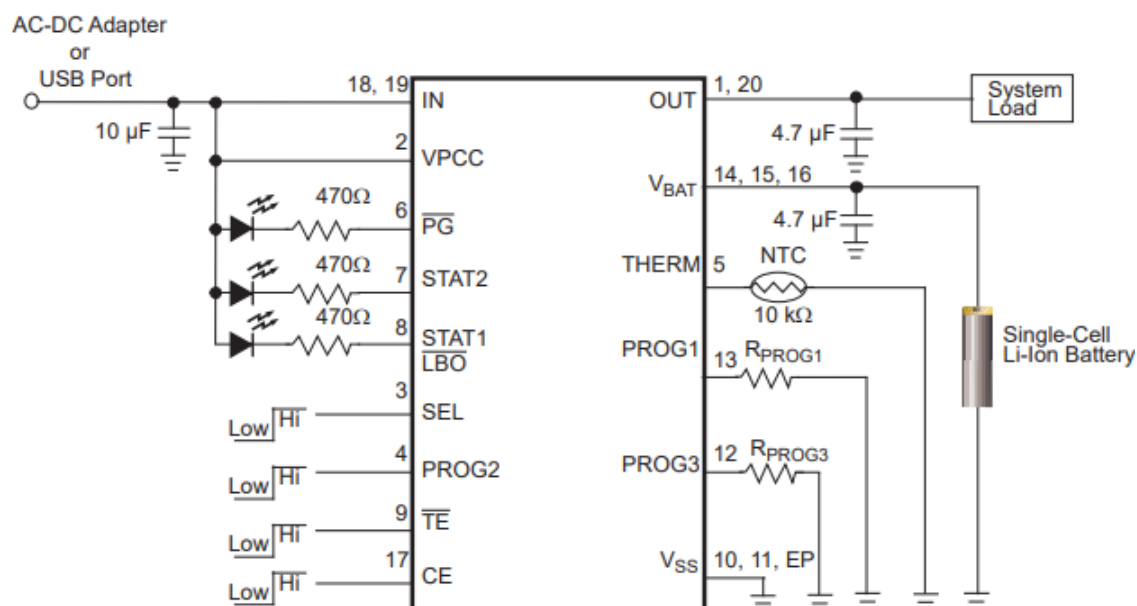
$$V_o = 0.8 \times \left(1 + \frac{53.6K}{10K}\right) = 0.8 \times 6.36 = 5.088 V \sim 5V$$

Kết quả với kết quả gần bằng 5V hoàn toàn phù hợp với điện áp đề ra.

3.1.2.2. Thiết kế mạch sạc pin Li-Ion

Tìm hiểu IC MCP3781 [26]

IC MCP73871 là bộ điều khiển quản lý sạc pin Li-Ion/Li-Polymer và chia sẻ tải hệ thống, tích hợp đầy đủ với khả năng lựa chọn nguồn sạc từ cổng USB hoặc adapter AC-DC. Thiết bị này có khả năng tự động lựa chọn nguồn cấp giữa pin và nguồn đầu vào, giúp cấp nguồn cho hệ thống và sạc pin đồng thời. MCP73871 hỗ trợ các tính năng quản lý dòng sạc, bảo vệ ngược dòng, bảo vệ quá nhiệt và giám sát nhiệt độ pin, lý tưởng cho các ứng dụng di động như điện thoại thông minh, máy nghe nhạc và thiết bị y tế di động.



Hình 3.3. Gợi ý thiết kế khi làm việc với IC MCP3781 từ nhà sản xuất.

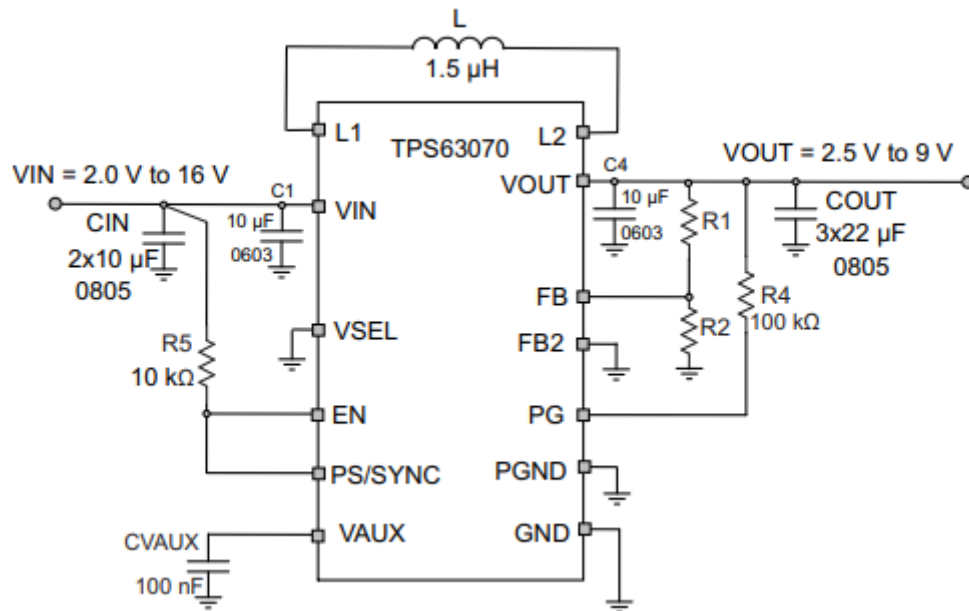
Nguyên lý hoạt động: Nguồn vào được cấp cho chân IN của IC (kết nối với tụ $10\mu\text{F}$ để giảm nhiễu). IC MCP3781 chia sẻ tải hệ thống và sạc pin Li-Ion đồng thời. Chân VPCC điều khiển dòng sạc ưu tiên cho tải hệ thống. Chân PROG1, PROG2, PROG3 thiết lập dòng sạc nhanh và ngưỡng kết thúc sạc. Chân THERM giám sát nhiệt độ pin và tạm ngừng sạc khi quá nhiệt. Chế độ sạc tiền điều kiện khi điện áp pin thấp và chế độ sạc nhanh/điện áp không đổi khi điện áp pin đạt mức quy định. Bảo vệ quá nhiệt và các tín hiệu trạng thái (STAT1, STAT2, PG) cung cấp thông tin trạng thái sạc.

Áp dụng: Dựa trên nguyên lý hoạt động và gợi ý thiết kế từ nhà sản xuất, ta có thể thiết kế được mạch sạc cho pin Li-Ion và đồng thời chia tải 5V cho hệ thống sử dụng ổn định từ nguồn pin năng lượng mặt trời.

3.1.2.3. Thiết kế buck-boost cho Module NB

Tìm hiểu IC TPS63070 [27]

IC TPS63070 là một bộ chuyển đổi buck-boost hiệu suất cao, lý tưởng cho các ứng dụng mà điện áp đầu vào có thể cao hơn hoặc thấp hơn điện áp đầu ra. IC này hỗ trợ dòng đầu ra lên đến 2A trong cả chế độ buck và boost, và có tần số hoạt động cố định 2.4MHz, giúp đảm bảo hiệu suất cao và ổn định.



Hình 3.4. Gợi ý thiết kế sử dụng IC TPS63070 từ nhà sản xuất.

Nguyên lý hoạt động: Điện áp đầu vào ($V_{IN} = 2.0V$ đến $16V$) được cấp cho chân VIN của IC, được kết nối với tụ điện CIN ($2 \times 10 \mu F$, 0805) và tụ C1 ($10 \mu F$, 0603) để giảm nhiễu. Chân EN là chân kích hoạt, khi được cấp điện áp mức cao (nối với chân VIN thông qua điện trở R5 $10k\Omega$), sẽ kích hoạt IC. Chân SW kết nối với cuộn cảm (L1 và L2, $1.5 \mu H$) và chịu trách nhiệm chuyển đổi điện áp. Chân VAUX được nối với tụ điện CVAUX ($100 nF$) để cung cấp điện áp cần thiết cho bộ điều khiển MOSFET cao áp. Chân FB giám sát điện áp đầu ra thông qua bộ chia điện áp (R1 và R2) và điều chỉnh chu kỳ làm việc của chuyển mạch để duy trì điện áp ổn định.

Tính toán: Điện áp đầu ra (V_{OUT}) được thiết lập bởi bộ chia điện áp R1 và R2 theo công thức.

$$V_o = V_{fb} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Với $V_{fb} = 0.8V$ (Mức điện áp hồi tiếp trung bình của IC TPS63070)

Kết quả tính toán

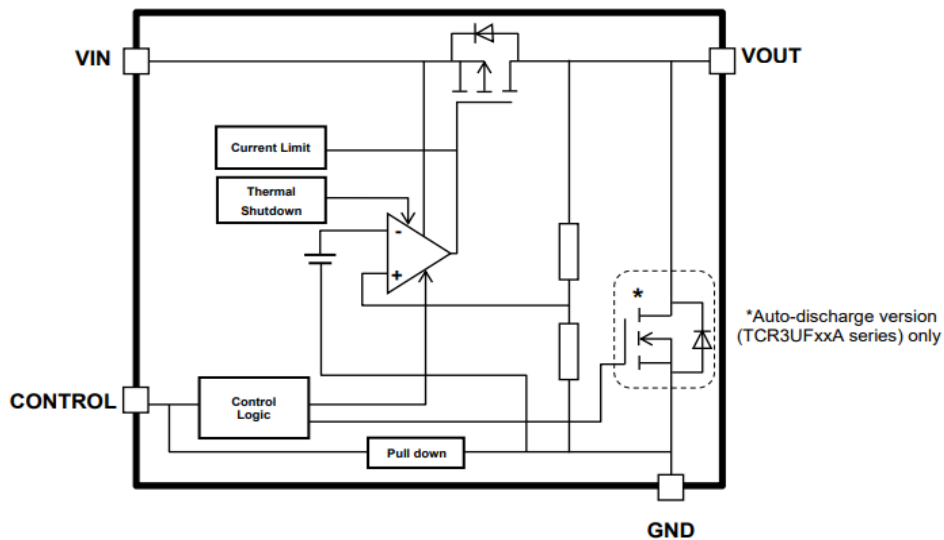
$$V_o = 0.8 \times \left(1 + \frac{43K}{10K}\right) = 0.8 \times 5.3 = 4.24 V \sim 4.2V$$

Kết quả với kết quả gần bằng 4.2V hoàn toàn phù hợp với điện áp đề ra.

3.1.2.4. Thiết kế mạch LDO hạ áp cho vi điều khiển

Tìm hiểu IC TCR3UF33A [28]

IC TCR3UF33A là một bộ điều chỉnh điện áp thấp (LDO) CMOS với dòng điện nghỉ siêu thấp và phản hồi tải nhanh, có khả năng cung cấp dòng đầu ra lên đến 300 mA. Bộ điều chỉnh này có điện áp đầu ra cố định và tích hợp các tính năng bảo vệ quá dòng, bảo vệ quá nhiệt và chức năng tự xả.



Hình 3.5. Sơ đồ hoạt động của IC TCR3UF33A

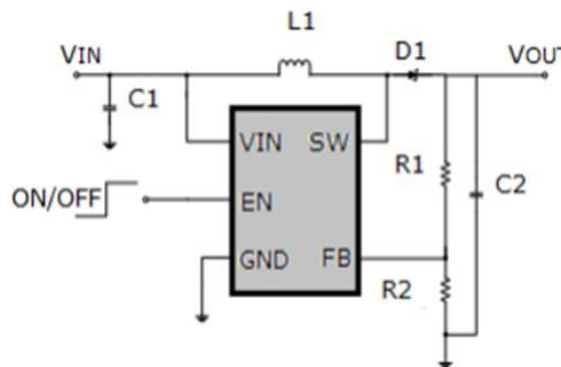
Nguyên lý hoạt động: Khi có điện áp đầu vào và chân kích hoạt được kéo cao, bộ logic điều khiển sẽ kích hoạt IC. Cơ chế của OP-AMP sẽ so sánh điện áp đầu ra với điện áp tham chiếu bên trong, từ đó điều chỉnh để hạ điện áp đầu ra xuống mức mong muốn.

Áp dụng: Thiết kế mạch hạ áp LDO từ 5V xuống 3.3V, phù hợp với điện áp sử dụng trong vi điều khiển.

3.1.2.5. Thiết kế mạch boost phù hợp mức điện áp cảm biến đo nồng độ bụi

Tìm hiểu IC MT3608 [29]

IC MT3608 là một bộ chuyển đổi tăng áp (Boost Converter) hiệu suất cao, hoạt động ở tần số 1.2MHz và có khả năng cung cấp dòng điện lên đến 2A. IC này được thiết kế cho các ứng dụng yêu cầu điện áp đầu ra cao hơn điện áp đầu vào, như thiết bị di động, thiết bị mạng và các thiết bị tiêu thụ pin khác.



Hình 3.6. Gợi ý thiết kế sử dụng IC MT3608 từ nhà sản xuất

Nguyên lý hoạt động: Nguồn vào được cấp cho chân VIN (kết hợp tụ để giảm nhiễu và lọc). Chân EN là chân kích hoạt, khi được cấp điện áp mức cao để kích hoạt IC. Chân SW kết nối cuộn cảm L1 và chịu trách nhiệm đổi điện áp. Khi MOSFET nội bộ mở, dòng điện từ nguồn vào chảy qua cuộn cảm, lưu trữ năng lượng từ nguồn vào. Khi MOSFET nội bộ đóng, năng lượng lưu trữ trong cuộn cảm được giải phóng qua diode D1 đến tụ điện C2 và tải, tăng điện ra. Chân FB giám sát điện áp đầu ra thông qua bộ chia điện áp (R1 và R2) và điều chỉnh chu kỳ làm việc của chuyển mạch để duy trì điện áp ổn định.

Tính toán: Điện áp đầu ra (VOUT) được thiết lập bởi bộ chia điện áp R1 và R2 theo công thức

$$V_o = V_{fb} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Với $V_{fb} = 0.6V$ (Mức điện áp hồi tiếp trung bình của IC MT3608)

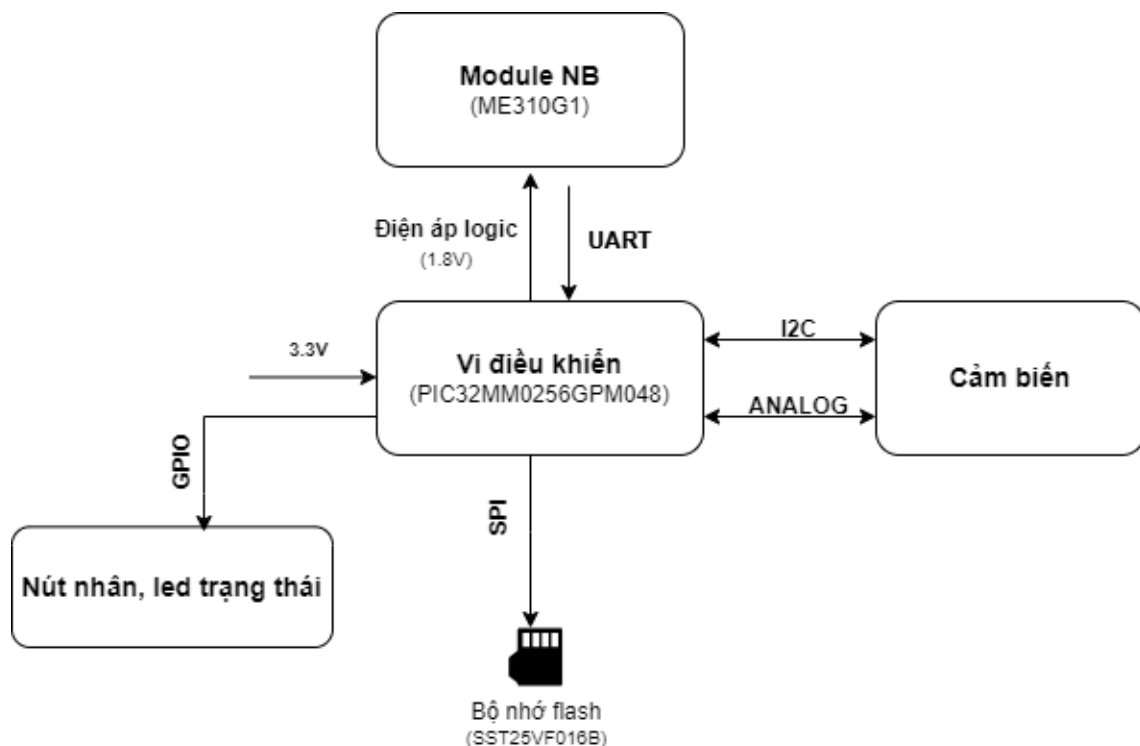
Áp dụng: Vì nguồn ra yêu cầu 5V thì ta cần tính toán điện trở trên và điện trở dưới phù hợp. Lựa chọn điện trở trên $75k\Omega$, điện trở dưới $10k\Omega$. Và cuộn cảm có giá trị $10\mu H/3A$ là một yếu quan trọng để đảm bảo đủ khả năng chịu dòng cho ứng dụng yêu cầu dòng đầu ra 2A, hiệu suất cao.

$$V_o = 0.6 \times \left(1 + \frac{75K}{10K}\right) = 0.6 \times 8.5 = 5.1V \sim 5V$$

Với mức điện áp ra 5.1V phù hợp với mức điện áp hoạt động của cảm biến đo nồng độ bụi

3.2. Khối điều khiển

3.2.1. Sơ đồ khối tổng quan



Hình 3.7. Sơ đồ khối điều khiển.

Vi điều khiển (PIC32MM0256GPM048):

- Là trung tâm của hệ thống, điều khiển và giao tiếp với các thành phần khác, nhận nguồn vào 3.3V để hoạt động, sử dụng UART để giao tiếp với Module NB, kết nối nút nhấn, đèn báo và các chỉ báo khác. Ngoài ra nó còn sử dụng I2C và analog để thu thập giá trị của cảm biến [30].

Bộ nhớ Flash (SST25VF016B):

- Bộ nhớ Flash được sử dụng để lưu trữ dữ liệu cần thiết cho hoạt động của hệ thống [31].

3.2.2. Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối

Tìm hiểu vi điều khiển PIC32MM0256GPM048 [30]

PIC32MM0256GPM048 là một vi điều khiển 32-bit thuộc dòng PIC32MM của Microchip, được thiết kế với lõi MIPS32® microAptiv™ UC Core. Vi điều khiển này nổi bật với tính năng tiết kiệm năng lượng và tích hợp nhiều chức năng tiên tiến.

Các đặc điểm chính:

Điều kiện hoạt động:

- Điện áp: 2.0V đến 3.6V.
- Nhiệt độ: -40°C đến +125°C.
- Tần số hoạt động: Lên đến 25 MHz.

Chế độ tiết kiệm năng lượng:

Idle: CPU tắt, các ngoại vi vẫn hoạt động từ xung hệ thống.

Sleep: CPU và các ngoại vi đều tắt với các tùy chọn:

- Wake-up nhanh với RAM duy trì.

- Chế độ ngủ với RAM duy trì và dòng tiêu thụ thấp.

Các ngoại vi tích hợp:

- USB 2.0: Hỗ trợ thiết bị tốc độ cao/thấp, Host và On-The-Go (OTG).
- SPI: Ba module SPI với 16-byte FIFO và hỗ trợ I2S.
- I2C: Ba module I2C hỗ trợ Master và Slave.
- UART: Ba module UART hỗ trợ RS-232, RS-485, LIN/J2602, và IrDA®.
- ADC: Bộ chuyển đổi Analog-to-Digital 10/12-bit với 24 kênh.
- Timer: 21 bộ đếm 16-bit và hỗ trợ 32-bit bằng cách ghép nối.

Tính năng bảo vệ:

- Watchdog Timer: Bộ đếm bảo vệ tích hợp.
- Brown-out Reset (BOR): Bảo vệ khi điện áp thấp.
- Fail-Safe Clock Monitor: Giám sát xung nhịp để bảo vệ hệ thống.

Tìm hiểu bộ nhớ Flash SST25VF016B [31]

SST25VF016B là bộ nhớ flash SPI 16 Mbit của Microchip, nổi bật với hiệu suất cao và tính năng tiêu thụ năng lượng thấp. Đây là lựa chọn lý tưởng cho các ứng dụng yêu cầu dung lượng lưu trữ vừa phải, tốc độ truy xuất nhanh và độ tin cậy cao.

Các đặc điểm chính:

Điện áp hoạt động:

- Điện áp đơn từ 2.7V đến 3.6V cho các thao tác đọc và ghi.

Giao diện nối tiếp:

- Tương thích SPI, hỗ trợ cả chế độ 0 và 3.

Tần số xung nhịp cao:

- Tần số xung nhịp lên đến 50 MHz, cho phép truy cập dữ liệu nhanh chóng.

Độ tin cậy vượt trội:

- Tuổi thọ: 100,000 chu kỳ ghi/xóa (typical).
- Khả năng giữ dữ liệu trên 100 năm.

Tiêu thụ năng lượng thấp:

- Dòng đọc chủ động: 10 mA (typical).
- Dòng chờ: 5 μ A (typical).

Khả năng xóa linh hoạt:

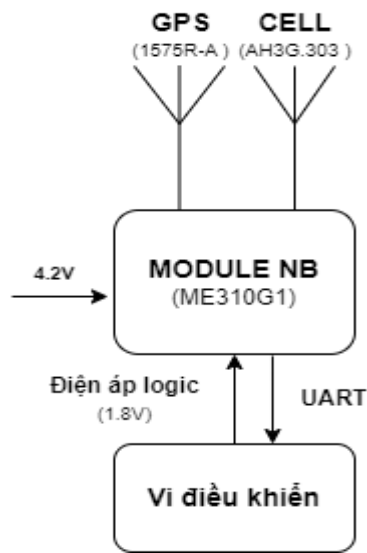
- Xóa theo từng sector 4 KByte.
- Xóa theo từng block 32 KByte và 64 KByte.

Tốc độ xóa và lập trình nhanh:

- Thời gian xóa chip: 35 ms (typical).
- Thời gian xóa sector/block: 18 ms (typical).
- Thời gian lập trình byte: 7 μ s (typical).

3.3. Khối truyền thông

3.3.1. Sơ đồ khối tổng quan



Hình 3.8. Sơ đồ khối truyền thông.

3.3.2. Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối

Tìm hiểu Module NB ME310G1 [32]

ME310G1 là một module NB-IoT của Telit, được thiết kế để cung cấp kết nối không dây hiệu suất cao với các thiết bị IoT (Internet of Things). Module này hỗ trợ các giao thức truyền thông như NB-IoT và có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau.

Đặc điểm chính

- Kết nối đa mạng: hỗ trợ NB-IoT cho kết nối rộng khắp và tiết kiệm năng lượng.
- Kích thước nhỏ gọn: dễ dàng tích hợp vào các thiết bị nhỏ gọn.
- Tiêu thụ năng lượng thấp: lý tưởng cho các ứng dụng cần tiết kiệm năng lượng.
- Giao tiếp nhiều loại: hỗ trợ giao tiếp UART, SPI, và I2C.
- Chịu được môi trường khắc nghiệt: thiết kế bền vững, hoạt động trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau.
- Các thành phần kết nối

GPS Antenna (1575R-A) [33]: Sử dụng để thu nhận tín hiệu GPS, hỗ trợ theo dõi vị trí.

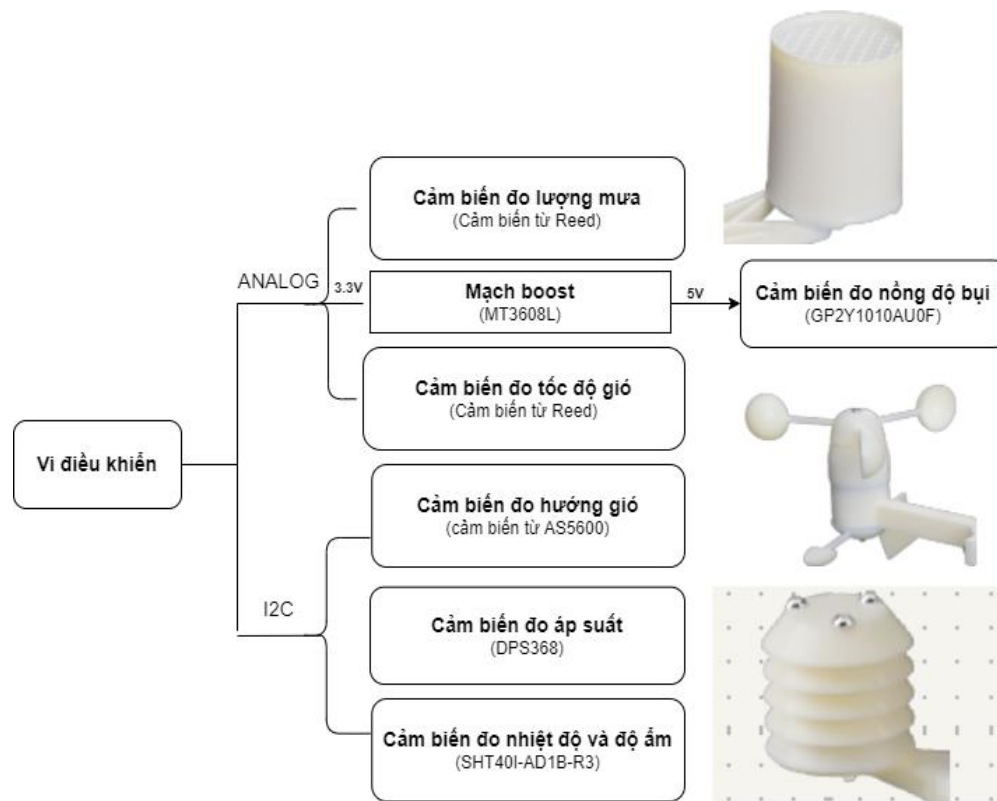
CELL Antenna (AH3G.303) [33]: Dùng để kết nối với mạng NB-IoT.

Vi điều khiển: Tương tác với module ME310G1 thông qua giao tiếp UART với điện áp logic 1.8V.

Nguồn cấp điện: Module hoạt động với nguồn điện 4.2V.

3.4. Khối cảm biến đi kèm với kết cấu

3.4.1. Sơ đồ khối tổng quan



Hình 3.9. Sơ đồ khối cảm biến kèm kết cấu.

Sử dụng kết cấu tài nguyên là các kết cấu của tác giả Matteo Domanin [34] thì em in 3D và kết hợp với các cảm biến để cho thu được các giá trị như lượng mưa, tốc độ gió và hướng gió. Cũng như là sử dụng kết cấu để che đậy các cảm biến còn lại như bụi, áp suất, nhiệt độ, độ ẩm.

- Cảm biến mưa và cảm biến tốc độ gió: Cả hai cảm biến này sử dụng cảm biến từ reed để đo lượng mưa và tốc độ gió.

- Cảm biến nồng độ bụi: Cảm biến GP2Y1010AU0F [14] đo nồng độ bụi và nhận nguồn từ mạch tăng áp.
- Cảm biến áp suất DPS368 [35], nhiệt độ và độ ẩm SHT4xI-Digital [36]: Áp suất khí quyển, nhiệt độ và độ ẩm và giao tiếp với vi điều khiển bằng giao thức I2C.
- Cảm biến hướng gió: Đo hướng gió bằng cách sử dụng cảm biến từ AS5600 [37] kết hợp với kết cấu và giao tiếp với vi điều khiển bằng giao thức I2C.

3.4.2. Chi tiết về các thành phần của sơ đồ khối

Đo lượng mưa sử dụng cảm biến từ reed [34]

Kết cấu cơ khí: Hệ thống đo mưa sử dụng một cốc đo mưa nghiêng (tipping bucket). Cốc này được thiết kế để nghiêng khi chứa đầy nước, và mỗi lần nghiêng sẽ kích hoạt công tắc reed. *Quá trình hoạt động:* Nước mưa chảy vào cốc qua một phễu. Khi cốc đầy (khoảng 5 ml nước), nó nghiêng về phía bên kia và nước được đổ ra. Nam châm gắn trên cốc khi di chuyển sẽ kích hoạt công tắc reed được gắn cố định. Mỗi lần nghiêng của cốc được ghi nhận là một xung điện, tương ứng với một lượng nước mưa cụ thể (ví dụ: 0.52615 lít/m²).

Đo tốc độ gió sử dụng cảm biến từ reed [34]

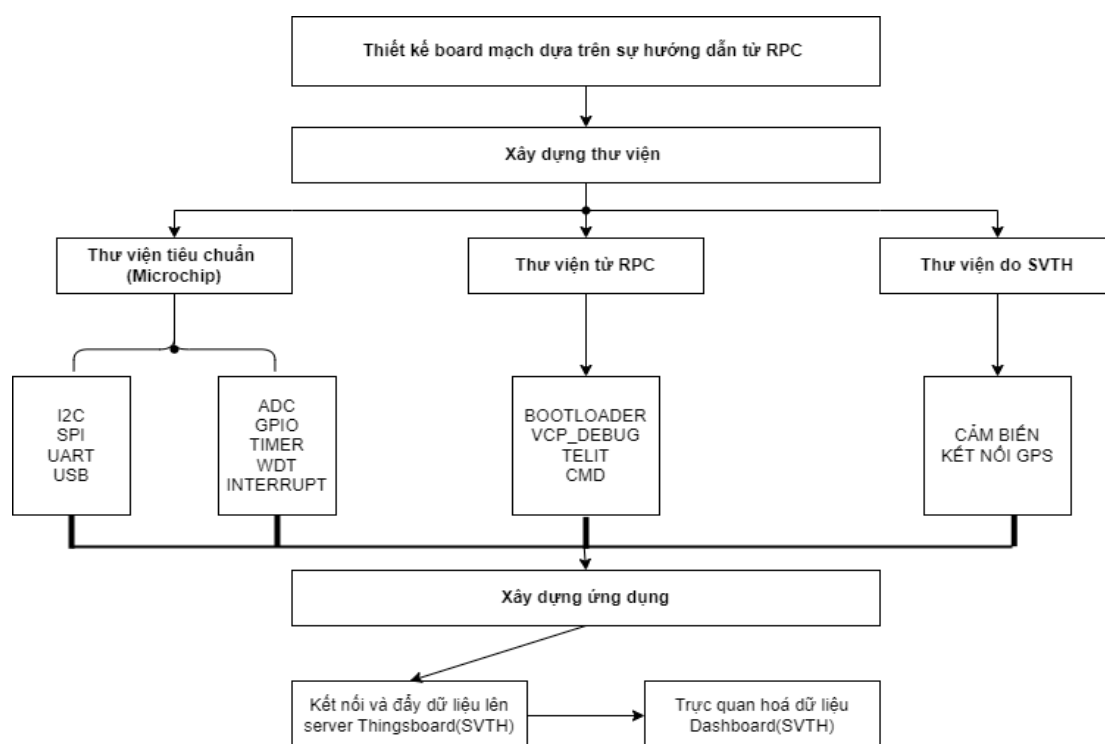
Kết cấu cơ khí: Cảm biến tốc độ gió thường sử dụng một rotor với các cánh quạt. Nam châm được gắn trên rotor và công tắc reed được đặt cố định. *Quá trình hoạt động:* Khi gió thổi, rotor quay và nam châm di chuyển qua công tắc reed. Mỗi vòng quay của rotor tạo ra một xung điện khi nam châm đi qua công tắc reed. Số lượng xung trong một khoảng thời gian nhất định được dùng để tính tốc độ gió. Ví dụ: Đo khoảng cách giữa tâm ổ trục và tâm cốc (bán kính). Tính chu vi của vòng quay bằng cách nhân bán kính với 2π . Nhân chu vi với số vòng quay mỗi phút (RPM) để tính quãng đường di chuyển của gió trong một phút. Chia cho 60 để có vận tốc gió theo mét trên giây (m/s).

Áp dụng: Với các tính toán kết cấu và công thức đưa ra bởi tác giả thiết kế thì áp dụng cho đề tài thì được Lượng mưa mỗi lần nghiêng cốc: 0.526 mm Vận tốc gió: Mỗi vòng quay mỗi phút (RPM) tương đương với: 0.104 m.

Áp dụng: Trong hệ thống đo hướng gió, cánh quạt gắn nam châm sẽ quay khi gió thổi. Nam châm quay quanh cảm biến AS5600, và các cảm biến Hall bên trong sẽ ghi nhận từ trường từ nam châm. Tín hiệu từ trường này được khuếch đại, lọc, và chuyển đổi thành tín hiệu số bởi ADC 12-bit. Sau đó, bộ xử lý CORDIC tính toán góc quay của nam châm, giúp xác định chính xác hướng gió.

3.5. Thiết kế chương trình

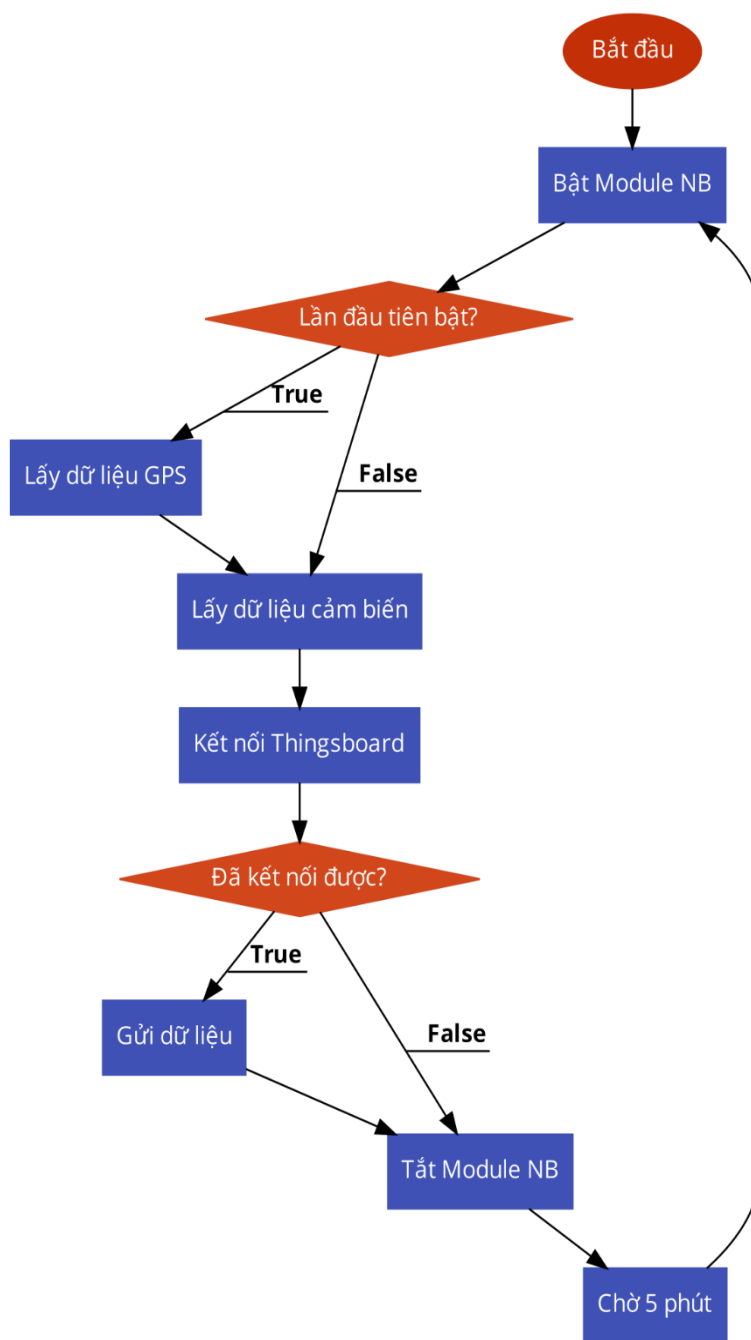
3.5.1. Sơ đồ tổng quan



Hình 3.10. Sơ đồ tổng quát về thiết kế chương trình.

Cùng với sự hướng dẫn về thiết kế phần cứng từ RPC, em cũng tận dụng thêm các nền tảng đi kèm như bootloader, thư viện Telit (lệnh AT) và hệ thống gỡ lỗi từ cổng COM (VCP_DEBUG). Các thư viện tiêu chuẩn của Microchip (I2C, SPI, UART, USB, ...) cũng được sử dụng kết hợp với các thư viện giao tiếp cảm biến do em tự phát triển. Dựa trên những cơ sở này, em đã xây dựng được ứng dụng thu thập dữ liệu và đẩy lên server Thingsboard, từ đó trực quan hóa dữ liệu.

3.5.2. Lưu đồ quy trình về hoạt động chính của chương trình

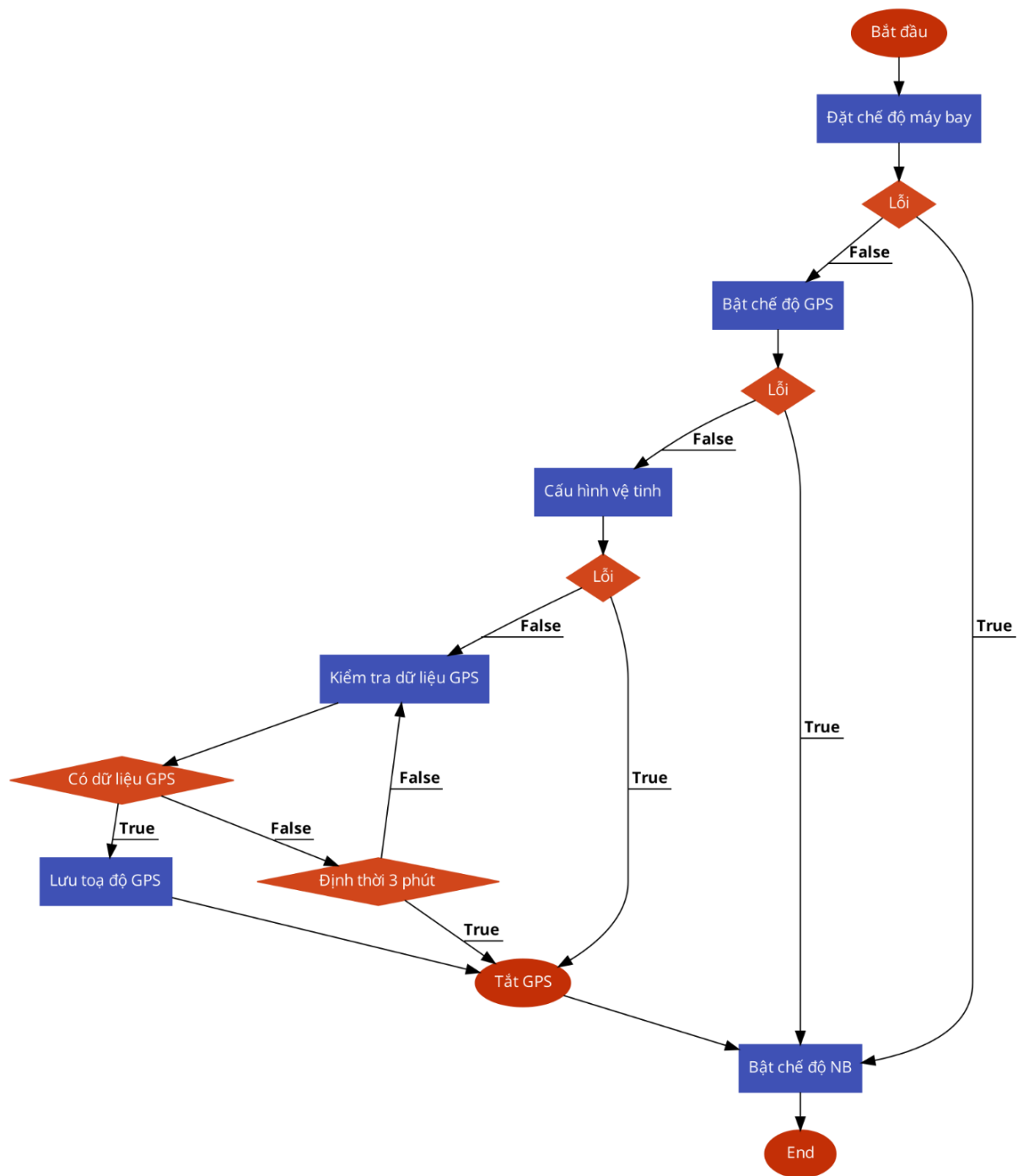


Hình 3.11. Sơ đồ hoạt động của chương trình.

Giải thích lưu đồ: Bắt đầu quy trình, khởi động Module NB. Kiểm tra có phải lần đầu tiên bật GPS hay không, nếu không phải lần đầu tiên thì thực hiện nhiệm vụ tiếp theo mà không cần thực hiện bước lấy dữ liệu GPS. Sau khi kiểm tra thì đến với bước lấy dữ

liệu cảm biến, kết nối Thingsboard. Kiểm tra đã kết nối có thành công hay không. Nếu kết nối thành công thì gửi dữ liệu và tắt Module NB. Nếu không kết nối thì tắt module NB và chờ 5 phút trước khi lặp lại quy trình.

3.5.3. Lưu đồ thuật toán lấy dữ liệu GPS

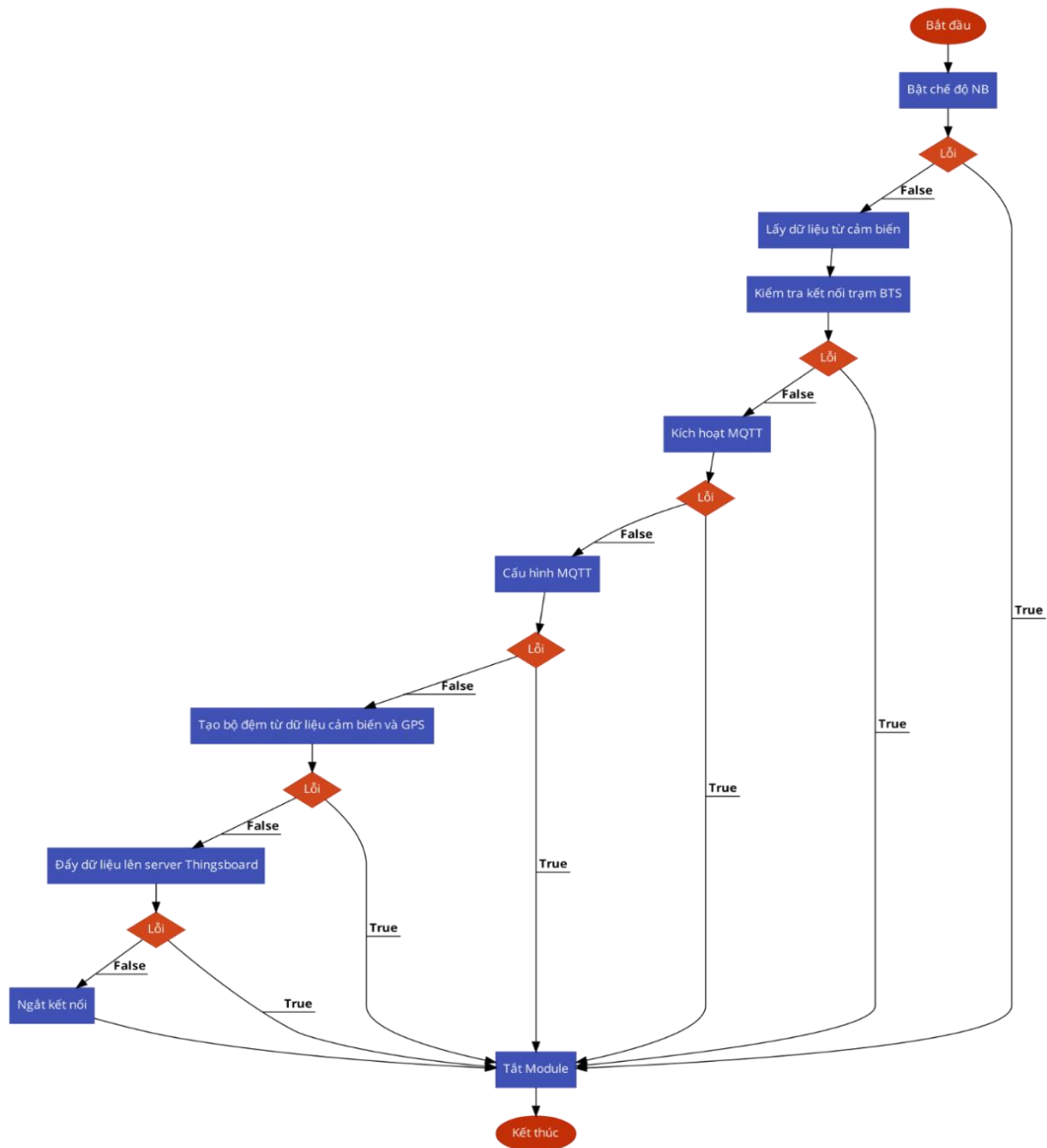


Hình 3.12. Lưu đồ thuật toán lấy dữ liệu GPS.

Giải thích lưu đồ: Bắt đầu quy trình, kích hoạt chế độ máy bay để ngắt kết nối các tín hiệu mạng. Nếu lỗi thì bật chế độ NB kết thúc quy trình kết nối GPS. Nếu không có lỗi thì bật GPS nếu có lỗi thì bật chế độ NB kết thúc quy trình kết nối GPS. Nếu không có lỗi thì tiến hành cấu hình vệ tinh. Nếu lỗi thì tắt GPS. Nếu không lỗi thì tiến tới kiểm tra dữ liệu GPS. Nếu Có dữ liệu GPS thì lưu tọa độ và tắt GPS. Nếu không có thì chúng ta

định thời trong vòng 3 phút (trong vòng 3 phút này liên tục kiểm tra dữ liệu GPS). Qua 3 phút định thời mà vẫn chưa có dữ liệu GPS hợp lệ thì tắt GPS.

3.5.4. Lưu đồ thuật toán lấy dữ liệu và gửi dữ liệu lên server Thingsboard



Hình 3.13. Lưu đồ thuật toán kích hoạt MQTT và đẩy dữ liệu lên server

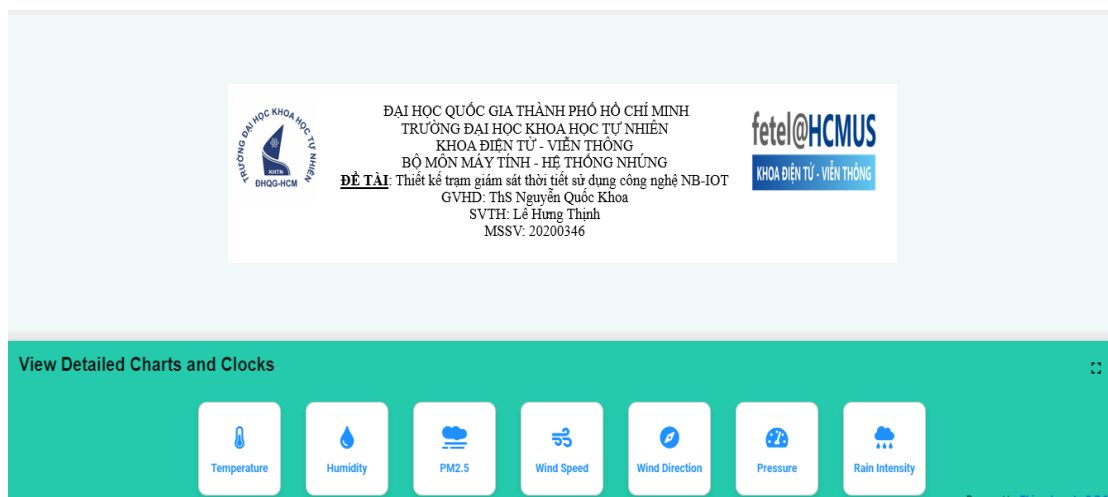
Giải thích lưu đồ: Quy trình bắt đầu bằng việc khởi động chế độ NB. Nếu xảy ra lỗi, tắt Module và kết thúc quy trình. Nếu không có lỗi, tiếp tục thu thập dữ liệu từ các

cảm biến và kiểm tra kết nối với trạm BTS. Nếu có lỗi, tắt Module và kết thúc quy trình. Nếu không có lỗi, kích hoạt MQTT. Nếu xảy ra lỗi khi kích hoạt MQTT, tắt Module và kết thúc quy trình. Nếu không có lỗi, tiếp tục cấu hình MQTT. Nếu xảy ra lỗi trong quá trình cấu hình MQTT, tắt Module và kết thúc quy trình. Nếu không có lỗi, tạo bộ đệm từ dữ liệu cảm biến và GPS. Nếu có lỗi, tắt Module và kết thúc quy trình. Nếu không có lỗi, đẩy dữ liệu lên server Thingsboard. Nếu có lỗi trong quá trình đẩy dữ liệu, tắt Module và kết thúc quy trình. Nếu không có lỗi, ngắt kết nối, sau đó tắt Module và kết thúc quy trình.

3.6. Thiết kế dashboard trực quan hoá dữ liệu trên Thingsboard

3.6.1. Thiết kế trang tổng quan

Các thành phần của trang tổng quan gồm giới thiệu đề tài cũng như cách thành phần điều hướng tới đến các trang có chứa biểu đồ cũng như đồng hồ trực quan về dữ liệu thời tiết. Ngoài ra trang tổng quan còn có hiển thị về giá trị thời tiết hiện tại, cũng như bố trí bản đồ hiển thị vị trí của trạm thời tiết thu thập từ GPS. Một bảng báo động khi có các giá trị thời tiết bất thường như nhiệt độ cao, nồng độ bụi trong không khí cao.



Hình 3.14. Hình ảnh về trang tổng quan.

3.6.2. Thiết kế trang con hiển thị chi tiết thông tin

Bố trí các thành phần như biểu đồ và đồng hồ nhằm trực quan hoá dữ liệu, dễ quan sát dữ liệu nhằm mục đích giám sát.



Hình 3.15. Hình ảnh về một trang con về dữ liệu áp suất.

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả thiết kế bo mạch và đánh giá



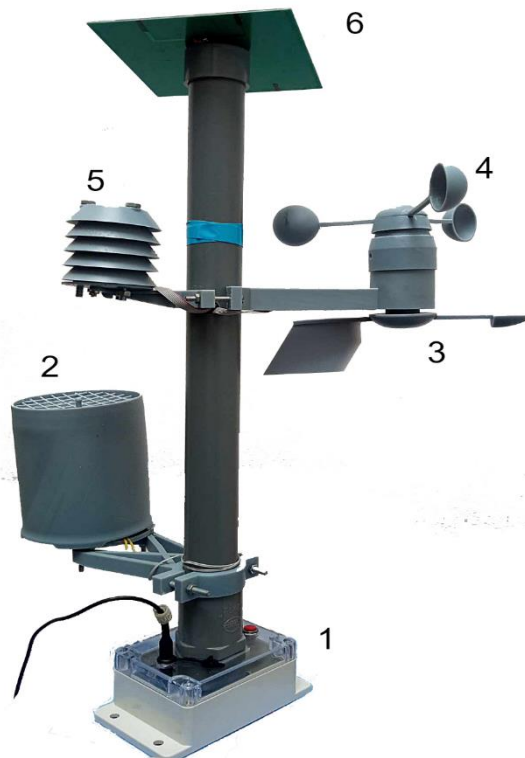
Hình 4.1. Kết quả hàn lắp linh kiện vào bo mạch thành công.

Bo mạch được hàn lắp gia công thành công với các linh kiện đã nêu trong thiết kế. Đánh giá về hoạt động của bo mạch:

Các đèn LED và chỉ báo hoạt động tốt, nút nhấn reset và kích hoạt đưa được vào chế độ bootloader, từ đó nạp chương trình cảm biến vào.

Về nguồn hoạt động: Hoạt động tương đối chính xác với các nguồn như USB TypeC đầu vào; nguồn pin mặt trời cũng hoạt động và cung cấp điện năng sạc pin Li-Ion. Đo đặc tại các chân Jumper cho thấy mức điện 3.28V cho vi điều khiển và mức 3.69V cho Module NB, phù hợp với điện áp đã tính toán thiết kế. Nguồn sử dụng cho cảm biến cũng đo được mức 5.2V, phù hợp với thiết kế. Mạch sạc hoạt động ổn định với đèn LED báo pin yếu và pin đang sạc. Nhiệt độ của các linh kiện nhạy cảm như vi điều khiển khi hoạt động ổn định, không xảy ra hiện tượng quá nhiệt khi sử dụng lâu.

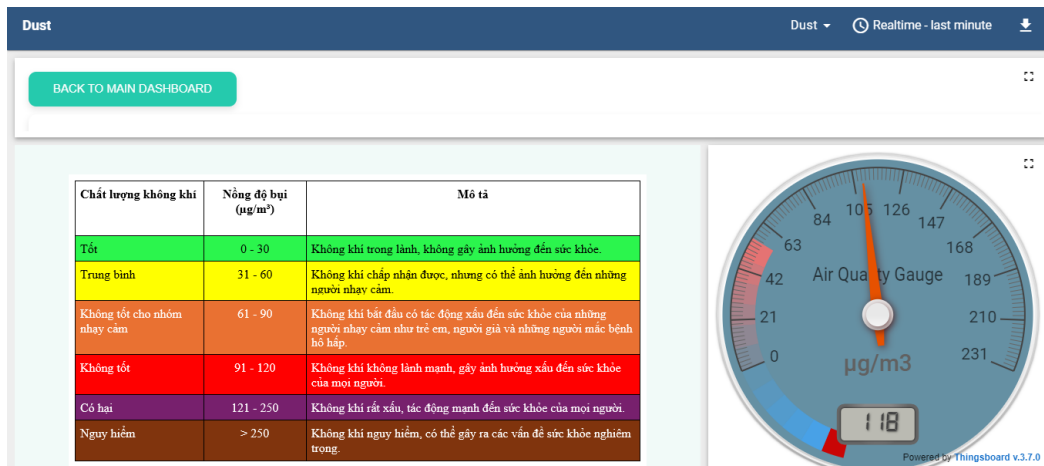
4.2. Kết quả mô hình hoàn chỉnh và đánh giá



Hình 4.2. Mô hình được thi công hoàn tất.

Mô hình được thi công hoàn tất với các thành phần như hình 4.2:

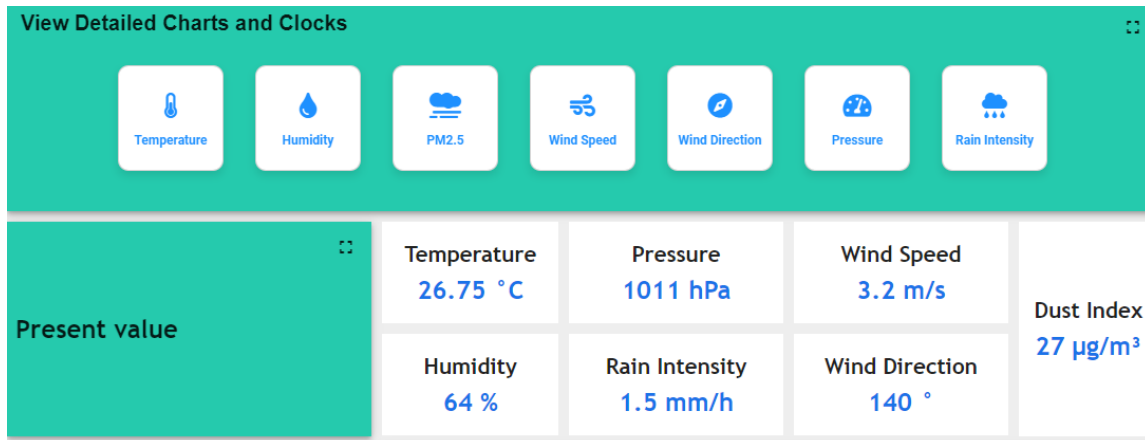
- “1”: Nơi lắp đặt bo mạch, nút nhấn và đầu ra USB-TypeC.
- “2”: Lắp đặt cảm biến từ reed bên trong kết cấu đo lượng mưa.
- “3”: Lắp đặt cảm biến từ AS5600 vào trong kết cấu đo hướng gió.
- “4”: Lắp đặt cảm biến từ reed bên trong kết cấu đo tốc độ gió.
- “5”: Lắp đặt cảm biến đo áp suất và cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm.
- “6”: Lắp đặt pin năng lượng mặt trời trên đỉnh của mô hình.



Hình 4.3. Kết quả đo của cảm biến nồng độ bụi được hiển thị trên Thingsboard.

Đánh giá về hoạt động của các cảm biến:

Các cảm biến không phụ thuộc vào kết cấu cơ khí như cảm biến đo nồng độ bụi, cảm biến đo nhiệt độ và độ ẩm, cảm biến đo áp suất cho kết quả khá chính xác. Đã kiểm tra với một số điều kiện như gần lửa, che tối với cảm biến đo nồng độ bụi.



Hình 4.4. Kết quả hiển thị giá trị của cảm biến lên Dashboard của Thingsboard.

Đối với các cảm biến đo phụ thuộc vào kết cấu cơ khí:

Cảm biến đo mưa, tốc độ gió và hướng gió. Mặc dù phần kết cấu được in 3D chưa hoàn hảo ảnh hưởng đến độ chính xác của cảm biến, nhưng độ sai lệch của giá trị đo được là không đáng kể so với kết quả trên các thiết bị tiêu chuẩn như la bàn để đo hướng.

Về tiêu thụ năng lượng: Theo tính toán và kiểm tra từ phần mềm Microchip XLP Battery Life Estimator, mô hình đã hoạt động với nguồn sử dụng 2 pin Li-Ion mắc song song với tổng dung lượng là 6800mAh và điện áp 3.7V. Hệ thống tiết kiệm năng lượng với thời gian hoạt động kéo dài bảy ngày và mười lăm giờ. Dòng tiêu thụ trung bình là 37.107 mA, dòng điện đỉnh tiêu thụ là 154.107 mA.

Về tốc độ và kiểm tra ở một số vùng có sóng NB: Thử nghiệm tại cơ sở 1 Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh cho thấy hệ thống hoạt động mạnh và kết nối nhanh, đặc biệt là với SIM của nhà cung cấp Viettel.

4.3. Hạn chế và tồn tại

Do không có thiết bị chuẩn để đo tốc độ gió, việc đánh giá hiệu suất của mô hình liên quan đến tốc độ gió vẫn mang tính chủ quan và không chính xác cao nhất. Việc sử dụng mô hình in 3D bị méo đã tác động đáng kể đến kết quả, bao gồm cả phép đo lượng mưa và hướng gió. Ngoài ra, còn tồn tại lỗi vị trí khoảng 10 mét trong tọa độ GPS. Hơn nữa, một số điểm dữ liệu cho thấy kết nối yếu khi sử dụng mạng từ các nhà cung cấp khác nhau.

CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

Mặc dù có những hạn chế nêu ra ở trên, từ kết quả nghiên cứu, luận văn đã đạt được những mục tiêu đề ra:

- Thiết kế được trạm thời tiết sử dụng công nghệ NB-IoT, thu thập thành công dữ liệu và truyền tải lên server với các dữ liệu thời tiết tương đối chính xác.
- Tốc độ kết nối đến server sử dụng NB-IoT ở vùng phủ sóng cao, kết nối nhanh, tiêu tốn ít băng thông.
- Tiết kiệm được năng lượng khi đẩy dữ liệu lên server mỗi năm phút một lần.
- Bo mạch hoạt động ổn định và các linh kiện được bảo vệ an toàn trong các kết cấu hộp đựng.

5.2. Kiến nghị

Từ kết quả nghiên cứu, đề xuất hướng nghiên cứu trong tương lai:

- Cải thiện độ chính xác của cảm biến lượng mưa và tốc độ gió bằng cách tinh chỉnh các cấu trúc in 3D.
- Tiến hành thử nghiệm thực địa mở rộng hơn trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau để xác thực hiệu suất của cảm biến và mô hình.
- Tối ưu hóa mức tiêu thụ năng lượng của cảm biến để kéo dài tuổi thọ pin. Nghiên cứu vị trí lắp đặt trạm phù hợp để nhận được hướng chiếu sáng tốt, đảm bảo năng lượng mặt trời được cung cấp đủ ở điều kiện thời tiết ít ánh sáng.
- Phát triển các giao diện thân thiện với người dùng để các bên liên quan có thể tương tác với dữ liệu do cảm biến thu thập. Điều này sẽ giúp người dùng dễ dàng truy cập, diễn giải và sử dụng dữ liệu trong việc dự báo thiên tai khẩn cấp, vụ mùa, v.v.
- Phát triển thêm nhiều trạm giám sát thời tiết sử dụng công nghệ NB-IoT trong tương lai, từ đó sử dụng bộ dữ liệu đã thu thập để nghiên cứu và phát triển mô hình dự báo thời tiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ViettelIdc. **"IoT là gì? Những ứng dụng nổi bật của IoT trong đời sống,"** viettelidc.com.vn. <https://viettelidc.com.vn/tin-tuc/iot-la-gi-nhung-ung-dung-noi-bat-cua-iot> (accessed July 25, 2024).
- [2] Macnman. **"What is the difference between NB-IoT, LoRa, and Sigfox?,"** medium.com. <https://medium.com/@digital.macnman/what-is-the-difference-between-nb-iot-lora-and-sigfox-1508c6c09c11> (accessed July 21, 2024).
- [3] B. Rajjv. **"Specifications and Applications of Narrow Band IoT,"** www.rfpage.com. <https://www.rfpage.com/specifications-and-applications-of-narrow-band-iot/> (accessed July 20, 2024).
- [4] Advantech. **"LoRaWAN & NB-IoT: Giao thức thúc đẩy xu hướng IoT,"** advantech.com. <https://www.advantech.com/vi-vn/resources/industry-focus/lorawan-nb-iot-giao-thuc-thuc-day-xu-huong-iot> (accessed July 28, 2024).
- [5] D. International. **"What Is NB-IoT? Narrowband IoT Applications,"** www.digi.com. <https://www.digi.com/blog/post/nb-iot> (accessed July 27, 2024).
- [6] A. Tuan. **"Viettel phủ sóng công nghệ NB-IoT toàn TP Hồ Chí Minh,"** dangcongsan.vn. <https://dangcongsan.vn/kinh-te/viettel-phu-song-cong-nghe-nbiot-toan-tp-ho-chi-minh-534976.html> (accessed July 29, 2024).
- [7] A. Schiffler. **"Understanding MQTT architecture: a deep dive,"** blog.paessler.com. <https://blog.paessler.com/understanding-mqtt-architecture> (accessed July 30).
- [8] T. Thu. **"MQTT là gì? Vai trò của MQTT trong IoT,"** viblo.asia. <https://viblo.asia/p/mqtt-la-gi-vai-tro-cua-mqtt-trong-iot-V3m5WL3bKO7> (accessed July 30).

- [9] G. Crabb. **"What Is A Reed Switch & Which Magnets Operate Them?,"** www.first4magnets.com. <https://www.first4magnets.com/blog/what-is-a-reed-switch-and-which-magnets-operate-them/> (accessed July 30, 2024).
- [10] Smlease. **"Reed Switch: Type of Magnetic Sensor,"** www.smlease.com. <https://www.smlease.com/entries/automation/reed-switch-type-of-magnetic-sensor/> (accessed July 10, 2024).
- [11] Wikipedia. **"Hall effect sensor,"** en.wikipedia.org. https://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect_sensor (accessed July 20, 2024).
- [12] E. Tutorials. **"Hall Effect Sensor,"** www.electronics-tutorials.ws. <https://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html> (accessed July 30, 2024).
- [13] Electrical and Electronics Portal. **"What is a Hall Effect Sensor? Working, Types, and Applications,"** electricalandelectronicsportal.blogspot.com. <https://electricalandelectronicsportal.blogspot.com/2020/09/What-Hall-effect-sensor-working-Types-Applications.html> (accessed July 30, 2024).
- [14] Sharp Corporation, "GP2Y1010AU0F Datasheet," Datasheet. Sharp Corporation, 2014. [Online]. Available: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf (accessed July 30, 2024).
- [15] D. Kim, W. Jo, B. Lee, J. An, and D. Kim, **"Improvement of Dust Detection System Using Infra-red Sensors,"** Springer, Cham, pp. 693-704, 2015.
- [16] NiuBoL. **"How does a temperature and humidity sensor work?,"** www.niubol.com. <https://www.niubol.com/Product-knowledge/How-does-temperature-and-humidity-sensor-work.html#:~:text=Thermoconductive%20Sensors%3A%20Thermoconductive%20temperature%20and,the%20sensor%20and%20its%20surroundings> (accessed July 29, 2024).
- [17] Linquip, **"Temperature Sensors: Types, Working Principle, and Practical Applications,"** White Paper. Linquip, 2020. [Online]. Available:

<https://www.linquip.com/blog/wp-content/uploads/2020/12/linquip.com-Temperature-Sensors-Types-working-principle-Practical-Applications.pdf> (accessed July 30, 2024).

[18] Smarthon. "**Temperature and Humidity sensor (DHT11)**," smarthon docs-en.readthedocs.io. https://smarthon-docs-en.readthedocs.io/en/latest/Sensors_and_actuators/DHT11.html (accessed July 29, 2024).

[19] T.T. Nguyen. "**Cảm biến áp suất Pressure sensor là gì? Phân loại, ứng dụng**," dienelectric.com. <https://dienelectric.com/wiki---cam-bien-ap-suat-pressure-sensor-la-gi-phan-loai-ung-dung-...-782.1174.n.html> (accessed July 25, 2024).

[20] Eastsensor. "**5 Pressure Sensor Working Principles**," www.eastsensor.com. <https://www.eastsensor.com/blog/5-pressure-sensor-working-principles/> (accessed July 25, 2024).

[21] N. V. Nhò, "**ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT 1**," Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP. HCM, 2017.

[22] E. Coates. "**Buck Converters**," learnabout-electronics.org. <https://learnabout-electronics.org/PSU/psu31.php> (accessed July 28, 2024).

[23] B. Razavi, "**The low-dropout regulator**," *IEEE Solid-State Circuits Mag.*, Vol. 14, no. 2, pp. 8-13, June 2022.

[24] K.H. Chen, "**Design of Low Dropout (LDO) Regulators**," in *Power Management Techniques for Integrated Circuit Design*, IEEE, pp.28-121, 2016.

[25] AEROSEMI. "**UIMT1470 Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: https://www.micros.com.pl/mediaserver/UIMT1470_AEROSEMI_0001.pdf (accessed July 25, 2024).

[26] Microchip Technology Inc. "**Product Documents Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: <https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/OTH/ProductDocuments/DataSheets/22036b.pdf> (accessed July 25, 2024).

[27] Texas Instruments. "**TPS63070 Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps63070.pdf> (accessed July 25, 2024).

- [28] Toshiba, "**TCR3UF33A Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: https://toshiba.semicon-storage.com/info/TCR3UF33A_datasheet_en_20240315.pdf (accessed July 25, 2024).
- [29] Olimex. "**MT3608 Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: <https://www.olimex.com/Products/Breadboarding/BB-PWR-3608/resources/MT3608.pdf> (accessed July 25, 2024).
- [30] Microchip Technology Inc. "**PIC32MM0256GPM064 Family Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/PIC32MM0256GPM064-Family-Data-Sheet-DS60001387D.pdf> (accessed July 25, 2024).
- [31] Microchip Technology Inc. "**SST25VF016B Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005044C.pdf> (accessed July 25, 2024).
- [32] Telit. "**ME310G1-W2 Datasheets**," *Datasheet*. [Online]. Available: <https://www.alldatasheet.com/category/index.jsp?components=M1/NB2> (accessed July 25, 2024).
- [33] Thegioiic. "CELL Antenna (AH3G.303) Datasheet". *Datasheet*. [Online]. Available: <https://www.thegioiic.com/ah3g-303-ang-ten-smd-2g-3g-4g-690-2700mhz> (accessed July 25, 2024).
- [34] Domanin, M. "**YAWs Yet Another Weather Station**," www.printables.com. <https://www.printables.com/model/729382-yaws-yet-another-weather-station> (accessed July 25, 2024).
- [35] Infineon. "**DPS368 datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: <https://www.infineon.com/cms/en/product/sensor/pressure-sensors/pressure-sensors-for-iot/dps368/> (accessed July 25, 2024).
- [36] Sensirion. "**SHT4xI Digital Humidity Sensor Datasheet**," *Datasheet*. [Online]. Available: https://sensirion.com/media/documents/1D662E57/661CD1C1/HT_DS_Datash eet_SHT4xI-Digital.pdf (accessed July 25, 2024).

[37] Seeed Studio. "**Magnetic Rotary Position Sensor AS5600 Datasheet**," *Datasheet*.
[Online]. Available: <https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove-12-bit-Magnetic-Rotary-Position-Sensor-AS5600/res/Magnetic%20Rotary%20Position%20Sensor%20AS5600%20Datasheet.pdf>
(accessed July 25, 2024).