

# ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI



## BÁO CÁO MÔN HỌC

### NHÓM 17

Lê Tiến Hiếu	20234008
Nguyễn Quốc Huy	20234013
Tạ Văn Việt	20234050
Hoàng Quốc Việt	20234048

**Môn học: Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử**

**Giảng viên hướng  
dẫn:**

PGS. TS. Nguyễn Thúy Anh

**KHOA:**

Khoa Điện tử

# MỤC LỤC

<b>GIỚI THIỆU</b>	2
<b>Chương I. Cơ sở lý thuyết</b>	3
1. Đặt vấn đề	3
2. Nguyên lý hoạt động của mạch đo khoảng cách	3
3. Phân công công việc	4
<b>CHƯƠNG II. Chỉ tiêu hệ thống</b>	5
1. Chỉ tiêu chức năng	5
2. Chỉ tiêu phi chức năng	5
3. Sơ đồ khối	5
<b>CHƯƠNG III. Thiết kế</b>	6
1. Phần cứng	6
2. Phần mềm	11
<b>CHƯƠNG IV. Tiến hành đo và xử lý kết quả</b>	12
1. Khoảng cách đến vật cách 20cm	12
2. Khoảng cách đến vật cách 40cm	Error! Bookmark not defined.
<b>KẾT LUẬN</b>	14

# GIỚI THIỆU

Trong kỷ nguyên công nghệ hiện đại, các hệ thống đo lường điện tử đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao độ chính xác và tự động hóa của các thiết bị thông minh. Một ứng dụng điển hình là đo khoảng cách – thông số thiết yếu trong các hệ thống robot tự hành, thiết bị cảnh báo vật cản, xe tự lái và các ứng dụng công nghiệp tự động hóa. Việc đo khoảng cách không chỉ giúp đảm bảo an toàn trong vận hành mà còn tối ưu hóa hiệu suất hoạt động và nâng cao độ tin cậy của hệ thống.

Dự án "Đo khoảng cách sử dụng cảm biến SRF04" trong khuôn khổ môn học **Cơ sở kỹ thuật đo lường** được thiết kế nhằm xây dựng một hệ thống đo khoảng cách chính xác, dễ triển khai và có tính ứng dụng cao trong thực tế. Hệ thống này được phát triển với mục tiêu cung cấp số liệu khoảng cách tin cậy để phục vụ cho các bài toán điều khiển, giám sát và hỗ trợ ra quyết định trong nhiều lĩnh vực công nghệ và đời sống.

Quá trình thực hiện dự án bao gồm việc tìm hiểu nguyên lý hoạt động của cảm biến siêu âm, nghiên cứu phương pháp đo khoảng cách, thiết kế sơ đồ mạch, lập trình vi điều khiển, tiến hành lắp ráp và thử nghiệm thực tế. Thông qua bài tập lớn này, sinh viên không chỉ được củng cố kiến thức lý thuyết mà còn phát triển kỹ năng thực hành, tư duy hệ thống và làm quen với các kỹ thuật đo lường hiện đại. Dự án không chỉ mang ý nghĩa học thuật mà còn góp phần giải quyết các bài toán thực tiễn trong lĩnh vực tự động hóa và điều khiển thông minh.

# Chương I. Cơ sở lý thuyết

## 1. Đặt vấn đề

Trong các hệ thống điều khiển và tự động hóa hiện đại, việc xác định chính xác khoảng cách đến vật thể là yếu tố then chốt để đảm bảo thiết bị hoạt động hiệu quả, an toàn và đáng tin cậy. Cảm biến siêu âm SRF04 là một trong những loại cảm biến được sử dụng phổ biến để đo khoảng cách nhờ vào khả năng phát hiện vật cản không tiếp xúc, độ chính xác tương đối cao và dễ tích hợp với các vi điều khiển.

Tuy nhiên, trong thực tế triển khai, một số vấn đề thường gặp là việc lựa chọn và hiệu chỉnh sai thông số cảm biến có thể dẫn đến kết quả đo không chính xác, ảnh hưởng đến quá trình điều khiển. Bên cạnh đó, trong nhiều ứng dụng như robot tránh vật cản, hệ thống giám sát an ninh, hoặc thiết bị đo mức nước, việc không kiểm soát được khoảng cách một cách liên tục và đáng tin cậy có thể gây ra các sự cố không mong muốn.

Chính vì vậy, việc thiết kế một hệ thống đo khoảng cách sử dụng cảm biến SRF04 nhằm cung cấp dữ liệu chính xác và ổn định là rất cần thiết. Hệ thống này không chỉ giúp kiểm soát và cảnh báo sớm khi có vật cản hoặc thay đổi khoảng cách, mà còn góp phần nâng cao tính tự động hóa, độ an toàn và hiệu quả vận hành của các thiết bị trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

## 2. Nguyên lý hoạt động của mạch đo khoảng cách sử dụng cảm biến SRF04

Mạch đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm SRF04 hoạt động dựa trên nguyên lý truyền và nhận sóng siêu âm để xác định khoảng cách đến vật thể. Cảm biến thực hiện việc phát xung siêu âm và đo thời gian sóng phản xạ quay trở lại, từ đó tính toán được khoảng cách dựa trên tốc độ truyền âm trong không khí. Các bước cơ bản trong nguyên lý hoạt động của mạch như sau:

### a. Phát xung siêu âm (Trig)

- Vi điều khiển gửi một xung cao kéo dài ít nhất  $10\mu s$  đến chân **Trigger** của cảm biến SRF04. Khi nhận được xung này, cảm biến sẽ phát ra một chùm sóng siêu âm có tần số khoảng 40kHz.

### b. Nhận tín hiệu phản hồi (Echo)

- Sau khi phát sóng, cảm biến chờ nhận sóng siêu âm phản xạ từ vật thể quay trở lại. Khi sóng phản xạ về đến cảm biến, chân Echo sẽ được kéo lên mức cao trong thời gian tương ứng với khoảng cách đến vật thể. Vi điều khiển sẽ đo thời gian (thường tính bằng micro giây) mà chân Echo ở mức cao.

### c. Tính toán khoảng cách

- Khoảng cách đến vật thể được tính dựa trên công thức:

$$\text{Khoảng cách (cm)} = \frac{\text{Thời gian Echo}(\mu\text{s}) \times v}{2}$$

Trong đó:

- $v$  là vận tốc âm trong không khí ( $\sim 343$  m/s hay  $0.0343$  cm/ $\mu\text{s}$ ).
- Thời gian đo được chia đôi do sóng siêu âm phải đi và về.

Hoặc đơn giản hơn, ta có thể sử dụng công thức rút gọn:

$$\text{Khoảng cách (cm)} = \frac{\text{Thời gian Echo}(\mu\text{s})}{58}$$

### d. Xử lý và hiển thị kết quả:

- Vi điều khiển sẽ xử lý giá trị khoảng cách đo được và hiển thị lên các thiết bị như màn hình OLED, đèn LED báo hiệu, hoặc gửi về hệ thống điều khiển trung tâm để ra quyết định (ví dụ: dừng robot khi gặp vật cản).

## 3. Phân công công việc

STT	Họ và tên	Nhiệm vụ
1	Lê Tiến Hiếu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nhóm trưởng</li> <li>- Vẽ sơ đồ khối tổng quát.</li> <li>- Thuyết trình.</li> <li>- Hàn mạch - Đi dây</li> </ul>
2	Nguyễn Quốc Huy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Xác định yêu cầu thiết kế</li> <li>- Kiểm tra mạch - Đo và xử lý số liệu</li> <li>- Làm báo cáo đề tài</li> <li>- Vẽ lưu đồ thuật toán.</li> </ul>

3	Tạ Văn Việt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Làm slide báo cáo.</li> <li>- Gia công sản phẩm</li> </ul>
4	Hoàng Quốc Việt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viết mã điều khiển cho ESP32.</li> <li>- Làm báo cáo đề tài</li> </ul>

## CHƯƠNG II. Chỉ tiêu hệ thống

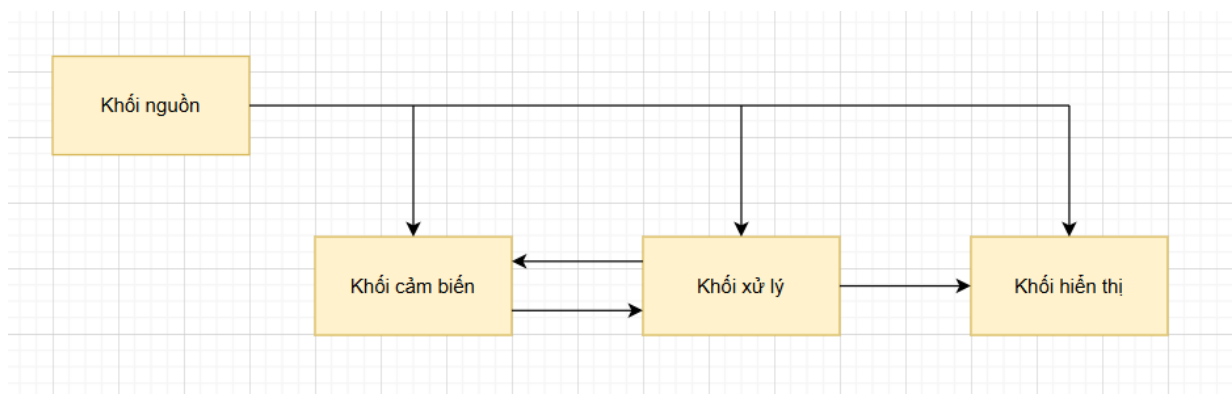
### 1. Chỉ tiêu chức năng

- Điện áp hoạt động: 5VDC.
- Khoảng cách phát hiện: 2cm – 450cm.
- Độ chính xác:  $\pm 0.2\text{cm}$ .
- Tín hiệu kích hoạt đầu vào: 10us xung TTL.
- Hiển thị kết quả: Giao diện hiển thị OLED.

### 2. Chỉ tiêu phi chức năng

- Mạch hoạt động ổn định, không bị lỗi.
- Kích thước nhỏ gọn.
- Độ sai số trong phạm vi chấp nhận được.

### 3. Sơ đồ khối



### Sơ đồ khối

#### 1. Khối nguồn

- Nguồn 5 VDC

## 2. Khối xử lý

- Điện ESP32 DevKit V1

## 3. Khối cảm biến

- Module Cảm Biến Siêu Âm HC - SRF04

## 4. Khối hiển thị

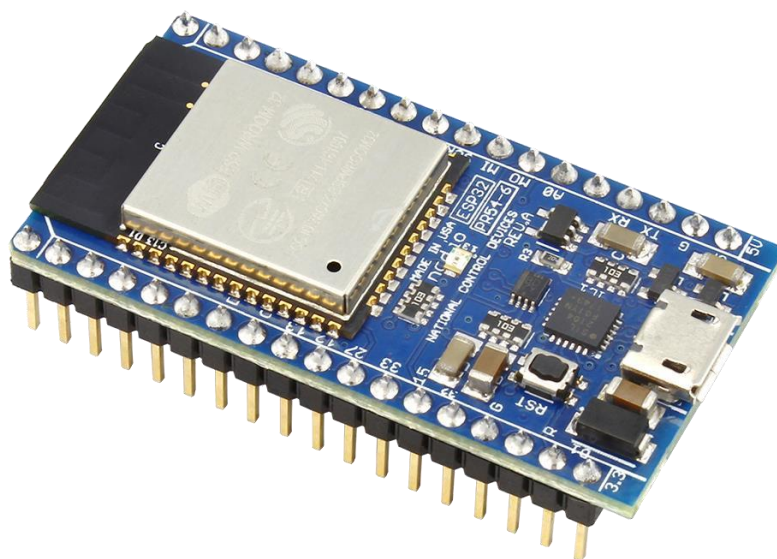
- Màn hình OLED
- Module I2C

# CHƯƠNG III. Thiết kế

## 1. Phần cứng

### a. ESP32

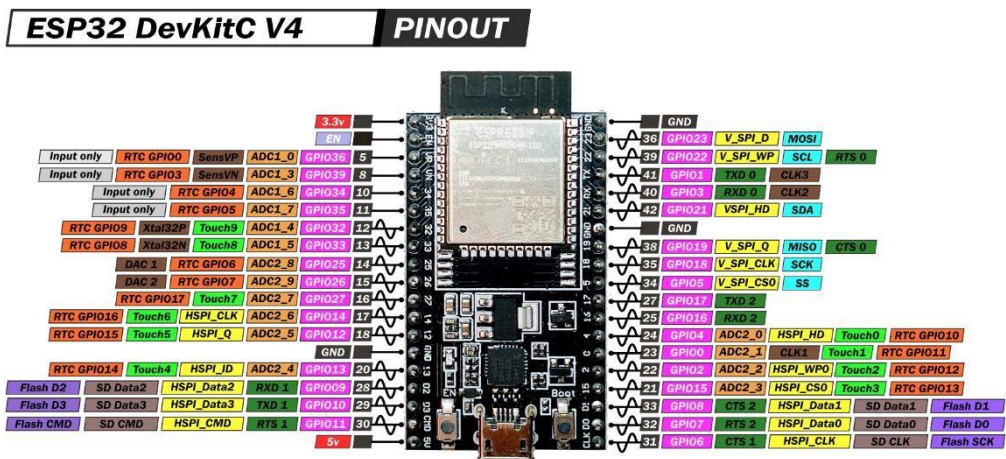
ESP32 là một hệ thống vi điều khiển trên chip (SoC) của Espressif Systems. Nó là sự kế thừa của SoC ESP8266 và có cả hai biến thể lõi đơn và lõi kép của bộ vi xử lý 32-bit Xtensa LX6 của Tensilica với Wi-Fi và Bluetooth tích hợp. Điểm tốt về ESP32, giống như ESP8266 là các thành phần RF tích hợp của nó như bộ khuếch đại công suất, bộ khuếch đại nhận tiếng ồn thấp, công tắc ăng-ten, bộ lọc và Balun RF. Điều này làm cho việc thiết kế phần cứng xung quanh ESP32 rất dễ dàng vì bạn cần rất ít thành phần bên ngoài. Một điều quan trọng khác cần biết về ESP32 là nó được sản xuất bằng công nghệ 40 nm công suất cực thấp của TSMC. Vì vậy, việc thiết kế các ứng dụng hoạt động bằng pin như thiết bị đeo, thiết bị âm thanh, đồng hồ thông minh, ..., sử dụng ESP32 sẽ rất dễ dàng.



Hình 3.1.1 : ESP32

• Thông số cơ bản :

CPU	Dual-core Xtensa LX6, 160/240 MHz
Bộ nhớ	520 KB SRAM, 448 KB ROM, hỗ trợ PSRAM (tối đa 8 MB)
GPIO	34 chân (hỗ trợ ADC, PWM, I2C, SPI, UART, I2S)
Flash	4 MB SPI Flash (tối đa 16 MB)
Điện áp	2.2 - 3.6V (tiêu chuẩn 3.3V)
Kích thước	Khoảng 18 mm x 25 mm (tùy module)



Hình 3.1.2 : Sơ đồ chân ESP32

b. Màn hình OLED V1 0.96 INCH IIC 12864

Màn hình OLED 0.96 inch là một loại màn hình hiển thị nhỏ gọn sử dụng công nghệ diode phát sáng hữu cơ. Với giao tiếp I2C, nó phù hợp cho các dự án nhúng như Arduino, ESP8266, ESP32,... nhờ tiêu thụ điện năng thấp và khả năng hiển thị rõ nét.





Hình 3.1.3 Màn hình OLED V1 0.96 INCH IIC 12864

Màn hình OLED V1 0.96 INCH IIC 12864 có cấu tạo gồm các thành phần chính sau:

- Tấm nền OLED: Hiển thị nội dung, gồm ma trận 128x64 pixel. Mỗi pixel là một diode tự phát sáng.
- IC điều khiển SSD1306: Quản lý hiển thị và giao tiếp với vi điều khiển.
- Mạch giao tiếp I2C: Cho phép truyền dữ liệu qua 2 dây (SCL, SDA).
- Tụ lọc và điện trở pull-up: Ổn định tín hiệu và nguồn.
- Header kết nối (4 chân): VCC, GND, SCL, SDA để kết nối với vi điều khiển.

#### **Thông số kỹ thuật:**

- Kích thước hiển thị: 0.96 inch (đường chéo)
- Độ phân giải: 128 x 64 pixel
- Giao tiếp: I2C (IIC) – 2 dây (SCL và SDA)
- IC điều khiển: SSD1306
- Điện áp hoạt động: 3.3V – 5V (tùy module)
- Dòng tiêu thụ: khoảng 20–30 mA
- Màu hiển thị: Trắng, Xanh dương, hoặc Vàng + Xanh dương (2 vùng)
- Địa chỉ I2C mặc định: 0x3C hoặc 0x78
- Góc nhìn: Rộng, rõ nét từ nhiều hướng
- Tốc độ hiển thị: Nhanh hơn LCD, không cần đèn nền
- Kích thước module: ~27mm x 27mm x 4mm
- Loại kết nối: 4 chân header (VCC, GND, SCL, SDA)

### **c. Cảm biến siêu âm HC – SR04**

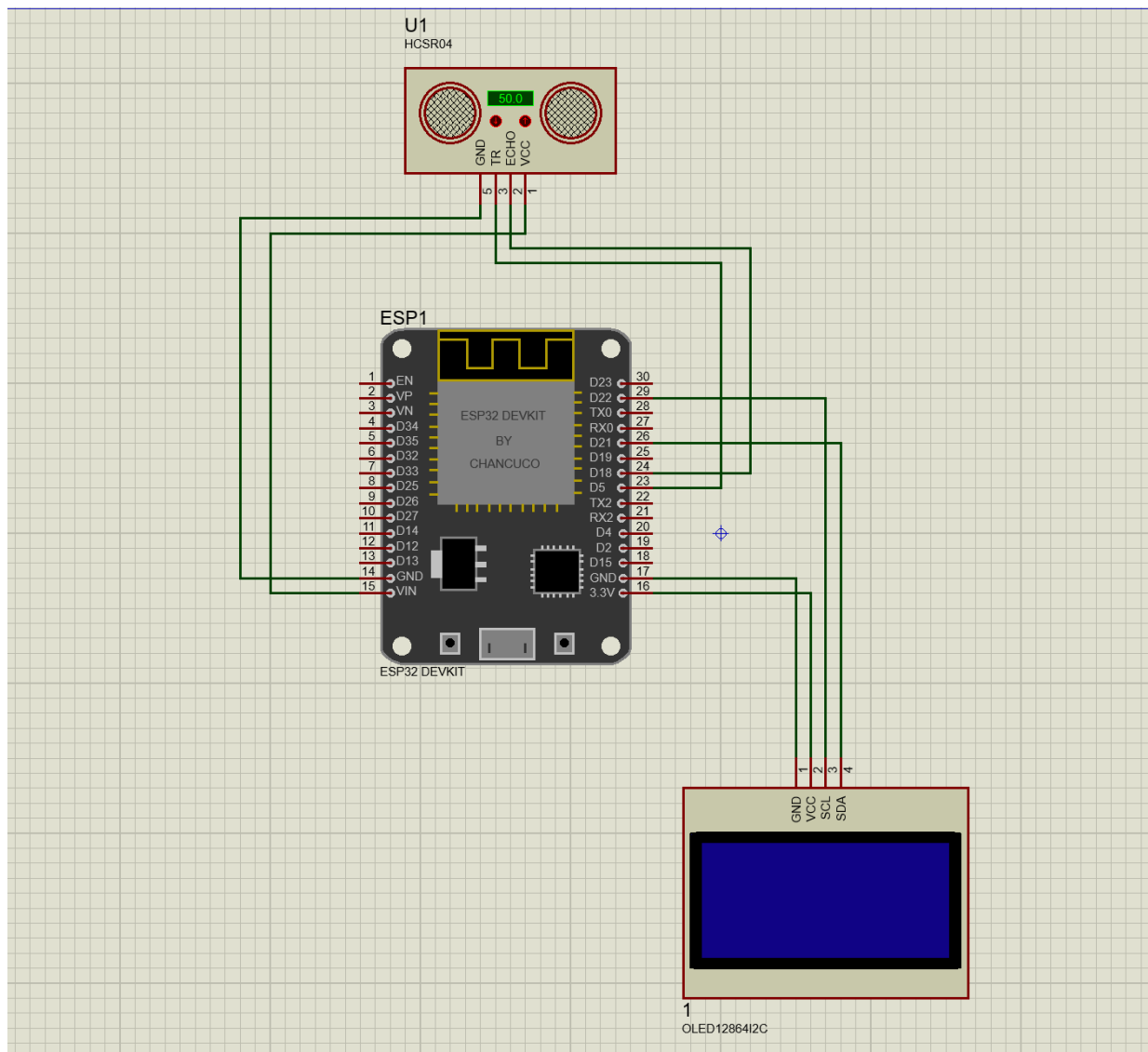
**Cảm biến siêu âm HC- SR04 có 4 chân, bao gồm:**

- Chân cấp nguồn VCC: 5V
- Trigger: Chân kích hoạt phát sóng siêu âm. Ở chế độ 2, chân Trigger vừa có chức năng kích hoạt phát sóng siêu âm, vừa có chức năng nhận báo tín hiệu khi module nhận được sóng siêu âm phản hồi.
- Chân Echo: Sử dụng để nhận biết có sóng siêu âm phản hồi.
- Chân GND: cấp nguồn 0V.

#### **Thông Số Kỹ Thuật:**

- Điện áp hoạt động: 5VDC
- Khoảng cách phát hiện: 2cm – 450cm
- Độ chính xác:  $\pm 0.2\text{cm}$
- Tín hiệu kích hoạt đầu vào: 10us xung TTL
- Kích thước: 43mm x 20mm x 17mm

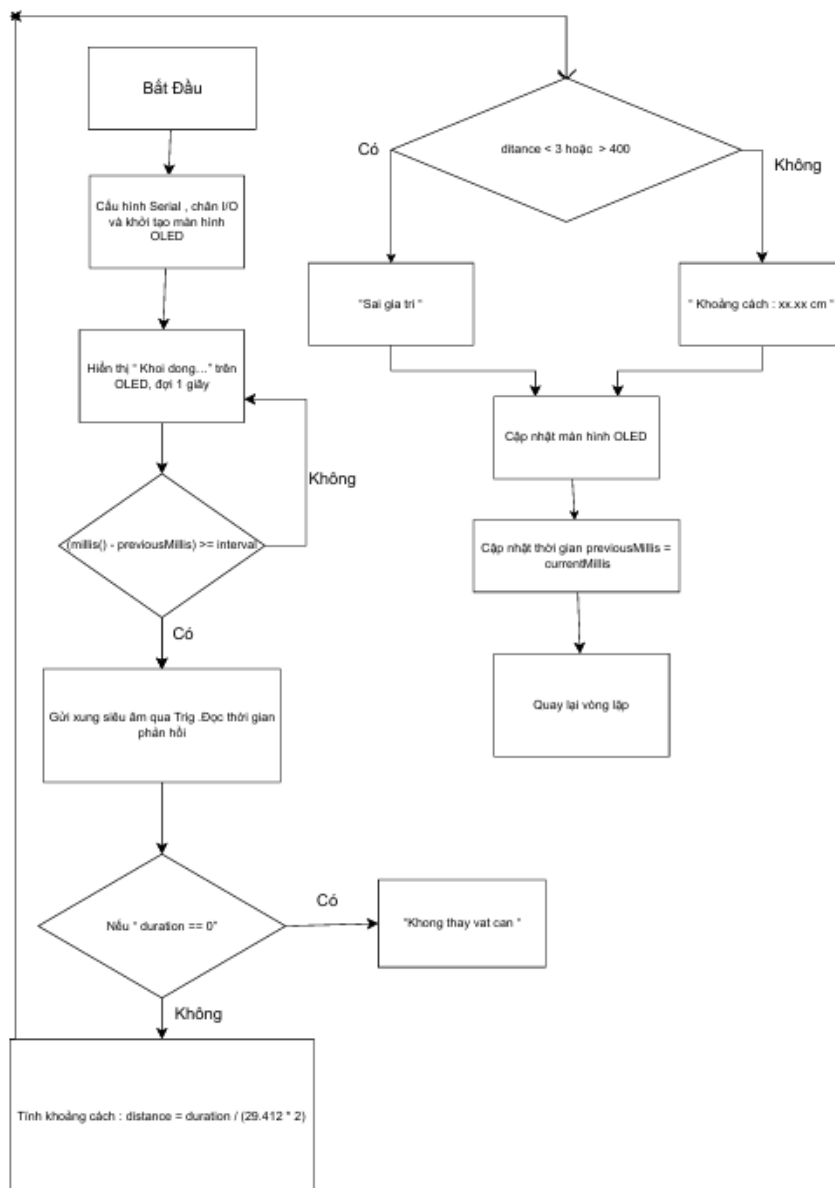
### **c. Thiết kế mạch đo**



Sơ đồ nguyên lý mạch đo

## 2. Phần mềm

### a. Lưu đồ thuật toán



Hình 3.2.1 : Lưu đồ thuật toán

## CHƯƠNG IV. Tiến hành đo và xử lý kết quả

Tiến hành chạy mạch, với khoảng nghỉ 1s (delay(1000)) trong phần lập trình, lấy 20 giá trị đầu tiên đo được vào bảng.

### 1. Đo vật cách 20,00 cm

- Kết quả đo bằng thiết bị:

Lần đo	Khoảng cách	Lần đo	Khoảng cách
1	20.30	11	20.23
2	20.23	12	20.20
3	20.20	13	20.30
4	21.23	14	20.23
5	20.30	15	19.79
6	20.20	16	19.69
7	19.86	17	20.13
8	20.30	18	20.20
9	20.20	19	19.79
10	20.20	20	19.72

Bảng 4.2.1 Bảng kết quả đo khoảng cách vật cách 20,00 cm

- Kết quả đo bằng thiết bị tham chiếu:

Thiết bị tham chiếu được chọn là **thước kẻ 30 cm** với độ chia nhỏ nhất là 0,1 cm

Sau 20 lần đo, ta có kết quả của phép đo tham chiếu:

$$X_{tc} = 20,115 \pm 0.2111 \text{ cm}$$

- Xử lý sai số:
- Bảng sai số dư của khoảng cách:

Lần đo	Giá trị khoảng cách	Sai số dư $\varepsilon_i =  a - \bar{a} $	Lần đo	Giá trị khoảng cách	Sai số dư $\varepsilon_i =  a - \bar{a} $
1	20.30	0.185	11	20.23	0.115
2	20.23	0.115	12	20.20	0.085
3	20.20	0.085	13	20.30	0.185
4	20.23	0.115	14	20.23	0.115
5	20.30	0.185	15	19.79	0.325
6	20.20	0.085	16	19.69	0.425
7	19.86	0.255	17	20.13	0.015
8	20.30	0.185	18	20.20	0.085
9	20.20	0.085	19	19.79	0.325
10	20.20	0.085	20	19.72	0.395

Bảng 4.2.2: Bảng kết quả đo khoảng cách và sai số

dư

- Sai số dư trung bình bình phương:

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}, \quad \bar{\sigma} = \frac{\sigma^*}{\sqrt{n}}$$

$\sigma^*$	0.2111
$\bar{\sigma}$	0.0472

- Xác định kết quả đo:

$$X = a_{tb} \pm \tau \sigma_{atb}$$

Trị số t lấy theo bảng tra:  $n = 20$  thì  $\tau = 3.1$

$$X_{tc} = 20.115 \pm 0.1453 \text{ cm}$$

## KẾT LUẬN

Thông qua quá trình nghiên cứu, triển khai và hoàn thiện dự án **“Hệ thống đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm HC-SR04 và hiển thị trên màn hình OLED SSD1306”**, nhóm em đã có cơ hội tìm hiểu sâu hơn về nguyên lý hoạt động của cảm biến siêu âm, cách giao tiếp với màn hình OLED qua giao thức I2C, cũng như kỹ năng lập trình Arduino để xử lý và hiển thị dữ liệu. Báo cáo này giúp nhóm hiểu rõ quy trình đo khoảng cách, xử lý tín hiệu analog kỹ thuật số, và ứng dụng thư viện đồ họa để hiển thị thông tin trực quan trên giao diện người dùng. Đây là một trải nghiệm học tập vừa thực tiễn vừa học thuật, góp phần củng cố kiến thức về lập trình nhúng và hệ thống đo lường.

Kết thúc dự án, nhóm em nhận thấy rằng việc kết hợp cảm biến HC-SR04 với màn hình OLED là một giải pháp hiệu quả, chi phí thấp, dễ lắp đặt và sử dụng, phù hợp với các ứng dụng giáo dục, mô hình mô phỏng hoặc hệ thống giám sát đơn giản như cảnh báo vật cản, đo mức nước,... Tuy nhiên, hệ thống vẫn có giới hạn về độ chính xác trong môi trường có nhiều nhiễu âm thanh hoặc khi đo các bề mặt không phản xạ tốt. Để ứng dụng trong các hệ thống yêu cầu độ chính xác cao hoặc hoạt động trong môi trường khắc nghiệt, nhóm đề xuất có thể thay thế bằng cảm biến laser hoặc sử dụng thuật toán lọc tín hiệu để tăng độ tin cậy của kết quả đo.

Dù đã cố gắng hoàn thành dự án với tinh thần nghiêm túc, nhóm em vẫn nhận thấy còn nhiều điều cần học hỏi và cải thiện. Do hạn chế về thời gian, tài liệu tham khảo và kinh nghiệm thực tiễn, nhóm rất mong nhận được ý kiến đóng góp và chỉ dẫn từ cô để tiếp tục phát triển kỹ năng lập trình, thiết kế mạch và tư duy giải quyết vấn đề trong các dự án thực tiễn sau này.