

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**



**PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IOT
NHÓM 5**

2024-2025.2.TIN4024.005

**ĐIỀU KHIỂN RÈM CỬA TỰ ĐỘNG
VỚI ESP32**

Người thực hiện	: Ngô Viết Hy
Ngành	: Công nghệ thông tin
Khóa học	: 2021-2025
Giảng viên hướng dẫn	: Võ Việt Dũng

Huế, tháng 4/2025

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Khoa Công nghệ Thông tin - Trường Đại học Khoa học – Đại học Huế, nơi đã tạo điều kiện thuận lợi và cung cấp cho em một môi trường học tập chuyên nghiệp, sáng tạo. Chính nhờ sự hỗ trợ từ nhà trường, em đã có cơ hội tiếp cận với những kiến thức mới mẻ, rèn luyện kỹ năng thực tiễn và hoàn thành bài tiểu luận này một cách tốt nhất.

Em xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến thầy Võ Việt Dũng, người đã tận tình hướng dẫn em trong suốt quá trình thực hiện đề tài. Với sự tận tâm, những lời khuyên hữu ích và sự động viên kịp thời, cô đã giúp em vượt qua những khó khăn, định hướng rõ ràng và hoàn thiện bài tiểu luận một cách chu đáo. Em thực sự trân trọng sự hỗ trợ và những bài học quý giá mà cô đã dành cho em, không chỉ về mặt học thuật mà còn về cách làm việc khoa học và trách nhiệm.

Em cũng xin gửi lời tri ân đến tất cả các thầy cô trong Khoa Công nghệ Thông tin - Trường Đại học Khoa học – Đại học Huế, những người đã không ngừng truyền đạt kiến thức, chia sẻ kinh nghiệm và khích lệ em trong suốt hành trình học tập. Sự tận tụy và nhiệt huyết của các thầy cô đã tiếp thêm động lực để em không ngừng phấn đấu và phát triển bản thân.

Bên cạnh đó, em xin cảm ơn gia đình, bạn bè và những người thân yêu, những người luôn là chỗ dựa tinh thần vững chắc, luôn ủng hộ và động viên em trong suốt quá trình học tập và thực hiện đề tài. Sự quan tâm và tình cảm của mọi người đã giúp em có thêm niềm tin và sức mạnh để hoàn thành công việc của mình.

Một lần nữa, em xin chân thành cảm ơn tất cả những sự hỗ trợ và đồng hành quý báu đã giúp em hoàn thành bài tiểu luận này!

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
1. Lý do chọn đề tài	1
2. Mục tiêu nghiên cứu.....	1
Mục tiêu tổng quát:	1
Mục tiêu cụ thể:.....	1
3. Phạm vi nghiên cứu.....	2
4. Phương pháp nghiên cứu.....	2
4.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết:	2
4.2. Phương pháp phân tích, thiết kế hệ thống:	2
4.3. Phương pháp thực nghiệm:	2
4.4. Phương pháp kiểm tra và đánh giá:	3
NỘI DUNG.....	4
CHƯƠNG 1: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	4
1.1. Giới thiệu về ESP32	4
1.2. Động cơ bước (Stepper Motor).....	4
1.3. Cảm biến ánh sáng (LDR - Light Dependent Resistor)	4
1.4. Nền tảng Blynk.....	5
1.5. Nguyên lý hoạt động hệ thống	5
CHƯƠNG 2: GIỚI THIỆU CÔNG NGHỆ VÀ LINH KIỆN.....	5
1. Wokwi – Công cụ mô phỏng phần cứng trực tuyến	5
Wokwi là nền tảng mô phỏng Arduino, ESP32, ESP8266... trực tuyến trên trình duyệt, giúp test code và mạch dễ dàng mà không cần phần cứng thật....	5
2. ESP32 là gì?	5
ESP32 là một vi điều khiển (Microcontroller) tích hợp Wifi và Bluetooth, được phát triển bởi hãng Espressif Systems, dùng nhiều trong các ứng dụng IoT (Internet of Things) vì giá rẻ, nhỏ gọn, dễ lập trình.....	6
Tính năng nổi bật:	6
3. Cảm biến ánh sáng.....	6
4. Động cơ bước.....	8
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG	10
1. Sơ đồ điều khiển rèm cửa tự động với ESP32.....	10
2. Phần cứng	10
3. Phần mềm	10
4. Cài đặt và lập trình.....	11
TỔNG KẾT	13

1. Kết luận	13
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	14

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ IoT (Internet of Things), các thiết bị thông minh trong nhà (Smart Home) ngày càng trở nên phổ biến và được ưa chuộng. Trong đó, hệ thống rèm cửa tự động là một trong những ứng dụng thực tế, mang lại nhiều tiện ích cho người dùng.

Việc điều khiển rèm cửa truyền thống bằng tay đôi khi gây bất tiện, đặc biệt vào những thời điểm ánh sáng thay đổi liên tục hoặc khi người dùng không có mặt tại nhà. Vì vậy, ý tưởng thiết kế một hệ thống rèm cửa có thể tự động đóng/mở dựa vào cảm biến ánh sáng, hoặc cho phép người dùng điều khiển từ xa qua điện thoại là rất cần thiết và mang tính ứng dụng cao.

Ngoài ra, việc thực hiện đề tài này còn giúp:

- Áp dụng kiến thức lập trình vi điều khiển ESP32.
- Thực hành kết nối cảm biến, điều khiển động cơ bước.
- Làm quen với nền tảng IoT (Blynk), điều khiển thiết bị qua Internet.
- Nâng cao kỹ năng thiết kế, mô phỏng mạch điện trên phần mềm (Wokwi).
- Tạo ra sản phẩm có thể ứng dụng thực tế trong đời sống.

Chính vì những lý do trên, em đã chọn đề tài "*Điều khiển rèm cửa tự động với ESP32*" để thực hiện, với mong muốn tạo ra một hệ thống tiện lợi, hiện đại, dễ sử dụng và có khả năng mở rộng trong tương lai.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát:

- Thiết kế và xây dựng hệ thống rèm cửa tự động sử dụng vi điều khiển ESP32, có khả năng đóng/mở rèm dựa trên cảm biến ánh sáng hoặc điều khiển thủ công thông qua ứng dụng điện thoại (Blynk).

Mục tiêu cụ thể:

- Tìm hiểu nguyên lý hoạt động và cách điều khiển động cơ bước dùng để kéo rèm cửa.
- Nghiên cứu và sử dụng cảm biến ánh sáng (LDR) để tự động đóng/mở rèm theo cường độ ánh sáng môi trường.
- Thiết kế mạch điều khiển trên phần mềm mô phỏng (Wokwi).
- Lập trình ESP32 kết hợp với cảm biến ánh sáng, động cơ bước và module điều khiển.

- Thiết kế giao diện điều khiển rèm từ xa qua ứng dụng Blynk trên smartphone.
- Thực hiện mô phỏng và kiểm thử hệ thống hoạt động ổn định.
- Đề xuất hướng phát triển, mở rộng cho hệ thống trong thực tế..

3. Phạm vi nghiên cứu

- Nghiên cứu và thực hiện trên mô hình thu nhỏ mô phỏng hoạt động của rèm cửa tự động, không áp dụng trực tiếp trên rèm thật ngoài thực tế.
- Sử dụng vi điều khiển ESP32 làm trung tâm điều khiển chính cho toàn bộ hệ thống.
- Động cơ bước dùng để mô phỏng việc kéo hoặc thả rèm cửa.
- Cảm biến ánh sáng (LDR) có nhiệm vụ phát hiện cường độ ánh sáng môi trường xung quanh, từ đó ra lệnh đóng hoặc mở rèm tự động.
- Điều khiển rèm cửa bằng 2 chế độ:
 - Chế độ tự động: Đóng/Mở rèm dựa vào giá trị ánh sáng thu được từ cảm biến.
 - Chế độ thủ công: Người dùng có thể điều khiển trực tiếp rèm cửa từ xa thông qua ứng dụng Blynk trên điện thoại.
- Phạm vi kết nối điều khiển qua Internet dựa trên nền tảng Blynk.
- Quá trình thiết kế, lập trình và kiểm thử hệ thống được thực hiện trên phần mềm mô phỏng Wokwi.

4. Phương pháp nghiên cứu

4.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết:

- Tìm hiểu và nghiên cứu các tài liệu, sách vở, Internet liên quan đến:
 - Nguyên lý hoạt động của vi điều khiển ESP32.
 - Cách điều khiển động cơ bước.
 - Nguyên lý hoạt động và ứng dụng của cảm biến ánh sáng (LDR).
 - Giải pháp điều khiển thiết bị qua Internet bằng nền tảng Blynk.

4.2. Phương pháp phân tích, thiết kế hệ thống:

- Phân tích yêu cầu thực tế và xây dựng sơ đồ khối hệ thống điều khiển rèm cửa.
- Thiết kế sơ đồ nguyên lý mạch điện.
- Thiết kế lưu đồ giải thuật hoạt động của hệ thống.

4.3. Phương pháp thực nghiệm:

- Thực hiện mô phỏng hệ thống trên phần mềm Wokwi.
- Lập trình cho ESP32 điều khiển hoạt động của rèm cửa dựa trên tín hiệu từ cảm biến ánh sáng hoặc từ lệnh điều khiển qua Blynk.

4.4. Phương pháp kiểm tra và đánh giá:

- Tiến hành kiểm tra hoạt động của hệ thống qua từng chế độ:
 - Chế độ tự động (cảm biến ánh sáng).
 - Chế độ thủ công (điều khiển qua app).
- Đánh giá hiệu quả, độ ổn định và tính chính xác của hệ thống trong quá trình hoạt động.

NỘI DUNG

CHƯƠNG 1: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Giới thiệu về ESP32

ESP32 là một vi điều khiển tích hợp Wi-Fi và Bluetooth do hãng Espressif phát triển. Đây là phiên bản nâng cấp của ESP8266 với nhiều tính năng mạnh mẽ hơn.

- **Đặc điểm nổi bật:**
 - Bộ xử lý lõi kép (dual-core) tốc độ cao.
 - Tích hợp Wi-Fi, Bluetooth 4.2 BLE.
 - Nhiều chân GPIO, hỗ trợ PWM, ADC, SPI, I2C, UART,...
 - Kích thước nhỏ gọn, tiêu thụ điện năng thấp.
- **Ứng dụng:**

ESP32 được sử dụng rộng rãi trong các dự án IoT như nhà thông minh, điều khiển từ xa, thu thập dữ liệu cảm biến, v.v.

1.2. Động cơ bước (Stepper Motor)

Động cơ bước là loại động cơ quay theo từng bước rời rạc, được điều khiển chính xác về vị trí, tốc độ và hướng quay.

- **Nguyên lý hoạt động:**

Dựa trên các cuộn dây được cấp điện lần lượt để tạo từ trường kéo rotor quay từng bước.
- **Ưu điểm:**
 - Điều khiển chính xác vị trí.
 - Không cần encoder phản hồi.
 - Phù hợp với các ứng dụng điều khiển đóng/mở rèm theo góc.
- **Loại sử dụng:**

Trong đề tài, thường dùng động cơ bước 28BYJ-48 kết hợp với driver ULN2003 để điều khiển bằng ESP32.

1.3. Cảm biến ánh sáng (LDR - Light Dependent Resistor)

Cảm biến ánh sáng (quang trở LDR) là linh kiện điện trở thay đổi theo cường độ ánh sáng.

- **Nguyên lý:**

Cường độ ánh sáng càng cao \rightarrow điện trở càng giảm \rightarrow điện áp ra thay đổi \rightarrow ESP32 đọc giá trị qua ADC.
- **Ứng dụng trong đề tài:**

Được sử dụng để tự động kéo rèm khi ánh sáng quá mạnh (ban ngày) hoặc mở rèm khi trời tối.

1.4. Nền tảng Blynk

Blynk là nền tảng IoT cho phép người dùng điều khiển và giám sát các thiết bị từ xa thông qua smartphone.

- **Tính năng chính:**
 - Giao diện kéo – thả dễ dàng qua ứng dụng Blynk.
 - Kết nối thiết bị thông qua Internet.
 - Điều khiển và hiển thị dữ liệu thời gian thực.
- **Ứng dụng trong đề tài:**
Dùng để điều khiển rèm cửa từ xa thông qua nút bấm ảo trên ứng dụng điện thoại.

1.5. Nguyên lý hoạt động hệ thống

Hệ thống hoạt động theo hai chế độ:

- **Chế độ tự động:**
ESP32 đọc giá trị từ cảm biến ánh sáng → nếu ánh sáng vượt ngưỡng cài đặt → điều khiển động cơ bước kéo hoặc thả rèm.
- **Chế độ thủ công:**
Người dùng điều khiển đóng/mở rèm thông qua ứng dụng Blynk trên điện thoại.

CHƯƠNG 2: GIỚI THIỆU CÔNG NGHỆ VÀ LINH KIỆN

1. Wokwi – Công cụ mô phỏng phần cứng trực tuyến

Wokwi là nền tảng mô phỏng Arduino, ESP32, ESP8266... trực tuyến trên trình duyệt, giúp test code và mạch dễ dàng mà không cần phần cứng thật.

Đặc điểm chính:

- Mô phỏng vi điều khiển: ESP32, Arduino,...
- Kéo thả linh kiện: LED, nút nhấn, cảm biến, động cơ...
- Viết và chạy code trực tiếp
- Quan sát tín hiệu Serial, giá trị cảm biến
- Hỗ trợ Wifi, MQTT, Blynk, HTTP,...
- Dễ dàng chia sẻ link mô phỏng

Ứng dụng:

- Thử nghiệm code
- Làm bài tập IOT
- Mô phỏng sản phẩm
- Demo online dễ dàng (1)

2. ESP32 là gì?

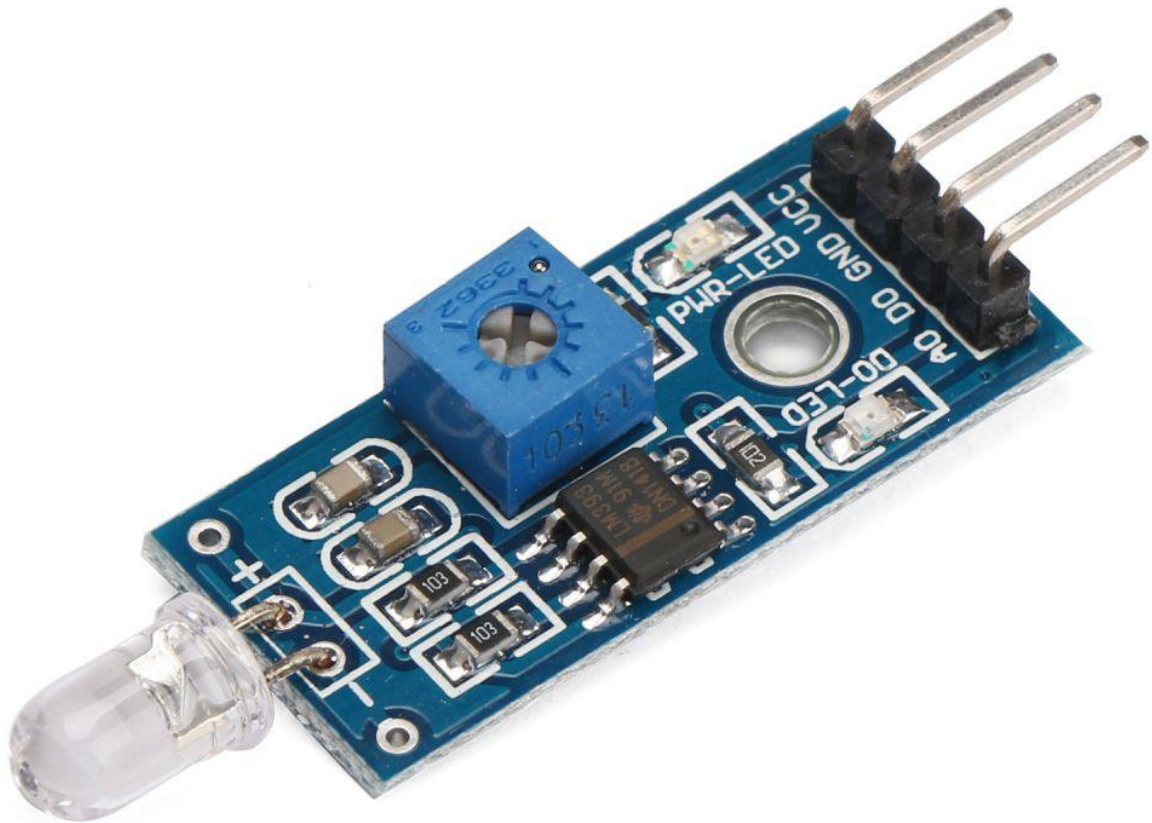


ESP32 là một vi điều khiển (Microcontroller) tích hợp Wifi và Bluetooth, được phát triển bởi hãng Espressif Systems, dùng nhiều trong các ứng dụng IoT (Internet of Things) vì giá rẻ, nhỏ gọn, dễ lập trình.

Tính năng nổi bật:

- Có Wifi + Bluetooth sẵn
- Chip xử lý 2 nhân (Dual Core)
- Nhiều chân GPIO (kết nối cảm biến, relay,...)
- Tiết kiệm năng lượng
- Lập trình bằng Arduino IDE, ESP-IDF dễ dàng (2)

3. Cảm biến ánh sáng



Thiết bị cảm biến ánh sáng là một thiết bị cảm biến quang điện thông minh. Chúng có thể chuyển đổi ánh sáng trở thành dạng tín hiệu điện nhờ vào thiết kế mắt cảm biến được gắn trên thiết bị này. Qua đó sẽ dễ dàng nhận biết được những biến đổi trong môi trường và từ đó điều chỉnh ánh sáng phát ra.

Ngoài tên gọi là cảm biến ánh sáng thì không ít kỹ sư, người trong ngành cũng gọi thiết bị này là thiết bị quang điện hay cảm biến ảnh. Nguyên nhân là do chúng sẽ chuyển năng lượng từ ánh sáng (photon) trở thành các năng lượng điện (electron)

Ưu và nhược điểm của thiết bị cảm biến ánh sáng

Ưu điểm:

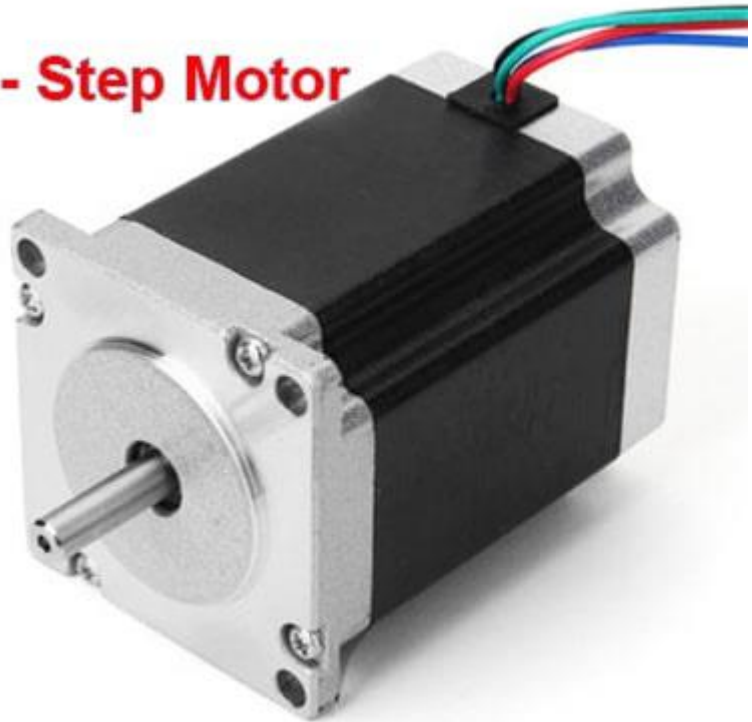
- Là thiết bị có thiết kế nhỏ gọn, thông minh, hiện đại.
- Cảm biến ánh sáng có chức năng bật/ tắt đèn tự động nhờ vào khả năng nhận biết các tín hiệu thay đổi của môi trường.
- Có khả năng tiết kiệm điện tối ưu.
- Tiện ích cho các môi trường nhà ở, công ty, doanh nghiệp,..
- Dùng được trong nhiều nơi mà không cần lo lắng phải bật/ tắt công tắc điện như các thiết bị thông thường.

Nhược điểm:

Vì tính nhạy của cảm biến ánh sáng khó dùng được ở nơi xuất hiện quá nhiều nguồn sáng hay thường xuyên có vật thể chuyển động. Đây là nhược điểm nhỏ của thiết bị tiện ích này. (3)

4. Động cơ bước

Động cơ bước - Step Motor



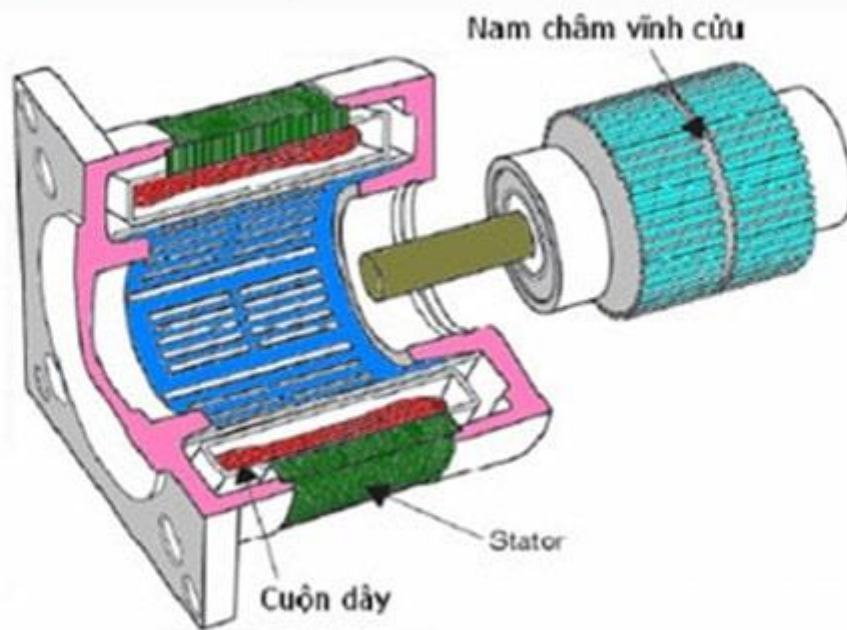
Động cơ bước hay còn gọi là **Step Motor** là một loại động cơ chạy bằng điện có nguyên lý và ứng dụng khác biệt với đa số các động cơ điện thông thường. Chúng thực chất là một động cơ đồng bộ dùng để biến đổi các tín hiệu điều khiển dưới dạng các xung điện rời rạc kế tiếp nhau thành các chuyển động góc quay hoặc các chuyển động của rôto có khả năng cố định rôto vào các vị trí cần thiết.

Cấu tạo của một động cơ bước.

Step Motor có cấu tạo như sau:

- 1 Rotor là một dãy các lá nam châm vĩnh cửu được xếp chồng lên nhau một cách cẩn thận. Trên các lá nam châm này lại chia thành các cặp cực xếp đối xứng nhau.
- Stato được tạo bằng sắt từ được chia thành các rãnh để đặt cuộn dây. (4)

Cấu tạo động cơ bước - Step Motor



Cách hoạt động.

Động cơ bước không quay theo cơ chế thông thường, Step motor quay theo từng bước một nên nó có độ chính xác cao về mặt điều khiển học.

Chúng làm việc nhờ các bộ chuyển mạch điện tử. Các mạch điện tử sẽ đưa các tín hiệu của lệnh điều khiển vào stato theo thứ tự và một tần số nhất định.

Tổng số góc quay của rotor tương ứng với số lần chuyển mạch, cũng như chiều quay và tốc độ quay của rotor phụ thuộc vào thứ tự chuyển đổi và tần số chuyển đổi.

Ưu điểm của động cơ bước – Step Motor.

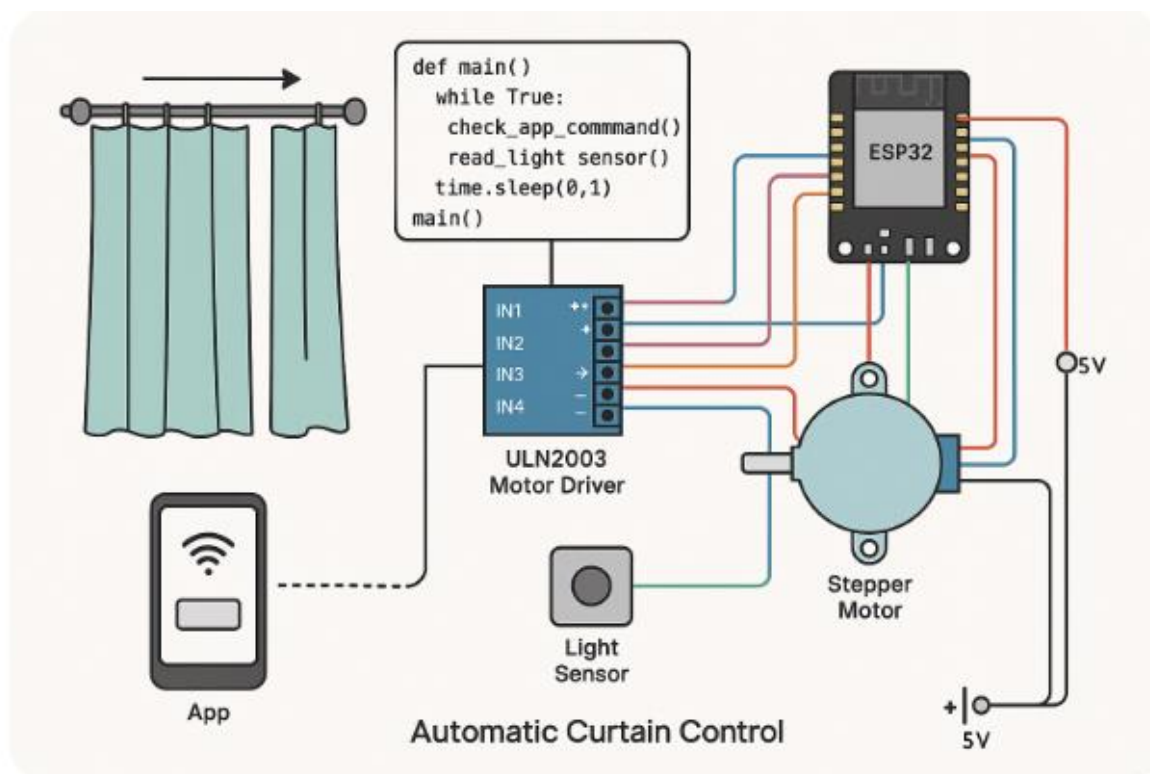
- Step Motor có ưu điểm là khả năng cung cấp moment xoắn cực lớn ở dải vận tốc thấp và trung bình.
- **Một động cơ bước** trên thị trường khá bền, giá thành cũng tương đối thấp.
- Việc thay thế cũng khá dễ dàng.
- Không nên dùng *Step Motor* cho các thiết bị đòi hỏi tốc độ cao.

Nhược điểm.

- Step Motor hay xảy ra có hiện tượng bị trượt bước. Lí do bởi vì lực từ yếu hay nguồn điện cấp vào không đủ.
- Khi hoạt động thì Step Motor thường gây ra tiếng ồn và có hiện tượng nóng dần. Với những Step Motor thế hệ mới thì việc độ ồn và nóng của động cơ giảm đáng kể.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG

1. Sơ đồ điều khiển rèm cửa tự động với ESP32



2. Phần cứng

- **ESP32:** Vi điều khiển chính, tích hợp Wi-Fi để kết nối Internet và điều khiển qua ứng dụng Blynk.
- **Động cơ bước (Step Motor) + Driver ULN2003:** Dùng để điều khiển chuyển động rèm cửa (mở/đóng). Động cơ bước 28BYJ-48 (5V) là lựa chọn phổ biến.
- **Cảm biến ánh sáng (LDR - Photoresistor):** Dùng để đo cường độ ánh sáng, tự động mở/đóng rèm dựa trên ánh sáng môi trường.
- **Mô-đun Wi-Fi:** Được tích hợp sẵn trong ESP32, dùng để kết nối Internet và giao tiếp với Blynk.
- **Nguồn cung cấp:** ESP32 cần nguồn 3.3V cho hoạt động, nhưng động cơ bước cần 5V (dùng VIN của ESP32).
- **OLED SSD1306:** Hiển thị trạng thái rèm (mở/đóng) và giá trị ánh sáng từ LDR.

3. Phần mềm

- **PlatformIO:** Môi trường phát triển để lập trình ESP32.
- **Blynk:** Dùng để điều khiển rèm từ xa qua Internet và gửi thông báo trạng thái rèm (mở/đóng).

4. Cài đặt và lập trình

Kết nối phần cứng

A. Kết nối động cơ bước (thông qua ULN2003) với ESP32:

- Động cơ bước 28BYJ-48 được điều khiển qua driver ULN2003.
- Kết nối như sau:

Thiết bị ULN2003	Chân ESP32
VCC	VIN (5V)
GND	GND
IN1	GPIO 26
IN2	GPIO 27
IN3	GPIO 28
IN4	GPIO 29

- Động cơ bước 28BYJ-48 được kết nối với các chân OUT1, OUT2, OUT3, OUT4 của ULN2003.

B. Kết nối cảm biến ánh sáng (LDR) với ESP32:

- LDR được nối với một điện trở 10kΩ để tạo mạch phân áp.

Thiết bị LDR Chân ESP32

Một chân LDR 3V3

Chân còn lại GPIO 34

Điện trở 10kΩ Từ GPIO 34 đến GND

C. Kết nối OLED SSD1306 với ESP32:

- OLED sử dụng giao tiếp I2C.

Thiết bị OLED SSD1306	Chân ESP 32
VCC	3V3
GND	GND
SCL	GPIO 22
SDA	GPIO 21

Chương trình: Hệ thống điều khiển rèm cửa tự động với ESP32

• Chức năng:

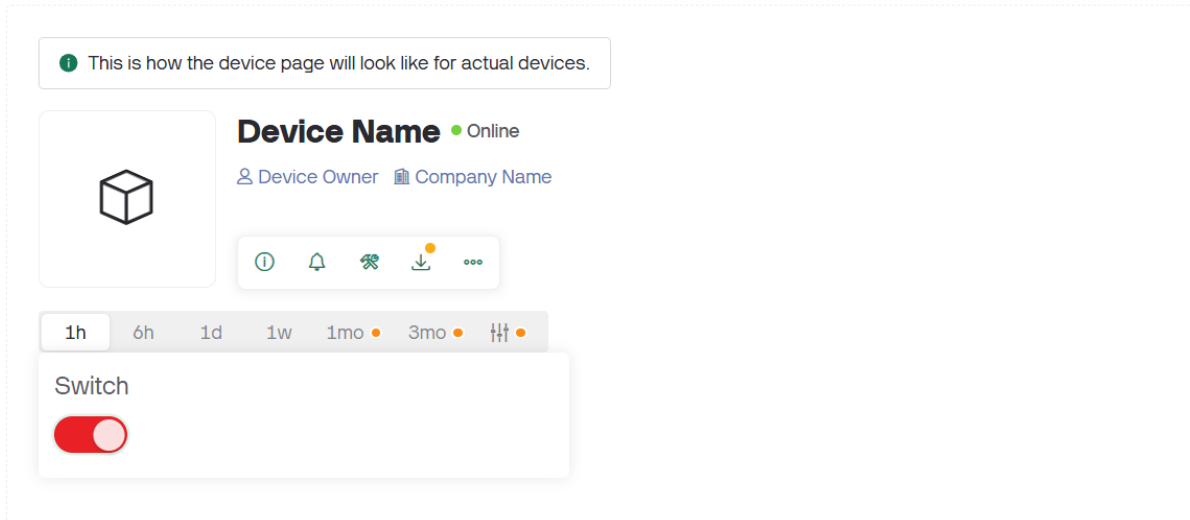
- **Tự động:** Dựa trên cảm biến ánh sáng (LDR), rèm mở khi ánh sáng mạnh (giá trị LDR > ngưỡng) và đóng khi ánh sáng yếu.
- **Thủ công qua Blynk:** Người dùng có thể mở/đóng rèm từ xa qua ứng dụng Blynk.
- **Hiển thị trạng thái:** OLED hiển thị trạng thái rèm (mở/đóng) và giá trị ánh sáng.

- **Thông báo qua Blynk:** Gửi trạng thái rèm (mở/đóng) lên Blynk.
- **Hành vi rèm:** Khi mở, rèm giữ trạng thái mở trong 3 giây trước khi có thể đóng lại (hoặc ngược lại).



REM ESP32

Web Dashboard



TỔNG KẾT

1. Kết luận

Hệ thống điều khiển rèm cửa tự động với ESP32 đã được thiết kế và mô phỏng thành công, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu đặt ra, đồng thời thể hiện tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực tự động hóa nhà thông minh. Dự án đã được triển khai một cách bài bản, từ việc xây dựng nền tảng lý thuyết, lựa chọn công nghệ và linh kiện phù hợp, đến thiết kế và kiểm tra hệ thống, mang lại một giải pháp hiệu quả, tiện lợi và tiết kiệm chi phí.

Về mặt **tự động hóa**, hệ thống sử dụng cảm biến ánh sáng LDR để đo cường độ ánh sáng môi trường, từ đó tự động điều khiển động cơ bước mở hoặc đóng rèm dựa trên ngưỡng ánh sáng cài đặt sẵn. Điều này giúp rèm hoạt động thông minh, tự động mở khi ánh sáng mạnh (ban ngày) và đóng lại khi ánh sáng yếu (ban đêm), mang lại sự tiện nghi và tiết kiệm năng lượng cho người dùng.

Về khả năng **điều khiển từ xa**, hệ thống tích hợp nền tảng Blynk, cho phép người dùng dễ dàng mở hoặc đóng rèm thông qua ứng dụng trên smartphone từ bất kỳ đâu, miễn là có kết nối Internet. Ngoài ra, Blynk còn hỗ trợ gửi thông báo thời gian thực về trạng thái rèm (mở/đóng) đến người dùng, giúp họ luôn nắm bắt được tình trạng hệ thống, ngay cả khi không có mặt tại nhà.

Về **hiển thị trạng thái**, hệ thống được trang bị màn hình OLED SSD1306, cung cấp một giao diện trực quan để người dùng theo dõi trạng thái rèm (mở/đóng) và giá trị ánh sáng từ cảm biến LDR. Điều này không chỉ giúp tăng tính tương tác mà còn hỗ trợ việc kiểm tra và vận hành hệ thống một cách trực quan và hiệu quả.

Về mặt **mô phỏng**, công cụ Wokwi đã đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm tra và phát triển hệ thống trước khi triển khai trên phần cứng thực tế. Wokwi cho phép mô phỏng toàn bộ hoạt động của ESP32, động cơ bước, cảm biến ánh sáng và OLED, giúp phát hiện và khắc phục lỗi một cách nhanh chóng, tiết kiệm thời gian và chi phí trong giai đoạn phát triển ban đầu.

Dự án này không chỉ mang tính ứng dụng cao trong việc tự động hóa nhà thông minh, góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống, mà còn mở ra nhiều hướng phát triển tiềm năng. Hệ thống có thể dễ dàng được mở rộng với các tính năng bổ sung như tích hợp cảm biến nhiệt độ để điều chỉnh rèm theo thời tiết, thiết lập lịch trình thời gian để rèm hoạt động theo giờ cố định, hoặc kết hợp với các trợ lý ảo để hỗ trợ điều khiển bằng giọng nói. Những khả năng này không chỉ tăng tính tiện ích mà còn mở rộng phạm vi ứng dụng của hệ thống trong các không gian sống hiện đại, từ nhà ở, văn phòng, đến các khu vực công cộng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://docs.wokwi.com/>
- [2] <https://docs.arduino.cc/hardware/esp32>
- [3] <https://ctisupply.vn/cam-bien-anh-sang/>
- [4] <https://hancatemc.com/dong-co-buoc-la-gi-cau-tao-cua-dong-co-step.html>