

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM**

---o0o---



**BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN  
THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG**

**Đề tài: Thiết kế hệ thống nhúng sử dụng mạch ESP32 để tự động điều khiển motor xi-lanh đóng/mở cửa sổ khi trời mưa, có tích hợp báo cháy và báo trộm thông qua cảm biến và gửi tin nhắn thông báo bằng Module SIM**

**Giảng viên: Nguyễn Phan Hải Phú**

**Lớp: L02\_Nhóm: 05**

<b>SVTH:</b>	<b>Nguyễn Ngọc Khanh</b>	<b>2111474</b>
	<b>Nguyễn Phạm Gia Phát</b>	<b>2111981</b>
	<b>Hùng Nguyễn Vũ</b>	<b>2112663</b>

**TP.HCM, ngày 04 tháng 12 năm 2023**

# MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU.....	1
1. GIỚI THIỆU .....	2
1.1. TỔNG QUAN .....	2
1.1.1. Hệ thống vận hành .....	2
1.1.2. Tiềm ích sử dụng .....	2
1.1.3. Kết quả dự kiến .....	3
1.1.4. Ý nghĩa đề tài.....	3
1.2. NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI .....	4
1.3. BẢNG PHÂN CÔNG.....	4
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT .....	5
2.1. NGUỒN CẤP .....	5
2.2. VI ĐIỀU KHIỂN ESP32.....	5
2.3. MẠCH L298N .....	3
2.4. CẢM BIẾN .....	7
2.5. CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ KHÁC .....	12
3. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN CỨNG .....	15
3.1. YÊU CẦU THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG .....	15
3.2. VẤN ĐỀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG.....	19
3.3. SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG NHÚNG.....	20
3.4. MÔ PHỎNG BẰNG PROTEUS.....	21
4. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN MỀM .....	22
5. THỰC NGHIỆM.....	23
5.1. LẮP RÁP SẢN PHẨM.....	23
5.2. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM .....	23
6. KẾT LUẬN.....	25
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	26

## LỜI MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh ngày nay, sự tiện lợi và an toàn trong quản lý không gian sống đã trở thành một yếu tố quan trọng. Đồng thời, việc ứng dụng công nghệ nhúng mạnh mẽ trong các hệ thống tự động hóa là xu hướng không thể phủ nhận. Dựa trên nhận thức này, nhóm chúng em xin trình bày đề tài "Thiết kế hệ thống nhúng sử dụng mạch ESP32 điều khiển motor xi-lanh đóng/mở cửa sổ khi trời mưa, tích hợp báo cháy và báo trộm thông qua cảm biến và Module SIM".

Nhóm đã lựa chọn đề tài này vì nó không chỉ đáp ứng nhu cầu cụ thể của cuộc sống hàng ngày mà còn mang lại giải pháp đa nhiệm, tích hợp nhiều tính năng quan trọng. Việc tự động hóa việc mở đóng cửa sổ dựa trên dữ liệu thời tiết giúp tối ưu hóa điều kiện môi trường bên trong ngôi nhà. Đồng thời, tích hợp báo cháy và báo trộm giúp tăng cường an ninh và bảo vệ người dùng khỏi nguy cơ tiềm ẩn. Nhóm tin rằng việc nghiên cứu và phát triển hệ thống này không chỉ mang lại hiểu biết sâu sắc về ứng dụng của mạch ESP32 và các cảm biến môi trường, mà còn giúp chúng em áp dụng kiến thức lý thuyết vào thực tế một cách sáng tạo và hiệu quả.

Qua đó, chúng em xin được bày tỏ lòng biết ơn đến Thầy Nguyễn Phan Hải Phú, người đã chú ý và hỗ trợ nhóm trong quá trình nghiên cứu và phát triển đề tài này. Thầy là nguồn động viên quan trọng, giúp chúng em hiểu rõ hơn về tầm quan trọng của việc kết hợp các công nghệ nhúng để tạo ra các hệ thống thông minh, an toàn và hiệu quả. Chúng em tin rằng sự hướng dẫn của Thầy sẽ giúp đỡ chúng em không chỉ trong quá trình thực hiện đề tài mà còn trong việc xây dựng kỹ năng nghiên cứu và ứng dụng kiến thức vào thực tế. Chúng em sẽ cố gắng hết sức để đạt được những kết quả tốt nhất và hy vọng rằng đề tài này sẽ mang lại giá trị thực tiễn trong lĩnh vực tự động hóa và an ninh trong các không gian sống.

Một lần nữa, chúng em xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ và dạy dỗ tận tâm của thầy.

**GVHD**

*(Ký và ghi rõ họ tên)*

**SVTH**

*(Ký và ghi rõ họ tên)*

# **1. GIỚI THIỆU**

## **1.1. TỔNG QUAN**

Hệ thống được thiết kế sử dụng mạch ESP32 để tự động điều khiển motor xi-lanh mở/đóng cửa sổ dựa trên dữ liệu thời tiết (độ ẩm). Đồng thời, hệ thống tích hợp cảm biến báo cháy và cảm biến báo trộm, kết hợp với module sim để gửi thông báo tức thì về tình trạng hiện tại.

### **1.1.1. Hệ thống vận hành**

#### **a. Điều khiển cửa sổ**

- Cảm biến độ ẩm thu thập thông tin về mưa.
- Nếu có mưa (độ ẩm cao), mạch ESP32 đọc dữ liệu từ cảm biến rồi kích hoạt motor xi-lanh để đóng cửa sổ, ngăn nước mưa tạt vào nhà.
- Khi nắng hoặc tạnh mưa (độ ẩm ổn định), cửa sổ tự động mở để tối ưu hóa thoáng khí và ánh sáng.

#### **b. Báo cháy và báo trộm**

- Cảm biến báo cháy và báo trộm theo dõi tình trạng an ninh và an toàn trong không gian.
- Nếu phát hiện cháy hoặc hoạt động động tạt, hệ thống kích hoạt module sim để gửi thông báo cảnh báo đến người dùng. Có thể thêm còi để báo động.

### **1.1.2. Tiện ích sử dụng**

#### **a. Tự động hóa và tiện ích**

- Giải pháp tự động hóa giúp tiết kiệm công sức và tăng tiện ích cho người sử dụng.
- Mở/đóng cửa sổ tự động dựa trên thời tiết tối ưu hóa môi trường sống.

#### **b. An toàn và bảo mật**

- Tích hợp cảm biến báo cháy và báo trộm đảm bảo sự an toàn và bảo mật cho ngôi nhà.
- Thông báo tức thì qua module sim giúp người dùng phản ứng nhanh chóng đối với tình huống khẩn cấp.

#### **c. Hiệu suất năng lượng**

- Tối ưu hóa việc sử dụng ánh sáng tự nhiên và thoáng khí, giúp giảm tiêu thụ năng lượng.

### **1.1.3. Kết quả dự kiến**

#### **a. Điều khiển cửa sổ**

- Hệ thống có khả năng chính xác trong việc đóng/mở cửa sổ dựa trên dữ liệu thời tiết.
- Tự động hóa quá trình quản lý không gian sống, tối ưu hóa thoáng khí và ánh sáng.

#### **b. Báo cháy và báo trộm**

- Cảm biến báo cháy và báo trộm đạt hiệu suất cao trong việc phát hiện tình trạng an ninh và an toàn.
- Module sim thực hiện gửi thông báo cảnh báo một cách đáng tin cậy và hiệu quả.

### **1.1.4. Ý nghĩa đề tài**

#### **a. Ứng dụng thực tế**

- Hệ thống có thể áp dụng rộng rãi trong các ngôi nhà và công trình để tối ưu hóa quản lý môi trường sống.

#### **b. Tiết kiệm năng lượng**

- Tự động hóa việc sử dụng ánh sáng và thoáng khí giúp giảm tiêu thụ năng lượng không cần thiết.

#### **b. An toàn và bảo mật**

- Tích hợp báo cháy và báo trộm cung cấp lớp an ninh cao, bảo vệ tài sản và người dùng.

#### **d. Nghiên cứu và phát triển công nghệ**

- Đề tài thể hiện sức mạnh của việc kết hợp các công nghệ nhúng để giải quyết các thách thức thực tế.
- Đóng góp vào lĩnh vực nghiên cứu về tự động hóa và an toàn nhà thông minh.

#### **e. Giáo dục và học hỏi**

- Cung cấp một dự án thực hành cho sinh viên về ứng dụng của mạch ESP32 và các cảm biến trong hệ thống nhúng.
- Nâng cao kỹ năng nghiên cứu và thiết kế hệ thống nhúng thông minh.

#### **f. Xu hướng công nghiệp**

- Đề tài phản ánh xu hướng tích hợp các chức năng đa dạng trong các hệ thống nhúng, đặc biệt là trong lĩnh vực nhà thông minh và an toàn.

Tóm lại, đề tài không chỉ hứa hẹn mang lại các kết quả kỹ thuật xuất sắc mà còn có ý nghĩa lớn trong việc cải thiện chất lượng cuộc sống và áp dụng công nghệ nhúng vào thực tế. Không chỉ đáp ứng nhu cầu thiết yếu hàng ngày mà còn mang lại những lợi ích to lớn về sự an toàn, bảo mật và hiệu suất năng lượng. Đồng thời, phản ánh sự kết hợp sáng tạo của công nghệ nhúng trong việc giải quyết các vấn đề thực tế trong tương lai.

## 1.2. NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

Nội dung 1: Nghiên cứu và mô phỏng

- Tìm hiểu các linh kiện, nguyên lý hoạt động.
- Mô phỏng bằng phần mềm, nạp code để hệ thống vận hành.

Nội dung 2: Lắp ráp và thực nghiệm

- Lắp ráp, hoàn thành sản phẩm.
- Thực nghiệm và viết báo cáo.

## 1.3. BẢNG PHÂN CÔNG

STT	PHÂN CÔNG	Phát	Khanh	Vũ	%
1	Cơ sở lý thuyết	X		X	100%
2	Yêu cầu thiết kế hệ thống nhúng	X	X	X	100%
3	Vấn đề thiết kế hệ thống nhúng	X	X	X	100%
4	Sơ đồ khối hệ thống nhúng	X	X		100%
5	Mô phỏng bằng Proteus		X	X	100%
6	Sơ đồ lưu thuật			X	100%
7	Code		X		100%
8	Lắp ráp sản phẩm	X	X	X	100%
9	Làm Word và Powerpoint	X			100%
10	Thuyết trình	X	X	X	100%

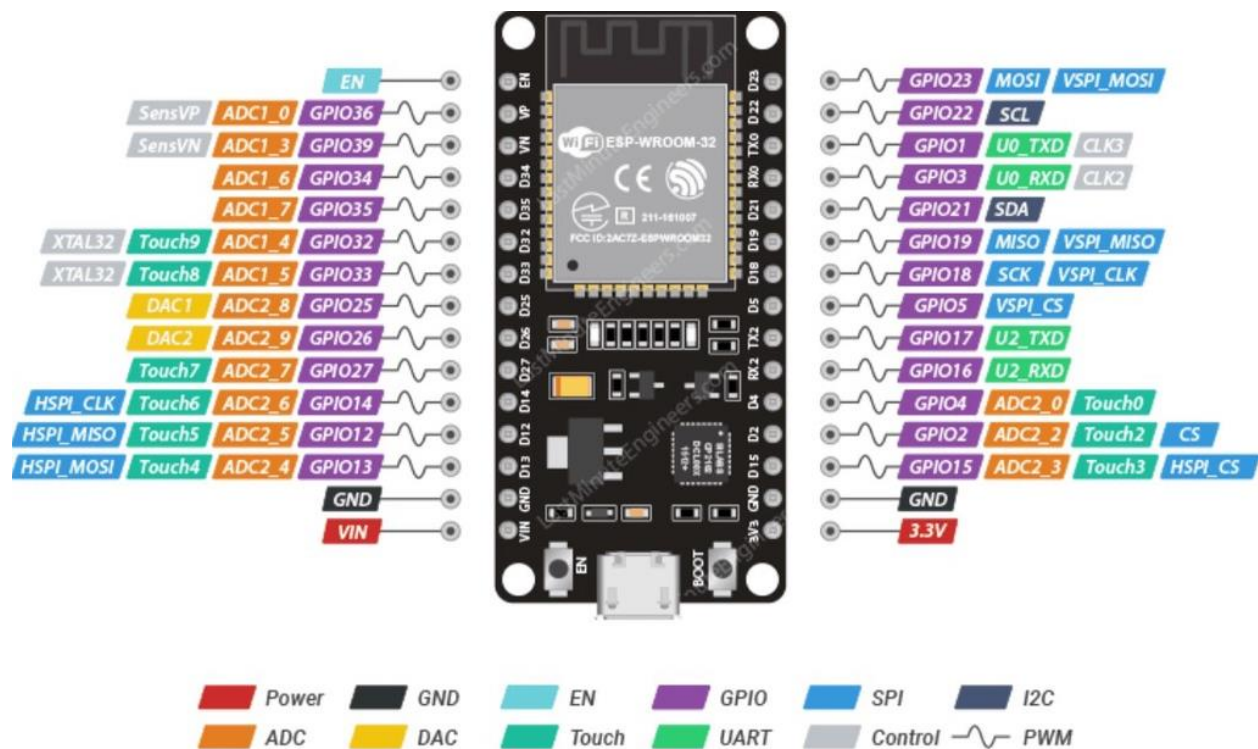
## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1. NGUỒN CẤP

- Dùng nguồn 5V máy tính để cấp điện cho mạch ESP32 và cho các linh kiện cần thiết trong hệ thống. Có thể thay thế bằng pin.
- Nguồn tổ ong 12V vận hành motor xi-lanh để đóng/mở cửa sổ.
- Nguồn PIN 3.7VDC cấp nguồn cho Module SIM800L.

### 2.2. VI ĐIỀU KHIỂN ESP32

#### a. Sơ đồ chân



Hình 1. Vi điều khiển ESP32

#### b. Các chân ESP32

##### 1. Chân nguồn

+ Vin

+ 3.3V

##### 2. Chân GND

##### 3. Chân ENABLE

#### 4. Các chân GPIO

+ GPIO1	+ GPIO12	+ GPIO17	+ GPIO23	+ GPIO33
+ GPIO2	+ GPIO13	+ GPIO18	+ GPIO25	+ GPIO34
+ GPIO3	+ GPIO14	+ GPIO19	+ GPIO26	+ GPIO35
+ GPIO4	+ GPIO15	+ GPIO21	+ GPIO27	+ GPIO36
+ GPIO5	+ GPIO16	+ GPIO22	+ GPIO32	+ GPIO39

#### 5. Analog to Digital Converter (ADC)

+ ADC1_CH0 (GPIO 36)	+ ADC1_CH7 (GPIO 35)	+ ADC2_CH5 (GPIO 12)
+ ADC1_CH3 (GPIO 39)	+ ADC2_CH0 (GPIO 4)	+ ADC2_CH6 (GPIO 14)
+ ADC1_CH4 (GPIO 32)	+ ADC2_CH2 (GPIO 2)	+ ADC2_CH7 (GPIO 27)
+ ADC1_CH5 (GPIO 33)	+ ADC2_CH3 (GPIO 15)	+ ADC2_CH8 (GPIO 25)
+ ADC1_CH6 (GPIO 34)	+ ADC2_CH4 (GPIO 13)	+ ADC2_CH9 (GPIO 26)

#### 6. Digital to Analog Converter (DAC)

+ DAC1 (GPIO25)

+ DAC2 (GPIO26)

#### 7. Chân I2C

+ GPIO 21 (SDA)

+ GPIO 22 (SCL)

#### 8. Chân SPI

+ VSPI\_MOSI (GPIO23)

+ HSPI\_MOSI (GPIO13)

+ VSPI\_MISO (GPIO19)

+ HSPI\_MISO (GPIO12)

+ VSPI\_CLK (GPIO18)

+ HSPI\_CLK (GPIO14)

+ VSPI\_CS (GPIO5)

+ HSPI\_CS (GPIO15)

#### 9. Chân UART

+ U0\_TXD (GPIO1)

+ U0\_RXD (GPIO3)

+ U2\_RXD (GPIO16)

+ U2\_TXD (GPIO17)

#### c. Thông số kỹ thuật



## 1. CPU

- Có 32 bit.
- Tốc độ xử lý 160MHz - 240 MHz.
- Tốc độ xung nhịp đọc flash chip 40MHz - 80MHz (tùy chỉnh khi lập trình).
- ROM: 448 Kbyte ROM.
- 4MB external FLASH.
- RAM: 520 KByte SRAM, 520 KB SRAM liền chip (trong đó 8 KB RAM RTC tốc độ cao - 8 KB RAM RTC tốc độ thấp (dùng ở chế độ Deep Sleep)).

## 2. Ngoại vi

- 18 kênh bộ chuyển đổi Analog-to-Digital (ADC), 3xSPI, 3xUART, 2xI2C, 16 kênh đầu ra PWM, 2 Bộ chuyển đổi Digital-to- Analog (DAC),  $2 \times$  I2S, 10 GPIO cảm biến điện dung.

- Các tính năng ADC và DAC được gán cho các chân cố định. Tuy nhiên, ta có thể quyết định các chân nào là UART, I2C, SPI, PWM,... chúng ta chỉ cần khai báo trong code. Điều này có thể thực hiện được do tính năng ghép kênh của chip ESP32.

VD: Các chân từ 34 - 39 là Input Only Pins nên không thể cấu hình chúng là Output.

## 3. Ultra - Low Power

- Sleep Mode: là trạng thái ESP32 tiết kiệm năng lượng của ESP32 khi không sử dụng. Năng lượng chỉ đủ truyền cho RAM để lưu trữ dữ liệu.

- Chế độ hoạt động: Tất cả tính năng hoạt động. Dòng chip yêu cầu là 240mA, đôi khi nếu sử dụng cả Bluetooth và wifi có thể lên tới 790mA.

- Light Sleep : Tắt hết Wifi, BLE, RAM và CPU được định mức clock, dòng tiêu thụ  $\sim 0.8\text{mA}$ .

- Deep Sleep : Ở chế độ ngủ sâu, CPU, hầu hết RAM và tất cả ngoại vi bị tắt. Các phần của chip vẫn được bật là: bộ điều khiển RTC, ngoại vi RTC ( bộ đồng xử lý ULP) và RTC memories. Dòng tiêu thụ  $154\text{A}$   $0.15\text{mA}$ .

- Hibernate: Mọi thứ khác đều bị tắt ngoại trừ chỉ một bộ đếm thời gian RTC và một số GPIO RTC đang hoạt động. Chúng chịu trách nhiệm đánh thức chip khỏi Hibernate.

## 4. Wifi

- 802.11 b/g/n/e/i (Wi-Fi 2,4 GHz).

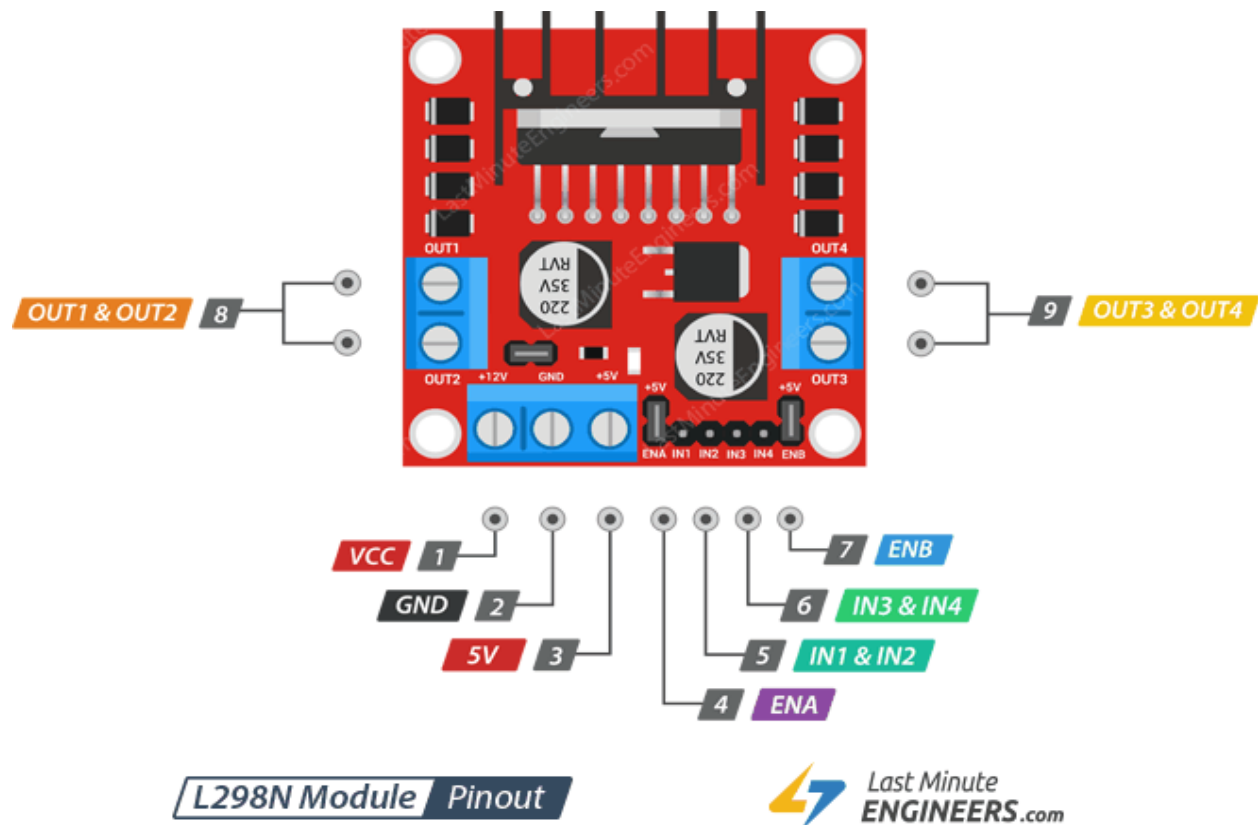
- Station mode (STA hay Wi-Fi client). ESP32 sẽ kết nối tới các điểm truy cập.
  - Hoạt động như một điểm truy cập (Access Point mode hay Soft-AP). Nó giống như trung tâm của mọi thông tin liên lạc. Các Station sẽ kết nối tới ESP32 (lúc này là Access-Point).
  - AP-STA mode ESP32 sẽ đồng thời là điểm truy cập và truy cập đến điểm khác.
  - Các chế độ bảo mật khác nhau cho những điều trên (WPA, WPA2, WEP...).
- Lưu ý: Không thể sử dụng chân ADC2 khi sử dụng Wi-Fi.

## 5. Bluetooth

- Bluetooth: v4.2 BR/EDR và BLE.
- Việc hỗ trợ cả bluetooth khiến ESP32 có thể tương tác với các thiết bị như là bàn phím, chuột, điện thoại khi mà không có Wi-Fi. Bạn có thể tùy biến chức năng là BLE hay Bluetooth Classic tùy theo chức năng, tốc độ, năng lượng mà project cần đáp ứng.

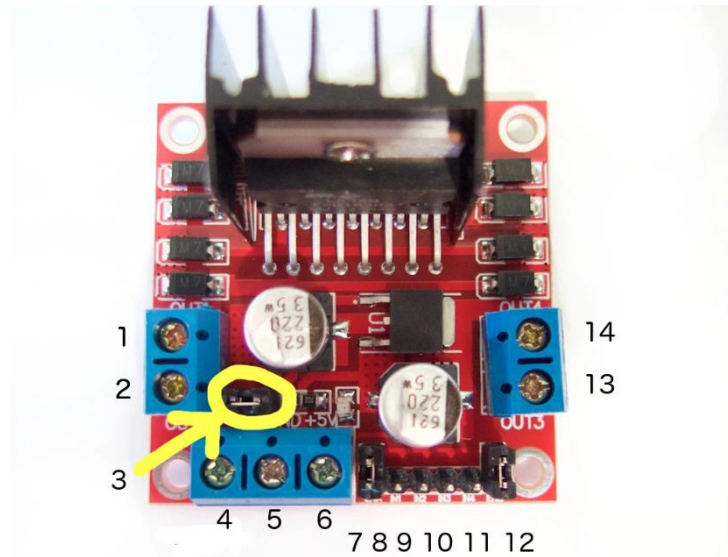
### 2.3. MẠCH L298N

#### a. Mạch L298N



Hình 2. Mạch L298N

b. Các chân của mạch L298N



Hình 3. Các chân của mạch L298N

1. DC Motor 1 “+” hoặc Stepper Motor A<sup>+</sup>
2. DC Motor 1 “-” hoặc Stepper Motor A<sup>-</sup>
3. 12V Jumper - tháo Jumper ra nếu sử dụng nguồn trên 12V. Jumper này dùng để cấp nguồn cho IC ổn áp tạo ra nguồn 5V.
4. Cắm dây nguồn cung cấp điện áp cho motor vào đây từ 7V đến 35V.
5. Cắm chân GND của nguồn.
6. Ngõ ra nguồn 5V để nuôi các mạch khác, nếu Jumper đầu vào không rút ra.
7. ĐK thì ta rút Jumper ra và cắm chân PWM vào đây. Giữ nguyên khi dùng với động cơ bước.
8. IN1
9. IN2
10. IN3
11. IN4
12. Chân Enable của Motor 2, chân này dùng để cấp xung PWM cho Motor. Nếu dùng VDK thì ta rút Jumper ra và cắm chân PWM vào đây. Giữ nguyên khi dùng với động cơ bước.
13. DC motor 2 “+” hoặc stepper motor B<sup>+</sup>
14. DC motor 2 “-” hoặc stepper motor B<sup>-</sup>

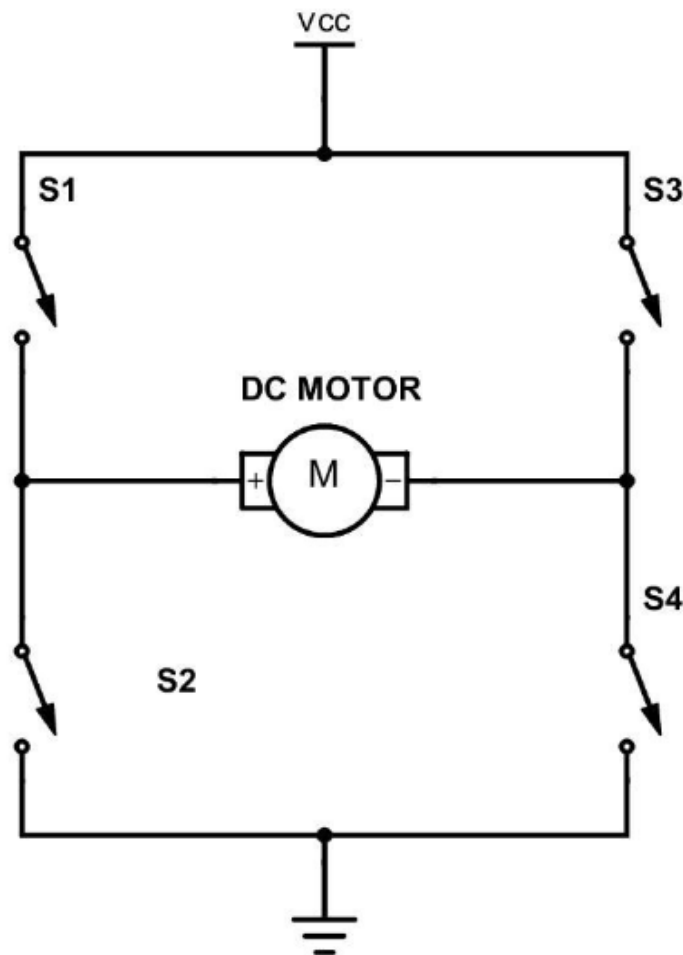
c. Thông số kỹ thuật

- Driver: L298N tích hợp 2 mạch cầu H để điều khiển 2 động cơ.
- Dòng tối đa cho mỗi cầu H đến motor là:  $\sim 2\text{ A}$ .
- Điện áp điều khiển:  $5\text{V} \sim 12\text{V}$ .
- Mức điện áp logic: LOW từ  $0.3 - 1.5\text{V}$ , HIGH từ  $2.3 - V_{ss}$ .
- Công suất tối đa:  $25\text{W}$ .
- Kích thước:  $43 \times 43 \times 27\text{mm}$ .

d. Nguyên lý hoạt động

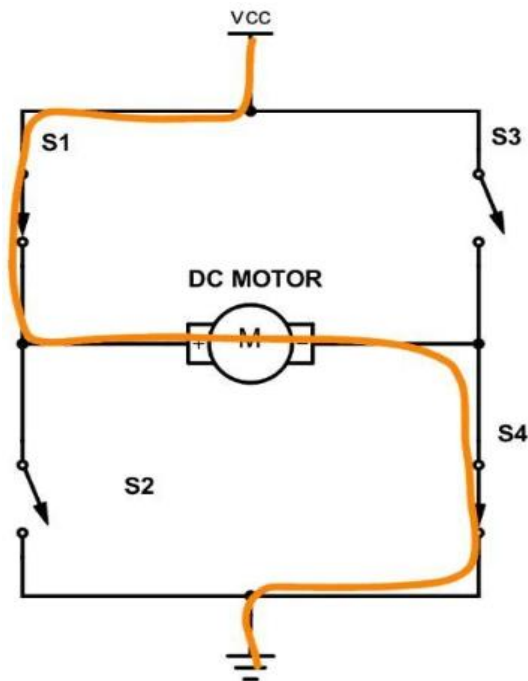
- Mạch cầu H là một mạch đơn giản dùng để điều khiển động cơ DC quay thuận hoặc quay nghịch. Một động cơ DC có thể quay thuận hoặc quay nghịch tùy thuộc vào cách mắc cực âm và dương cho motor đó.

- Mô hình mạch cầu H:



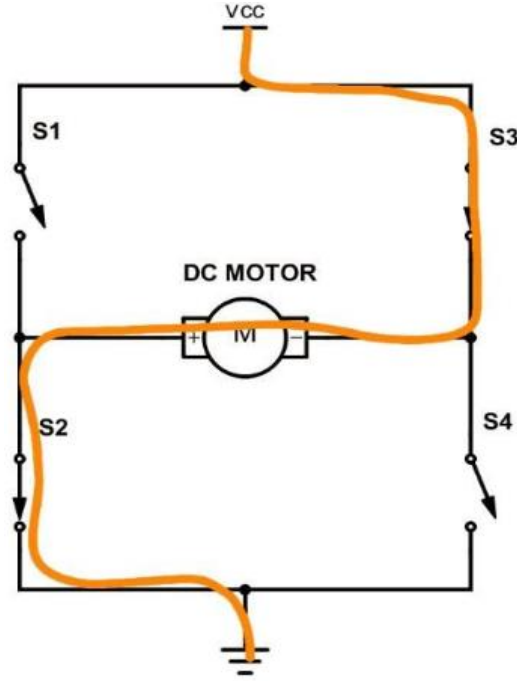
Hình 4. Mô hình mạch cầu H

- Động cơ quay theo chiều thuận khi ta đóng khóa S1 và S4:



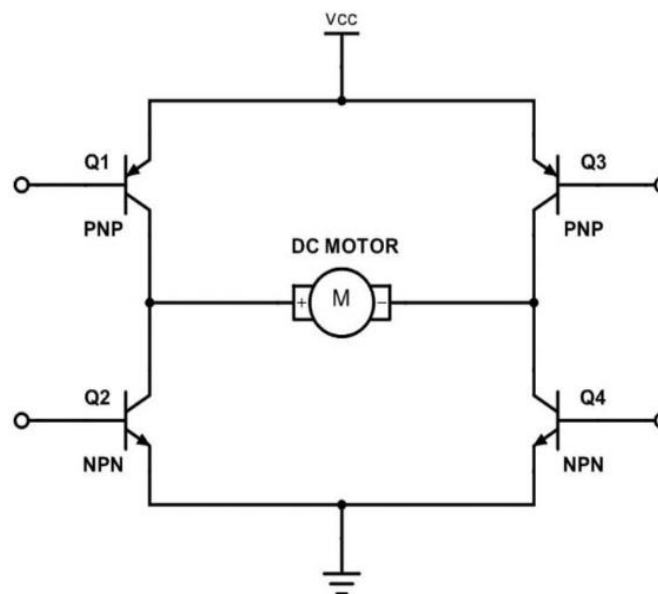
Hình 5. Động cơ quay chiều thuận

- Động cơ quay theo chiều nghịch khi ta đóng khóa S2 và S3:



Hình 6. Động cơ quay chiều nghịch

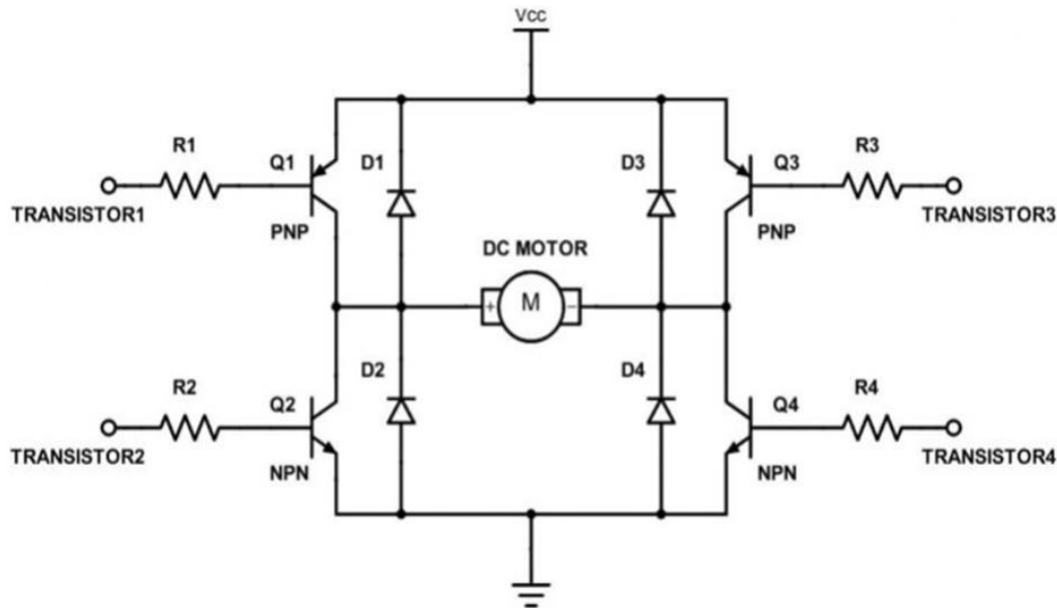
- Ta có thể dùng các BJT để làm các khóa đóng mở mạch cầu H như sau:



Hình 7. Dùng BJT làm các khóa đóng mở mạch cầu H

- Khi dùng mạch cầu H, ta phải thêm các Diode để chống ngược dòng để khắc phục dòng điện ngược sinh ra từ động cơ (vì động cơ có cuộn cảm), khi mạch cầu đang hoạt

động và động cơ có dòng điện DC chạy qua đột ngột bị ngắt nguồn cấp điện, các transistor ngưng hoạt động, do động cơ có cuộn cảm nên động cơ sẽ phát ra năng lượng điện khá lớn (hiện tượng cảm ứng điện từ), vì dòng điện sinh ra bởi động cơ khá lớn và có nguy cơ lớn hơn dòng chịu đựng của transistor. Lúc đó transistor sẽ bị đánh thủng bởi dòng điện sinh ra bởi động cơ, nếu các mắc thêm hệ thống diode bảo vệ vào thì dòng điện sinh ra bởi động cơ sẽ phóng qua diode về nguồn, bảo vệ được mạch.

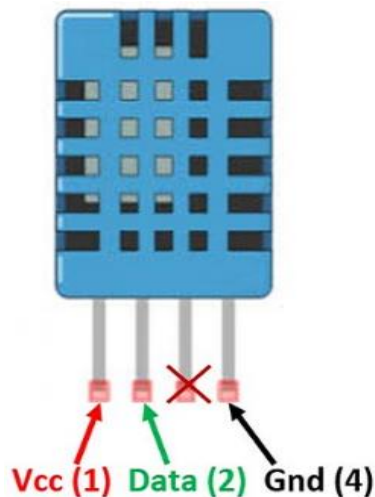


Hình 8. Mạch cầu H có dùng Diode và BJT

## 2.4. CẢM BIẾN

### 2.4.1. Cảm biến nhiệt độ - độ ẩm DHT11

#### a. Sơ đồ chân



Hình 9. Cảm biến nhiệt độ - độ ẩm (DHT11)

- + Chân 1 là chân Vcc cấp nguồn 3-5VDC.
- + Chân 2 là chân Data xuất dữ liệu qua cổng nối tiếp.
- + Chân 3 là chân NC do không có kết nối nên không sử dụng.
- + Chân 4 là chân GND.

#### b. Thông số kỹ thuật

- + Điện áp hoạt động: 3V - 5V DC.
- + Dòng điện tiêu thụ: 2.5mA.
- + Phạm vi cảm biến độ ẩm: 20% - 90% RH, sai số  $\pm 5\%RH$ .
- + Phạm vi cảm biến nhiệt độ:  $0^{\circ}C \sim 50^{\circ}C$ , sai số  $\pm 2^{\circ}C$ .
- + Tần số lấy mẫu tối đa: 1Hz (1 giây 1 lần).
- + Kích thước: 23 x 12 x 5 mm.

#### c. Nguyên lý hoạt động

-Đầu tiên, vi xử lý gửi một tín hiệu khởi đầu đến cảm biến DHT11. Sau khi nhận được tín hiệu khởi đầu, DHT11 xác nhận lại tới vi xử lý, cho biết nó đã sẵn sàng cho việc truyền dữ liệu. Cảm biến DHT11 truyền lại 5 byte dữ liệu, trong đó chứa thông tin về độ ẩm và nhiệt độ được đo. Các giá trị này được chuyển đổi từ dạng analog sang dạng kỹ thuật số bởi IC điều khiển trong cảm biến.

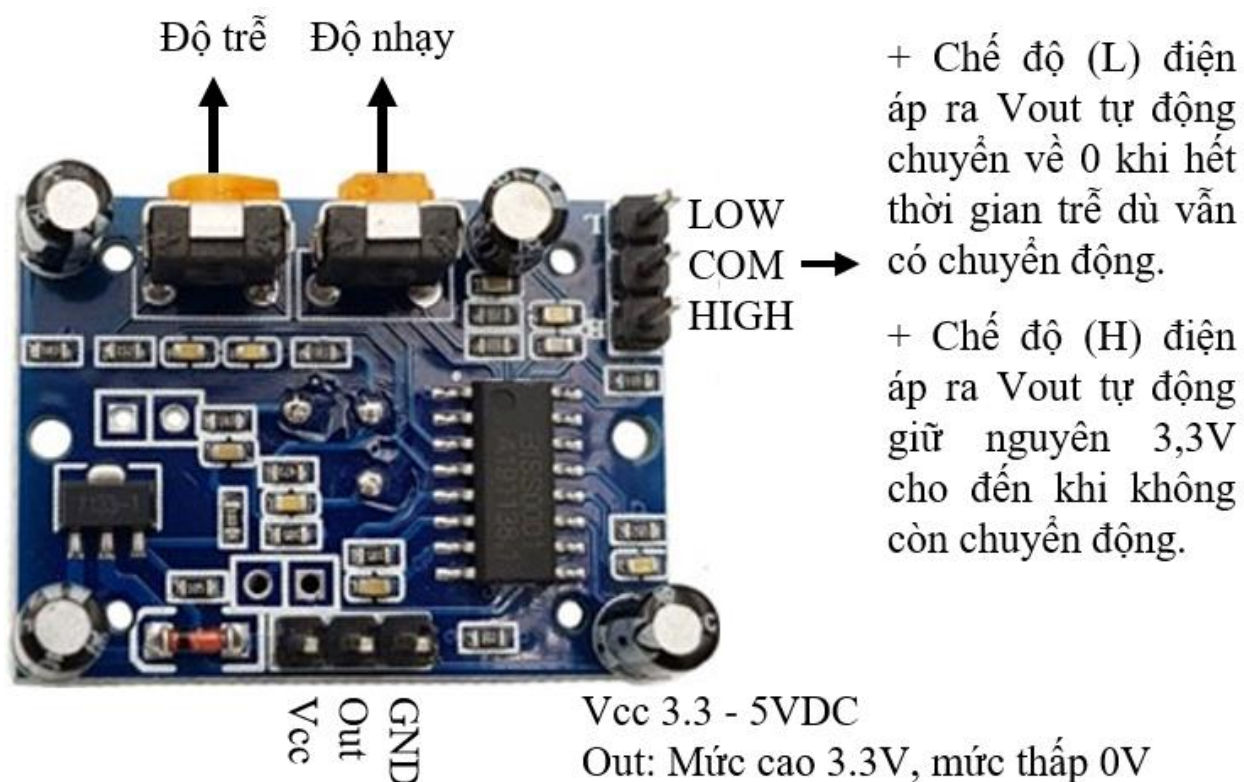
### 2.4.2. Cảm biến hồng ngoại chuyển động PIR



Hình 10. Cảm biến hồng ngoại chuyển động PIR

#### a. Sơ đồ chân





Hình 11. Chân cảm biến hồng ngoại chuyển động PIR

#### b. Thông số kỹ thuật

- Phạm vi phát hiện: góc 360 độ hình nón, độ xa tối đa 6m.
- Nhiệt độ hoạt động: 32-122 ° F ( 050 ° C).
- Điện áp hoạt động: DC 3.8V - 5V.
- Mức tiêu thụ dòng:  $\leq 50 \mu A$ .
- Thời gian báo: 30 giây có thể tùy chỉnh bằng biến trở.
- Độ nhạy có thể điều chỉnh bằng biến trở.
- Kích thước: 1.27 x 0.96 x 1.0 ( 32.2 x 24.3 x 25.4 mm).

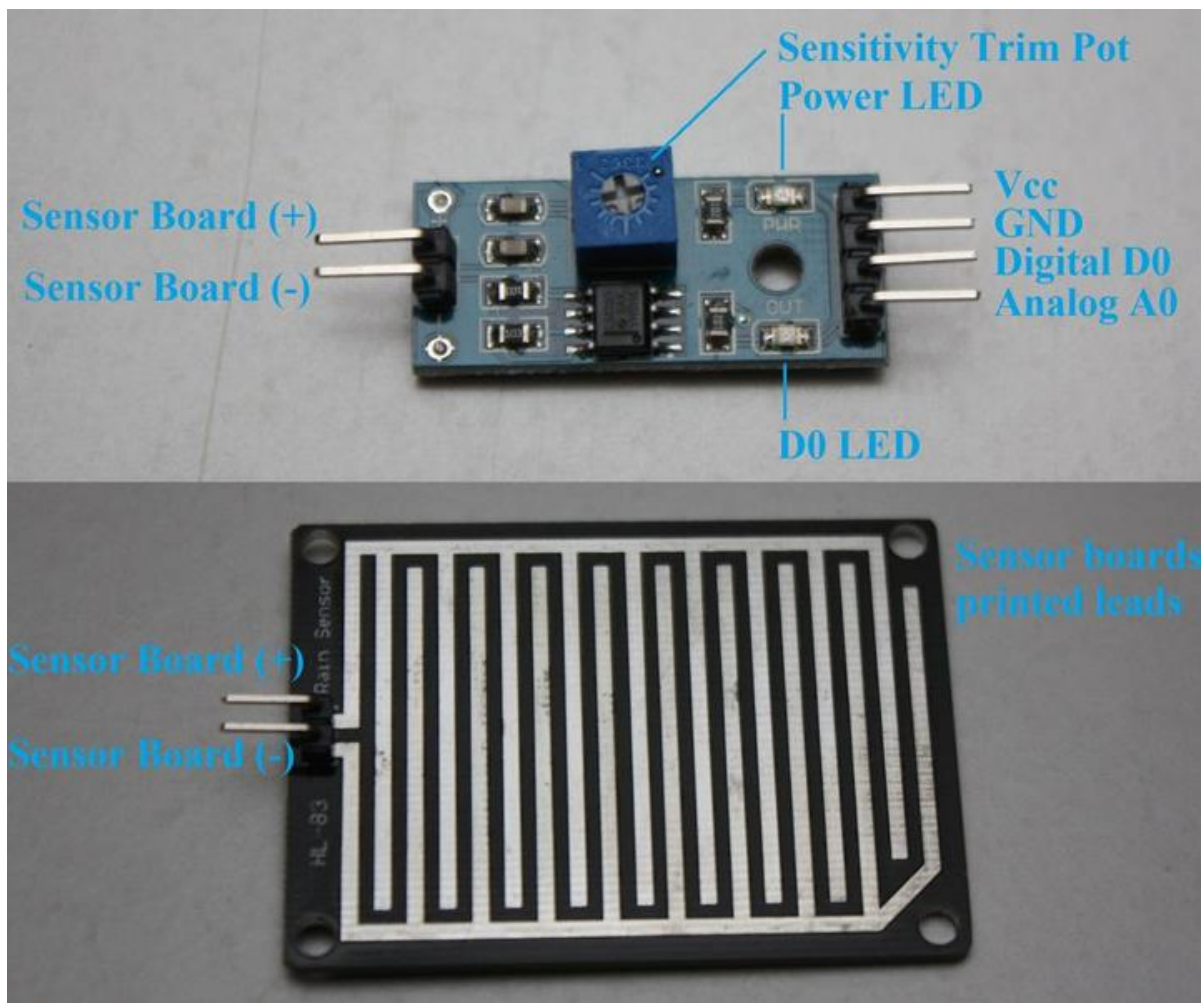
#### c. Nguyên lý hoạt động

- Cảm biến hồng ngoại chuyển động PIR hoạt động bằng cách nhận diện sự thay đổi của tín hiệu hồng ngoại phát ra từ vật thể trong phạm vi cảm biến. Khi có sự thay đổi nhiệt độ, các ống quang chuyển đổi thành tín hiệu điện, được xử lý để nhận biết sự di chuyển và kích hoạt các hệ thống an ninh hoặc thiết bị khác.

#### 2.4.3. Cảm biến giọt nước FC-37



a. Sơ đồ chân



Hình 12. Cảm biến giọt nước FC-37

b. Thông số kỹ thuật

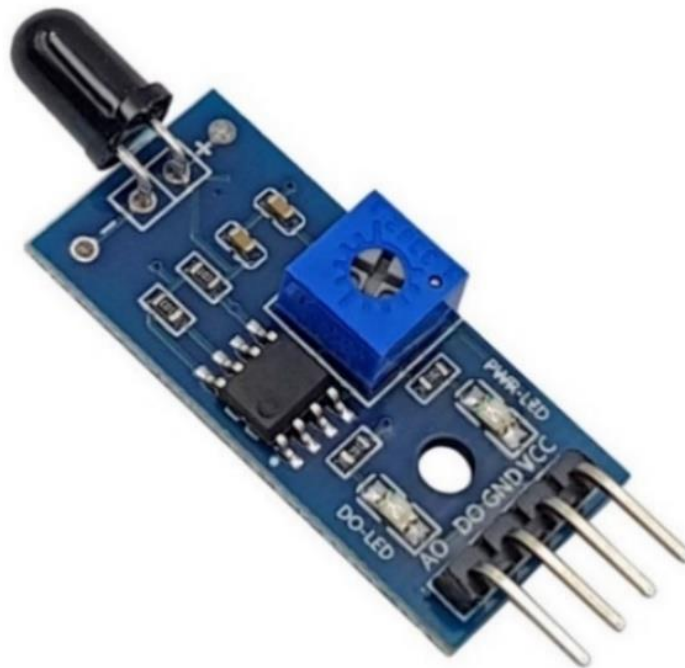
- + Điện áp sử dụng là 5VDC.
- + Kích thước tấm cảm biến giọt nước: 54 x 40mm.
- + Kích thước board PCB: 30 x 16mm.
- + Tín hiệu đầu ra: Digital TTL (0VDC / 5VDC) và đầu ra Analog A0 trả giá trị điện áp tuyến tính theo lượng nước tiếp xúc với cảm biến.
- + Lỗ cố định bu lông dễ dàng để cài đặt.
- + Có đèn báo hiệu nguồn và đầu ra.
- + Độ nhạy có thể được điều chỉnh thông qua chiết áp.
- + LED sáng lên khi không có mưa đầu ra cao, có mưa, đầu ra thấp LED tắt.

### c. Nguyên lý hoạt động

- Cảm biến giọt nước hoạt động theo nguyên tắc so sánh hiệu điện thế mạch cảm biến ngoài trời với giá trị định trước (giá trị này thay đổi được thông qua 1 biến trở màu xanh) từ đó phát ra tín hiệu đóng / ngắt rơ le qua chân D0. Khi có nước trên bề mặt cảm biến (trời mưa), độ dẫn điện tốt hơn và tạo ra ít điện trở hơn, chân D0 được kéo xuống thấp (0V), đèn LED màu đỏ sẽ sáng lên. Tương tự, khi cảm biến khô ráo (trời không mưa), độ dẫn điện kém và cho điện trở cao, chân D0 của module cảm biến giọt nước được giữ ở mức cao (5V-12V). Vì vậy, đầu ra của cảm biến giọt nước chủ yếu phụ thuộc vào điện trở. Ta nên sử dụng các loại rơ le kích ở mức thấp kèm với cảm biến. Với đề tài này thì hoạt động ở mức 0 khi có lửa và bình thường ở mức 1.

#### 2.4.4. Cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026

##### a. Sơ đồ chân



Hình 13. Cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026

- + AOUT (AO) => Analog Output.
- + DOUT (DO) => Digital Output.
- + GND => Power Supply Ground.
- + VCC => 3.3V ~ 5.3V.

### b. Thông số kỹ thuật

- + Nguồn cấp 3.3 - 5VDC.
- + Dòng tiêu thụ 15mA.
- + Tín hiệu ra Digital 3.3 - 5VDC (tùy nguồn cấp) hoặc Analog.
- + Khoảng cách 80cm.
- + Bước sóng phát hiện được: 760 ~ 1100nm.
- + Góc quét 0° - 60°
- + Nhiệt độ hoạt động: -25°C ~ 85°C.
- + Kích thước 1.18 x 0.59 x 0.20inch (3cm x 1.5cm x 0.5cm).
- + Trọng lượng 8 gam.

### c. Nguyên lý hoạt động

- Hoạt động của cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 được mô tả như sau: khi mô-đun hoạt động, các chân tín hiệu sẽ gửi thông tin đến thiết bị điều khiển. Tại chân Dout, tín hiệu mức cao được hiểu là không có ngọn lửa, trong khi tín hiệu mức thấp biểu thị sự có mặt của ngọn lửa. Chân Aout sẽ cung cấp một tín hiệu tương tự. Cảm biến hồng ngoại ngọn lửa này được thiết kế để phát hiện đám cháy, nhưng không có khả năng chống cháy hoặc tắt đám cháy. Trong quá trình sử dụng, cần duy trì một khoảng cách an toàn để tránh tình trạng hỏng hóc và đảm bảo hiệu suất đáng tin cậy. Với đề tài này thì hoạt động ở mức 0 khi có lửa và bình thường ở mức 1.

## 2.5. CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ KHÁC

### a. Nguồn tổ ong 12V



Hình 14. Nguồn tổ ong 12V

- Đầu vào 220VAC - 12VDC

b. Motor xi-lanh hành trình 12VDC (quay theo chiều cấp nguồn)



Hình 15. Motor xi lanh điện 12VDC

- Mẫu DT-DT3001-1385

- Nâng tối đa 1500N

- Tốc độ nâng 8.5mm/s

- Hành trình động cơ 25mm

- Công suất 50W

- Nguồn cấp 12V-29V

c. Còi báo động 5V

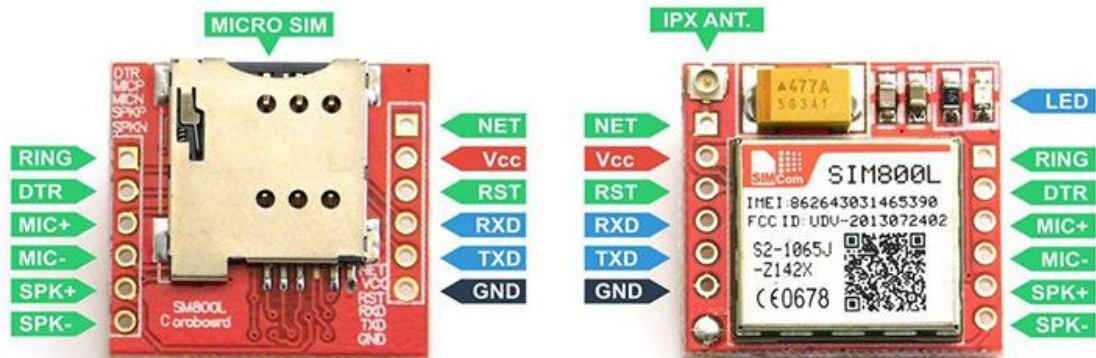


Hình 16. Còi báo động 5V

- Cấp nguồn 5VDC.

- Báo động khi ở mức 1 và bình thường khi ở mức 0.

d. Module SIM800L



Hình 17. Module SIM800L

- Điện áp hoạt động : 3.7 - 4.2V (tối thiểu 0.5A)
- Dòng khi ở chế độ chờ: 10 mA
- Dòng khi hoạt động: 100 mA đến 1A.
- Khe cắm SIM : MICROSIM
- Hỗ trợ 4 băng tần : GSM850MHz, EGSM900MHz, DSC1800Mhz, PCS1900MHz
- Có thể giao tiếp với vi điều khiển qua TTL không cần MAX232
- 1 led báo tín hiệu

### 3. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN CỨNG

#### 3.1. YÊU CẦU THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG

##### a. Name

- Hệ thống nhúng sử dụng ESP32 để tự động điều khiển motor xi-lanh đóng/mở cửa sổ khi trời mưa, có tích hợp báo cháy và báo trộm thông qua cảm biến và gửi tin nhắn thông báo bằng module sim.

##### b. Purpose

- Hệ thống gồm 3 mục đích cơ bản: chống trộm, chống cháy và tự động đóng/mở cửa sổ khi trời mưa/hết mưa. Hệ thống được sử dụng khi không có người ở nhà, ESP32 sẽ đọc thông tin từ các cảm biến và ra quyết định điều khiển.

##### c. Inputs and Outputs

Inputs:

+ Các tín hiệu không có tính chu kỳ từ cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026, cảm biến giọt nước FC-37, cảm biến hồng ngoại con người PIR.

+ Tín hiệu có tính chu kỳ từ cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11.

- Outputs:

+ Module sim gửi tin nhắn và còi phát tiếng kêu khi có cháy hoặc có trộm.

+ Mạch L298N đóng/mở mạch để điều khiển động cơ xi lanh điện đóng/mở cửa sổ khi trời có mưa/không mưa

##### d. Use cases

1. Trường hợp cần sử dụng hệ thống:

- Hệ thống được sử dụng khi chủ nhà đi vắng hoặc đang nghỉ ngơi. Hệ thống sẽ tự động đóng/mở cửa sổ khi trời có mưa; còi sẽ báo âm thanh và gọi điện/nhắn tin đến công an/PCCC khi có trộm hoặc có cháy.

2. Các chức năng hoạt động:

- Chức năng đóng/mở cửa sổ bằng motor xi lanh điện: dùng để đóng/mở cửa sổ đúng lúc khi trời mưa/không mưa, tránh làm ướt, làm hư hỏng các đồ vật trong phòng. Nhóm em kết hợp dùng cảm biến giọt nước FC-37 và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 để đưa ra quyết định điều khiển chính xác hơn.

+ Motor xi lanh điện được kết nối với cửa sổ cần đóng/mở, cảm biến giọt nước FC-37 và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 được đặt ngoài trời.

+ Khi chỉ có cảm biến giọt nước FC-37 báo có nước, mà cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 báo độ ẩm thấp thì có thể chỉ có 1 giọt nước nào đó vô tình rơi vào cảm biến giọt nước, trường hợp này ta sẽ không điều khiển motor xi lanh điện.

+ Khi chỉ có cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 báo độ ẩm cao, mà cảm biến giọt nước FC-37 báo không có nước thì có thể do nắng nóng hoặc sương mù khiến độ ẩm tăng cao, trường hợp này ta cũng không điều khiển motor xi lanh điện.

+ Trường hợp đồng thời cảm biến giọt nước FC-37 báo có nước và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 báo độ ẩm cao, ta sẽ đưa ra kết luận là có mưa. Khi có mưa/không mưa, ESP32 sẽ nhận được 2 thông tin từ 2 cảm biến: cảm biến giọt nước FC-37 và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11, sau đó ESP32 sẽ phát ra tín hiệu đến module L298N để điều khiển đóng/mở motor xi lanh điện nhằm đóng/mở cửa sổ.

- Chức năng báo cháy: dùng để nhận biết đám cháy trong nhà, kịp thời kêu chuông báo cho mọi người xung quanh và gửi tin nhắn/cuộc gọi đến chủ nhà hoặc cơ quan PCCC. Nhóm em kết hợp dùng cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 để đưa ra quyết định điều khiển chính xác hơn.

+ Còi báo (cháy) được đặt ở sân nhà, cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 được đặt trong nhà. Một lưu ý là không đặt 2 cảm biến này gần khu vực bếp gas, vì khi bật bếp gas đồng thời sẽ có lửa và làm tăng nhiệt độ, khiến kết luận có cháy bị sai lệch.

+ Khi chỉ có cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 báo có lửa, mà cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 báo nhiệt độ không cao thì có thể do có người châm lửa hút thuốc, hoặc đốt nhang, trường hợp này ta kết luận là không có cháy.

+ Khi chỉ có cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 báo nhiệt độ cao, mà cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 báo không có lửa thì có thể do có người nấu ăn bằng bếp từ, hơi nóng từ nước sôi phả ra hoặc một số tình huống khác, trường hợp này ta kết luận là không có cháy.

+ Trường hợp đồng thời cả cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 báo có lửa và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 báo nhiệt độ cao, ta sẽ đưa ra kết luận là có cháy. Khi có cháy, ESP32 sẽ nhận thông tin từ 2 cảm biến này, cấp tín hiệu làm còi hú lên và điều khiển module sim gửi tin nhắn/cuộc gọi đến chủ nhà hoặc PCCC.

- Chức năng chống trộm: dùng để nhận diện người lạ đột nhập vào nhà, kịp thời kêu chuông báo cho mọi người xung quanh và gửi tin nhắn/cuộc gọi đến chủ nhà hoặc cơ quan công an.



+ Còi báo (trộm) được đặt ở sân nhà, cảm biến hồng ngoại được đặt ở trong nhà hoặc ở sân nhà nhưng không hướng ra ngoài cổng vì nếu cảm biến hồng ngoại nhận diện nhầm hàng xóm thành trộm thì sẽ khiến việc kết luận có trộm là không chính xác.

+ Khi cảm biến hồng ngoại PIR nhận diện được có người (người phát ra tia hồng ngoại) ở trong khu vực nhà ở của chủ nhà mà chủ nhà không biết thì ESP32 sẽ nhận được thông tin từ cảm biến, ra quyết định truyền tín hiệu đến còi báo để còi hú và gửi tin nhắn/cuộc gọi đến chủ nhà. Chủ nhà sẽ nhờ hàng xóm xác minh người lạ này và báo công an nếu đó là trộm.

#### **e. Function**

- Hệ thống dùng MCU là ESP32, ESP32 sẽ được cấp nguồn 5V từ máy tính, 4 cảm biến được sử dụng là cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026, cảm biến giọt nước FC-37, cảm biến hồng ngoại con người PIR và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11. ESP32 sẽ lấy tín hiệu analog hoặc digital từ 4 loại cảm biến này, đưa ra quyết định điều khiển đến còi báo, module sim và đưa tín hiệu 1/0 ra L298N để điều khiển motor xi lanh điện. Nhóm em dùng L298N để điều khiển motor xi lanh điện đẩy ra/kéo vào. Sau khi đẩy ra/kéo vào đến tối đa hành trình, motor xi lanh điện sẽ tự dừng lại và không tiêu thụ thêm điện. Motor xi lanh điện là loại 12V, công suất tối đa là 75W, được cấp nguồn 12V từ nguồn tổ ong.

- Khi đồng thời cảm biến giọt nước FC-37 đưa ra tín hiệu có nước và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 đưa ra tín hiệu có độ ẩm cao vào ESP32, ESP32 sẽ đưa tín hiệu điều khiển ra L298N để motor xi lanh điện kéo cửa sổ vào để mưa không lọt vào trong phòng.

- Khi đồng thời cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 đưa ra tín hiệu có lửa và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 đưa ra tín hiệu có nhiệt độ cao vào ESP32, ESP32 sẽ đưa ra tín hiệu kích còi báo và điều khiển module sim gửi tin nhắn/cuộc gọi đến chủ nhà/PCCC.

- Khi cảm biến hồng ngoại đưa ra tín hiệu có tia hồng ngoại của người lạ đột nhập vào nhà đến ESP32, ESP32 sẽ đưa ra tín hiệu kích còi báo và điều khiển module sim gửi tin nhắn/cuộc gọi đến chủ nhà/công an.

#### **f. Performance**

- Hệ thống hoạt động tiêu tốn ít năng lượng điện vì motor có công suất tối đa chỉ là 75W và nó không ở trạng thái luôn phải hoạt động.

- Hệ thống hoạt động tốt nếu có tản nhiệt, có thể hoạt động trong thời gian dài.

#### **g. Manufacturing cost**

Giá tham khảo các linh kiện/module sẽ sử dụng:

- ESP32: 100.000 VNĐ



- Nguồn tổ ong 12V 5A: 80.000 VNĐ
- Motor xi lanh điện 12V: 150.000 VNĐ
- Module L298N: 26.000 VNĐ
- Cảm biến hồng ngoại chuyển động PIR: 20.000 VNĐ
- Cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026: 10.000 VNĐ
- Cảm biến giọt nước FC-37: 15.000 VNĐ
- Cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11: 10.000 VNĐ
- Module sim 800L: 75.000 VNĐ
- Còi chirp 5V: 3.000 VNĐ
- Pin 3.7V: 5.000 VNĐ

#### **h. Power**

- 3 loại nguồn:
  - + Nguồn 5V từ máy tính cấp cho ESP32.
  - + Nguồn tổ ong 12V cấp cho motor xi lanh điện.
  - + Nguồn PIN 3.7VDC cấp Module SIM800L.

#### **i. Physical size**

- Kích thước tối đa 50cm x 50cm.
- Nặng khoảng 5kg.

#### **j. Installation**

- ESP32, Module sim được đặt ở trong nhà.
- Cảm biến hồng ngoại con người PIR được đặt ở trong sân, không hướng ra cổng; hoặc đặt ở trong nhà.
- Cảm biến giọt nước FC-37 và cảm biến nhiệt độ/độ ẩm DHT11 & độ ẩm được đặt ở sân nhà.
- Cảm biến hồng ngoại ngọn lửa KY-026 được đặt trong nhà nhưng không hướng vào khu vực bếp, hoặc đặt ở sân nhà.
- Còi báo được đặt ở sân nhà.

#### **k. Certification**

- Không có

## **3.2. VẤN ĐỀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG**

### **1. Constraint issues**

- Giá tiền mua hết các linh kiện ít hơn 700.000 VNĐ.
- Độ bền ít nhất 1 năm.
- Nguồn 5V từ máy tính có thể thay thế bằng pin, sử dụng pin ít nhất được 5 ngày.
- Trọng lượng nhẹ hơn 2kg.
- Kích thước tối đa 50cm x 50cm.
- Thời gian từ khi cảm biến phát hiện vấn đề đến khi vi xử lý thực hiện việc điều khiển thấp hơn 5 mili giây.
- Thời gian cho mỗi lần cho motor xilanh điện kéo/đẩy là 10 giây.

### **2. Functional issues**

- Nguồn tổ ong và ESP32 sử dụng lâu có thể bị quá nhiệt, ta chỉ nên sử dụng khi cần thiết.
- Chọn nguồn, mạch L298N, motor và các linh kiện tương ứng phù hợp về dòng điện, điện áp và công suất để tránh quá tải.

### **3. Real-time issues**

- Cảm biến: soft real-time, độ trễ thấp hơn 1 giây.
- Vi xử lý điều khiển: soft real-time, độ trễ thấp hơn 50 mili giây.
- Motor xilanh điện: soft real-time, độ trễ thấp hơn 1 giây.

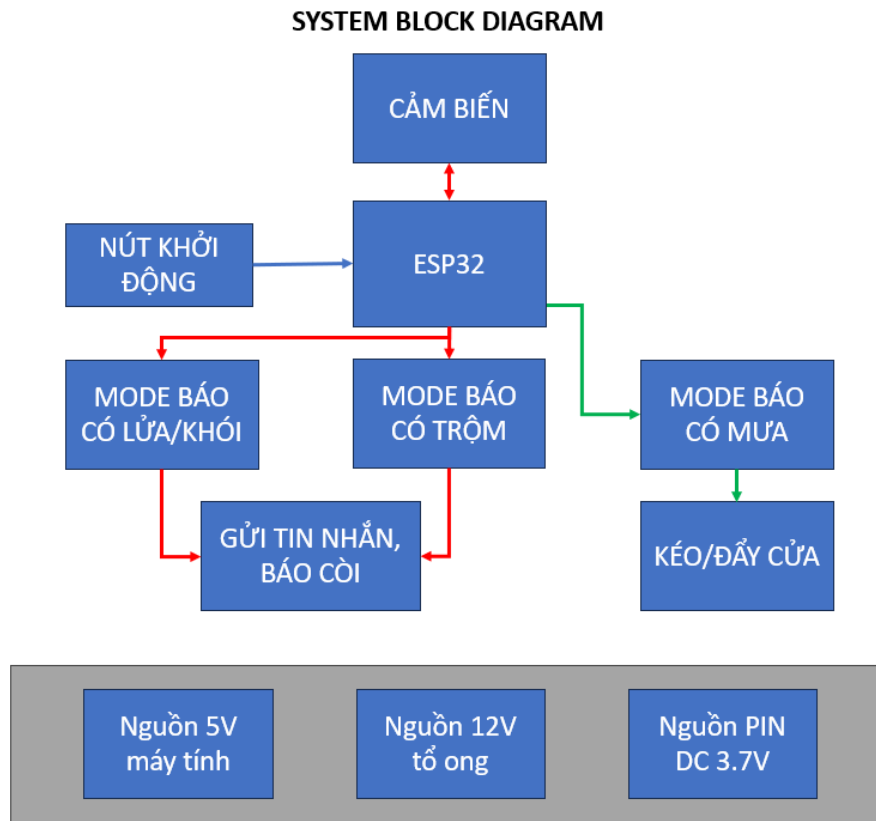
### **4. Concurrent issues**

- Đa chức năng:
  - + Đọc giá trị nhiệt độ/độ ẩm/khói/nước mưa từ các cảm biến tương ứng.
  - + Báo cháy, báo trộm, đóng/mở motor xilanh tương ứng.

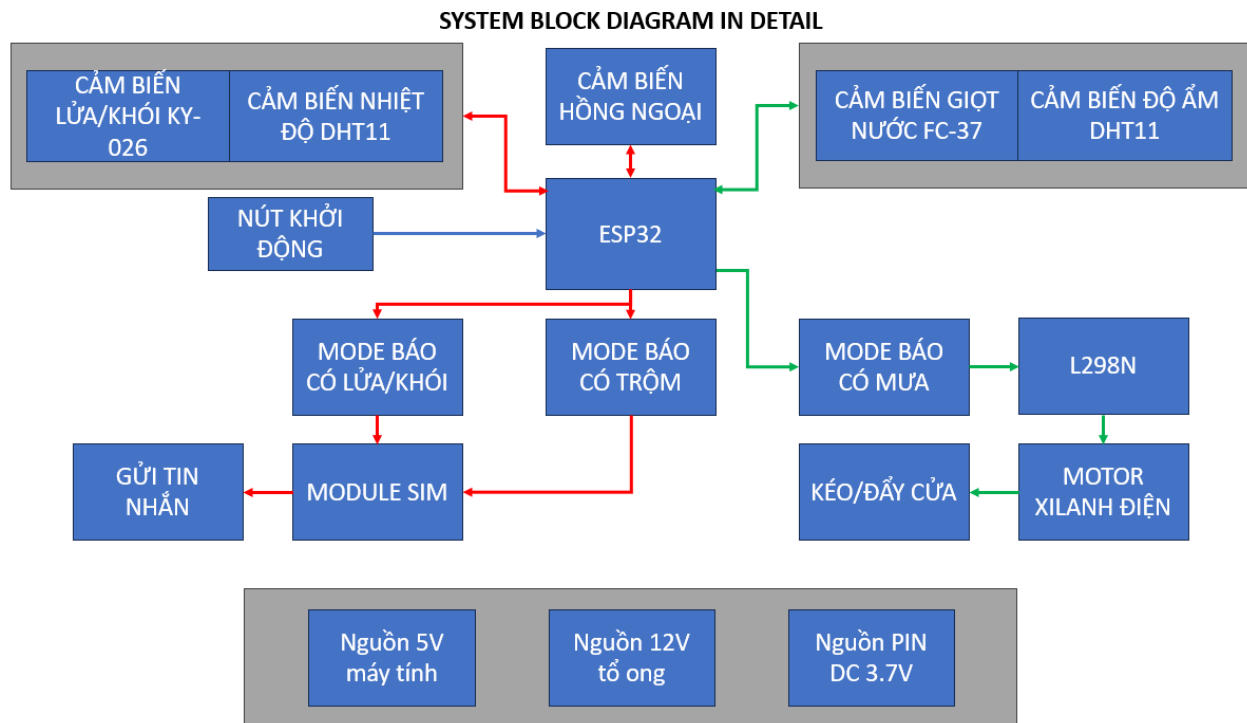
### **5. Creative issues**

- Tương tác gián đoạn: BẬT khi người sử dụng đang nghỉ ngơi hoặc ra khỏi nhà có việc gấp.

### 3.3. SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG NHÚNG

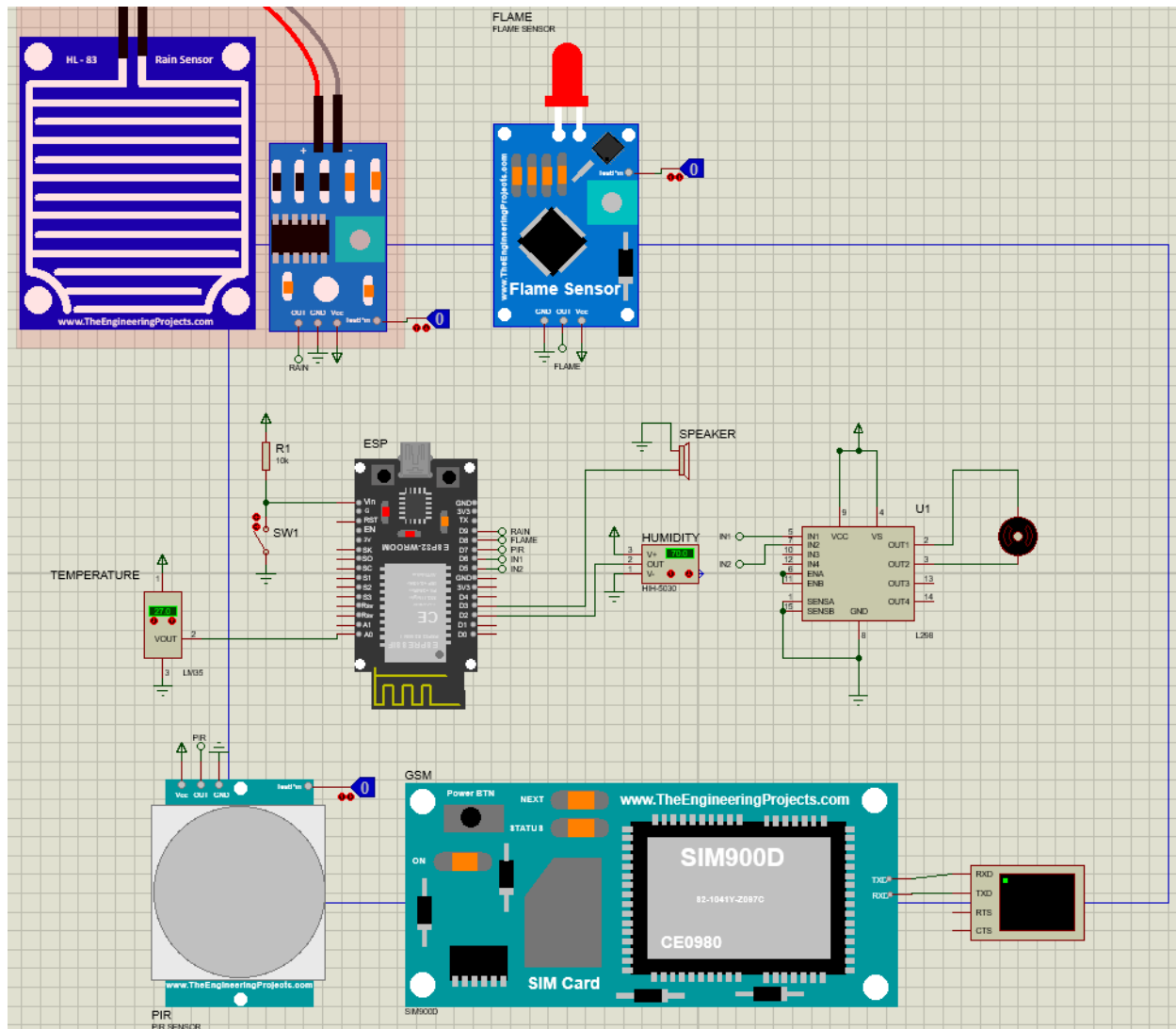


Hình 18. Sơ đồ khối đơn giản



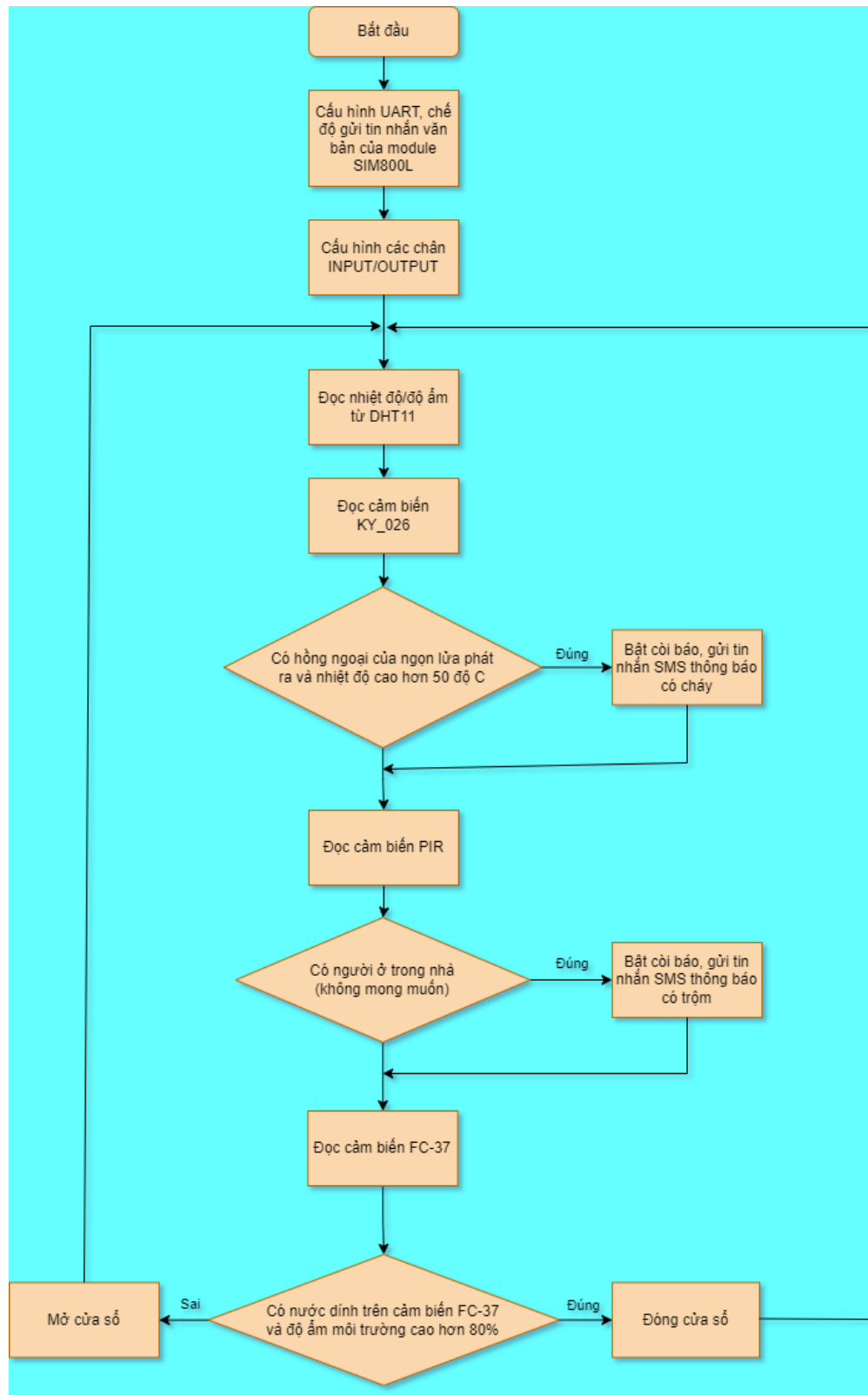
Hình 19. Sơ đồ khối chi tiết

### 3.4. MÔ PHỎNG BẰNG PROTEUS



Hình 20. Mô phỏng sản phẩm bằng Proteus

#### 4. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN MỀM



Hình 21. Lưu đồ giải thuật

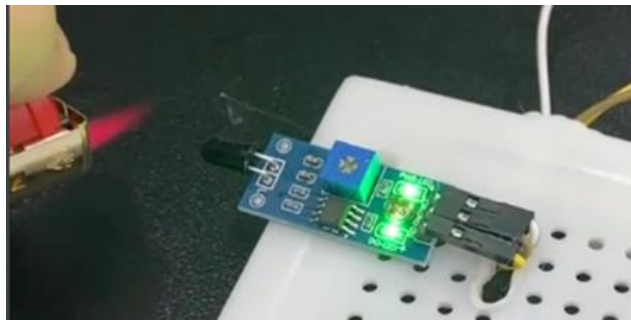
## 5. THỰC NGHIỆM

### 5.1. LẮP RÁP SẢN PHẨM



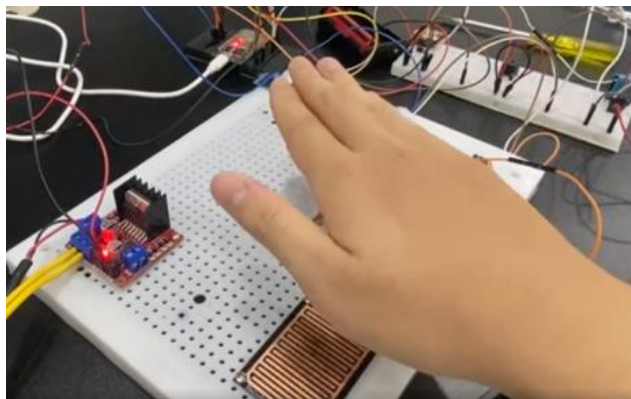
Hình 22. Hoàn thiện mạch thực tế

### 5.2. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



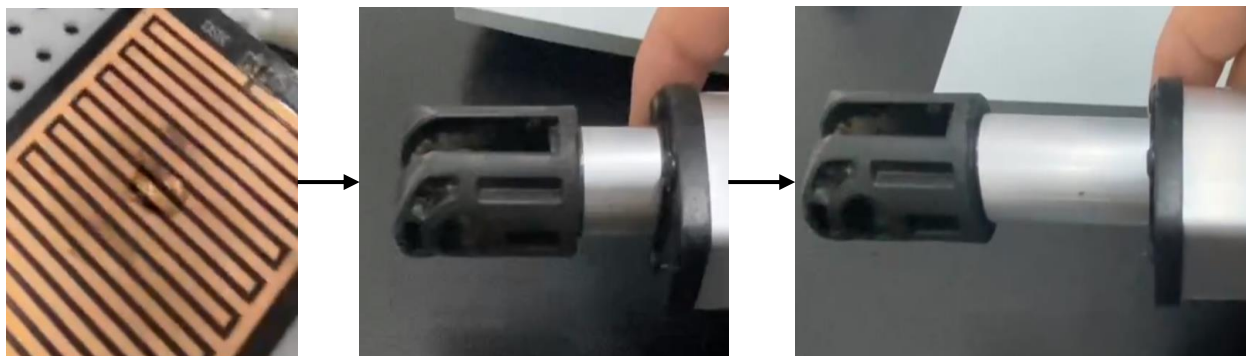
AT+CMGS="+84852517099"  
Nha cua ban dang co chay!

Hình 23. Khi có cháy sẽ vừa báo cháy vừa gửi tin nhắn

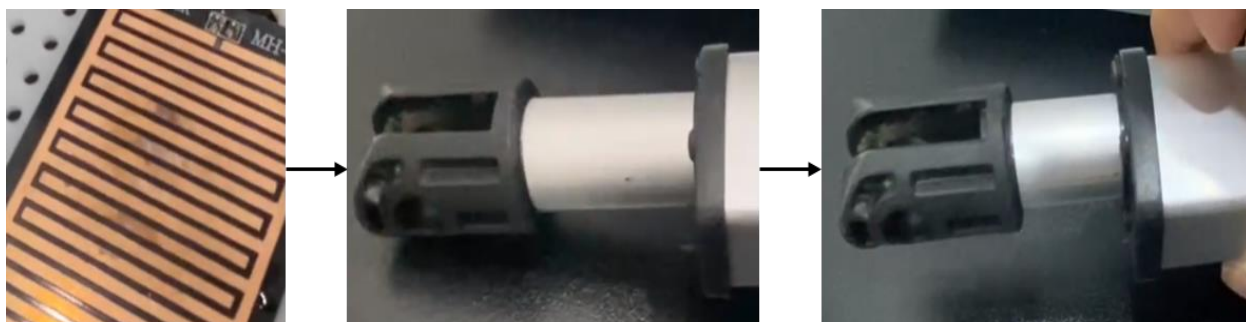


Nha cua ban dang co trom!  
AT+CMGS="+84852517099"  
Nha cua ban dang co trom!  
AT+CMGS="+84852517099"  
Nha cua ban dang co trom!  
AT+CMGS="+84852517099"  
Nha cua ban dang co trom!  
AT+CMGS="+84852517099"

Hình 23. Khi có chuyển động sẽ vừa báo trộm vừa gửi tin nhắn



*Hình 24. Khi có nước trên miếng lá cảm biến thì motor xanh sẽ đẩy ra*



*Hình 25. Khi lau giọt nước trên miếng lá cảm biến thì motor xanh sẽ kéo vào*

## 6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu về đề tài “Thiết kế hệ thống nhúng sử dụng mạch ESP32 để tự động điều khiển motor xi-lanh đóng/mở cửa sổ khi trời mưa, có tích hợp báo cháy và báo trộm thông qua cảm biến và gửi tin nhắn thông báo bằng Module SIM” là một quá trình đầy thách thức và học hỏi. Ban đầu, nhóm chúng em gặp khó khăn trong việc đồng nhất ý kiến về chủ đề thực hiện, lựa chọn các linh kiện phù hợp và tìm hiểu sâu về công nghệ nhúng mới, nhưng với sự hỗ trợ tích cực từ thầy Nguyễn Phan Hải Phú, nhóm đã vượt qua được những thách thức này để hoàn tất bài báo cáo và hoàn thiện sản phẩm.

Đề tài này không chỉ là kết quả của sự nỗ lực cá nhân mà còn là sản phẩm của sự hợp tác và trao đổi ý kiến tích cực giữa các thành viên trong nhóm. Chúng em đã cùng nhau nghiên cứu, thảo luận, và thực hiện các thí nghiệm để đảm bảo tính hiệu quả và độ chính xác của hệ thống nhúng được thiết kế.

Trong quá trình thực hiện, chúng em không chỉ nắm được kiến thức về lĩnh vực nhúng mà còn phát triển kỹ năng làm việc nhóm, từ việc phân công nhiệm vụ cho đến giải quyết các vấn đề kỹ thuật phức tạp. Điều này giúp mỗi thành viên trong nhóm nâng cao khả năng làm việc tập trung và hiệu quả. Ngoài ra, chúng em cũng nhận thức được tầm quan trọng của việc áp dụng công nghệ nhúng vào thực tế, đặc biệt là trong việc tự động hóa các hệ thống quan trọng như an ninh và an toàn nhà thông minh. Hệ thống nhúng của chúng em không chỉ giúp tiết kiệm năng lượng mà còn tăng cường khả năng đáp ứng trong các tình huống thực tế.

Chúng em một lần nữa bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến thầy Nguyễn Phan Hải Phú, người đã hướng dẫn và hỗ trợ nhóm suốt quá trình thực hiện đề tài. Sự tận tâm và kiến thức sâu rộng của thầy đã là nguồn động viên lớn, giúp chúng em hoàn thành đề tài này. Đồng thời, chúng em cam kết sẽ tiếp tục nỗ lực, phát triển thêm về lĩnh vực này và ứng dụng kiến thức đã học vào thực tế, góp phần vào sự phát triển của ngành công nghiệp tự động hóa và nhúng.

Xin chân thành cảm ơn thầy!



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AMAZEN E - Commerce Your Target. *CẢM BIẾN MƯA (RAIN WATER SENSOR) - CẤU TẠO - NGUYÊN LÝ - ỨNG DỤNG*. Truy cập từ: <https://amazen.com.vn/cam-bien-mua.html>. (23/10/2023).
2. ĐIỆN TỬ TƯỞNG LAI. *Cảm Biến Nhiệt Độ Và Độ Ẩm DHT11*. Truy cập từ: <https://dientutuonglai.com/cam-bien-nhiet-do-va-do-am-dht11.html>. (23/10/2023).
3. E3AUDIO MIENNAM. *Cảm biến lửa KY-026-TH073*. Truy cập từ: <https://e3audiomiennam.com/cam-bien-lua-ky-026-th073-s310612171-p7659186914.html>. (23/10/2023).
4. IC ĐÂY RỒI – Thế giới điện tử. *Cảm biến độ ẩm DHT11*. Truy cập từ: <https://icdayroi.com/cam-bien-do-am-dht11-1>. (23/10/2023).
5. instructable\_translator. (16/06/2016). *Cách dùng Module điều khiển động cơ L298N - cầu H để điều khiển động cơ DC*. Truy cập từ: <http://arduino.vn/bai-viet/893-cach-dung-module-dieu-khien-dong-co-l298n-cau-h-de-dieu-khien-dong-co-dc>.
6. Shopee. *Motor xi lanh điện hành trình 33mm - 45mm - 50mm - 65mm*. Truy cập từ: <https://shopee.vn/Motor-xi-lanh-%C4%91i%E1%BB%87n-h%C3%A0nh-tr%C3%ACnh-33mm-45mm-50mm-65mm-i.272209047.9173783607>. (23/10/2023).
7. SHOP Linh kiện điện tử. *Cảm Biến Thân Nhiệt Chuyển Động PIR HC-SR501*. Truy cập từ: <https://nshopvn.com/product/cam-bien-than-nhiet-chuyen-dong-pir-hc-sr501/>. (23/10/2023).
8. Bùi Uyên. (08/09/2021). *Hướng Dẫn Sử Dụng Module SIM800L - Module GSM Nhắn Tin Và Gọi Điện Giá Rẻ*. Truy cập từ: <https://anasa.vn/huong-dan-su-dung-module-sim800l-module-gsm-nhan-tin-va-goi-dien-gia-re>.
9. Nguyễn Hữu Phước. (12/09/2022). *Giới thiệu module ESP32*. Truy cập từ: <https://dientuviet.com/gioi-thieu-esp32/#ftoc-heading-18>.
10. Tuan Doan. *Tổng quan về ESP32*. Truy cập từ: <https://deviot.vn/tutorials/esp32.66047996/tong-quan-ve-esp32.18482631>. (23/10/2023).