

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ

BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH - VIỄN THÔNG



HCMUTE

ĐỒ ÁN MÔN HỌC 1

**THIẾT KẾ HỆ THỐNG RA VÀO DÙNG RFID,
ĐIỀU KHIỂN CẢM BIẾN VÀ HIỂN THỊ TRÊN
TFT**

NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ - TRUYỀN THÔNG

Sinh viên: **HUỲNH TRANG VĨNH SAN**

MSSV: 22161029

GVHD: **ThS. TRƯƠNG QUANG PHÚC**

TP. HỒ CHÍ MINH – 06/2025

LỜI CẢM ƠN

Em xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc nhất đến thầy ThS. Trương Quang Phúc. Thầy đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo, định hướng và cung cấp những kiến thức chuyên môn và cho em những góp ý vô cùng quý báu trong suốt quá trình thực hiện đồ án này.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn đến Ban Giám hiệu Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh, Ban Chủ nhiệm Khoa Điện - Điện tử, cùng quý thầy cô trong Bộ môn Kỹ thuật Máy tính - Viễn thông đã tạo điều kiện thuận lợi, cung cấp môi trường học tập và nghiên cứu đầy đủ, cũng như trang bị cho em những kiến thức nền tảng vững chắc trong suốt những năm học vừa qua. Em xin cảm ơn quý thầy cô giáo đã giảng dạy và truyền đạt những kiến thức chuyên ngành quý báu, giúp em có đủ cơ sở lý thuyết để vận dụng vào thực tế và thực hiện đồ án này.

Con xin gửi lời biết ơn sâu sắc đến gia đình, cha mẹ đã luôn là chỗ dựa tinh thần vững chắc, luôn yêu thương, quan tâm, động viên và tạo mọi điều kiện tốt nhất cho con trong quá trình học tập cũng như trong cuộc sống.

Cuối cùng, tôi xin cảm ơn những người bạn đã luôn sát cánh, chia sẻ kinh nghiệm, tài liệu, giúp đỡ và khích lệ tôi trong suốt quá trình thực hiện đồ án cũng như trong suốt thời gian học tập tại trường.

Một lần nữa, em xin chân thành cảm ơn!

TÓM TẮT

Đồ án "Thiết kế hệ thống ra vào dùng RFID, điều khiển cảm biến và hiển thị trên TFT" là một dự án nghiên cứu và phát triển hệ thống nhúng tích hợp đa chức năng, sử dụng vi điều khiển STM32F407 Discovery làm trung tâm xử lý. Mục tiêu chính của đồ án là xây dựng một hệ thống hoàn chỉnh có khả năng giám sát các thông số môi trường, kết hợp chức năng kiểm soát an ninh ra vào bằng công nghệ RFID, đồng thời điều khiển các thiết bị ngoại vi. Toàn bộ dữ liệu và trạng thái hoạt động của hệ thống được thu thập, xử lý và hiển thị một cách trực quan, đáp ứng nhu cầu về một giải pháp tự động hóa và giám sát trong thực tế.

Để thực hiện mục tiêu trên, hệ thống được xây dựng xoay quanh vi điều khiển STM32F407, giao tiếp với một loạt module phần cứng. Các cảm biến được tích hợp bao gồm: DHT22 dùng đo nhiệt độ, độ ẩm, BH1750 đo cường độ sáng, RCWL-0516 để phát hiện người, INA219 đo dòng điện, điện áp, công suất và đầu đọc thẻ RFID cho chức năng xác thực. Thông tin sau khi xử lý được hiển thị trên màn hình màu TFT. Các cơ cấu chấp hành chính là động cơ servo mô phỏng cơ chế đóng/mở cửa và động cơ DC được điều khiển tốc độ qua module L298N. Phần mềm cho vi điều khiển được phát triển bằng ngôn ngữ C/C++ với bộ công cụ STM32CubeIDE, vận dụng các chuẩn giao tiếp phổ biến như I2C, SPI và GPIO để kết nối và điều khiển các linh kiện.

Qua quá trình thiết kế và thi công, đồ án đã xây dựng thành công một mô hình mạch hoạt động ổn định, hoàn thành các mục tiêu đề ra. Hệ thống thực hiện chính xác việc thu thập dữ liệu từ tất cả các cảm biến, xử lý và hiển thị thông tin rõ ràng lên màn hình TFT. Chức năng kiểm soát ra vào bằng thẻ RFID kết hợp với động cơ servo hoạt động đúng theo logic thiết kế. Sản phẩm không chỉ củng cố kiến thức chuyên ngành về vi điều khiển và tích hợp hệ thống mà còn là một nền tảng vững chắc, có tiềm năng ứng dụng trong các mô hình nhà thông minh, hệ thống giám sát môi trường hoặc làm cơ sở để phát triển các tính năng phức tạp hơn trong tương lai.

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	iii
TÓM TẮT	iv
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT	viii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	x
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	xii
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	1
1.1. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI.....	1
1.2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC.....	2
1.2.1. Tình hình nghiên cứu ở nước ngoài.....	2
1.2.2. Tình hình nghiên cứu ở trong nước	3
1.3. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU	4
1.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	4
1.5. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU	5
1.5.1. Đối tượng nghiên cứu	5
1.5.2. Phạm vi nghiên cứu	5
1.6. BỐ CỤC BÀI BÁO CÁO	6
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	6
2.1. CÁC CHUẨN GIAO TIẾP SỬ DỤNG	7
2.1.1. Chuẩn giao tiếp I2C	7
2.2.2. Chuẩn giao tiếp SPI	8
2.1.3. Chuẩn giao tiếp GPIO.....	10
2.2. GIỚI THIỆU HỆ THỐNG PHẦN CỨNG	10
2.2.1. VI ĐIỀU KHIỂN STM32F407 DISCOVERY	10

2.2.2. Cảm biến cường độ ánh sáng.....	13
2.2.3. Cảm biến chuyển động	14
2.2.4. Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm.....	16
2.2.5. Cảm biến công suất, dòng điện.....	18
2.2.6. Bộ đọc thẻ từ RFID.....	21
2.2.7. Màn hình hiển thị TFT	23
2.2.8. Động cơ servo	25
2.2.9. Mạch cầu H.....	26
2.2.10. Động cơ DC	28
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG	30
3.1. YÊU CẦU HỆ THỐNG	30
3.2. ĐẶC TẢ HỆ THỐNG	30
3.2.1. Chức năng hệ thống	30
3.2.2. Sơ đồ khối hệ thống	31
3.2.3. Hoạt động của hệ thống	32
3.3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG.....	33
3.3.1. Khối vi điều khiển	33
3.3.2. Khối cảm biến.....	33
3.3.3. Khối điều khiển.....	38
3.3.4. Khối hiển thị TFT	41
3.3.5. Khối thiết bị	41
3.3.6. Khối nguồn cấp điện (Adapter)	42
3.3.7. Sơ đồ thiết kế toàn bộ hệ thống trên EasyEDA	43
3.4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM.....	45

3.4.1. Lưu đồ thuật toán chương trình chính	45
3.4.2. Lưu đồ thuật toán chương trình con	46
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ.....	60
4.1. Mô hình phân cứng thực tế.....	60
4.2. Kiểm tra hoạt động của hệ thống và đánh giá từng module:.....	61
4.2. Đánh giá toàn bộ hệ thống:.....	62
CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	63
5.1. KẾT LUẬN	63
5.1.1. Kết quả đạt được của hệ thống	63
5.1.2. Những hạn chế	64
5.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN	65
PHỤ LỤC A: BẢNG BIỂU VÀ HÌNH ẢNH	67
PHỤ LỤC B: HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG.....	69
TÀI LIỆU THAM KHẢO	74

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Từ hoàn chỉnh
ADC	Analog-to-Digital Converter
ARM	Advanced RISC Machines
DAC	Digital-to-Analog Converter
DC	Direct Current
DSP	Digital Signal Processing/Processor
FIFO	First-In, First-Out
FPU	Floating Point Unit
GPIO	General Purpose Input Output Pins
HAL	Hardware Abstraction Layer
I2C	Inter-Integrated Circuit
IC	Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Environment
IoT	Internet of Things
LCD	Liquid-Crystal Display
MAC	Media Access Control
NTC	Negative Temperature Coefficient
PCB	Printed Circuit Board
PGA	Programmable Gain Amplifier
PWM	Pulse Width Modulation
RH	Relative Humidity
RFID	Radio Frequency Identification

RTC	Real-Time Clock
SMBus	System Management Bus
SPI	Serial Peripheral Interface
TFT	Thin Film Transistor
TIM	Timer
UID	Unique IDentifer
USB	Universal Serial Bus
VS / VMS	Voltage Motor Supply
VSS	Voltage Logic Supply

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1: Thông số kỹ thuật vi điều khiển STM32F407	11
Bảng 2.2: Thông số kỹ thuật cảm biến ánh sáng BH1750	13
Bảng 2.3: Các chân tín hiệu BH1750	14
Bảng 2.4: Thông số kỹ thuật cảm biến chuyển động RCWL-0516	15
Bảng 2.6: Thông số kỹ thuật cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22.....	17
Bảng 2.7: Các chân tín hiệu DHT22	18
Bảng 2.8: Thông số kỹ thuật cảm biến công suất, dòng điện INA219.....	19
Bảng 2.9: Các chân tín hiệu INA219	20
Bảng 2.10: Thông số kỹ thuật bộ đọc thẻ từ RFID	21
Bảng 2.11: Các chân tín hiệu RFID.....	23
Bảng 2.12: Thông số kỹ thuật màn hình hiển thị TFT	24
Bảng 2.13: Các chân tín hiệu màn hình hiển thị TFT	24
Bảng 2.14: Thông số kỹ thuật động cơ servo	25
Bảng 2.15: Các chân tín hiệu động cơ Servo	26
Bảng 2.16: Thông số kỹ thuật mạch cầu H	27
Bảng 2.17: Các chân tín hiệu mạch cầu H	27
Bảng 2.18: Thông số kỹ thuật động cơ DC	28
Bảng 3.1: Cách kết nối giữa DHT22 và STM32F407.....	34
Bảng 3.2: Cách kết nối giữa RCWL-0516 và STM32F407	36
Bảng 3.3: Cách kết nối giữa BH1750 và STM32F407	37
Bảng 3.4: Cách kết nối giữa RFID và STM32F407	38
Bảng 3.6: Cách kết nối giữa servo và STM32F407	39
Bảng 3.7: Cách kết nối giữa mạch cầu H và STM32F407.....	40

Bảng 3.8: Cách kết nối giữa màn hình TFT và STM32F407	41
Bảng 4.1: Vị trí các linh kiện.....	60
Bảng A.1: Thông số cường độ sáng cần thiết cho các phòng cơ bản.....	67
Bảng A.2: Thông số tốc độ quay của quạt phụ thuộc theo động cơ.....	67

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 2.1: Quá trình truyền dữ liệu I2C	7
Hình 2.2: Quá trình truyền dữ liệu của SPI.....	9
Hình 2.3: Vi điều khiển STM32F407 discovery	11
Hình 2.4: Cảm biến cường độ ánh sáng BH1750	13
Hình 2.5: Cảm biến chuyển động RCWL-0516.....	14
Hình 2.6: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22	16
Hình 2.7: Cảm biến công suất, dòng điện INA219	18
Hình 2.8: Bộ đọc thẻ từ RFID	21
Hình 2.9: Màn hình hiển thị TFT	23
Hình 2.10: Động cơ servo	25
Hình 2.11: Mạch cầu H	26
Hình 2.12: Động cơ DC	28
Hình 3.1: Sơ đồ khối hệ thống	31
Hình 3.2: Khối vi điều khiển.....	33
Hình 3.3: Module cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22.....	34
Hình 3.4: Mạch nguyên lý bên trong DHT22	34
Hình 3.5: Module cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516	35
Hình 3.6: Mạch nguyên lý bên trong RCWL-0516.....	35
Hình 3.7: Module cảm biến ánh sáng BH1750	36
Hình 3.8: Mạch nguyên lý bên trong BH1750	36
Hình 3.9: Module RFID	37
Hình 3.10: Mạch nguyên lý bên trong RFID	37
Hình 3.13: Module động cơ servo.....	38

Hình 3.14: Mạch nguyên lý bên trong servo	39
Hình 3.15: Module L298	39
Hình 3.16: Mạch nguyên lý bên trong module L298	40
Hình 3.17: Module TFT ILI9225	41
Hình 3.18: Led.....	42
Hình 3.19: Động cơ DC	42
Hình 3.20: Khối nguồn adapter.....	42
Hình 3.21: Mạch nguyên lý bên trong khối nguồn	43
Hình 3.22: Sơ đồ nguyên lý toàn mạch.....	44
Hình 3.23: Lưu đồ chương trình chính.....	45
Hình 3.24: Lưu đồ chương trình con TFT.....	47
Hình 3.25: Lưu đồ chương trình con RCWL-0516.....	48
Hình 3.26: Lưu đồ chương trình con servo	49
Hình 3.27: Lưu đồ chương trình con RFID.....	50
Hình 3.28: Lưu đồ chương trình con DHT22	51
Hình 3.29: Lưu đồ chương trình con BH1750	52
Hình 3.30: Lưu đồ chương trình con L298	53
Hình 3.31: Lưu đồ chương trình con INA219.....	54
Hình 3.32: Lưu đồ chương trình con delay dừng ngắn	55
Hình 3.33: Lưu đồ chương trình con led.....	56
Hình 3.34: Lưu đồ chương trình con thiết lập tốc độ quạt.....	57
Hình 3.35: Lưu đồ chương trình con dừng quạt.....	58
Hình 3.36: Lưu đồ chương trình con tính tốc độ quạt.....	59
Hình 4.1: Mô hình phần cứng thực tế	60

Hình 4.2: Kết quả phân cứng thực tế	61
Hình A.1: Mạch PCB	68
Hình B.2: Màn hình hiển thị TFT	69
Hình B.3: Mở cửa thành công	70
Hình B.4: Sai thẻ	70
Hình B.5: Mở cửa bằng thẻ phụ	71
Hình B.6: Chế độ thêm thẻ phụ.....	71
Hình B.7: Thêm thẻ phụ thành công	72
Hình B.8: Đủ thẻ phụ	72
Hình B.9: Chế độ xóa thẻ phụ	72
Hình B.10: Xóa thẻ phụ thành công.....	73

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI

Trong bối cảnh cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0, sự phát triển của hệ thống nhúng và Internet of Things đang diễn ra mạnh mẽ, đặt ra yêu cầu ngày càng cao về năng lực của kỹ sư trong việc thiết kế và triển khai các giải pháp tích hợp phức hợp. Đề tài này được lựa chọn nhằm mục tiêu xây dựng một nền tảng kiến thức và kỹ năng thực tiễn toàn diện để đáp ứng các yêu cầu đó.

Trọng tâm của đề tài là việc nghiên cứu và làm chủ vi điều khiển STM32F407 Discovery, một đại diện tiêu biểu của dòng ARM Cortex-M4 với hiệu năng cao và hệ thống ngoại vi phong phú, phù hợp cho các ứng dụng phức tạp. Đề tài trực tiếp giải quyết bài toán tích hợp đa cảm biến, một xu hướng quan trọng trong các hệ thống thông minh hiện nay. Sự kết hợp một số lượng lớn các module phần cứng không chỉ là cơ hội học hỏi mà còn mang đến những thách thức kỹ thuật đáng kể. Thách thức lớn nhất là tích hợp phần cứng phức tạp, đảm bảo các module với các giao thức khác nhau có thể hoạt động đồng bộ và ổn định. Bên cạnh đó là bài toán quản lý và tối ưu hóa tài nguyên vi điều khiển để hệ thống vận hành hiệu quả. Việc xây dựng một cấu trúc firmware tốt, dễ gỡ lỗi và xử lý được nhiều tín hiệu cũng là một yêu cầu quan trọng, đòi hỏi sự kiên trì và phương pháp làm việc có hệ thống.

Với những định hướng trên, đề tài được thực hiện với quan điểm cốt lõi là đặt tính thực tiễn và học hỏi lên hàng đầu. Các thách thức kỹ thuật được xem là động lực để tìm tòi, nghiên cứu và nâng cao năng lực giải quyết vấn đề. Kết quả của đề tài được kỳ vọng không chỉ là một hệ thống hoạt động ổn định mà còn là một sản phẩm nền tảng, có khả năng mở rộng và ứng dụng vào các mô hình nhà thông minh, trạm quan trắc tự động, hay hệ thống kiểm soát an ninh. Qua đó, người thực hiện có thể khẳng định năng lực làm chủ công nghệ và có sự chuẩn bị tốt nhất cho các yêu cầu công việc trong thực tế.

1.2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

1.2.1. Tình hình nghiên cứu ở nước ngoài

Trên thế giới, nghiên cứu về hệ thống nhúng và IoT dựa trên vi điều khiển kiến trúc ARM Cortex-M, đặc biệt là dòng STM32, đang diễn ra rất mạnh mẽ, hướng đến các giải pháp tích hợp cao, thông minh và hiệu quả về năng lượng. Dựa trên nội dung của bài báo [1], có thể thấy tình hình nghiên cứu ở nước ngoài trong lĩnh vực robot di động và hệ thống điều khiển nhúng đang có những xu hướng rõ rệt. Bài báo chỉ ra rằng sự phát triển bùng nổ của Internet trong những năm gần đây đã mở ra nhiều ứng dụng mới, trong đó có khả năng điều khiển robot từ xa. Một xu hướng quan trọng khác là sự phát triển của các nền tảng phần cứng mã nguồn mở, chi phí thấp (ví dụ như Arduino được đề cập trong bài báo, tương tự về mặt định hướng với các kit STM32 phổ thông), đã giúp cho lĩnh vực robot trở nên dễ tiếp cận hơn đối với các nhà nghiên cứu, sinh viên và người dùng cá nhân. Bài báo cũng nhấn mạnh rằng nhiều hệ thống điều khiển robot từ xa hiện có thường phức tạp và đắt đỏ, từ đó tạo ra nhu cầu thực tế về việc phát triển các giải pháp linh hoạt và có giá thành hợp lý hơn. Việc tích hợp các công nghệ không dây và các dịch vụ web để điều khiển robot thông qua giao diện trình duyệt cũng là một lĩnh vực nghiên cứu trọng tâm, nhằm tăng tính di động và khả năng truy cập cho các hệ thống tự động.

Dựa trên nội dung của bài báo [2], có thể thấy tình hình nghiên cứu ở nước ngoài đang tập trung mạnh mẽ vào việc hiện đại hóa nông nghiệp thông qua các hệ thống giám sát và điều khiển tự động. Bài báo chỉ ra rằng phương pháp quản lý nhà kính truyền thống dựa trên vận hành thủ công bộc lộ nhiều yếu điểm như kém hiệu quả và lãng phí tài nguyên. Để giải quyết vấn đề này, các nghiên cứu đang hướng tới việc ứng dụng công nghệ thông tin và tự động hóa, đặc biệt là mạng cảm biến không dây (WSN), để giám sát các thông số môi trường quan trọng như nhiệt độ, độ ẩm, và ánh sáng trong thời gian thực. Một hướng nghiên cứu nâng cao được đề cập là việc sử dụng kỹ thuật tổng hợp dữ liệu từ nhiều nút cảm biến (multi-node data fusion) nhằm tăng cường độ chính xác và độ tin cậy của hệ thống giám sát.

Hơn nữa, việc tích hợp các hệ thống giám sát này với khả năng điều khiển tự động các cơ cấu chấp hành (như quạt, máy sưởi, hệ thống tưới tiêu) được xem là yếu tố then chốt để tạo ra môi trường tăng trưởng tối ưu. Việc sử dụng các vi điều khiển chi phí thấp nhưng mạnh mẽ như STM32 cũng là một cách tiếp cận phổ biến để xây dựng các nút cảm biến và điều khiển này.

1.2.2. Tình hình nghiên cứu ở trong nước

Tại Việt Nam, xu hướng nghiên cứu và ứng dụng vi điều khiển STM32 cùng các hệ thống nhúng tích hợp cảm biến đang có những bước phát triển mạnh mẽ và ngày càng nhận được sự quan tâm lớn, đặc biệt trong môi trường giáo dục đại học, các viện nghiên cứu và cộng đồng các nhà phát triển trẻ. Dựa trên nội dung của bài báo [3], có thể thấy tình hình nghiên cứu và ứng dụng công nghệ hệ thống nhúng tại Việt Nam đang có những bước phát triển đáng kể, đặc biệt trong lĩnh vực giáo dục và đào tạo kỹ thuật. Bài báo nhấn mạnh rằng trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, các hệ thống nhúng và IoT ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, dẫn đến nhu cầu cấp thiết về nguồn nhân lực chất lượng cao có khả năng làm chủ công nghệ này. Tại các trường đại học kỹ thuật, việc giảng dạy về các dòng vi điều khiển hiện đại như STM32 đã trở nên phổ biến, tuy nhiên sinh viên vẫn còn gặp khó khăn trong việc tiếp cận các bộ kit thí nghiệm đa năng do chi phí cao và thiếu tính đồng bộ. Chính vì vậy, bài báo chỉ ra một xu hướng và cũng là một nhu cầu thực tế trong nước: đó là việc tự nghiên cứu, thiết kế và chế tạo các bộ kit thí nghiệm "made in Vietnam" với chi phí thấp và tính năng linh hoạt. Hướng đi này không chỉ giải quyết vấn đề về trang thiết bị học tập mà còn thúc đẩy hoạt động nghiên cứu khoa học, sáng tạo trong sinh viên, giúp họ có nền tảng vững chắc để phát triển các ứng dụng IoT trong thực tế.

Dựa trên nội dung của bài báo [4], có thể thấy tình hình ứng dụng công nghệ trong lĩnh vực áp trứng gia cầm tại Việt Nam đang đứng trước những nhu cầu và thách thức cụ thể. Hiện nay, các lò ấp trứng đã được sử dụng rộng rãi trong quy mô công nghiệp, tuy nhiên các phương pháp thủ công và bán thủ công hiện hữu còn nhiều hạn chế, với nhiệt độ không được giám sát và điều chỉnh một cách linh hoạt mà chủ yếu điều khiển bằng tay. Mặc dù các hệ thống ấp trứng công nghiệp

hiện đại có nhiều ưu điểm, nhưng giá thành lại quá cao, không phù hợp với các hộ chăn nuôi có quy mô từ 1000 trứng trở xuống. Từ thực trạng này, bài báo đã chỉ ra một hướng nghiên cứu và phát triển cấp thiết trong nước: đó là tạo ra các hệ thống ấp trứng tự động có giá thành rẻ nhưng hiệu suất cao, đáp ứng được nhu cầu kinh tế của các trang trại nhỏ. Hướng phát triển này tập trung vào việc ứng dụng công nghệ IoT và vi điều khiển STM32 để xây dựng các hệ thống có khả năng tự động điều chỉnh nhiệt độ một cách thông minh, phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường, đồng thời tích hợp các tính năng giám sát qua màn hình LCD và cảnh báo từ xa qua di động

1.3. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Mục tiêu chính mà đề tài hướng tới là thiết kế và xây dựng thành công một mô hình hệ thống nhúng tích hợp đa năng, có khả năng giám sát và điều khiển tự động. Để đạt được điều này, đề tài tập trung vào việc nghiên cứu và làm chủ kiến trúc vi điều khiển STM32F407, đồng thời nắm vững phương pháp lập trình để vận dụng các giao thức giao tiếp phổ biến như I2C, SPI và PWM. Trên cơ sở đó, các mục tiêu cụ thể là hiện thực hóa ý tưởng bằng việc thiết kế mô hình phần cứng hoàn chỉnh và phát triển một chương trình phần mềm có khả năng thu thập dữ liệu chính xác từ các cảm biến, xử lý logic và điều khiển hiệu quả các cơ cấu chấp hành. Mục tiêu cuối cùng và quan trọng nhất là tích hợp toàn bộ các thành phần thành một hệ thống đồng nhất, kiểm chứng sự vận hành ổn định, đảm bảo các chức năng phối hợp nhịp nhàng và mọi thông số được hiển thị trực quan trên màn hình TFT.

1.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để thực hiện các mục tiêu của đề tài, phương pháp nghiên cứu chính được áp dụng là sự kết hợp chặt chẽ giữa nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm. Ban đầu, phương pháp nghiên cứu lý thuyết được sử dụng để tìm hiểu, phân tích tài liệu kỹ thuật (datasheet) của vi điều khiển STM32F407, các loại cảm biến, cơ cấu chấp hành, cũng như các chuẩn giao tiếp liên quan như I2C, SPI. Dựa trên nền tảng kiến thức này, phương pháp phân tích và thiết kế hệ thống được áp dụng để xây dựng kiến trúc tổng thể, sơ đồ khối và sơ đồ nguyên lý chi tiết. Giai

đoạn cốt lõi của đề tài sử dụng phương pháp thực nghiệm và phát triển theo module, trong đó từng chức năng được xây dựng và kiểm thử độc lập cả về phần cứng lẫn phần mềm. Cuối cùng, phương pháp tích hợp hệ thống được tiến hành bằng cách kết hợp tuần tự các module đã hoạt động ổn định, đi kèm với việc kiểm thử liên tục để xử lý xung đột và đảm bảo toàn bộ hệ thống vận hành một cách đồng bộ, chính xác và hiệu quả.

1.5. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

1.5.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu trọng tâm của đề tài là vi điều khiển STM32F407, tập trung vào việc khai thác kiến trúc và lập trình các ngoại vi để tích hợp và điều khiển một hệ thống phần cứng hoàn chỉnh. Các đối tượng cụ thể bao gồm một loạt module cảm biến DHT22, BH1750, INA219, RCWL-0516, MFRC522 và các cơ cấu chấp hành, hiển thị màn hình TFT, động cơ DC, servo, L298N. Bên cạnh đó, quá trình tích hợp hệ thống thông qua việc sử dụng các giao thức I2C, SPI và xây dựng thuật toán điều khiển để các thành phần hoạt động đồng bộ, hiệu quả cũng là một đối tượng nghiên cứu quan trọng.

1.5.2. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi của đề tài được giới hạn trong việc thiết kế và xây dựng một mô hình hệ thống nhúng tích hợp hoạt động độc lập. Về phần cứng, đề tài tập trung vào việc sử dụng kit phát triển STM32F407 Discovery để kết nối và điều khiển các module cảm biến, cơ cấu chấp hành đã được xác định trước. Về phần mềm, phạm vi bao gồm việc xây dựng firmware bằng ngôn ngữ C/C++ trên môi trường STM32Cube, với chức năng chính là thu thập, xử lý dữ liệu ở mức cơ bản và hiển thị cục bộ trên màn hình TFT. Do đó, đề tài sẽ không đi sâu vào việc thiết kế mạch in chuyên sâu hay cơ khí chi tiết, cũng như không phát triển các tính năng nâng cao như kết nối mạng (IoT, Web/App) hoặc ứng dụng các thuật toán phân tích dữ liệu phức tạp và học máy.

1.6. BỐ CỤC BÀI BÁO CÁO

Bài báo cáo gồm phần mở đầu báo gồm lời cảm ơn, tóm tắt, mục lục, danh mục các từ viết tắt, danh sách các bảng biểu, hình ảnh và phần nội dung. Phần nội dung bao gồm 5 chương và 2 phần phụ lục.

Chương 1: Tổng quan.

Chương 2: Cơ sở lý thuyết.

Chương 3: Thiết kế hệ thống.

Chương 4: Kết quả thực nghiệm và đánh giá.

Chương 5: Kết luận và hướng phát triển.

Phụ lục A: Bảng biểu và hình ảnh.

Phụ lục B: Hướng dẫn sử dụng.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. CÁC CHUẨN GIAO TIẾP SỬ DỤNG

2.1.1. Chuẩn giao tiếp I2C

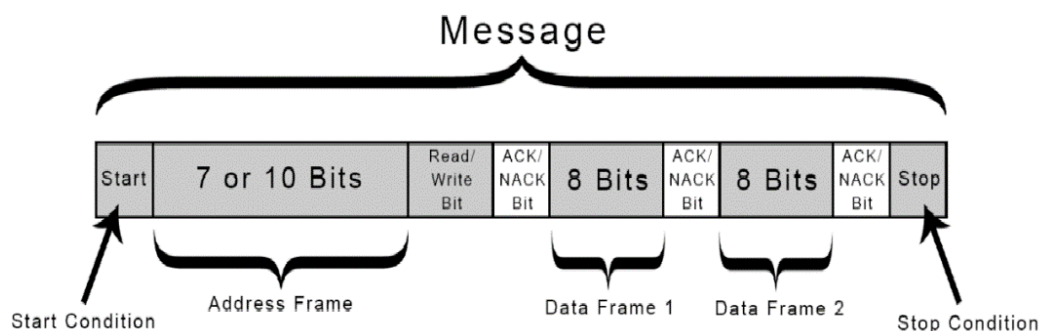
Giao tiếp I2C là một chuẩn giao tiếp nối tiếp đồng bộ multi-master và multi-slave được phát triển bởi Philips Semiconductors (nay là NXP Semiconductors). Chuẩn này rất phổ biến trong các hệ thống nhúng để kết nối các vi điều khiển với các thiết bị ngoại vi như cảm biến, bộ nhớ EEPROM, bộ chuyển đổi ADC/DAC, và các IC chức năng khác chỉ với hai dây tín hiệu.

Chuẩn giao tiếp I2C sử dụng đường dây SDA để truyền dữ liệu hai chiều và đường dây SCL là đường xung nhịp đồng bộ do thiết bị chủ (master) tạo ra. Cả hai đường SDA và SCL đều là dạng cực thu hở hoặc cực máng hở, do đó cần có điện trở kéo lên nối với nguồn dương.

Kiến trúc Master-Slave: một thiết bị đóng vai trò là master khởi tạo và điều khiển quá trình truyền nhận, trong khi các thiết bị khác là slave phản hồi theo yêu cầu của master. Nhiều slave có thể cùng kết nối trên một bus I2C.

Địa chỉ Slave: Mỗi thiết bị slave trên bus I2C có một địa chỉ duy nhất (thường là 7-bit hoặc 10-bit). Master sử dụng địa chỉ này để lựa chọn slave cụ thể mà nó muốn giao tiếp.

Tốc độ truyền: I2C hỗ trợ nhiều chế độ tốc độ, phổ biến là Standard Mode (100 kbit/s), Fast Mode (400 kbit/s), và một số thiết bị hỗ trợ Fast Mode Plus (1 Mbit/s) hoặc High-Speed Mode (3.4 Mbit/s).



Hình 2.1: Quá trình truyền dữ liệu I2C

Trong hình 2.1 thể hiện quá trình truyền dữ liệu:

- Điều kiện START (S): Master khởi tạo giao tiếp bằng cách kéo SDA xuống mức thấp trong khi SCL đang ở mức cao.
- Truyền địa chỉ và bit R/W: Master gửi địa chỉ 7-bit của slave, theo sau là bit đọc/ghi (R/W) để chỉ định thao tác (0 cho ghi, 1 cho đọc).
- Bit ACK/NACK: Sau mỗi byte dữ liệu (địa chỉ hoặc dữ liệu) được truyền, thiết bị nhận sẽ gửi lại một bit xác nhận (ACK - Acknowledge) bằng cách kéo SDA xuống thấp, hoặc bit không xác nhận (NACK - Not Acknowledge) nếu không nhận được hoặc không thể xử lý.
- Truyền/Nhận dữ liệu: Dữ liệu được truyền từng byte, bit có trọng số cao nhất (MSB) đi trước.
- Điều kiện STOP (P): Master kết thúc giao tiếp bằng cách kéo SDA lên mức cao trong khi SCL đang ở mức cao.

2.2.2. Chuẩn giao tiếp SPI

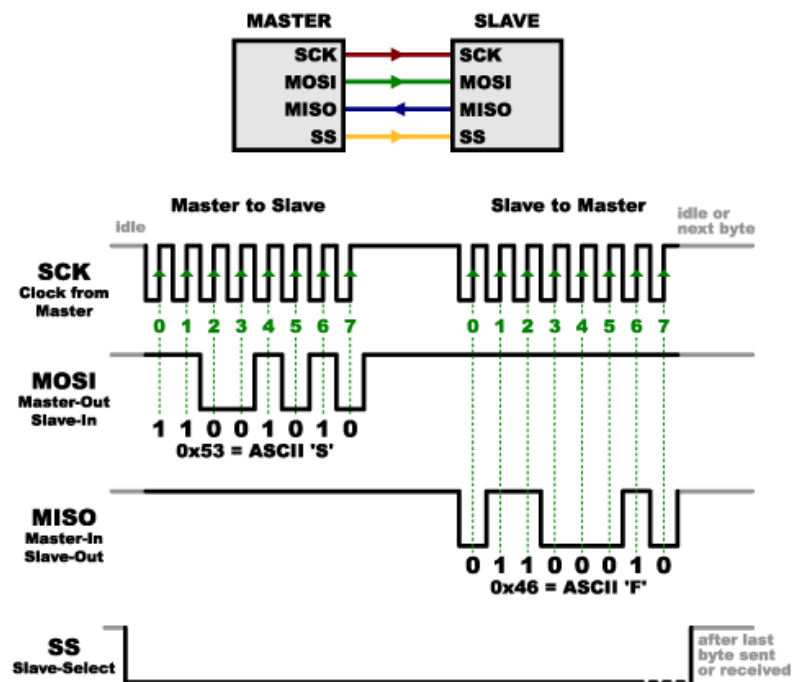
Giao tiếp SPI (Serial Peripheral Interface) là một chuẩn giao tiếp nối tiếp đồng bộ, song công toàn phần (full-duplex), được phát triển bởi Motorola. SPI thường được sử dụng để truyền dữ liệu tốc độ cao giữa vi điều khiển và các thiết bị ngoại vi như bộ nhớ Flash/EEPROM, cảm biến, bộ chuyển đổi ADC/DAC, module RFID, màn hình hiển thị, v.v.

Kiến trúc Master-Slave: Một thiết bị master (thường là vi điều khiển) điều khiển xung nhịp SCLK và chọn slave để giao tiếp.

Đường truyền: Thông thường sử dụng 4 đường dây chính:

- SCLK (Serial Clock): Đường xung nhịp đồng bộ do thiết bị chủ (master) tạo ra và cấp cho thiết bị tớ (slave).
- MOSI (Master Out Slave In): Đường truyền dữ liệu từ thiết bị chủ (master) đến thiết bị tớ (slave).

- MISO (Master In Slave Out): Đường truyền dữ liệu từ thiết bị tớ (slave) về thiết bị chủ (master).
- SS/CS (Slave Select / Chip Select) hoặc NSS (Negative Slave Select): Đường chọn slave, thường là tín hiệu tích cực mức thấp. Master sử dụng đường này để chọn một slave cụ thể muốn giao tiếp khi có nhiều slave trên cùng một bus. Mỗi slave cần một đường SS/CS riêng.



Hình 2.2: Quá trình truyền dữ liệu của SPI

Trong hình 2.2 phía trên đã thể hiện quá trình truyền dữ liệu. Dữ liệu được truyền nối tiếp, bit này sau bit kia, đồng bộ với xung nhịp SCLK. Cả master và slave đều có một thanh ghi dịch (shift register) bên trong. Khi một bit được đẩy từ master sang slave qua MOSI, một bit cũng đồng thời được đẩy từ slave về master qua MISO.

Chế độ hoạt động (SPI Modes): SPI có 4 chế độ hoạt động (Mode 0, 1, 2, 3) được xác định bởi hai thông số là Clock Polarity (CPOL - cực tính xung nhịp) và Clock Phase (CPHA - pha xung nhịp). CPOL xác định trạng thái của SCLK khi không hoạt động (idle), và CPHA xác định thời điểm dữ liệu được lấy mẫu (vào

sườn lên hay sườn xuống của SCLK). Master và slave phải được cấu hình cùng một chế độ SPI.

Tốc độ cao: SPI có khả năng truyền dữ liệu ở tốc độ rất cao, thường lên đến hàng chục MHz, tùy thuộc vào khả năng của các thiết bị tham gia giao tiếp.

2.1.3. Chuẩn giao tiếp GPIO

GPIO (General Purpose Input/Output) là các chân vào/ra đa năng trên vi điều khiển, có thể được cấu hình bằng phần mềm để hoạt động như một đầu vào số (digital input), đầu ra số (digital output), hoặc kết nối với các khối ngoại vi chức năng khác (Alternate Function). GPIO đóng vai trò then chốt trong việc giao tiếp với các linh kiện không sử dụng các chuẩn giao tiếp phức tạp như I2C hay SPI, hoặc để điều khiển các tín hiệu đơn giản.

Một chân GPIO thường có 3 chức năng chính, người dùng cần cấu hình trước khi sử dụng tùy theo nhu cầu:

- Input: Đọc trạng thái logic (cao/thấp) từ bên ngoài. Có thể cấu hình với điện trở kéo lên (pull-up), kéo xuống (pull-down) nội hoặc để thả nổi (floating).
- Output: Xuất ra mức logic cao hoặc thấp. Có hai kiểu output chính là push-pull (đẩy-kéo) và open-drain (cực máng hở).
- Alternate Function (AF): Kết nối chân GPIO với một khối ngoại vi tích hợp sẵn trong vi điều khiển như Timer, SPI, I2C, USART, ADC để thực hiện các chức năng chuyên biệt của khối đó (ví dụ: tạo xung PWM, truyền dữ liệu SPI).

2.2. GIỚI THIỆU HỆ THỐNG PHẦN CỨNG

2.2.1. VI ĐIỀU KHIỂN STM32F407 DISCOVERY

Hình 2.3 là hình ảnh ngoài thực tế của vi điều khiển STM32F407 discovery thuộc dòng STM32F4 series do STMicroelectronics sản xuất, được thiết kế dựa trên lõi xử lý ARM Cortex-M4F 32-bit hiệu suất cao. Đây là một dòng vi điều

khuyến mạnh mẽ, được tối ưu hóa cho các ứng dụng đòi hỏi khả năng xử lý tín hiệu số (DSP) và các phép toán dấu phẩy động (FPU) nhờ vào việc tích hợp sẵn đơn vị FPU và tập lệnh DSP trong lõi Cortex-M4F.



Hình 2.3: Vi điều khiển STM32F407 discovery

Ngoài ra, STM32F407 còn hỗ trợ nhiều chế độ tiết kiệm năng lượng, cho phép tối ưu hóa mức tiêu thụ điện năng cho các ứng dụng di động hoặc yêu cầu hoạt động bằng pin. Với hiệu năng cao, tập hợp ngoại vi đa dạng và sự hỗ trợ mạnh mẽ từ hệ sinh thái phát triển phần mềm STM32Cube của STMicroelectronics STM32F407 được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như hệ thống điều khiển công nghiệp, điều khiển động cơ, thiết bị y tế, thiết bị dân dụng thông minh, các giải pháp IoT và các hệ thống thu thập, xử lý dữ liệu phức tạp.

Bảng 2.1: Thông số kỹ thuật vi điều khiển STM32F407

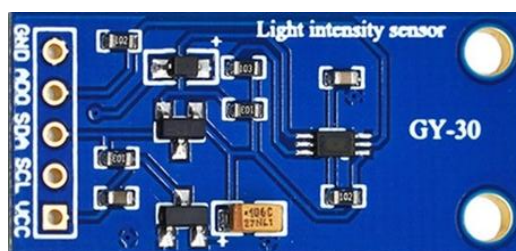
Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Tần số hoạt động tối đa	168 MHz
Bộ nhớ Flash	1 MByte
Bộ nhớ SRAM	192 KBytes
ADC	3 bộ ADC 12-bit

Timer	Lên đến 17 bộ (16-bit và 32-bit)
Mạch nạp/Gỡ lỗi	ST-LINK/V2 tích hợp sẵn
Cảm biến tích hợp	Cảm biến gia tốc 3 trục LIS3DSH

Trong bảng 2.1 đã ghi chú một số thông số kỹ thuật cơ bản của vi điều khiển STM32F407 discovery, đây là một lựa chọn rất phù hợp và mạnh mẽ cho yêu cầu của đồ án. Với vi xử lý ARM Cortex-M4 tốc độ lên đến 168 MHz và bộ nhớ Flash 1 MByte, bo mạch có đủ khả năng xử lý đồng thời nhiều tác vụ phức tạp như đọc dữ liệu từ hàng loạt cảm biến, xử lý logic, điều khiển động cơ và cập nhật giao diện trên màn hình TFT một cách mượt mà, không bị trễ. Quan trọng nhất, sự đa dạng và dồi dào về các khối ngoại vi như I2C, SPI và các bộ Timer là ưu điểm vượt trội, cho phép kết nối trực tiếp với tất cả các module trong đề tài mà không cần đến các mạch mở rộng phức tạp. Việc tích hợp sẵn mạch nạp ST-LINK/V2 cũng giúp quá trình phát triển, gỡ lỗi trở nên thuận tiện và tiết kiệm chi phí, khẳng định đây là một nền tảng lý tưởng cho việc học tập và triển khai các hệ thống nhúng tích hợp.

Vi điều khiển STM32 có thể được xem như một "bộ não" hay một máy tính nhỏ gọn được tích hợp trên một vi mạch duy nhất, được thiết kế để điều khiển các hệ thống điện tử chuyên dụng. Chức năng cốt lõi của nó là thực thi một chương trình được lập trình và lưu sẵn trong bộ nhớ Flash để kiểm soát hoạt động của một thiết bị. Về cơ bản, STM32 thực hiện ba nhiệm vụ chính: Nhận tín hiệu đầu vào (Input) từ môi trường bên ngoài thông qua các cảm biến (như nút nhấn, cảm biến nhiệt độ, ánh sáng) được kết nối tới các chân GPIO, ADC. Xử lý (Process) các tín hiệu đó dựa trên thuật toán đã được lập trình sẵn. Cuối cùng, nó đưa ra tín hiệu điều khiển đầu ra (Output) để điều khiển các cơ cấu chấp hành như bật/tắt đèn LED, quay động cơ, hiển thị thông tin lên màn hình thông qua các chân GPIO, PWM. Ngoài ra, STM32 còn có khả năng giao tiếp với các vi mạch hoặc hệ thống khác thông qua các chuẩn giao tiếp công nghiệp như I2C, SPI, và UART.

2.2.2. Cảm biến cường độ ánh sáng



Hình 2.4: Cảm biến cường độ ánh sáng BH1750

Hình ảnh 2.4 là hình ảnh thực tế của cảm biến cường độ ánh sáng BH1750 (hoặc BH1750FVI). Đây là một IC cảm biến ánh sáng kỹ thuật số (digital ambient light sensor) được sản xuất bởi ROHM Semiconductor. Chức năng chính của nó là đo cường độ ánh sáng xung quanh và cung cấp giá trị đo được dưới dạng số liệu, thường theo đơn vị lux (lx). Cảm biến này được thiết kế để có đặc tính quang phổ gần giống với mắt người, giúp đưa ra các phép đo ánh sáng phù hợp với cảm nhận của con người.

Bảng 2.2: Thông số kỹ thuật cảm biến ánh sáng BH1750

Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Chuẩn giao tiếp	I2C
Dải đo	Khoảng từ 1 lux đến 65536 lux
Điện áp hoạt động	2,4V đến 3V
Dòng điện tiêu thụ	Khoảng 0.12mA khi hoạt động
Chức năng khử nhiễu ánh sáng	50Hz/60Hz

Bảng 2.2 ghi chú một số đặc điểm kỹ thuật của cảm biến cường độ ánh sáng BH1750. Việc sử dụng chuẩn giao tiếp I2C phổ biến và dải điện áp hoạt động tương thích hoàn toàn với kit STM32F407 Discovery giúp việc kết nối và lập trình trở nên đơn giản. Dải đo của cảm biến rất rộng, từ 1 đến 65536 lux, cho phép hệ thống hoạt động chính xác trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau, từ trong phòng thiếu sáng đến ngoài trời nắng. Đặc biệt, chức năng khử nhiễu ở tần số 50Hz/60Hz và mức tiêu thụ dòng điện cực thấp (khoảng 0.12mA) là những ưu

điểm lớn, đảm bảo dữ liệu đo được ổn định và hệ thống hoạt động tiết kiệm năng lượng. Ngoài ra, cảm biến có phản ứng quang phổ gần với mắt người, giúp đo lường ánh sáng một cách tự nhiên hơn, kết quả đo không phụ thuộc nhiều vào loại nguồn sáng, đặc biệt ít bị ảnh hưởng bởi bức xạ hồng ngoại

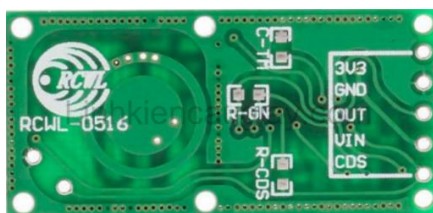
Nguyên lý hoạt động cơ bản: bên trong BH1750 tích hợp một photodiode để cảm nhận ánh sáng. Dòng điện tạo ra bởi photodiode (tỷ lệ với cường độ ánh sáng chiếu vào) sẽ được khuếch đại và sau đó chuyển đổi thành tín hiệu số 16-bit bằng một bộ chuyển đổi tương tự-số (ADC) tích hợp. Dữ liệu số này sau đó có thể được đọc bởi vi điều khiển thông qua giao tiếp I2C. Một ưu điểm lớn của BH1750 là nó trực tiếp xuất ra giá trị lux, do đó người dùng không cần thực hiện các phép tính toán phức tạp để chuyển đổi từ giá trị thô sang đơn vị đo cường độ ánh sáng.

Bảng 2.3: Các chân tín hiệu BH1750

Chân số	Tên	Chức năng
1	VCC	Chân cấp nguồn (2.4-3.6V)
2	SCL	Xung clock
3	SDA	Chân truyền dữ liệu
4	ADD	Chọn địa chỉ I2C (Cao: 1011100, Thấp: 0100011)
5	GND	Chân nối đất

Bảng 2.3 liệt kê danh sách các chân có trên module cảm biến ánh sáng BH1750 và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.3. Cảm biến chuyển động



Hình 2.5: Cảm biến chuyển động RCWL-0516

Hình 2.5 là hình ảnh thực tế của RCWL-0516 là một module cảm biến phát hiện chuyển động sử dụng công nghệ radar Doppler vi sóng. Khác với cảm biến hồng ngoại thụ động (PIR) thường phát hiện sự thay đổi bức xạ nhiệt, RCWL-0516 phát ra sóng vi sóng tần số cao (khoảng 3.175 - 3.2 GHz) và phân tích sự thay đổi tần số của sóng phản xạ lại (hiệu ứng Doppler) khi có vật thể di chuyển trong vùng phủ sóng. Điều này cho phép nó phát hiện chuyển động của nhiều loại đối tượng, không chỉ giới hạn ở các vật thể sống phát nhiệt.

Bảng 2.4: Thông số kỹ thuật cảm biến chuyển động RCWL-0516

Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Tần số hoạt động	Khoảng 3.175 GHz - 3.2 GHz (băng tần C)
Điện áp hoạt động	4V đến 28V DC
Dòng tiêu thụ	Khoảng 2.8mA - 3mA
Khoảng cách phát hiện	5 đến 9 mét (mặc định thường khoảng 7m)
Góc phát hiện	Lên đến 360 độ nếu không có che chắn
CDS pin	Cho phép kết nối một quang trở để vô hiệu hóa cảm biến khi trời sáng
R-GN	Điều chỉnh khoảng cách phát hiện
C-TM	Điều chỉnh thời gian trễ của tín hiệu OUT
Công suất phát	Khoảng 20mW đến 30mW
Tín hiệu ngõ ra	Tín hiệu số TTL

Bảng 2.4 là bảng thông số kỹ thuật cho thấy RCWL-0516 là một cảm biến phát hiện chuyển động hiện đại và rất hiệu quả cho các ứng dụng an ninh, tự động hóa của đồ án. Việc sử dụng công nghệ radar vi sóng ở tần số C-band, thay vì hồng ngoại truyền thống, mang lại ưu điểm vượt trội với góc phát hiện rộng lên đến 360 độ và khoảng cách xa (mặc định 7m), giúp bao quát không gian tốt hơn và có khả năng phát hiện xuyên qua các vật cản mỏng. Dải điện áp hoạt động rộng (4V-28V) và tín hiệu ngõ ra TTL số giúp việc tích hợp với kit STM32F407 trở nên dễ dàng

và linh hoạt. Hơn nữa, các chân chức năng cho phép điều chỉnh khoảng cách và thời gian trễ mang đến khả năng tùy biến cao, giúp cảm biến thích ứng tốt với nhiều kịch bản sử dụng thực tế.

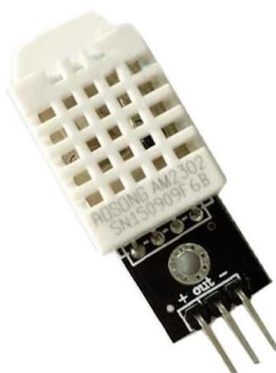
Nguyên lý hoạt động cơ bản: module RCWL-0516 chứa một bộ tạo dao động vi sóng và một anten để phát và thu sóng. Khi một vật thể di chuyển trong vùng phát hiện, sóng vi sóng phản xạ từ vật thể đó sẽ bị thay đổi tần số so với sóng phát đi (hiệu ứng Doppler). Nếu sự thay đổi tần số (cho thấy có chuyển động) vượt qua một ngưỡng nhất định, chân tín hiệu OUT của module sẽ được kích hoạt, thường là chuyển lên mức logic cao (HIGH).

Bảng 2.5: Các chân tín hiệu RCWL-0516

Chân số	Tên	Chức năng
1	3V3	Ngõ ra 3.3V
2	GND	Chân nối đất
3	OUT	Tín hiệu đầu ra
4	VIN	Chân cấp nguồn
5	CDS	Chân kết nối quang trở

Bảng 2.5 liệt kê danh sách các chân có trên module cảm biến chuyển động RCWL-0516 và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.4. Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm



Hình 2.6: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22

Hình 2.6 là hình ảnh thực tế của cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22, còn được biết đến với tên gọi AM2302, là một cảm biến kỹ thuật số phổ biến được sử dụng để đo nhiệt độ và độ ẩm tương đối của môi trường xung quanh. Nó được biết đến với độ chính xác khá tốt và dải đo rộng hơn so với người anh em của nó là DHT11.

Bảng 2.6: Thông số kỹ thuật cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22

Hạng mục		Thông số kỹ thuật
Nguồn cung cấp		3.3V - 5.5V DC
Dòng tiêu thụ	Khi đo	Khoảng 0.3mA - 2.5mA
	Chế độ chờ	60 μ A
Dải đo	Độ ẩm	0% - 99.9% RH
	Nhiệt độ	-40°C đến 80°C
Độ chính xác	Độ ẩm	$\pm 2\%$ RH
	Nhiệt độ	$\pm 0.5^\circ\text{C}$
Độ phân giải	Độ ẩm	0.1% RH
	Nhiệt độ	0.1°C
Tần số lấy mẫu		0.5 Hz
Giao thức		GPIO

Bảng 2.6 cho thấy thông số kỹ thuật của cảm biến DHT22 là một lựa chọn rất mạnh mẽ và đáng tin cậy cho chức năng đo nhiệt độ, độ ẩm trong đồ án. Cảm biến nổi bật với dải đo rất rộng cho cả nhiệt độ (-40°C đến 80°C) và độ ẩm (0-99.9%), cùng với độ chính xác cao ($\pm 0.5^\circ\text{C}$ và $\pm 2\%$ RH), vượt trội hơn so với nhiều cảm biến phổ thông khác. Dải điện áp hoạt động linh hoạt từ 3.3V đến 5.5V giúp nó tương thích dễ dàng với nguồn cấp của kit STM32F407. Mặc dù sử dụng giao thức một dây (one-wire) trên chân GPIO đòi hỏi xử lý thời gian chính xác, nó lại tiết kiệm được chân vi điều khiển. Với tần số lấy mẫu 0.5 Hz (2 giây/lần), cảm

biến hoàn toàn đáp ứng tốt nhu cầu giám sát các thay đổi của môi trường vốn diễn ra chậm.

Nguyên lý hoạt động cơ bản:

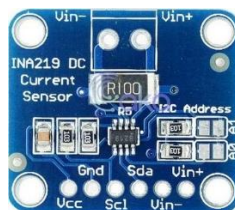
- Bên trong DHT22 có hai thành phần cảm biến chính:
 - Cảm biến độ ẩm: Sử dụng một tụ điện polyme (polymer capacitor). Khi độ ẩm trong không khí thay đổi, hằng số điện môi của lớp polyme thay đổi, dẫn đến sự thay đổi điện dung của tụ. Mạch điện tử bên trong sẽ đo sự thay đổi này.
 - Cảm biến nhiệt độ: Sử dụng một nhiệt điện trở NTC (Negative Temperature Coefficient thermistor), là một loại điện trở có giá trị giảm khi nhiệt độ tăng.
- Một vi điều khiển 8-bit tích hợp sẵn bên trong DHT22 sẽ đọc giá trị từ hai cảm biến này, thực hiện việc bù nhiệt và hiệu chuẩn, sau đó xuất ra tín hiệu số đã được hiệu chuẩn.

Bảng 2.7: Các chân tín hiệu DHT22

Chân số	Tên	Chức năng
1	VDD	Nguồn cấp
2	OUT	Chân truyền dữ liệu
3	GND	Chân nối đất

Bảng 2.7 liệt kê danh sách các chân có trên module cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22 và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.5. Cảm biến công suất, dòng điện



Hình 2.7: Cảm biến công suất, dòng điện INA219

Hình 2.7 là hình ảnh thực tế của cảm biến công suất, dòng điện INA219. Đây là một IC giám sát dòng điện và công suất (Current/Power Monitor) với giao diện I2C (hoặc SMBus) được sản xuất bởi Texas Instruments. Nó có khả năng đo điện áp rơi trên một điện trở shunt (shunt resistor) và điện áp bus (điện áp nguồn cung cấp cho tải), từ đó tính toán ra dòng điện chạy qua tải và công suất tiêu thụ của tải. INA219 được đánh giá cao nhờ độ chính xác, tính linh hoạt và khả năng tích hợp cao.

Bảng 2.8: Thông số kỹ thuật cảm biến công suất, dòng điện INA219

Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Điện áp hoạt động	3.0V đến 5.5V
Dải đo điện áp Bus (VBUS)	0V đến +26V
Độ phân giải ADC	Có thể lập trình được cho cả điện áp shunt và điện áp bus (9-bit, 10-bit, 11-bit, hoặc 12-bit)
Độ chính xác cao	Sai số tối đa 1%
Dòng tiêu thụ	Khoảng 330 μ A
Giao tiếp	Chuẩn I2C hoặc SMBus

Bảng 2.8 cho thấy các thông số kỹ thuật của INA219 là một giải pháp đo lường năng lượng chuyên dụng, mạnh mẽ và rất phù hợp với yêu cầu của đồ án. Việc sử dụng chuẩn giao tiếp I2C giúp module dễ dàng tích hợp vào cùng bus với các cảm biến khác như BH1750, tiết kiệm chân vi điều khiển. Dải đo điện áp bus rộng (lên đến 26V) cho phép giám sát nhiều loại nguồn DC phổ biến, trong khi độ chính xác cao với sai số tối đa chỉ 1% đảm bảo dữ liệu thu thập được là đáng tin cậy. Đặc biệt, khả năng lập trình được độ phân giải ADC mang lại sự linh hoạt cao, cho phép người dùng cân bằng giữa tốc độ và độ chính xác. Với mức tiêu thụ điện năng thấp, INA219 là một lựa chọn lý tưởng để tích hợp chức năng giám sát năng lượng một cách hiệu quả và chính xác.

Nguyên lý hoạt động cơ bản:

- **Đo dòng điện:** INA219 đo dòng điện một cách gián tiếp bằng cách đo điện áp rơi rất nhỏ trên một điện trở shunt được mắc nối tiếp với tải. Theo định luật Ohm, dòng điện (I) tỷ lệ thuận với điện áp rơi (V) trên điện trở shunt (R). INA219 tích hợp một bộ khuếch đại có độ lợi lập trình được (Programmable Gain Amplifier - PGA) để khuếch đại điện áp shunt này trước khi đưa vào bộ chuyển đổi ADC.
- **Đo điện áp bus:** INA219 cũng có khả năng đo trực tiếp điện áp trên đường bus cung cấp cho tải (phía trước điện trở shunt), với dải đo lên đến +26V.
- **Tính toán công suất:** Sau khi có giá trị dòng điện và điện áp bus, INA219 có thể tự động nhân hai giá trị này để cho ra công suất tiêu thụ. Tất cả các giá trị đo (điện áp shunt, điện áp bus, dòng điện, công suất) được lưu trữ trong các thanh ghi nội và có thể được đọc bởi vi điều khiển thông qua giao tiếp I2C.

Bảng 2.9: Các chân tín hiệu INA219

Chân số	Tên	Chức năng
1	VIN+	Kết nối với cực dương điện trở phân lưu
2	VIN-	Kết nối với cực âm điện trở phân lưu
3	SDA	Chân xuất dữ liệu
4	SCL	Xung clock
5	GND	Chân nối đất
6	VCC	Nguồn cấp

Bảng 2.9 liệt kê danh sách các chân có trên module cảm biến công suất, dòng điện INA219 và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.6. Bộ đọc thẻ từ RFID



Hình 2.8: Bộ đọc thẻ từ RFID

Hình 2.8 là hình thực tế của bộ đọc thẻ từ RFID. Module MFRC522 là một thiết bị đọc và ghi thẻ RFID (Radio-Frequency Identification) giá rẻ và phổ biến, hoạt động ở tần số 13.56 MHz. Nó được xây dựng dựa trên chip MFRC522 của NXP Semiconductors, một IC tích hợp cao cho việc giao tiếp không tiếp xúc. Module này cho phép vi điều khiển tương tác với các thẻ RFID tương thích, thường là các thẻ theo chuẩn ISO/IEC 14443 Type A và MIFARE.

RFID (Radio-Frequency Identification) là công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến. Một hệ thống RFID cơ bản bao gồm hai thành phần chính:

- Đầu đọc/ghi (Reader/Writer): Như module MFRC522, có nhiệm vụ phát ra sóng điện từ và đọc/ghi dữ liệu lên thẻ.
- Thẻ (Tag/Card): Gắn vào đối tượng cần nhận dạng, chứa một anten và một vi mạch lưu trữ thông tin. Thẻ RFID 13.56MHz thường là loại thụ động (passive), nghĩa là chúng không có nguồn năng lượng riêng mà nhận năng lượng từ sóng điện từ do đầu đọc phát ra.

Bảng 2.10: Thông số kỹ thuật bộ đọc thẻ từ RFID

Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Tần số hoạt động	13.56 MHz
Điện áp hoạt động	3.3V
Chuẩn thẻ hỗ trợ	ISO/IEC 14443 Type A, MIFARE

Giao tiếp		SPI
Khoảng cách đọc/ghi		0 đến 5-7 cm
Tốc độ truyền dữ liệu RF		Lên đến 424 kbit/s
Tốc độ giao tiếp SPI		10 Mbit/s
Dòng điện tiêu thụ	Hoạt động	Khoảng 13-26 mA
	Chờ	Khoảng 10-13 mA
	Ngủ	< 80 μ A
Bộ đệm FIFO		64 byte

Bảng 2.10 là bảng thông số kỹ thuật cho thấy bộ đọc thẻ RFID (dựa trên chip MFRC522) cho thấy module hoạt động ở tần số 13.56 MHz và hỗ trợ chuẩn thẻ MIFARE phổ biến, module này đảm bảo tính tương thích và dễ dàng tìm kiếm thẻ để sử dụng. Giao tiếp SPI tốc độ cao (lên đến 10 Mbit/s) cho phép trao đổi dữ liệu nhanh chóng với vi điều khiển STM32, giúp hệ thống phản hồi gần như tức thì khi người dùng quét thẻ. Với điện áp hoạt động 3.3V tương thích trực tiếp với kit STM32F407 và khoảng cách đọc/ghi lý tưởng (0-7 cm) cho các ứng dụng xác thực tầm gần, module này cung cấp một giải pháp đáng tin cậy, dễ tích hợp và đáp ứng đầy đủ yêu cầu của đề tài.

Nguyên lý hoạt động của MFRC522:

- Module MFRC522 tạo ra một trường điện từ tần số 13.56 MHz thông qua anten tích hợp trên bo mạch.
- Khi một thẻ RFID tương thích được đưa vào vùng hoạt động của trường điện từ này (khoảng cách vài cm), cuộn dây anten trên thẻ sẽ cảm ứng năng lượng từ trường điện từ của đầu đọc, cung cấp nguồn cho vi mạch trên thẻ hoạt động.
- Vi mạch trên thẻ sau đó có thể giao tiếp với đầu đọc bằng cách điều biến (modulate) trường điện từ mà đầu đọc phát ra.

- MFRC522 giải điều chế (demodulate) tín hiệu nhận được từ thẻ để đọc dữ liệu (ví dụ: mã UID của thẻ, dữ liệu lưu trong bộ nhớ thẻ) hoặc gửi lệnh để ghi dữ liệu lên thẻ.

Bảng 2.11: Các chân tín hiệu RFID

Chân số	Tên	Chức năng
1	SDA	Đầu vào/ ra đường dữ liệu
2	SCK	Đầu vào xung clock nối tiếp SPI
3	MOSI	Ngõ ra master, ngõ vào slave
4	MISO	Ngõ vào master, ngõ ra slave
5	IRQ	Ngắt
6	GND	Chân nối đất
7	RST	Chân reset
8	3.3V	Nguồn cấp

Bảng 2.11 liệt kê danh sách các chân có trên bộ đọc thẻ từ RFID và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.7. Màn hình hiển thị TFT



Hình 2.9: Màn hình hiển thị TFT

Hình 2.9 là hình ảnh thực tế của màn hình TFT cung cấp khả năng hiển thị màu sắc sống động hơn nhiều so với các loại màn hình LCD đơn sắc hay màn hình

ký tự truyền thống. IC điều khiển ILI9225 đóng vai trò trung gian, nhận lệnh và dữ liệu từ vi điều khiển (như STM32F407), sau đó xử lý và điều khiển các điểm ảnh (pixel) trên tấm nền TFT để tạo ra hình ảnh.

Bảng 2.12: Thông số kỹ thuật màn hình hiển thị TFT

Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Điện áp hoạt động	3.3V
Kích thước màn hình	2.0 inch
Độ phân giải	176 x 220 pixels
Số màu hiển thị	65K màu
Giao tiếp	SPI

Bảng 2.12 là bảng các thông số kỹ thuật của màn hình TFT. Với kích thước 2.0 inch và độ phân giải 176x220 pixels, màn hình có đủ không gian và độ chi tiết để trình bày rõ ràng, trực quan dữ liệu từ nhiều cảm biến cùng lúc. Khả năng hiển thị 65K màu cho phép xây dựng một giao diện người dùng sinh động, chuyên nghiệp, giúp phân biệt các trạng thái hoạt động một cách dễ dàng. Quan trọng nhất, việc sử dụng giao thức SPI tốc độ cao để giao tiếp và điện áp hoạt động 3.3V đảm bảo sự tương thích hoàn hảo về cả phần cứng lẫn tốc độ truyền dữ liệu với kit STM32F407, giúp việc tích hợp và lập trình trở nên thuận lợi và hiệu quả.

Bảng 2.13: Các chân tín hiệu màn hình hiển thị TFT

Chân số	Tên	Chức năng
1	SD_CS	Cho phép nhận dữ liệu từ STM32 của thẻ SD
2	SD_MOSI	Ngõ ra master, ngõ vào slave thẻ SD
3	SD_SCK	Xung CLK đồng bộ của thẻ SD
4	SD_MISO	Ngõ vào master, ngõ ra slave thẻ SD
5	VCC	Nguồn cấp
6,7	GND	Chân nối đất

8,9,10	NC	Không nối
11	CLK	Xung clock
12	SDA	Chân truyền dữ liệu
13	RS	Chọn gửi lệnh hoặc gửi dữ liệu
14	RST	Reset
15	CS	Cho phép nhận hoặc không nhận dữ liệu từ STM32

Bảng 2.13 liệt kê danh sách các chân có trên màn hình TFT và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.8. Động cơ servo



Hình 2.10: Động cơ servo

Servo SG90 là một động cơ vị trí (positional servo), nghĩa là nó có thể quay đến một góc cụ thể và giữ vị trí đó theo tín hiệu điều khiển. Nó không phải là động cơ quay liên tục (continuous rotation servo) trừ khi đã được sửa đổi.

Bảng 2.14: Thông số kỹ thuật động cơ servo

Hạng mục		Thông số kỹ thuật
Điều khiển bằng tín hiệu		PWM
Chu kỳ xung		20ms
Độ rộng xung	Vị trí giữa	Khoảng 1.5ms
	Một đầu	Khoảng 1.0ms
	Đầu còn lại	Khoảng 2.0ms

Bảng 2.14 là bảng thể hiện thông số kỹ thuật sơ bản của động cơ servo. Bên trong động cơ servo SG90 điển hình bao gồm 4 thành phần chính. Động cơ DC nhỏ là bộ phận tạo ra chuyển động quay. Hộp số giảm tốc (Gearbox) là Một loạt các bánh răng (thường làm bằng nhựa nylon cho SG90) giúp giảm tốc độ quay của động cơ DC và tăng mô-men xoắn đầu ra. Biến trở (Potentiometer) được nối với trục đầu ra của hộp số, hoạt động như một cảm biến vị trí để cung cấp tín hiệu phản hồi về góc quay hiện tại của trục servo. Mạch điều khiển (Control Circuitry): Một mạch điện tử nhỏ nhận tín hiệu điều khiển từ bên ngoài (vi điều khiển), so sánh nó với tín hiệu phản hồi từ biến trở, và điều khiển động cơ DC quay đến vị trí mong muốn và giữ ở đó.

Bảng 2.15: Các chân tín hiệu động cơ Servo

Dây màu	Chức năng
Cam	Kết nối với PWM
Đỏ	Kết nối với VCC
Nâu	Kết nối với đất

Bảng 2.15 liệt kê danh sách các chân có trên động cơ servo và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.9. Mạch cầu H



Hình 2.11: Mạch cầu H

Hình 2.11 là hình ảnh thực tế của mạch cầu H. Mạch cầu H L298N là một IC (Integrated Circuit - Mạch tích hợp) điều khiển động cơ cầu H kép (Dual Full-Bridge Driver) công suất cao, được sản xuất bởi STMicroelectronics và nhiều hãng

khác. Các module L298N được xây dựng dựa trên IC này, thường kèm theo các linh kiện phụ trợ như diode bảo vệ, tụ điện, và đôi khi là bộ ổn áp 5V, giúp việc điều khiển động cơ DC và động cơ bước trở nên dễ dàng hơn cho người dùng.

Bảng 2.16: Thông số kỹ thuật mạch cầu H

Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Điện áp hoạt động cho động cơ	5V đến 35V
Điện áp logic	5V
Dòng điện đầu ra	2A cho mỗi kênh
Công suất tiêu thụ tối đa	Khoảng 20W - 25W
Số kênh điều khiển	2 kênh cầu H độc lập

Bảng 2.16 cho thấy một số thông số cơ bản của mạch cầu H. Mạch cầu H được thiết kế để điều khiển các tải cảm như động cơ DC (cho phép điều khiển cả chiều quay và tốc độ), động cơ bước, rơ le, và cuộn cảm (solenoid). Mạch chứa hai mạch cầu H độc lập. Mỗi mạch cầu H bao gồm 4 transistor công suất được sắp xếp theo hình chữ H. Bằng cách đóng/mở các cặp transistor chéo nhau một cách thích hợp, mạch cầu H có thể đảo chiều dòng điện chạy qua động cơ, từ đó đảo chiều quay của động cơ. Việc điều khiển tốc độ động cơ thường được thực hiện bằng cách cấp tín hiệu PWM (Pulse Width Modulation) vào chân cho phép (Enable) của mỗi cầu H.

Bảng 2.17: Các chân tín hiệu mạch cầu H

Chân số	Tên	Chức năng
1,15	Sense A, Sense B	Chân đo dòng điện qua tải
2,3	Out 1, Out 2	Ngõ ra của cầu H (Bridge A)
4	VS	Nguồn cấp cho cầu H
5,7	Input 1, Input 2	Tín hiệu điều khiển cầu H A
6,11	Enable A, Enable B	Kích hoạt cầu H

8	GND	Chân nối đất
9	VSS	Nguồn cấp cho logic
10,12	Input 3, Input 4	Tín hiệu điều khiển cầu H B
13,14	Out 3, Out 4	Ngõ ra của cầu H (Bridge B)

Bảng 2.17 liệt kê danh sách các chân có trên mạch cầu H và chức năng chính của chúng nó. Bên trên module cũng có ghi tên của các chân để tiện cho người sử dụng có thể phân biệt mà sử dụng.

2.2.10. Động cơ DC



Hình 2.12: Động cơ DC

Một động cơ DC thông thường bao gồm 4 phần chính. Stator (Phần tĩnh) là phần chứa nam châm vĩnh cửu để tạo ra từ trường cố định. Rotor (Phần quay) hay Phần ứng (Armature) bao gồm các cuộn dây quấn quanh lõi sắt. Khi dòng điện một chiều chạy qua các cuộn dây này, nó tạo ra một từ trường. Cổ góp là một bộ phận hình trụ gồm nhiều phiến dẫn điện cách điện với nhau, được gắn trên trục rotor và quay cùng rotor. Chổi than thường làm bằng carbon tiếp xúc trượt với cổ góp để đưa dòng điện vào các cuộn dây trên rotor. Sự tương tác giữa từ trường của stator và từ trường của rotor tạo ra lực từ làm rotor quay. Cổ góp và chổi than liên tục chuyển đổi chiều dòng điện trong các cuộn dây của rotor khi nó quay, đảm bảo rằng lực từ luôn tác động theo một hướng nhất định để duy trì chuyển động quay.

Bảng 2.18: Thông số kỹ thuật động cơ DC

Hạng mục	Thông số kỹ thuật
Điện áp hoạt động	3V đến 12V
Tốc độ	15000 vòng / phút

Dòng điện không tải		0,65A
Kích thước vật lý	Đường kính thân	27.5mm
	Chiều dài thân	37.5mm
	Đường kính trục	2.3mm
	Chiều dài trục	13mm
Trọng lượng		Khoảng 45g - 55g

Bảng 2.18 là bảng thông số kỹ thuật cơ bản của động DC. Tốc độ của động cơ DC thường tỷ lệ thuận với điện áp đặt vào hai đầu của nó. Trong thực tế, để điều khiển tốc độ một cách hiệu quả bằng vi điều khiển, người ta thường sử dụng phương pháp PWM (Pulse Width Modulation) thông qua một mạch điều khiển động cơ như L298N. Bằng cách thay đổi Duty cycle của tín hiệu PWM cấp cho chân Enable của L298N, điện áp trung bình cấp cho động cơ sẽ thay đổi, từ đó điều chỉnh tốc độ quay. Điều khiển chiều quay: Chiều quay của động cơ DC được xác định bởi chiều dòng điện chạy qua nó. Mạch cầu H trong L298N cho phép đảo chiều dòng điện này bằng cách thay đổi trạng thái logic của các chân điều khiển INx (ví dụ IN1, IN2).

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG

3.1. YÊU CẦU HỆ THỐNG

Hệ thống được yêu cầu phải là một giải pháp nhúng tích hợp hoàn chỉnh, có khả năng tri giác môi trường, xử lý thông tin và tự động đưa ra các quyết định điều khiển một cách thông minh và đáng tin cậy. Nền tảng của hệ thống là khả năng thu thập dữ liệu đa luồng một cách liên tục, bao gồm: đọc chính xác giá trị nhiệt độ và độ ẩm từ DHT22 để giám sát môi trường; lượng hóa cường độ ánh sáng bằng Lux từ BH1750; nhận biết sự hiện diện của con người qua cảm biến radar RCWL-0516; đo lường các thông số điện năng từ INA219; và xác thực định danh qua mã UID của thẻ RFID. Toàn bộ dữ liệu này, sau khi được xử lý và chuyển đổi sang đơn vị tiêu chuẩn, phải được hiển thị một cách khoa học và toàn diện trên màn hình TFT. Giao diện này phải được cập nhật theo thời gian thực, cho phép người dùng nắm bắt nhanh trạng thái tổng thể của hệ thống. Hệ thống phải thực hiện một cơ chế kiểm soát ra vào an toàn: khi một thẻ RFID hợp lệ được xác thực, động cơ servo sẽ lập tức quay một góc 90 độ để mở cửa và tự động quay về vị trí đóng sau một khoảng trễ định trước. Chức năng chiếu sáng thông minh: đèn LED chỉ kích hoạt khi cả hai điều kiện là có người hiện diện và môi trường thiếu sáng (dưới 300 Lux) được đáp ứng. Khi các điều kiện này không còn, hệ thống phải duy trì đèn sáng thêm 10 giây như một tính năng tiện ích trước khi tắt hẳn. Tương tự, chức năng điều khiển quạt cũng tuân thủ logic kép: quạt chỉ hoạt động khi có người và nhiệt độ môi trường vượt ngưỡng 22.5°C. Cuối cùng, các yêu cầu nền tảng về tính ổn định, độ tin cậy và thời gian đáp ứng nhanh phải được đảm bảo để hệ thống có thể hoạt động bền bỉ, chính xác và phản ứng tức thì với các sự kiện quan trọng như nhận dạng thẻ hoặc phát hiện chuyển động.

3.2. ĐẶC TẢ HỆ THỐNG

3.2.1. Chức năng hệ thống

Hệ thống sau khi được hoàn thành có nhiều chức năng khác nhau. Mỗi chức năng đều có thể hoạt động tự động và độc lập.

Hệ thống có khả năng đo và hiển thị lên màn hình TFT các thông số môi trường cơ bản như nhiệt độ, độ ẩm, cường độ sáng, điện áp, dòng điện, công suất, có người xung quanh hay không.

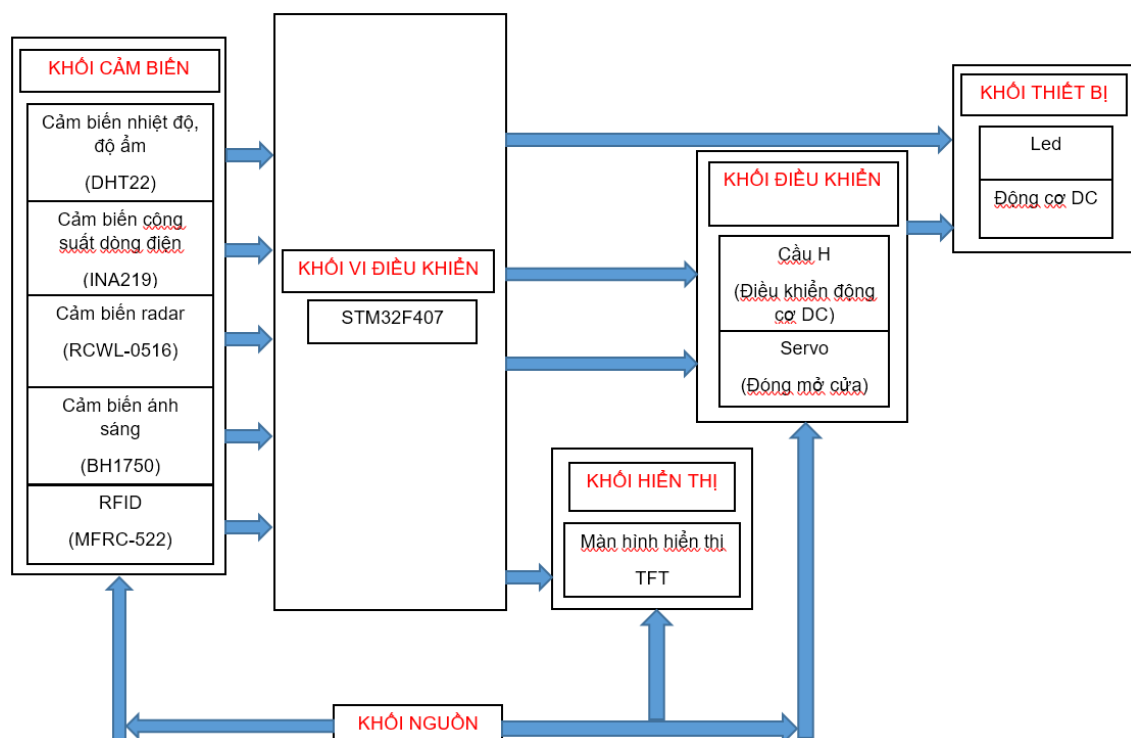
Hệ thống có khả năng bật đèn khi phát hiện có người và cường độ sáng nhỏ hơn 300lux và tắt khi 1 trong 2 điều kiện không thỏa.

Hệ thống có khả năng bật quạt khi phát hiện có người và nhiệt độ nhỏ hơn 22.5°C và tự động tăng tốc độ quạt khi nhiệt độ tăng lên. Quạt tắt khi 1 trong 2 điều kiện không thỏa.

Hệ thống có khả năng mở cửa khi quét thẻ đúng và tự động đóng cửa sau khoảng thời gian thiết lập.

Hệ thống có thể thêm hoặc bớt thẻ phụ ra vào.

3.2.2. Sơ đồ khối hệ thống



Hình 3.1: Sơ đồ khối hệ thống

Khối vi điều khiển: đây là thành phần trung tâm và quan trọng nhất trong hệ thống. Điều khiển toàn bộ hệ thống, đọc dữ liệu từ cảm biến, xử lý tín hiệu. Kết nối các ngoại vi TFT, Led, RFID, Servo, cầu H, các cảm biến.

Khối cảm biến có nhiệm vụ đo các thông số cơ bản môi trường xung quanh như nhiệt độ, độ ẩm, dòng điện, công suất, cường độ ánh sáng. Sử dụng RCWL-0516 để phát hiện sự hiện diện của con người. Sử dụng MFRC-522 tiến hành đọc thẻ từ và thu thập dữ liệu từ thẻ. Gửi các thông số được thu thập về khối vi điều khiển để xử lý.

Khối điều khiển thiết bị điều khiển mạch cầu H để làm hoạt động động cơ DC. Điều khiển servo để đóng mở cửa.

Khối hiển thị sẽ nhận tín hiệu và dữ liệu từ khối vi điều khiển, sau đó hiển thị các thông số, thông tin nhận được từ khối vi điều khiển lên màn hình TFT.

Khối thiết bị bao gồm led và quạt. Led sáng khi cường độ sáng dưới 300lux và có người và tắt khi 1 trong 2 điều kiện không thỏa. Quạt bật khi có người và nhiệt độ trên 22.5°C và tăng tốc theo sự thay đổi nhiệt độ, tắt khi 1 trong 2 điều kiện không thỏa.

Khối nguồn cung cấp nguồn điện cho các cảm biến và thiết bị hoạt động. Đảm bảo rằng các khối và thiết bị khác hoạt động ổn định .

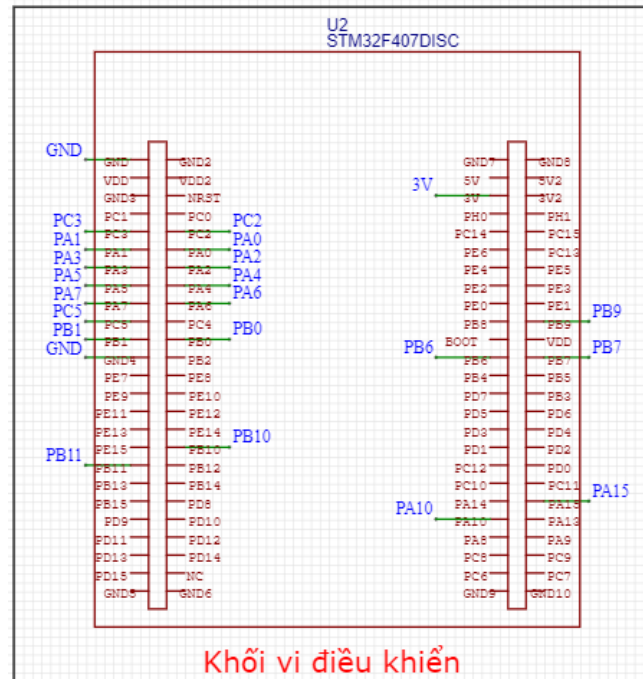
3.2.3. Hoạt động của hệ thống

Hệ thống hoạt động khi người dùng cấp điện vào khối nguồn và khối vi xử lý. Sau khi cấp nguồn thành công, màn hình TFT sẽ hiện lên các thông số nhiệt độ theo đơn vị °C và độ ẩm theo đơn vị %, cường độ ánh sáng theo đơn vị lux, cường độ dòng điện theo đơn vị mA, điện áp theo đơn vị V, công suất theo đơn vị mW và khi có người xung quanh thì sẽ có hàng hiện “YES”, không có người sẽ hiện “NO”. Nếu có người và cường độ sáng dưới 300lux thì đèn Led sẽ tự động bật và khi 1 trong 2 điều kiện không thỏa thì sau 10s đèn sẽ tắt. Nếu có người và nhiệt độ trên 22.5°C thì quạt lập tức bật và sẽ tăng hoặc giảm tốc tùy theo nhiệt độ hiện tại và sẽ tắt khi 1 trong 2 điều kiện không thỏa. Sau khi đưa thẻ từ vào phần quét thẻ thì khi này hệ thống sẽ bắt đầu đọc thẻ, nếu thẻ đúng thì cửa sẽ mở ra đồng thời sẽ hiện thông báo lên màn hình TFT và đóng lại sau 10s, nếu thẻ sai thì sẽ hiện thông báo trên màn hình TFT và không mở cửa. Ngoài ra, người dùng có thể kết hợp thẻ

chính và thẻ lạ để tạo thêm thẻ phụ ra vào, lưu ý thẻ phụ được thêm vào giới hạn tối đa là 2 thẻ.

3.3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

3.3.1. Khối vi điều khiển



Hình 3.2: Khối vi điều khiển

Từ những thông số và lợi ích trên thì chọn vi điều khiển STM32F407 discovery làm vi điều khiển trung tâm. Hình 3.2 là hình mạch nguyên lý của module STM32F407 discovery, module này đã được tích hợp các tụ điện, điện trở cần thiết bên trong đó, là trung tâm của toàn bộ hệ thống, nhận dữ liệu từ các cảm biến và xử lý chúng, sau đó gửi đến các khối khác để thực thi.

Nguyên lý hoạt động: module nhận dữ liệu thông tin từ các cảm biến DHT22, BH1750, INA219, RCWL0516, RFID. Xử lý các thông tin nhận được từ cảm biến. Gửi dữ liệu đã xử lý đến các khối thiết bị, hiển thị để thực thi.

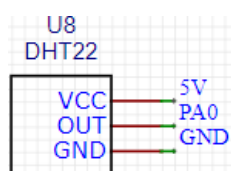
3.3.2. Khối cảm biến

Khối cảm biến bao gồm 5 module:

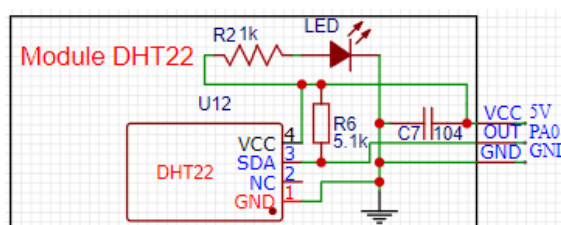
- Module cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22.

- Module cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516.
- Module cảm biến ánh sáng BH1750.
- Module cảm biến RFID MFRC-522.
- Module cảm biến công suất, dòng điện, điện áp INA219.

3.3.2.1. Module cảm biến nhiệt độ



Hình 3.3: Module cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22



Hình 3.4: Mạch nguyên lý bên trong DHT22

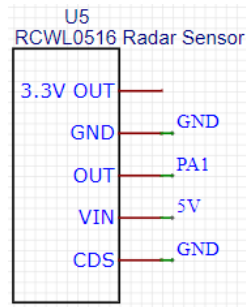
Hình 3.3 và hình 3.4 là mạch nguyên lý của module cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22. Bên trong module đã được tích hợp sẵn các linh kiện cần thiết cho cảm biến DHT. Sử dụng chuẩn truyền GPIO. Module đo nhiệt độ, độ ẩm môi trường xung quanh và gửi dữ liệu về khối vi điều khiển. Nguyên lý hoạt động: đo nhiệt độ, độ ẩm môi trường xung quanh. Sau đó tính toán và chuyển dữ liệu sang dữ liệu số và gửi dữ liệu đã xử lý qua khối vi điều khiển.

Bảng 3.1: Cách kết nối giữa DHT22 và STM32F407

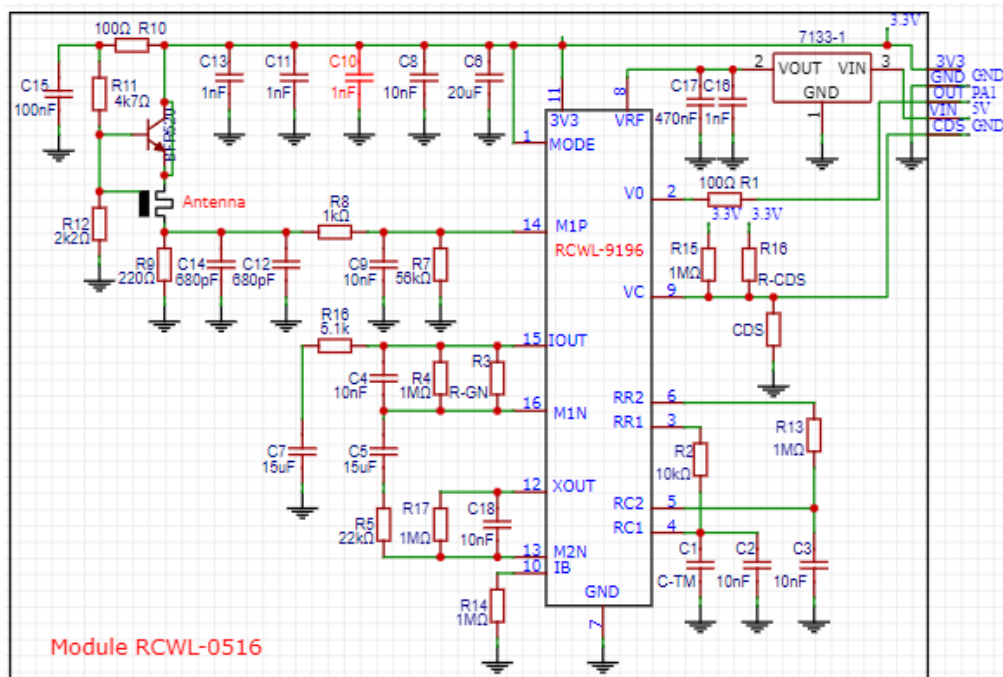
Module DHT22	Module STM32F407
OUT	PA0

Bảng 3.1 cho thấy cách kết nối giữa module cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22 và vi điều khiển STM32F407, còn chân VDD thì được nối với bộ nguồn, chân GND thì được nối chung vào GND của mạch.

3.3.2.2. Module cảm biến phát hiện chuyển động



Hình 3.5: Module cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516



Hình 3.6: Mạch nguyên lý bên trong RCWL-0516

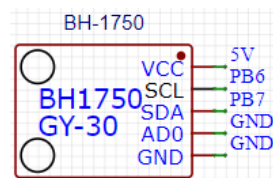
Hình 3.5 và hình 3.5 là mạch nguyên lý của module cảm biến phát hiện chuyển động RDWL-0516. Module cảm biến phát hiện chuyển động bên trong đã được tích hợp sẵn các linh kiện cần thiết cho cảm biến RCWL. Sử dụng chuẩn truyền GPIO. Module dùng hiệu ứng doppler để phát hiện sự thay đổi chuyển động. Nguyên lý hoạt động: khi có vật thể di chuyển trong vùng phủ sóng, tín hiệu vi sóng phản xạ trở lại sẽ bị thay đổi tần số (hiệu ứng Doppler). Mạch điện tử trên module sẽ phân tích sự thay đổi này và nếu phát hiện có chuyển động hợp lệ, chân tín hiệu ngõ ra (OUT) sẽ thay đổi trạng thái. Gửi tín hiệu qua khối vi điều khiển.

Bảng 3.2: Cách kết nối giữa RCWL-0516 và STM32F407

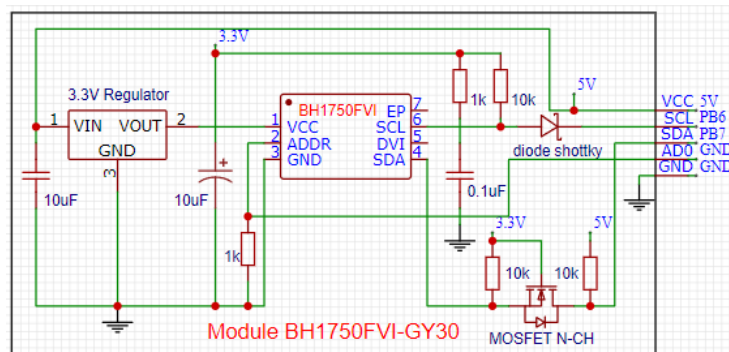
Module RCWL-05126	Module STM32F407
OUT	PA1
CDS	GND

Bảng 3.2 cho thấy cách kết nối giữa module cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516 và vi điều khiển STM32F407, còn chân VIN thì được nối với bộ nguồn, chân GND thì được nối chung vào GND của mạch.

3.3.2.3. Module cảm biến ánh sáng



Hình 3.7: Module cảm biến ánh sáng BH1750



Hình 3.8: Mạch nguyên lý bên trong BH1750

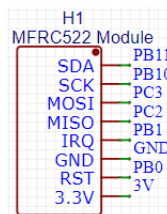
Hình 3.7 và hình 3.8 là mạch nguyên lý của module cảm biến ánh sáng BH1750. Module cảm biến ánh sáng bên trong đã được tích hợp sẵn các linh kiện cần thiết cho cảm biến BH1750. Sử dụng chuẩn truyền I2C. Chân AD0 là chân ADDR được sử dụng để chọn địa chỉ I2C, nếu mắc xuống đất thì mặc định chân này địa chỉ là 0x23. Module có nhiệm vụ đo cường độ ánh sáng môi trường xung quanh và gửi dữ liệu về khối vi điều khiển. Nguyên lý hoạt động: đo cường độ ánh sáng môi trường xung quanh dưới dạng lux , sau đó gửi dữ liệu đã xử lý qua khối vi điều khiển.

Bảng 3.3: Cách kết nối giữa BH1750 và STM32F407

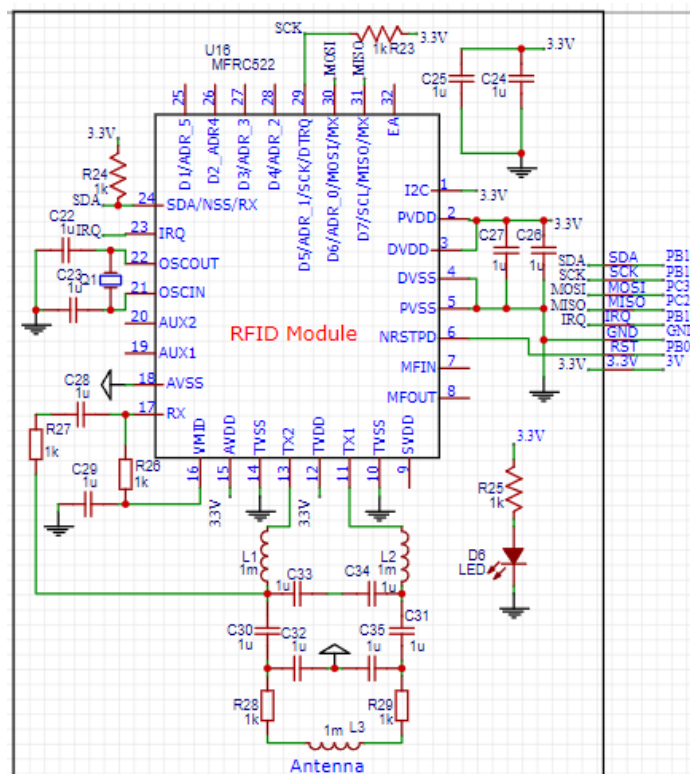
Module BH1750	Module STM32F407
SCL	PB6
SDA	PB7
AD0	GND

Bảng 3.3 cho thấy cách kết nối giữa module cảm biến ánh sáng BH1750 và vi điều khiển STM32F407, còn chân VCC thì được nối với bộ nguồn, chân GND thì được nối chung vào GND của mạch.

3.3.2.4. Module bộ đọc thẻ từ RFID



Hình 3.9: Module RFID



Hình 3.10: Mạch nguyên lý bên trong RFID

Hình 3.9 và hình 3.10 là mạch nguyên lý của module bộ đọc thẻ từ RFID. Module RFID bên trong đã được tích hợp sẵn các linh kiện cần thiết cho RFID. Sử dụng chuẩn truyền SPI. Chức năng: đọc và ghi dữ liệu lên các thẻ RFID ở tần số 13.56Hz. Nguyên lý hoạt động: Anten và mạch phối hợp trở kháng sẽ nhận và truyền năng lượng RF giữa IC MFRC522 và anten. Dữ liệu sau đó sẽ được gửi đến vi xử lý nhận lưu giữ và nhận diện.

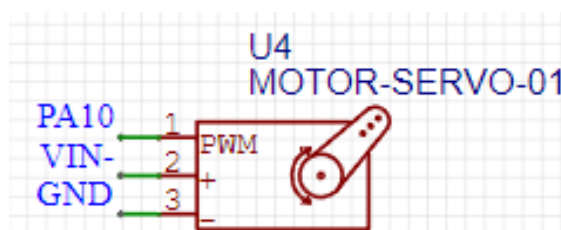
Bảng 3.4: Cách kết nối giữa RFID và STM32F407

Module RFID	Module STM32F407
SDA	PB11
SCK	PB10
MOSI	PC3
MISO	PC2
IRQ	PB1
RST	PB0
3.3V	3V

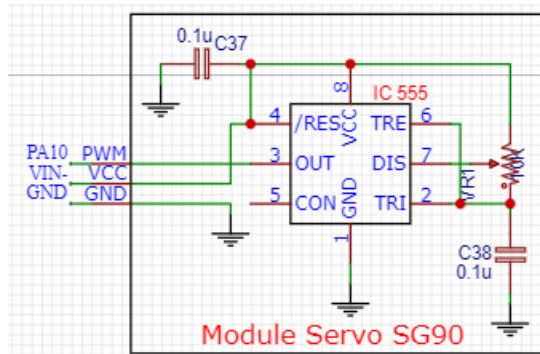
Bảng 3.4 cho thấy cách kết nối giữa module bộ đọc thẻ từ RFID và vi điều khiển STM32F407, chân GND thì được nối chung vào GND của mạch.

3.3.3. Khối điều khiển

3.3.3.1. Module động cơ servo



Hình 3.13: Module động cơ servo



Hình 3.14: Mạch nguyên lý bên trong servo

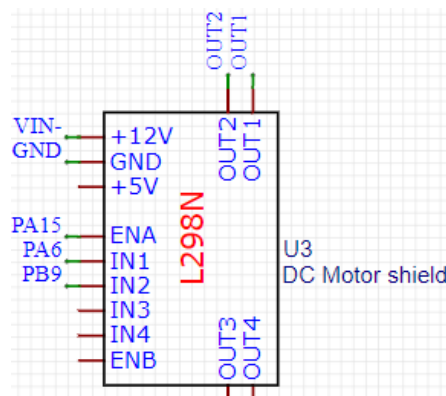
Hình 3.13 và hình 3.14 là mạch nguyên lý của module động cơ servo. Module động cơ servo bên trong đã được tích hợp sẵn các linh kiện cần thiết cho servo. Sử dụng truyền xung PWM. Chức năng: đóng mở cửa khi nhận được tín hiệu từ khối vi điều khiển. Nguyên lý hoạt động: Nhận tín hiệu từ khối vi điều khiển để servo quay góc 90 độ. Sau 2 giây thì nhận tín hiệu từ khối vi điều khiển để servo quay về vị trí ban đầu.

Bảng 3.6: Cách kết nối giữa servo và STM32F407

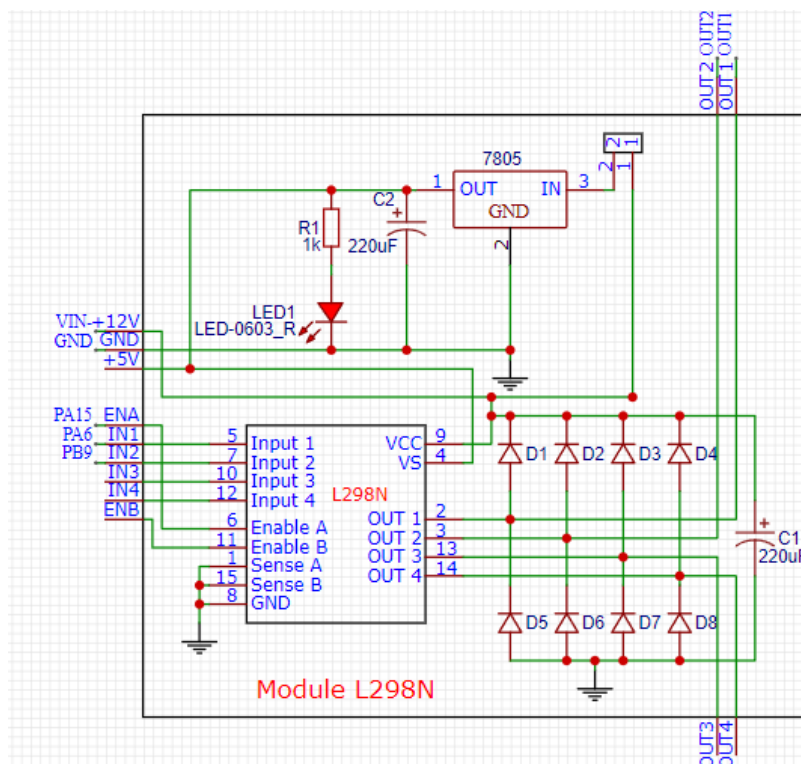
Module servo	Module STM32F407
PWM	PA10

Bảng 3.6 cho thấy cách kết nối giữa module động cơ servo và vi điều khiển STM32F407, còn chân VCC thì được nối với bộ nguồn, chân GND thì được nối chung vào GND của mạch.

3.3.3.2. Module mạch cầu H



Hình 3.15: Module L298



Hình 3.16: Mạch nguyên lý bên trong module L298

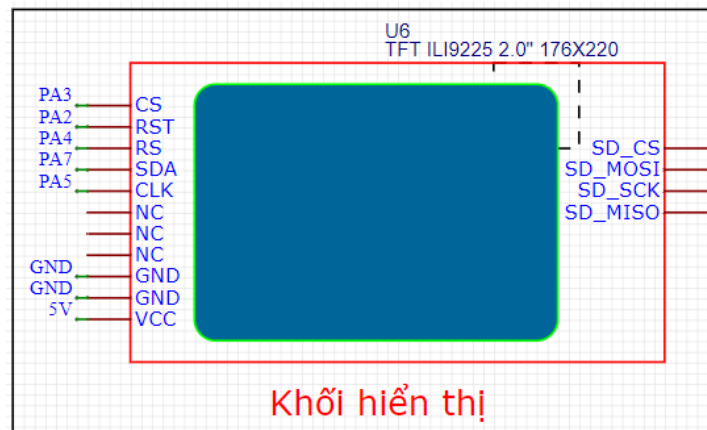
Hình 3.15 và hình 3.16 là mạch nguyên lý của module mạch cầu H. Module L298 bên trong đã được tích hợp sẵn các linh kiện cần thiết cho servo. Sử dụng truyền xung PWM. Chức năng: điều khiển bật tắt quạt và tăng giảm tốc độ quạt khi nhận được tín hiệu từ khối vi điều khiển. Nguyên lý hoạt động: Nhận tín hiệu từ khối vi điều khiển để bật tắt động cơ quạt. Nhận tín hiệu từ khối vi điều khiển để tăng giảm tốc độ quạt.

Bảng 3.7: Cách kết nối giữa mạch cầu H và STM32F407

Module mạch cầu H	Module STM32F407
ENA	PA15
IN1	PA6
IN2	PB9

Bảng 3.7 cho thấy cách kết nối giữa module mạch cầu H và vi điều khiển STM32F407, còn chân VCC thì được nối với bộ nguồn, chân GND thì được nối chung vào GND của mạch, các chân OUT1, OUT2 thì được nối vào động cơ DC.

3.3.4. Khối hiển thị TFT



Hình 3.17: Module TFT ILI9225

Hình 3.17 là mạch kết nối của module màn hình hiển thị TFT. Module TFT bên trong đã được tích hợp sẵn các linh kiện cần thiết cho TFT. Sử dụng chuẩn truyền SPI. Chức năng: hiển thị thông tin giá trị các biến và thông tin đóng mở cửa. Nguyên lý hoạt động: nhận tín hiệu và thông tin từ khối vi điều khiển để hiển thị lên màn hình TFT.

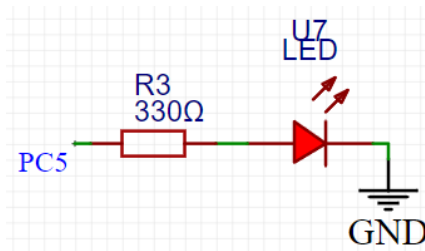
Bảng 3.8: Cách kết nối giữa màn hình TFT và STM32F407

Module màn hình TFT	Module STM32F407
CS	PA3
RST	PA2
RS	PA4
SDA	PA7
CLK	PA5

Bảng 3.8 cho thấy cách kết nối giữa module màn hình hiển thị TFT và vi điều khiển STM32F407, còn chân VCC thì được nối với bộ nguồn, chân GND thì được nối chung vào GND của mạch.

3.3.5. Khối thiết bị

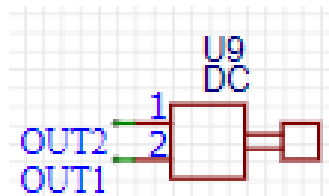
3.3.5.1. Led



Hình 3.18: Led

Hình 3.18 là mạch kết nối của led và STM32F407. Led trắng 3V được sử dụng để mô phỏng đèn. Điện trở 330Ω được thêm vào để hạn dòng điện I để tránh quá dòng làm hỏng đèn led. Nguyên lý hoạt động: nhận tín hiệu từ khối vi điều khiển để bật tắt đèn.

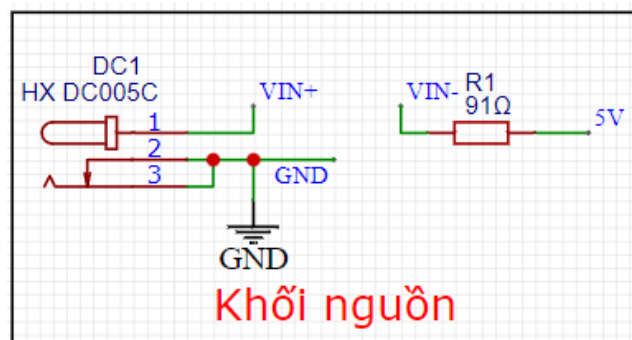
3.3.5.2. Động cơ DC



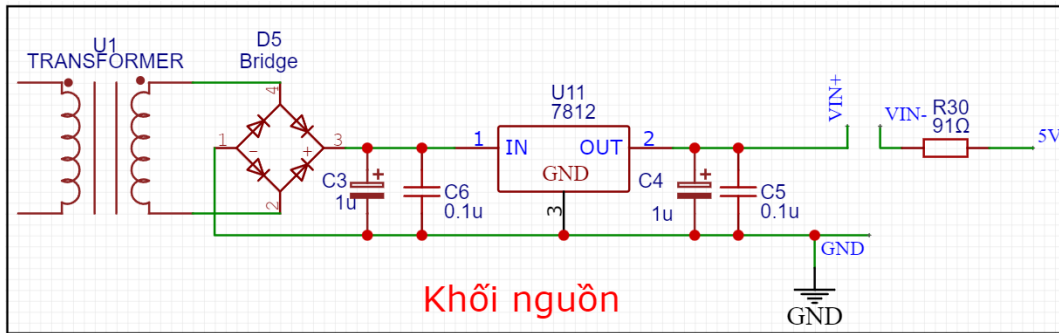
Hình 3.19: Động cơ DC

Hình 3.19 là mạch kết nối của động cơ DC và module mạch cầu H. Động cơ DC dùng loại DC 370 để điều khiển quạt. Nguyên lý hoạt động: khi nhận được tín hiệu từ L298 thì sẽ hoạt động theo sự điều khiển của L298.

3.3.6. Khối nguồn cấp điện (Adapter)



Hình 3.20: Khối nguồn adapter



Hình 3.21: Mạch nguyên lý bên trong khối nguồn

Hình 3.20 và hình 3.21 là mạch nguyên lý của module nguồn adapter. Khối nguồn bao gồm adapter và điện trở 91Ω: Adapter dùng loại 5V 2A để cấp nguồn cho các cảm biến và thiết bị hoạt động. Chức năng: cung cấp nguồn để cho toàn bộ các cảm biến và thiết bị hoạt động. Bảo vệ mạch không bị quá tải. Điện trở 91Ω được thêm vô để hạn dòng.

$$I=250+530+0.19+3+2.5+1+80+70+80=1016.69 \text{ mA} \quad (3.1)$$

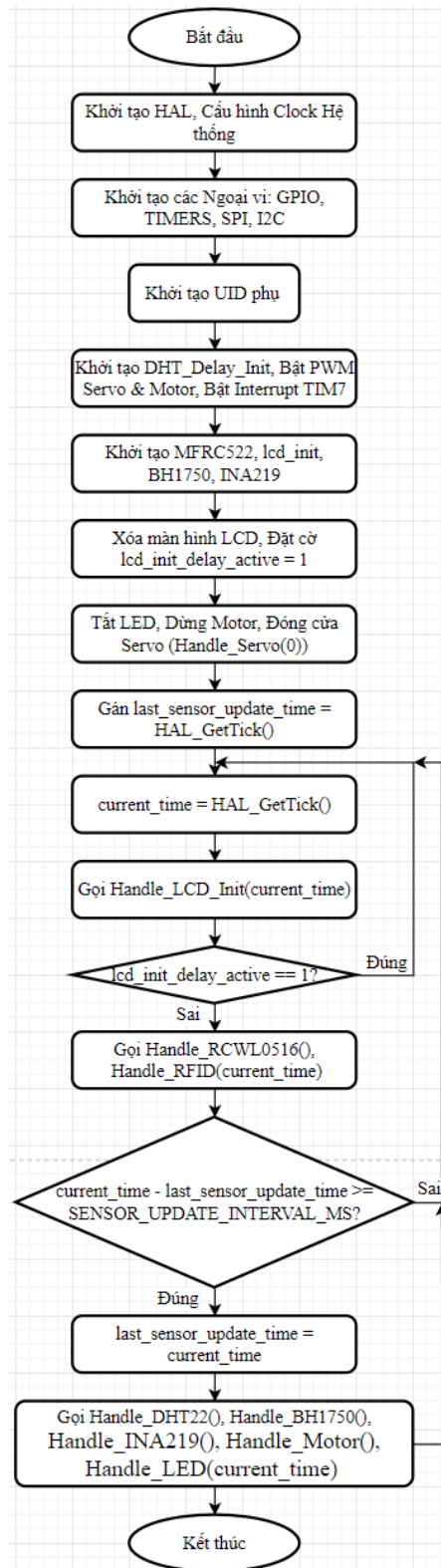
Công thức 3.1 là công thức tính tổng dòng điện tiêu thụ của mạch điện sơ bộ. Do thấy dòng điện tiêu thụ lên đến hơn 1A nên chọn dùng adapter 2A.

3.3.7. Sơ đồ thiết kế toàn bộ hệ thống trên EasyEDA

Sơ đồ nguyên lý trong Hình 3.22 thể hiện một cách tổng thể kiến trúc kết nối phần cứng của toàn bộ hệ thống, được thiết kế trên phần mềm EasyEDA. Trung tâm của hệ thống là Khối vi điều khiển sử dụng bo mạch STM32F407 Discovery (U1), có nhiệm vụ xử lý, điều phối hoạt động và giao tiếp với tất cả các khối còn lại. Sơ đồ cho thấy vi điều khiển kết nối với Khối cảm biến – bao gồm các module DHT22, RCWL-0516, BH1750, MFRC522 và INA219 – để thu thập dữ liệu về môi trường, chuyển động, ánh sáng, điện năng và nhận dạng thẻ từ. Thông tin sau khi xử lý được gửi đến Khối hiển thị là màn hình TFT ILI9225 để trình bày cho người dùng. Dựa trên dữ liệu đầu vào, vi điều khiển gửi tín hiệu đến Khối điều khiển, gồm module L298N và động cơ servo, để điều khiển các linh kiện trong Khối thiết bị như đèn LED và động cơ DC. Toàn bộ hệ thống được cấp điện từ Khối nguồn thông qua một jack cắm DC.

3.4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

3.4.1. Lưu đồ thuật toán chương trình chính



Hình 3.23: Lưu đồ chương trình chính

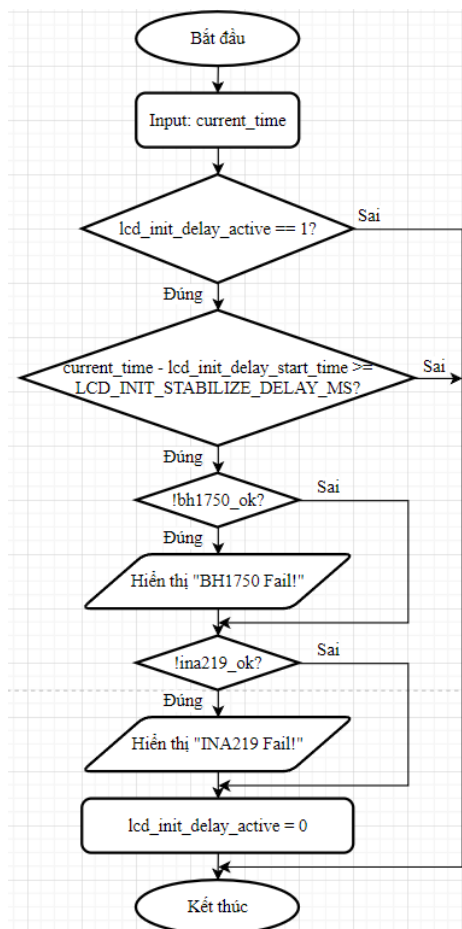
Lưu đồ hình 3.23 mô tả thuật toán của chương trình chính, bao gồm hai giai đoạn chính: khởi tạo hệ thống và vòng lặp thực thi vô tận. Giai đoạn khởi tạo: Khi bắt đầu, chương trình thực hiện một loạt các bước thiết lập tuần tự. Đầu tiên là khởi tạo các thành phần cốt lõi như HAL và clock hệ thống. Tiếp theo, chương trình cấu hình các ngoại vi phần cứng cần thiết như GPIO, Timers, SPI, I2C. Sau đó, các module cụ thể như DHT, Servo, Motor, RFID (MFRC522), màn hình LCD, BH1750 và INA219 được khởi tạo. Cuối cùng, để đảm bảo hệ thống bắt đầu ở một trạng thái an toàn và xác định, màn hình LCD được xóa và tắt cả các cơ cấu chấp hành (LED, Motor, Servo) được đặt về trạng thái tắt hoặc đóng. Vòng lặp chính (Super-loop): Sau khi hoàn tất quá trình khởi tạo, chương trình đi vào một vòng lặp vô tận để liên tục giám sát và điều khiển hệ thống. Trong mỗi chu kỳ lặp, chương trình ưu tiên xử lý các tác vụ yêu cầu phản ứng nhanh như phát hiện chuyển động từ RCWL-0516 và quét thẻ RFID. Các tác vụ khác như đọc dữ liệu từ các cảm biến DHT22, BH1750, INA219 và cập nhật logic điều khiển cho động cơ và LED được thực hiện theo một chu kỳ định trước. Việc sử dụng biến thời gian (HAL_GetTick()) để kiểm tra khoảng thời gian cập nhật này là một kỹ thuật tạo trễ không khóa (non-blocking), giúp hệ thống hoạt động hiệu quả, cho phép nó xử lý các sự kiện tức thời trong khi vẫn duy trì việc cập nhật các cảm biến khác một cách đều đặn.

3.4.2. Lưu đồ thuật toán chương trình con

Hình 3.24 bên dưới là lưu đồ mô tả thuật toán của một chương trình con được gọi liên tục trong vòng lặp chính, có chức năng thực hiện việc kiểm tra trạng thái khởi tạo của một số cảm biến quan trọng sau khi hệ thống vừa khởi động.

Chương trình con này hoạt động dựa trên một cờ trạng thái là `lcd_init_delay_active`. Khi hệ thống mới bắt đầu, cờ này được bật (giá trị bằng 1). Chương trình sẽ chờ một khoảng thời gian trễ ổn định ban đầu để đảm bảo màn hình và các cảm biến đã sẵn sàng. Sau khoảng thời gian trễ này, chương trình sẽ kiểm tra trạng thái của các cảm biến giao tiếp I2C, cụ thể là BH1750 và INA219. Nếu phát hiện bất kỳ cảm biến nào không khởi tạo thành công (ví dụ `!bh1750_ok` là đúng), một thông báo lỗi tương ứng ("`BH1750 Fail!`" hoặc "`INA219 Fail!`") sẽ được hiển thị lên màn

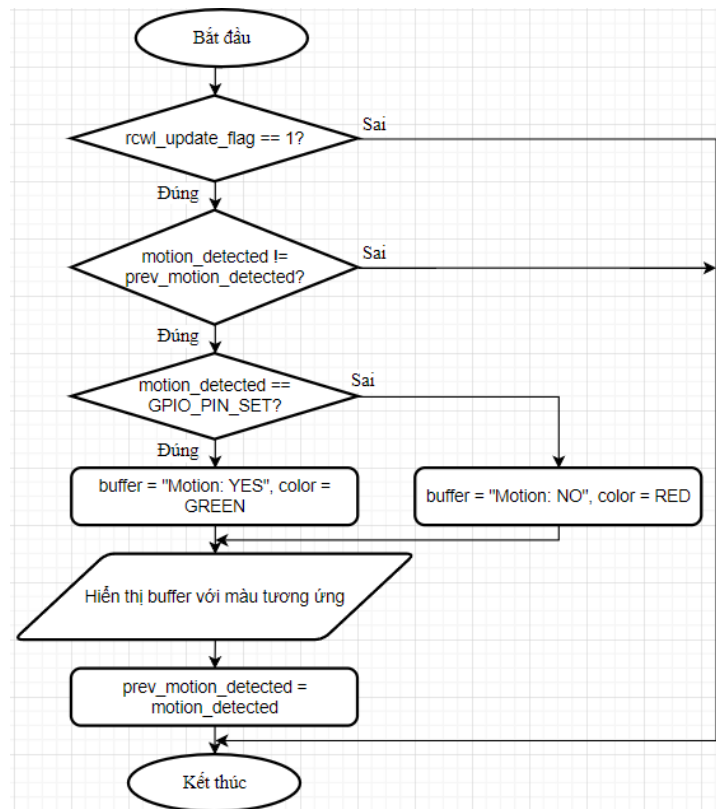
hình để thông báo cho người dùng. Sau khi hoàn tất việc kiểm tra, cờ sẽ được đặt về 0. Đây là bước quan trọng để đảm bảo rằng quy trình kiểm tra trạng thái khởi tạo này chỉ được thực hiện một lần duy nhất. Trong tất cả các lần gọi tiếp theo của chương trình con này, do cờ đã bằng 0, chương trình sẽ bỏ qua toàn bộ logic kiểm tra và kết thúc ngay lập tức. Mặc dù lưu đồ được đặt tên liên quan đến TFT, chức năng chính của nó là kiểm tra hệ thống và sử dụng TFT làm phương tiện hiển thị kết quả kiểm tra đó.



Hình 3.24: Lưu đồ chương trình con TFT

Trong hình 3.25, lưu đồ này mô tả thuật toán của chương trình con có nhiệm vụ xử lý và hiển thị trạng thái từ cảm biến radar phát hiện chuyển động RCWL-0516. Thuật toán này được thiết kế để tối ưu hóa việc cập nhật màn hình, đảm bảo rằng thông tin chỉ được vẽ lại khi trạng thái phát hiện chuyển động thực sự thay đổi. Đầu tiên, chương trình kiểm tra một cờ hiệu (rcwl_update_flag) để xác định xem có dữ liệu mới từ cảm biến cần được xử lý hay không. Nếu có, nó sẽ tiếp tục

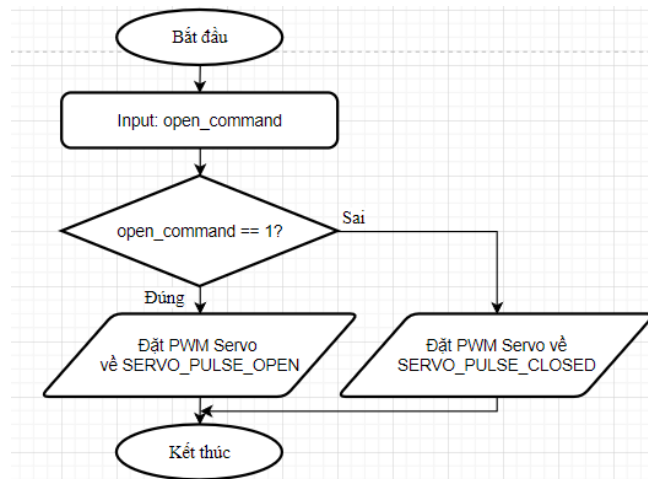
so sánh trạng thái chuyển động vừa được ghi nhận (`motion_detected`) với trạng thái đã được lưu từ lần kiểm tra trước đó (`prev_motion_detected`). Nếu hai trạng thái này giống nhau (tức là không có sự thay đổi), chương trình con sẽ kết thúc ngay để tránh việc cập nhật màn hình không cần thiết, giúp hệ thống hoạt động hiệu quả hơn. Trong trường hợp có sự thay đổi trạng thái, chương trình sẽ xác định trạng thái mới là gì. Nếu phát hiện có chuyển động, nó sẽ chuẩn bị một chuỗi văn bản là "Motion: YES" và màu hiển thị là màu xanh. Ngược lại, nếu không có chuyển động, chuỗi văn bản sẽ là "Motion: NO" và màu sắc là màu đỏ. Chuỗi văn bản và màu sắc đã được chuẩn bị này sau đó sẽ được gửi đến màn hình TFT để hiển thị. Cuối cùng, trước khi kết thúc, chương trình sẽ cập nhật lại trạng thái cũ bằng cách gán giá trị của `motion_detected` cho `prev_motion_detected`. Bước này rất quan trọng để chuẩn bị cho lần so sánh ở chu kỳ tiếp theo, đảm bảo rằng màn hình sẽ chỉ được cập nhật vào lần thay đổi trạng thái kế tiếp.



Hình 3.25: Lưu đồ chương trình con RCWL-0516

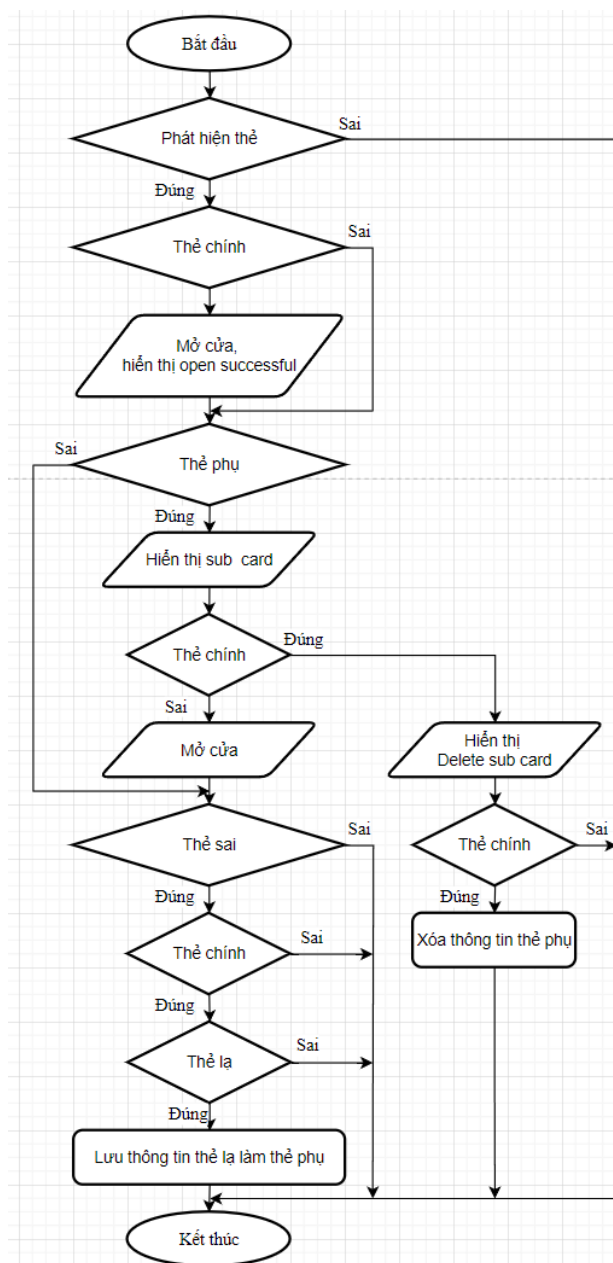
Hình 3.26 bên dưới là lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con có chức năng điều khiển vị trí của động cơ servo. Đây là một hàm chức năng đơn giản,

nhận một tham số đầu vào là `open_command` để quyết định trạng thái đóng hoặc mở của cơ cấu được điều khiển bởi servo. Logic hoạt động của chương trình con dựa trên một câu lệnh rẽ nhánh đơn giản. Khi hàm được gọi, nó sẽ kiểm tra giá trị của biến `open_command`. Nếu `open_command` có giá trị là 1, chương trình sẽ thực thi lệnh "Đặt PWM Servo về `SERVO_PULSE_OPEN`". Lệnh này sẽ thay đổi giá trị của bộ đếm trong thanh ghi Timer tương ứng, tạo ra một tín hiệu PWM có độ rộng xung được định nghĩa trước (`SERVO_PULSE_OPEN`), khiến cho trục servo quay đến vị trí "mở" (góc 90 độ). Nếu `open_command` có giá trị khác 1, chương trình sẽ thực thi lệnh "Đặt PWM Servo về `SERVO_PULSE_CLOSED`". Lệnh này sẽ cài đặt tín hiệu PWM về một giá trị khác (`SERVO_PULSE_CLOSED`), làm cho trục servo quay về vị trí "đóng" ban đầu (góc 0 độ).



Hình 3.26: Lưu đồ chương trình con servo

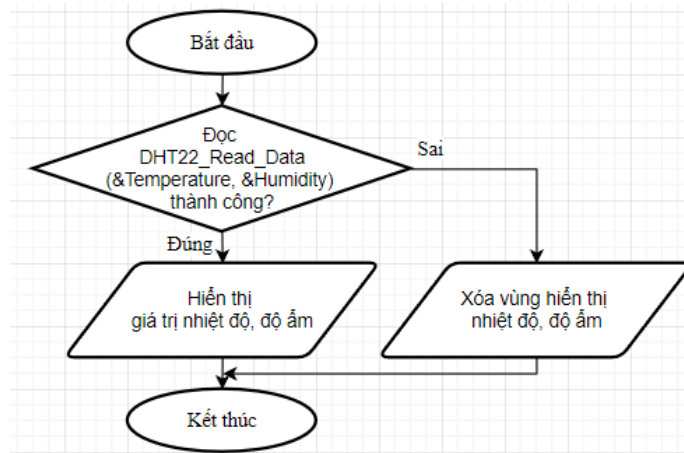
Hình 2.27 bên dưới là lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con chịu trách nhiệm xử lý tất cả các tương tác liên quan đến thẻ RFID. Logic của chương trình được thiết kế để phân biệt vai trò của các loại thẻ khác nhau (Thẻ chính, Thẻ phụ, Thẻ lạ) và thực hiện các chức năng tương ứng, bao gồm cấp quyền truy cập và quản lý thẻ. Về cơ bản, lưu đồ này mô tả một hệ thống kiểm soát ra vào có phân cấp, trong đó Thẻ chính đóng vai trò như một thẻ quản trị viên (admin), có quyền truy cập và đồng thời có khả năng quản lý (thêm/xóa) các Thẻ phụ của người dùng khác.



Hình 3.27: Lưu đồ chương trình con RFID

Hình 3.28 thể hiện lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con có nhiệm vụ đọc dữ liệu từ cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT22, sau đó cập nhật thông tin lên màn hình hiển thị. Đây là một quy trình xử lý dữ liệu đơn giản nhưng có cơ chế xử lý lỗi cơ bản. Khi được gọi, chương trình con trước hết sẽ thực hiện hành động chính là gọi hàm DHT22_Read_Data để đọc giá trị nhiệt độ và độ ẩm từ cảm biến. Sau đó, chương trình sẽ kiểm tra kết quả trả về của hàm này để xác định quá trình đọc có thành công hay không. Hành động xóa vùng hiển thị khi đọc lỗi là một bước xử lý quan trọng, giúp tránh việc hiển thị các giá trị cũ, không còn chính xác,

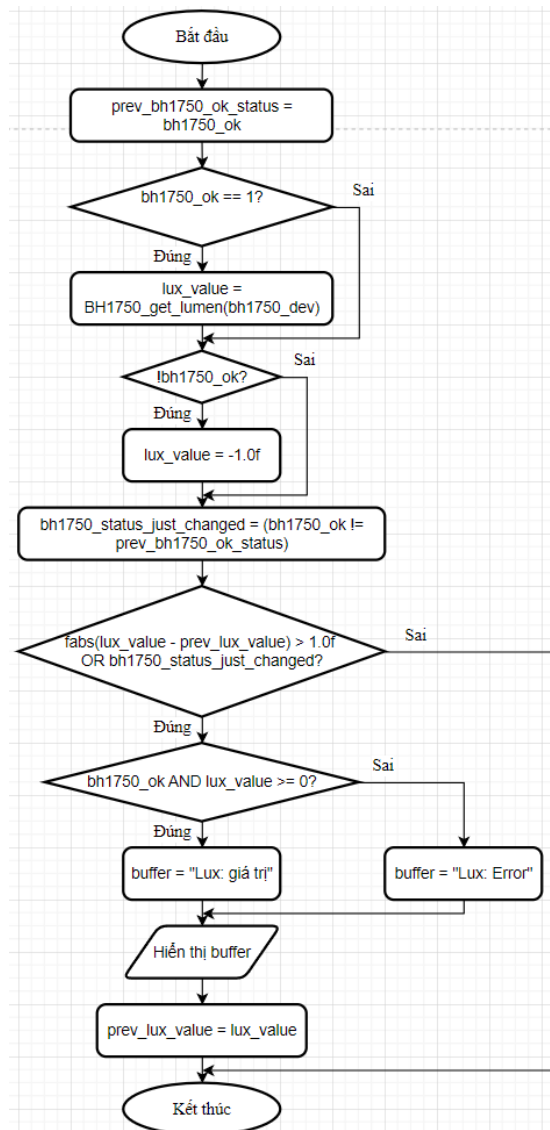
đồng thời cung cấp một chỉ báo trực quan cho người dùng rằng dữ liệu từ cảm biến hiện không có sẵn hoặc đang gặp sự cố. Sau khi thực hiện một trong hai hành động trên, chương trình con sẽ kết thúc và chờ lần gọi tiếp theo.



Hình 3.28: Lưu đồ chương trình con DHT22

Hình 3.29 là lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con có nhiệm vụ đọc và hiển thị giá trị từ cảm biến ánh sáng BH1750. Thuật toán được thiết kế một cách thông minh để tối ưu hóa việc cập nhật màn hình, chỉ thực hiện khi có sự thay đổi đáng kể về giá trị đo hoặc khi trạng thái kết nối của cảm biến thay đổi. Khi được gọi, chương trình con trước tiên sẽ đọc giá trị cường độ sáng (lux) từ cảm biến BH1750. Trong trường hợp quá trình đọc không thành công, nó sẽ gán một giá trị lỗi cho biến lưu giá trị lux để xử lý ở các bước sau. Tiếp theo, chương trình đi vào bước kiểm tra logic cốt lõi để quyết định có cần cập nhật lại màn hình hay không. Màn hình sẽ chỉ được cập nhật nếu một trong hai điều kiện sau được thỏa mãn: giá trị lux mới thay đổi so với giá trị đã lưu trước đó một khoảng lớn hơn một ngưỡng nhất định (trong lưu đồ là $> 1.0f$), nhằm tránh việc cập nhật liên tục do nhiều hoặc những thay đổi nhỏ không đáng kể. Trạng thái kết nối của cảm biến vừa thay đổi. Nếu một trong hai điều kiện trên là đúng, chương trình sẽ chuẩn bị nội dung để hiển thị. Nó sẽ kiểm tra xem dữ liệu hiện tại có hợp lệ không. Nếu hợp lệ, nó sẽ hiển thị giá trị lux lên màn hình. Ngược lại, nếu dữ liệu không hợp lệ, nó sẽ hiển thị một thông báo lỗi (ví dụ: "Lux: Error"). Cuối cùng, trước khi kết thúc, giá trị prev_lux_value (giá trị lux cũ) được cập nhật bằng giá trị lux mới nhất để phục vụ cho việc so sánh trong lần gọi tiếp theo. Cấu trúc này giúp màn hình hiển thị thông

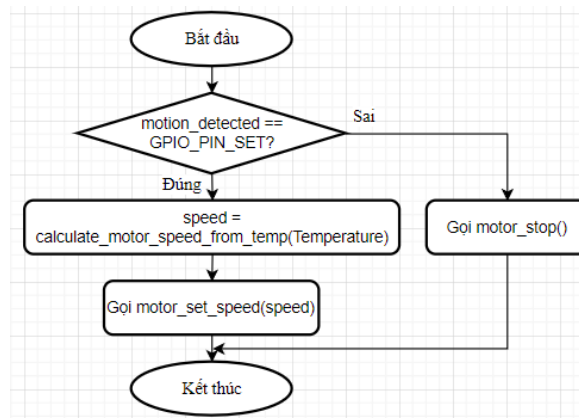
tin một cách ổn định, mượt mà, tránh bị nhấp nháy, đồng thời cung cấp phản hồi tức thì về tình trạng hoạt động của cảm biến.



Hình 3.29: Lưu đồ chương trình con BH1750

Hình 3.30 là lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con thực hiện logic điều khiển cho động cơ DC, được sử dụng như một chiếc quạt trong hệ thống. Chức năng này được gọi định kỳ trong vòng lặp chính để cập nhật trạng thái hoạt động của quạt dựa trên các điều kiện môi trường là sự hiện diện của người và nhiệt độ. Logic hoạt động của chương trình con bắt đầu bằng việc kiểm tra biến trạng thái `motion_detected` (phát hiện chuyển động). Nếu không có chuyển động nào được phát hiện, chương trình sẽ ngay lập tức gọi hàm `motor_stop()` để ra lệnh dừng

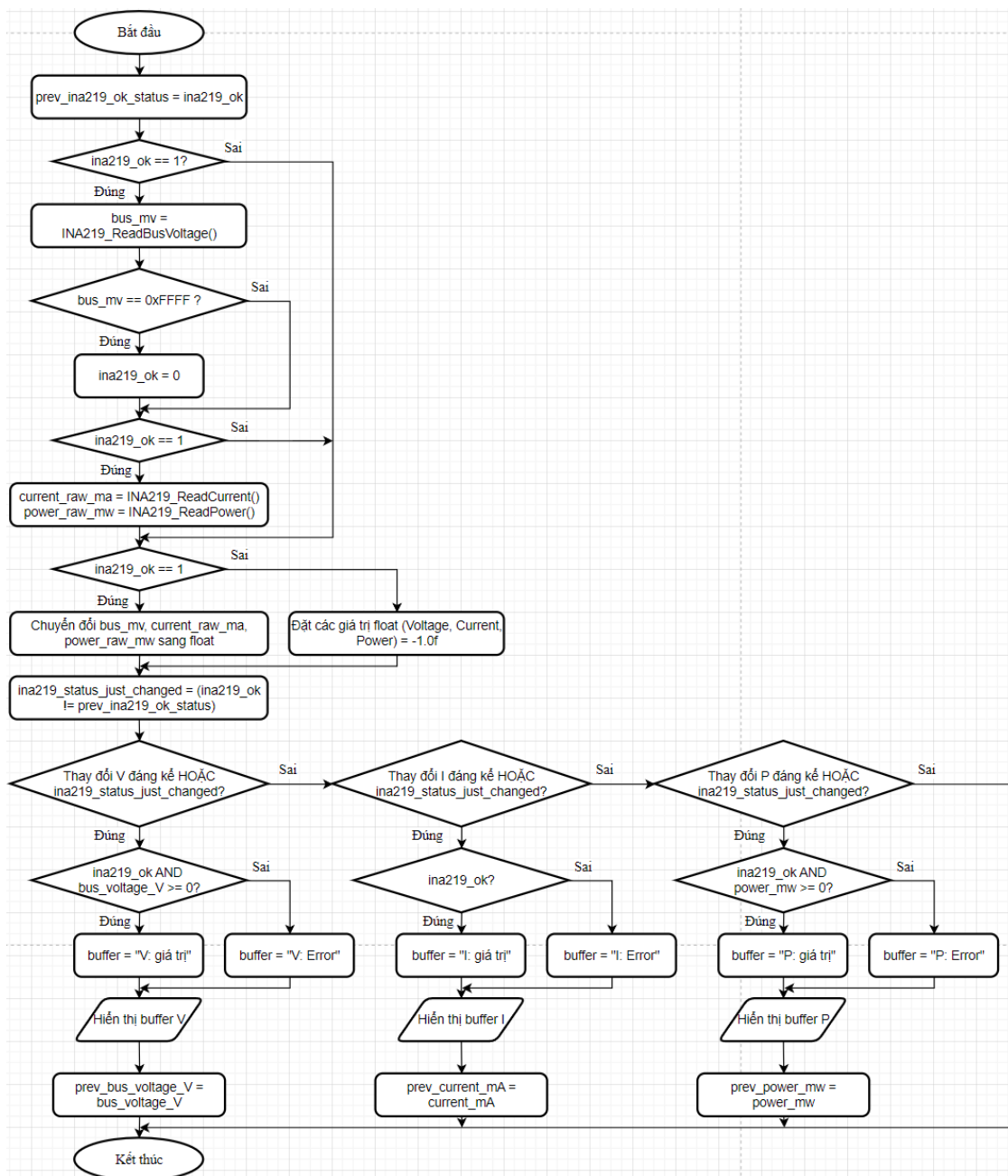
động cơ. Nếu phát hiện có chuyển động, chương trình sẽ tiếp tục thực hiện hai bước tiếp theo để điều khiển tốc độ quạt tự động và cách thông minh: gọi hàm `calculate_motor_speed_from_temp()`, hàm này sẽ tính toán ra một giá trị tốc độ (speed) phù hợp dựa trên giá trị nhiệt độ môi trường (Temperature) đã được đọc trước đó. Sau khi có được giá trị tốc độ mong muốn, chương trình sẽ gọi hàm `motor_set_speed()` và truyền giá trị speed vào để cài đặt tốc độ quay cho động cơ thông qua module L298N (bằng cách điều chỉnh tín hiệu PWM).



Hình 3.30: Lưu đồ chương trình con L298

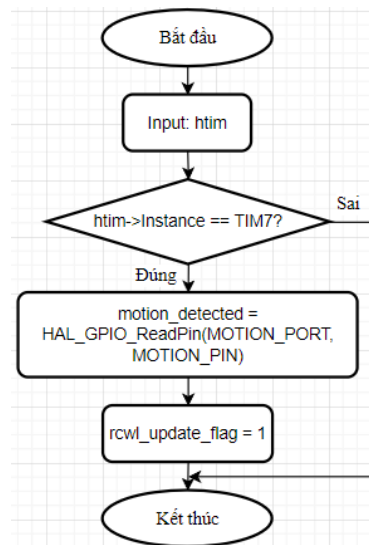
Hình 3.31 là lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con có nhiệm vụ đọc và hiển thị toàn bộ dữ liệu từ cảm biến công suất, dòng điện, và điện áp INA219. Thuật toán được thiết kế một cách hiệu quả, cho phép cập nhật độc lập từng thông số (Điện áp, Dòng điện, Công suất) lên màn hình, đồng thời tích hợp cơ chế xử lý lỗi giao tiếp. Đầu tiên, chương trình con tiến hành đọc tuần tự các giá trị từ cảm biến: nó đọc giá trị điện áp bus trước, và chỉ khi đọc thành công, nó mới tiếp tục đọc giá trị dòng điện và công suất. Nếu quá trình đọc ở bất kỳ bước nào gặp lỗi, một cờ trạng thái lỗi chung sẽ được thiết lập, và các giá trị dữ liệu sẽ được gán một mã lỗi để xử lý ở các bước sau. Điểm cốt lõi của thuật toán là cơ chế cập nhật màn hình thông minh và riêng biệt cho từng thông số. Thay vì vẽ lại tất cả mọi thứ trong mỗi lần gọi, chương trình chỉ cập nhật phần hiển thị của một thông số cụ thể nếu một trong hai điều kiện sau xảy ra: giá trị của chính thông số đó thay đổi một cách đáng kể so với lần đọc trước. Trạng thái kết nối chung của cảm biến INA219 vừa thay đổi. Khi một cập nhật được kích hoạt, chương trình sẽ kiểm tra tính hợp lệ

của dữ liệu. Nếu dữ liệu hợp lệ, giá trị số sẽ được hiển thị. Nếu không, một thông báo lỗi tương ứng cho từng thông số sẽ được hiển thị. Cuối cùng, các biến dùng để lưu trữ giá trị cũ (prev_bus_voltage_V, prev_current_mA, prev_power_mw) sẽ được cập nhật để chuẩn bị cho chu kỳ so sánh tiếp theo. Logic này không chỉ giúp màn hình hiển thị mượt mà, tránh nhấp nháy do các thay đổi nhỏ không quan trọng, mà còn tăng tính mạnh mẽ của hệ thống bằng cách cô lập và thông báo lỗi cho từng phép đo riêng lẻ một cách rõ ràng.



Hình 3.31: Lưu đồ chương trình con INA219

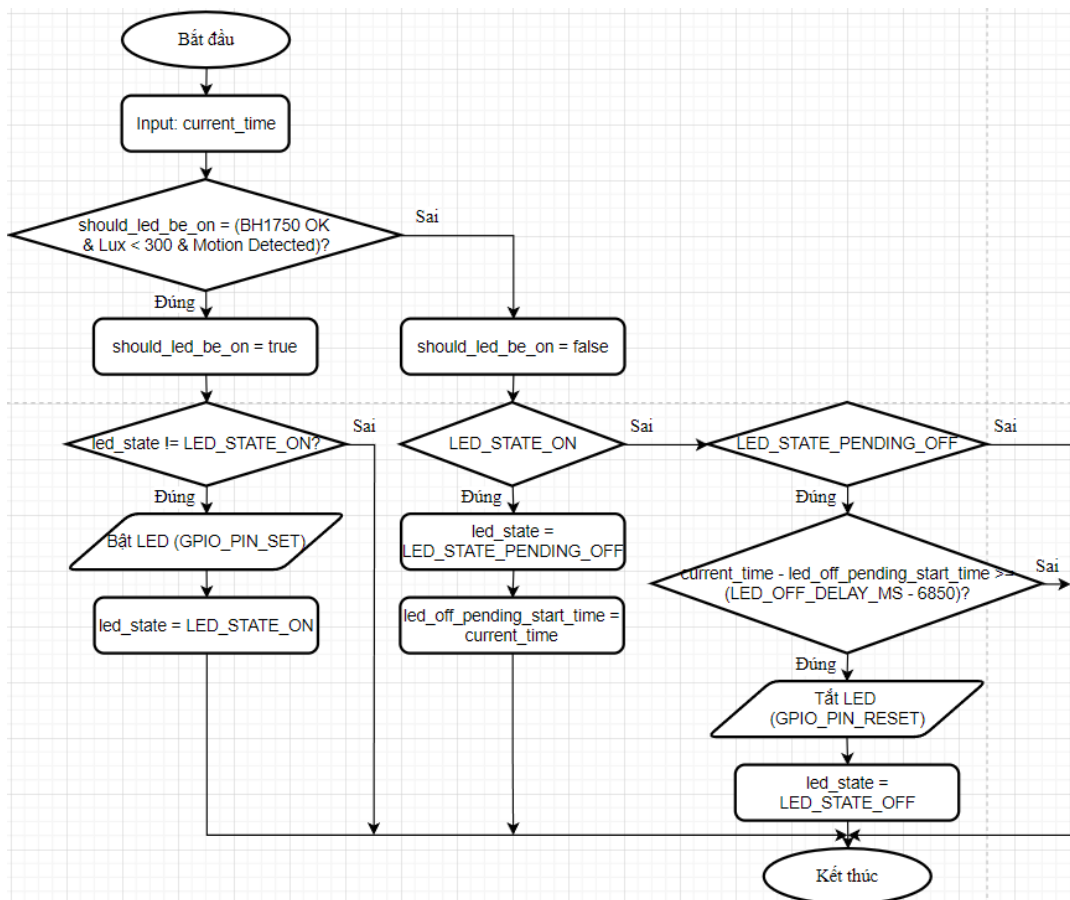
Trong hình 3.32, lưu đồ này mô tả thuật toán của một trình phục vụ ngắt, được kích hoạt một cách định kỳ bởi bộ định thời Timer 7. Khi ngắt từ Timer 7 xảy ra sau mỗi chu kỳ định trước, chương trình con này sẽ được tự động thực thi. Đầu tiên, nó kiểm tra để chắc chắn rằng nguồn gây ra ngắt chính là Timer 7. Nếu đúng là ngắt từ TIM7, chương trình sẽ thực hiện hành động chính là đọc trạng thái logic từ chân GPIO được kết nối với cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516. Giá trị đọc được sẽ lưu vào biến toàn cục `motion_detected`. Ngay sau đó, chương trình sẽ đặt một cờ hiệu, `rcwl_update_flag`, lên giá trị 1. Cờ hiệu `rcwl_update_flag` này đóng vai trò như một tín hiệu thông báo cho vòng lặp chính biết rằng đã có dữ liệu mới từ cảm biến chuyển động và cần được xử lý. Việc tách riêng hành động đọc dữ liệu vào trong ngắt và để việc xử lý, hiển thị ở vòng lặp chính là một kỹ thuật lập trình nhưng rất hiệu quả.



Hình 3.32: Lưu đồ chương trình con delay dùng ngắt

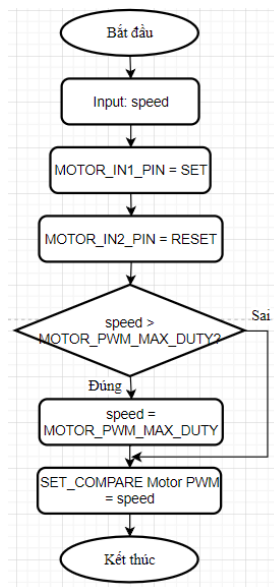
Hình 3.33 là lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con thực hiện logic điều khiển đèn LED một cách thông minh, bao gồm việc tự động bật đèn dựa trên điều kiện môi trường và thực hiện tắt đèn có độ trễ để mang lại trải nghiệm tốt hơn cho người dùng. Thuật toán hoạt động như một máy trạng thái với các trạng thái chính là BẬT, CHỜ TẮT, và TẮT. Xác định điều kiện bật đèn: Đầu tiên, chương trình kiểm tra các điều kiện môi trường để quyết định xem đèn có nên bật hay không. Điều kiện để bật đèn là: cảm biến ánh sáng BH1750 phải hoạt động tốt và

cường độ sáng đo được phải dưới một ngưỡng nhất định và có phát hiện chuyển động. Kết quả của việc kiểm tra này được lưu vào biến `should_led_be_on`. Xử lý bật đèn: nếu điều kiện bật đèn được thỏa mãn và trạng thái hiện tại của đèn đang là tắt, chương trình sẽ ngay lập tức bật đèn bằng cách xuất tín hiệu mức cao ra chân GPIO và cập nhật trạng thái của đèn thành `LED_STATE_ON`. Xử lý tắt đèn có độ trễ: Khi điều kiện bật đèn không còn được thỏa mãn và đèn đang ở trạng thái bật, chương trình sẽ không tắt đèn ngay lập tức. Thay vào đó, nó sẽ chuyển trạng thái của đèn sang `LED_STATE_PENDING_OFF` và ghi lại thời điểm bắt đầu chờ. Trong trạng thái `LED_STATE_PENDING_OFF`, chương trình sẽ liên tục kiểm tra xem khoảng thời gian chờ đã trôi qua hay chưa. Khi khoảng thời gian chờ đã hết, chương trình mới thực sự tắt đèn bằng cách xuất tín hiệu mức thấp ra chân GPIO và cập nhật trạng thái đèn thành tắt. Cấu trúc logic này đảm bảo đèn tự động bật khi cần thiết và không bị tắt đột ngột ngay khi người dùng vừa ngừng di chuyển, tạo ra sự tiện lợi và thông minh hơn cho hệ thống chiếu sáng.



Hình 3.33: Lưu đồ chương trình con led

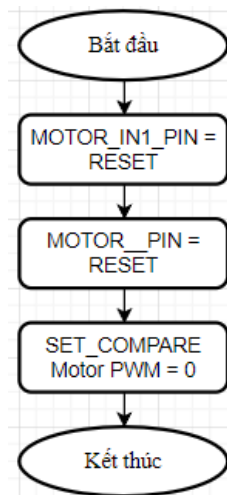
Hình 3.34 là lưu đồ mô tả thuật toán của chương trình con thiết lập tốc độ, có chức năng cài đặt tốc độ và chiều quay cụ thể cho động cơ DC dựa trên một giá trị tốc độ (speed) được truyền vào làm tham số. Khi hàm này được gọi, nó sẽ thực hiện các bước sau: Thiết lập chiều quay: Chương trình trước tiên thiết lập một chiều quay cố định cho động cơ bằng cách đặt chân điều khiển MOTOR_IN1_PIN lên mức logic cao và chân MOTOR_IN2_PIN xuống mức logic thấp. Logic này xác định rằng quạt sẽ luôn quay theo một hướng nhất định khi hoạt động. Tiếp theo, chương trình thực hiện một bước kiểm tra an toàn quan trọng. Nó so sánh giá trị tốc độ đầu vào với hằng số MOTOR_PWM_MAX_DUTY, là giá trị chu kỳ PWM tối đa mà phần cứng timer có thể xử lý. Nếu giá trị speed yêu cầu vượt quá giới hạn này, nó sẽ được gán lại bằng chính giá trị tối đa cho phép. Bước này đảm bảo rằng hệ thống không bao giờ cố gắng cài đặt một giá trị PWM không hợp lệ, giúp tăng tính ổn định. Cuối cùng, giá trị tốc độ đã được xác thực sẽ được ghi vào thanh ghi so sánh của bộ định thời chịu trách nhiệm tạo PWM. Hành động này (SET_COMPARE Motor PWM = speed) sẽ điều chỉnh Duty cycle của tín hiệu PWM, qua đó điều khiển trực tiếp tốc độ quay của động cơ.



Hình 3.34: Lưu đồ chương trình con thiết lập tốc độ quạt

Hình 3.35 là lưu đồ này mô tả thuật toán của chương trình con motor_stop(), có chức năng dừng hoạt động của động cơ DC một cách an toàn và triệt để. Đây là một hàm chức năng đơn giản, thực hiện một chuỗi các lệnh để ngắt năng lượng và

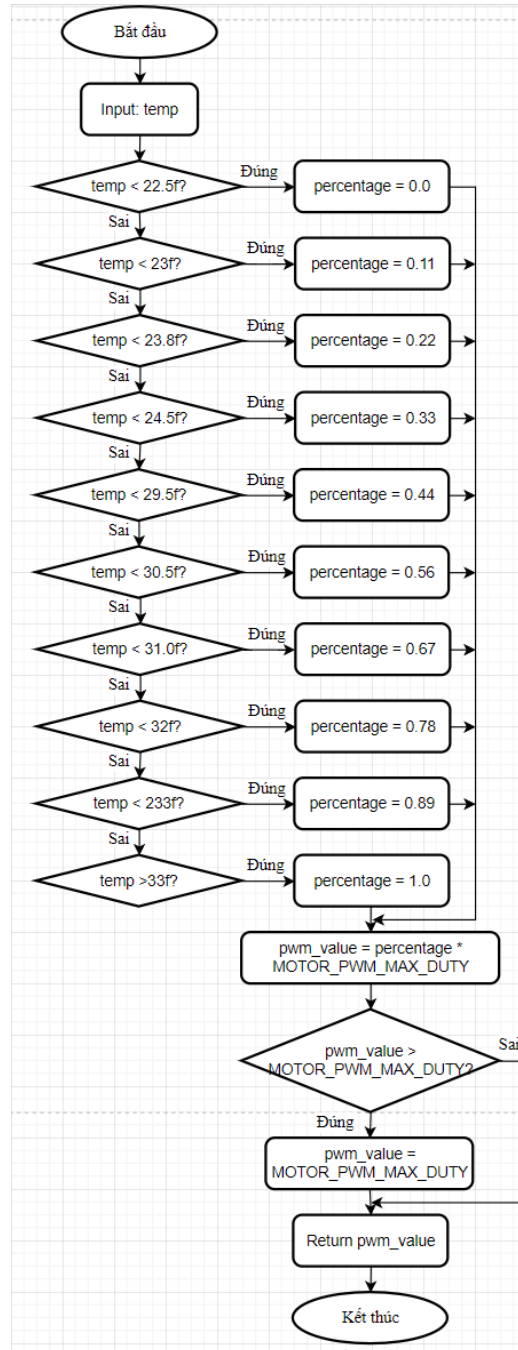
đưa mạch điều khiển về trạng thái dừng. Khi hàm này được gọi, nó sẽ thực hiện tuần tự ba hành động chính: đặt chân điều khiển chiều quay thứ nhất của mạch L298N về mức logic thấp. Tương tự, đặt chân điều khiển chiều quay thứ hai về mức logic thấp. Việc đặt cả hai chân điều khiển chiều (IN1 và IN2) về cùng mức THẤP là một phương pháp tiêu chuẩn để ra lệnh dừng động cơ. Đặt giá trị PWM điều khiển tốc độ về 0. Hành động này tương đương với việc giảm Duty cycle của tín hiệu PWM xuống 0%, qua đó ngắt hoàn toàn năng lượng cấp cho động cơ thông qua chân Enable của mạch L298N. Việc kết hợp cả hai cơ chế - cài đặt trạng thái dừng trên các chân điều khiển hướng và ngắt năng lượng qua tín hiệu PWM - đảm bảo rằng động cơ được dừng lại một cách dứt khoát, an toàn và không tiêu thụ năng lượng không cần thiết.



Hình 3.35: Lưu đồ chương trình con dừng quạt

Hình 3.36 là lưu đồ mô tả thuật toán của một chương trình con có chức năng tính toán và trả về một giá trị tốc độ phù hợp cho quạt dựa trên giá trị nhiệt độ được cung cấp làm đầu vào. Mục tiêu của hàm này là tạo ra một cơ chế điều khiển quạt đa cấp độ, với tốc độ tăng dần khi nhiệt độ môi trường tăng lên. Logic hoạt động của chương trình con dựa trên một chuỗi các câu lệnh điều kiện rẽ nhánh. Khi nhận được giá trị nhiệt độ, chương trình sẽ so sánh nó tuần tự với các ngưỡng nhiệt độ đã được định nghĩa trước. Tùy thuộc vào việc nhiệt độ rơi vào khoảng nào, một giá trị phần trăm tốc độ tương ứng sẽ được gán. Sau khi xác định được tỷ lệ phần trăm tốc độ mong muốn, chương trình sẽ tính toán giá trị PWM cụ thể (pwm_value)

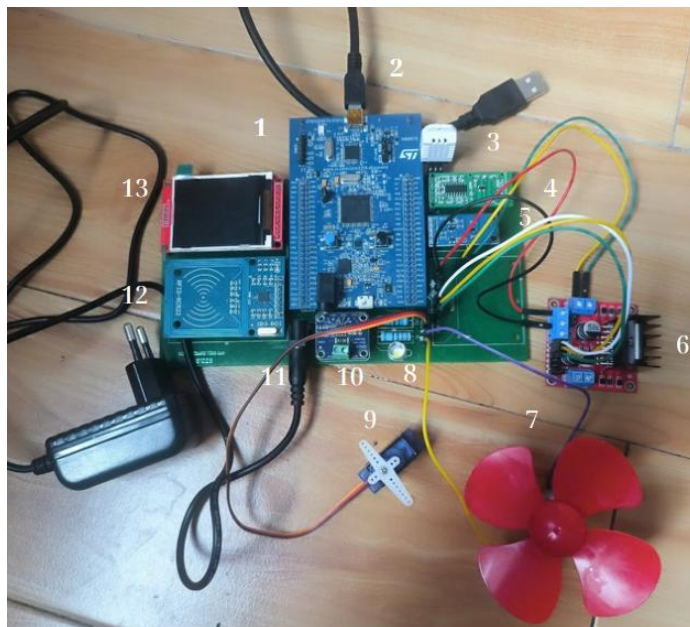
bằng cách nhân tỷ lệ này với hằng số MOTOR_PWM_MAX_DUTY. Cuối cùng, một bước kiểm tra ràng buộc được thực hiện để đảm bảo giá trị pwm_value tính toán không vượt quá giới hạn cho phép, trước khi hàm trả về giá trị PWM cuối cùng này. Giá trị trả về sẽ được sử dụng trực tiếp để cài đặt tốc độ cho động cơ.



Hình 3.36: Lưu đồ chương trình con tính tốc độ quạt

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

4.1. Mô hình phần cứng thực tế



Hình 4.1: Mô hình phần cứng thực tế

Bảng 4.1: Vị trí các linh kiện

STT	Tên linh kiện
1	Vi điều khiển STM32F407 discovery
2	Dây cấp nguồn cho vi điều khiển
3	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22
4	Cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516
5	Cảm biến ánh sáng BH1750
6	Cầu H L298
7	Động cơ quạt
8	Đèn LED

9	Servo
10	Cảm biến dòng điện, điện áp INA219
11	Dây cáp nguồn cho cảm biến
12	Cảm biến RFID
13	Màn hình hiển thị TFT

Hình 4.1 và bảng 4.1 cho thấy vị trí sắp xếp theo thứ tự của các linh kiện bên trên hệ thống thực tế bên ngoài.

4.2. Kiểm tra hoạt động của hệ thống và đánh giá từng module:



Hình 4.2: Kết quả phần cứng thực tế

Hình 4.2 thể hiện hình ảnh thực tế của màn hình TFT sau khi cấp điện hệ thống và quét thẻ thành công.

Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT22: Giao tiếp thành công. Dữ liệu nhiệt độ (độ C) và độ ẩm tương đối (%RH) được đọc về chính xác từ cảm biến. Các thông số này đã được hiển thị rõ ràng trên màn hình TFT.

Cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516: Giao tiếp thành công. Chân OUT của RCWL-0516 chuyển lên mức logic CAO khi có chuyển động trong vùng phát hiện và trở về mức THẤP khi không có chuyển động. Trạng thái này được cập nhật và hiển thị chính xác trên màn hình TFT.

Cảm biến cường độ ánh sáng BH1750 (giao tiếp I2C): Giao tiếp I2C thành công. Giá trị cường độ ánh sáng được đọc về từ cảm biến một cách chính xác và được hiển thị lên màn hình TFT.

Cảm biến dòng điện, điện áp, công suất INA219 (giao tiếp I2C): Giao tiếp I2C thành công. Các thông số về điện áp bus, dòng điện qua tải và công suất tiêu thụ đã được đọc về chính xác, tính toán đúng (dựa trên giá trị điện trở shunt và hiệu chuẩn) và hiển thị đầy đủ, rõ ràng trên màn hình TFT.

Module RFID MFRC522 (giao tiếp SPI): Giao tiếp SPI thành công. Module MFRC522 phát hiện được thẻ RFID, đọc và trích xuất mã UID của thẻ một cách chính xác. Thông tin UID này đã được hiển thị lên màn hình TFT.

Màn hình TFT ILI9225 (giao tiếp SPI): Giao tiếp SPI với màn hình thành công. Màn hình khởi tạo đúng, hiển thị màu sắc, văn bản và đồ họa theo yêu cầu. Quan trọng nhất, màn hình đã có khả năng hiển thị toàn bộ dữ liệu tổng hợp từ tất cả các cảm biến nêu trên một cách liên tục, rõ ràng và có tổ chức.

LED đơn: Điều khiển thành công. LED sáng khi xuất mức CAO và tắt khi xuất mức THẤP .

Động cơ Servo SG90: Điều khiển thành công. Động cơ Servo SG90 quay đến các vị trí góc tương ứng với tín hiệu PWM một cách chính xác và ổn định. Trạng thái của servo được hiển thị trên màn hình TFT.

Động cơ DC (thông qua L298N): Điều khiển thành công. Động cơ DC phản hồi đúng theo các lệnh điều khiển chiều quay và thay đổi tốc độ mượt mà theo tín hiệu PWM.

4.2. Đánh giá toàn bộ hệ thống:

Quá trình kiểm tra thực tế cho thấy vi điều khiển STM32F407 đã thiết lập và duy trì giao tiếp thành công, ổn định với tất cả các module cảm biến (DHT22, RCWL-0516, BH1750, INA219, MFRC522) và các thiết bị (LED, Động cơ DC, Servo) cũng như với module hiển thị TFT ILI9225. Dữ liệu từ các cảm biến được thu thập với độ chính xác phù hợp và được hiển thị đầy đủ, trực quan trên màn hình TFT. Tuy nhiên, trong quá trình chạy thực tế, cảm biến phát hiện chuyển động RCWL-0516 còn chưa nhạy, nhiều lúc không nhận diện được thông tin. Điều này

xác nhận rằng toàn bộ hệ thống giám sát, điều khiển và hiển thị hoạt động tương đối tốt.

CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1. KẾT LUẬN

5.1.1. Kết quả đạt được của hệ thống

5.1.1.1. Về khả năng thu thập, giám sát dữ liệu từ các cảm biến và hiển thị:

Thu thập dữ liệu môi trường thành công: hệ thống đọc và xử lý chính xác dữ liệu nhiệt độ (độ C) và độ ẩm tương đối (%RH) từ cảm biến DHT22, phản ánh đúng điều kiện môi trường xung quanh. Hệ thống đo lường và ghi nhận thành công giá trị cường độ ánh sáng (đơn vị lux) từ cảm biến BH1750, cho phép đánh giá mức độ chiếu sáng của môi trường.

Phát hiện chuyển động hiệu quả: cảm biến radar RCWL-0516 có khả năng nhận diện và ghi nhận chính xác trạng thái có hoặc không có chuyển động trong vùng quét của cảm biến.

Giám sát thông số điện năng chính xác: module INA219 được tích hợp thành công, cho phép hệ thống đo lường và theo dõi các thông số bao gồm điện áp bus (V), dòng điện qua tải (A), và công suất tiêu thụ (W) của một thiết bị hoặc mạch điện được kết nối.

Nhận dạng thẻ RFID đáng tin cậy: hệ thống giao tiếp thành công với module MFRC522, có khả năng phát hiện thẻ RFID (tần số 13.56 MHz) khi đưa vào vùng đọc và đọc chính xác mã định danh duy nhất (UID) của thẻ.

Hiển thị trực quan và đa dạng trên màn hình TFT: toàn bộ dữ liệu thu thập được từ các cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, cường độ ánh sáng, trạng thái chuyển động, thông số điện năng, mã UID thẻ RFID) cùng với trạng thái hoạt động của các cơ cấu chấp hành đã được hiển thị một cách rõ ràng, có tổ chức và dễ theo dõi trên màn hình TFT ILI9225. Thông tin được cập nhật trên màn hình một cách kịp thời,

gần với thời gian thực, giúp người dùng dễ dàng giám sát hoạt động của toàn bộ hệ thống.

5.1.1.2. Về khả năng điều khiển các cơ cấu chấp hành:

Điều khiển LED chỉ thị chính xác: hệ thống có khả năng điều khiển bật/tắt LED đơn một cách linh hoạt dựa trên các tín hiệu logic từ vi điều khiển STM32F407, phục vụ cho mục đích báo hiệu trạng thái.

Điều khiển động cơ Servo với độ chính xác cao: động cơ Servo SG90 được điều khiển thành công, có khả năng di chuyển đến các vị trí góc cụ thể theo lệnh từ vi điều khiển thông qua tín hiệu PWM, đáp ứng yêu cầu về định vị góc.

Điều khiển động cơ DC linh hoạt qua L298N: hệ thống điều khiển thành công chiều quay (tới, lui, dừng) và tốc độ (thông qua PWM) của động cơ DC sử dụng module L298N. Động cơ phản hồi tốt với các thay đổi trong tín hiệu điều khiển.

5.1.1.3. Về tính ổn định và tích hợp hệ thống:

Tích hợp thành công các module: Tất cả các module cảm biến, cơ cấu chấp hành và module hiển thị đã được tích hợp và hoạt động một cách đồng bộ, hài hòa dưới sự điều khiển của vi điều khiển trung tâm STM32F407.

Hoạt động ổn định: Trong quá trình kiểm tra và đánh giá, hệ thống đã thể hiện khả năng hoạt động ổn định, các chức năng giao tiếp và điều khiển diễn ra thông suốt, không phát sinh lỗi nghiêm trọng.

5.1.2. Những hạn chế

Cảm biến radar RCWL-0516 chưa nhạy và có thể dễ bị kích hoạt bởi các chuyển động không mong muốn nếu không có biện pháp che chắn hoặc thuật toán lọc nhiễu phù hợp.

Giao diện hiển thị trên màn hình TFT, mặc dù cung cấp đủ thông tin, nhưng có thể còn đơn giản, chưa có nhiều yếu tố đồ họa nâng cao, khả năng tùy biến hoặc tương tác sâu với người dùng.

Thiếu khả năng kết nối mạng từ xa: Hệ thống hiện tại hoạt động độc lập (standalone), chưa được tích hợp các module giao tiếp không dây (Wi-Fi, Bluetooth, LoRa, NB-IoT) hoặc có dây (Ethernet – mặc dù STM32F407 có MAC nhưng cần PHY và cổng) để cho phép giám sát, điều khiển từ xa, hoặc kết nối với các nền tảng IoT.

Lưu trữ dữ liệu lâu dài: Khả năng lưu trữ dữ liệu lịch sử của hệ thống còn hạn chế (chỉ hiển thị tức thời hoặc lưu trữ tạm thời trong RAM). Chưa có cơ chế lưu dữ liệu vào bộ nhớ ngoài như thẻ SD hoặc đẩy lên cơ sở dữ liệu từ xa.

5.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Nâng cấp giao diện Web/App: xây dựng một giao diện người dùng trực quan trên nền tảng web hoặc ứng dụng di động (Android/iOS). Để thực hiện điều này, hệ thống cần được bổ sung khả năng kết nối mạng, ví dụ như tích hợp module Wi-Fi (ESP8266/ESP32) hoặc Ethernet (sử dụng PHY cho STM32F407) để truyền dữ liệu lên một máy chủ hoặc giao tiếp trực tiếp với ứng dụng. Hướng phát triển này giải quyết hạn chế về tương tác cục bộ qua màn hình TFT, mang lại sự tiện lợi, khả năng truy cập mọi lúc mọi nơi, và mở rộng đáng kể phạm vi ứng dụng của hệ thống, đặc biệt trong lĩnh vực nhà thông minh, giám sát an ninh và quản lý từ xa.

Mở rộng hỗ trợ thêm thiết bị điều khiển: Tích hợp thêm nhiều cảm biến (cảm biến khí gas, cảm biến âm thanh,..) và các thiết bị cơ cấu khác. Việc mở rộng danh sách các thiết bị được hỗ trợ sẽ làm tăng tính đa năng và linh hoạt của hệ thống, cho phép nó đáp ứng được nhiều yêu cầu ứng dụng cụ thể hơn trong các lĩnh vực khác nhau như tự động hóa công nghiệp, nông nghiệp thông minh, hoặc các hệ thống giám sát chuyên biệt.

Ứng dụng AI để tối ưu hóa điều khiển tự động: phân tích và học hỏi từ dữ liệu: Thu thập dữ liệu lịch sử từ các cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, chuyển động, năng lượng tiêu thụ) để xây dựng các mô hình học máy (Machine Learning). Dự đoán xu hướng tiêu thụ năng lượng để đưa ra cảnh báo hoặc tự động điều chỉnh thiết bị; dự đoán thời điểm cần bảo trì thiết bị dựa trên các dấu hiệu bất thường. Tự động điều chỉnh cài đặt hệ thống (ví dụ: nhiệt độ phòng, ánh sáng) dựa trên thói

quen của người dùng, điều kiện thời tiết dự báo, và mục tiêu tiết kiệm năng lượng mà vẫn đảm bảo sự thoải mái. Việc ứng dụng AI sẽ nâng tầm hệ thống từ tự động hóa dựa trên quy tắc sang tự động hóa thông minh, giúp hệ thống hoạt động hiệu quả hơn, linh hoạt hơn, tiết kiệm năng lượng hơn và mang lại trải nghiệm tốt hơn cho người dùng.

PHỤ LỤC A: BẢNG BIỂU VÀ HÌNH ẢNH

Bảng A.1: Thông số cường độ sáng cần thiết cho các phòng cơ bản

Khu vực	Độ sáng cần thiết
Kho, phòng ngủ, hành lang, ban công, cầu thang	≥ 100
Khu vực chung nhà máy, nhà vệ sinh, phòng tắm	≥ 200
Khu sản xuất nhà máy, phòng khách, phòng học	≥ 300
Khu phân loại sản phẩm, bếp, phòng thí nghiệm, thực hành	≥ 500

Bảng A.1 là bảng thể hiện cường độ sáng cần thiết phù hợp cho con người ở một số địa điểm khác nhau.

Bảng A.2: Thông số tốc độ quay của quạt phụ thuộc theo động cơ

Mức	Tốc độ quay	Nhiệt độ (x) °C
1	11% tốc độ tối đa	$22,5 \leq x < 23$
2	22% tốc độ tối đa	$23 \leq x < 23,8$
3	33% tốc độ tối đa	$23,8 \leq x < 24,5$
4	44% tốc độ tối đa	$24,5 \leq x < 29,5$
5	56% tốc độ tối đa	$29,5 \leq x < 30,5$
6	67% tốc độ tối đa	$30,5 \leq x < 31$
7	78% tốc độ tối đa	$31 \leq x < 32$
8	89% tốc độ tối đa	$32 \leq x < 33$
9	100% tốc độ tối đa	≥ 33

22161029

U1: TFT 2" display

M1: Mirror

U2: SENSOR

U3: L298N

U4: DC-DC Converter

J1: 40-pin connector

J2: 20-pin connector

U5: 1.5V OUT

U6: 3.3V

U7: 1.5V

U8: 1.5V

U9: 1.5V

U10: 1.5V

U11: 1.5V

U12: 1.5V

U13: 1.5V

U14: 1.5V

U15: 1.5V

U16: 1.5V

U17: 1.5V

U18: 1.5V

U19: 1.5V

U20: 1.5V

U21: 1.5V

U22: 1.5V

U23: 1.5V

U24: 1.5V

U25: 1.5V

U26: 1.5V

U27: 1.5V

U28: 1.5V

U29: 1.5V

U30: 1.5V

U31: 1.5V

U32: 1.5V

U33: 1.5V

U34: 1.5V

U35: 1.5V

U36: 1.5V

U37: 1.5V

U38: 1.5V

U39: 1.5V

U40: 1.5V

U41: 1.5V

U42: 1.5V

U43: 1.5V

U44: 1.5V

U45: 1.5V

U46: 1.5V

U47: 1.5V

U48: 1.5V

U49: 1.5V

U50: 1.5V

U51: 1.5V

U52: 1.5V

U53: 1.5V

U54: 1.5V

U55: 1.5V

U56: 1.5V

U57: 1.5V

U58: 1.5V

U59: 1.5V

U60: 1.5V

U61: 1.5V

U62: 1.5V

U63: 1.5V

U64: 1.5V

U65: 1.5V

U66: 1.5V

U67: 1.5V

U68: 1.5V

U69: 1.5V

U70: 1.5V

U71: 1.5V

U72: 1.5V

U73: 1.5V

U74: 1.5V

U75: 1.5V

U76: 1.5V

U77: 1.5V

U78: 1.5V

U79: 1.5V

U80: 1.5V

U81: 1.5V

U82: 1.5V

U83: 1.5V

U84: 1.5V

U85: 1.5V

U86: 1.5V

U87: 1.5V

U88: 1.5V

U89: 1.5V

U90: 1.5V

U91: 1.5V

U92: 1.5V

U93: 1.5V

U94: 1.5V

U95: 1.5V

U96: 1.5V

U97: 1.5V

U98: 1.5V

U99: 1.5V

U100: 1.5V

U101: 1.5V

U102: 1.5V

U103: 1.5V

U104: 1.5V

U105: 1.5V

U106: 1.5V

U107: 1.5V

U108: 1.5V

U109: 1.5V

U110: 1.5V

U111: 1.5V

U112: 1.5V

U113: 1.5V

U114: 1.5V

U115: 1.5V

U116: 1.5V

U117: 1.5V

U118: 1.5V

U119: 1.5V

U120: 1.5V

U121: 1.5V

U122: 1.5V

U123: 1.5V

U124: 1.5V

U125: 1.5V

U126: 1.5V

U127: 1.5V

U128: 1.5V

U129: 1.5V

U130: 1.5V

U131: 1.5V

U132: 1.5V

U133: 1.5V

U134: 1.5V

U135: 1.5V

U136: 1.5V

U137: 1.5V

U138: 1.5V

U139: 1.5V

U140: 1.5V

U141: 1.5V

U142: 1.5V

U143: 1.5V

U144: 1.5V

U145: 1.5V

U146: 1.5V

U147: 1.5V

U148: 1.5V

U149: 1.5V

U150: 1.5V

U151: 1.5V

U152: 1.5V

U153: 1.5V

U154: 1.5V

U155: 1.5V

U156: 1.5V

U157: 1.5V

U158: 1.5V

U159: 1.5V

U160: 1.5V

U161: 1.5V

U162: 1.5V

U163: 1.5V

U164: 1.5V

U165: 1.5V

U166: 1.5V

U167: 1.5V

U168: 1.5V

U169: 1.5V

U170: 1.5V

U171: 1.5V

U172: 1.5V

U173: 1.5V

U174: 1.5V

U175: 1.5V

U176: 1.5V

U177: 1.5V

U178: 1.5V

U179: 1.5V

U180: 1.5V

U181: 1.5V

U182: 1.5V

U183: 1.5V

U184: 1.5V

U185: 1.5V

U186: 1.5V

U187: 1.5V

U188: 1.5V

U189: 1.5V

U190: 1.5V

U191: 1.5V

U192: 1.5V

U193: 1.5V

U194: 1.5V

U195: 1.5V

U196: 1.5V

U197: 1.5V

U198: 1.5V

U199: 1.5V

U200: 1.5V

U201: 1.5V

U202: 1.5V

U203: 1.5V

U204: 1.5V

U205: 1.5V

U206: 1.5V

U207: 1.5V

U208: 1.5V

U209: 1.5V

U210: 1.5V

U211: 1.5V

U212: 1.5V

U213: 1.5V

U214: 1.5V

U215: 1.5V

U216: 1.5V

U217: 1.5V

U218: 1.5V

U219: 1.5V

U220: 1.5V

U221: 1.5V

U222: 1.5V

U223: 1.5V

U224: 1.5V

U225: 1.5V

U226: 1.5V

U227: 1.5V

U228: 1.5V

U229: 1.5V

U230: 1.5V

U231: 1.5V

U232: 1.5V

U233: 1.5V

U234: 1.5V

U235: 1.5V

U236: 1.5V

U237: 1.5V

U238: 1.5V

U239: 1.5V

U240: 1.5V

U241: 1.5V

U242: 1.5V

U243: 1.5V

U244: 1.5V

U245: 1.5V

U246: 1.5V

U247: 1.5V

U248: 1.5V

U249: 1.5V

U250: 1.5V

U251: 1.5V

U252:

Hình A.1 là hình ảnh sơ đồ mạch pcb của hệ thống được thiết kế trên phần mềm EasyEDA.

PHỤ LỤC B: HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG

I/ Hướng dẫn cấp điện cho hệ thống

Hệ thống có 2 nguồn điện cần cấp: nguồn điện cho vi điều khiển STM32F407: cần dùng bộ dây cắm nguồn 5V với dòng điện tối đa 0.5A (có thể dùng nguồn từ cổng USB của laptop). Cách cắm như hình ảnh bên trên. Nguồn điện cho các cảm biến và thiết bị hoạt động: dùng bộ nguồn adapter 5V 2A để cấp nguồn. Cách cắm giống như hình bên trên.

II/ Hướng dẫn sử dụng các chức năng

1/ Đọc giá trị các cảm biến trên màn hình TFT



Hình B.2: Màn hình hiển thị TFT

Theo hình B.2 thứ tự từ trái sang phải, từ trên xuống dưới lần lượt sẽ là giá trị của các cảm biến. Hàng đầu tiên gồm giá trị màu đỏ là giá trị nhiệt độ và giá trị màu lam là giá trị độ ẩm. Hàng thứ hai có giá trị màu vàng là giá trị cảm biến ánh sáng. Hàng thứ ba là trạng thái của cảm biến phát hiện chuyển động gồm trạng thái “YES” chỉ hiện đang có người và trạng thái “NO” chỉ hiện không có người. Hàng thứ 4 gồm giá trị màu lam là giá trị điện áp và giá trị màu lam là giá trị dòng điện. Hàng thứ 5 có giá trị màu lục là giá trị công suất.

2/ Chức năng đèn, quạt tự động

Chức năng đèn: đèn sẽ tự động sáng khi cường độ ánh sáng dưới 300 lux và có phát hiện chuyển động. Đèn sẽ tự động tắt sau 10 giây kể từ khi cường độ

sáng lớn hơn 300 lux hoặc khi không có người. Bảng giá trị độ sáng cần thiết có thể xem ở phần phụ lục A bảng biểu và hình ảnh để biết thêm thông tin.

Chức năng quạt: quạt sẽ tự động quay khi nhiệt độ lớn hơn 22.5°C và khi phát hiện có người. Quạt sẽ tự động tăng tốc độ khi nhiệt độ tăng lên là đạt tốc độ tối đa khi nhiệt độ đạt từ 33°C trở lên. Quạt sẽ tự động tắt nếu không có người hoặc nhiệt độ dưới 22.5°C. Bảng giá trị tốc độ quạt thay đổi theo nhiệt độ có thể xem ở phần phụ lục A bảng biểu và hình ảnh để biết thêm thông tin.

3/ Chức năng đóng mở cửa và thêm thẻ ra vào

Chức năng đóng mở cửa: người sử dụng có thể dùng thẻ chính hoặc thẻ phụ đã được thêm để quét vào cảm biến RFID. Nếu thẻ đúng thì cửa sẽ tự động mở 90° và màn hình RFID sẽ hiện “OPEN SUCCESSFULLY” như hình B.3 bên dưới.



Hình B.3: Mở cửa thành công

Nếu đưa thẻ sai thì màn hình sẽ hiện “WRONG CARD” như hình B.4 bên dưới và servo vẫn ở vị trí cũ, không mở cửa.



Hình B.4: Sai thẻ

Nếu mở cửa bằng thẻ phụ thì màn hình hiện “SUB CARD”, sau 1 giây cửa mở, màn hình hiện “OPEN SUCCESSFULL” như hình B.5 bên dưới. Sau 3 giây kể từ khi người sử dụng lấy thẻ ra khỏi cảm biến RFID, cửa sẽ tự động đóng lại.



Hình B.5: Mở cửa bằng thẻ phụ

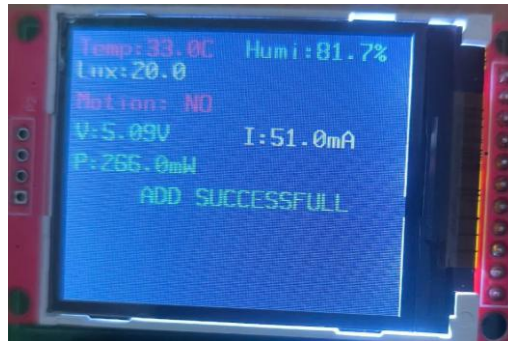
Chức năng thêm thẻ phụ:

- Bước 1: đưa thẻ phụ cần thêm.
- Bước 2: trong lúc màn hình vẫn còn hiện “WRONG CARD” thì lấy thẻ phụ ra và đưa thẻ chính vào. Nếu thành công, hệ thống chuyển sang chế độ thêm thẻ phụ, màn hình hiện “REGISTER CARD” như hình B.6 bên dưới.



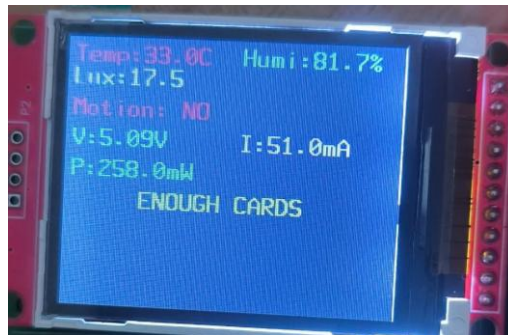
Hình B.6: Chế độ thêm thẻ phụ

- Bước 3: đưa thẻ phụ cần thêm vào. Thành công thì màn hình hiện “ADD SUCCESSFULL”, muốn thoát chế độ thêm thẻ thì đưa thẻ chính lại như hình B.7 bên dưới.



Hình B.7: Thêm thẻ phụ thành công

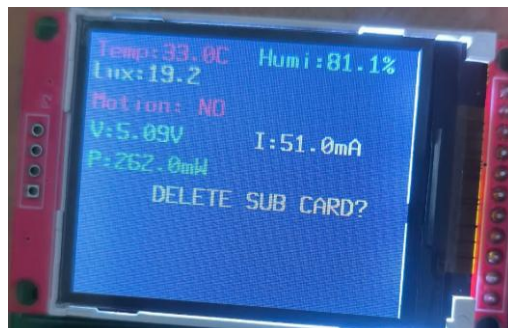
- Lưu ý: Nếu đã đủ số lượng thẻ phụ mà vẫn thêm thẻ phụ thì màn hình sẽ hiện “ENOUGH CARD” như hình B.8 bên dưới.



Hình B.8: Đủ thẻ phụ

Chức năng xóa thẻ phụ:

- Bước 1: đưa thẻ phụ cần xóa lại RFID.
- Bước 2: trong lúc màn hình vẫn hiện “SUB CARD” thì đưa thẻ chính vào. Màn hình sẽ hiện “DELETE SUB CARD” như hình B.9 bên dưới.



Hình B.9: Chế độ xóa thẻ phụ

- Bước 3: đưa thẻ chính lại lần nữa nếu muốn xóa, đưa thẻ phụ lại nếu muốn hủy chế độ xóa thẻ. Xóa thành công thì màn hình hiện “DELETE SUCCESSFULL” như hình B.10 bên dưới.



Hình B.10: Xóa thẻ phụ thành công

III/ Video hướng dẫn và đường link mã nguồn

Các chương trình điều khiển, file thiết kế phần cứng của hệ thống được đặt trong đường dẫn sau:

Link video kết quả đạt được: <https://youtu.be/M68Elc7RET4>

Link github cá nhân: https://github.com/AkiHasu/DA1_STM32

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Yajie Tang, “Design of solar greenhouse environmental monitoring and control on the basis of multinode data fusion”, Tạp chí Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Tháng 4, 2025.
- [2] Yongliang Zhang, “Smart Home System Based on ZigBee Network and STM32F407 Microprocessor”, Tạp chí "Sensors" của MDPI, Tháng 12, 2012.
- [3] Nguyễn Mạnh Hùng. “THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO KIT ĐA NĂNG STM32, ỨNG DỤNG VÀO GIẢNG DẠY VÀ PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG IOT“, Vietnam Journals Online, Tháng 6, 2023.
- [4] Trịnh Quốc Thanh. “THIẾT KẾ HỆ THỐNG ỔN ĐỊNH NHIỆT ĐỘ SỬ DỤNG STM32”, Tạp chí Khoa học Đại học Thủ Dầu Một, Tháng 5, 2021.
- [5] Roman Việt Nam. “Cường độ ánh sáng tiêu chuẩn cho từng không gian” Roman.vn, Tháng 12, 2022.
- [6] KDK Company, “Operating and Installation Instructions”, KDK, 2017.
- [7] Mecsus, “DHT22 - Cảm Biến Nhiệt Độ Và Độ Ẩm,” Mecsus.vn, Tháng 8, 2023.
- [8] Tarantula3, “All About RCWL-0516 Microwave Radar Motion Sensor”, Autodesk Instructables, Tháng 8, 2023.
- [9] ROHM SEMICONDUCTOR, “Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC”, ROHM SEMICONDUCTOR, Tháng 4, 2009.
- [10] Thomas Liu, “ Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302)”, Aosong Electronics.
- [11] Texas Instruments, “Zero-Drift, Bi-Directional CURRENT/POWER MONITOR with I2C™ Interface”, Texas Instruments, 2008.
- [12] STMicroelectronics, “ DUAL FULL-BRIDGE DRIVER ”, Nhà sản xuất STMicroelectronics, Tháng 1, 2000.
- [13] NXP SEMICONDUCTORS, “MFRC522 Contactless reader IC”, NXP SEMICONDUCTORS, Tháng 3, 2010.

[14] STMicroelectronics, “ STM32F405xx STM32F407xx”, Nhà sản xuất STMicroelectronics, Tháng 11, 2024.

[15] ILITEK, “a-Si TFT LCD Single Chip Driver 176RGBx220 Resolution and 262K color”, ILITEK.