

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐIỆN - ĐIỆN TỬ



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN
ĐO LUỒNG ĐIỆN TỬ

Đề tài: Đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm

Giảng viên hướng dẫn: PGS. TS. Nguyễn Thúy Anh

Nhóm sinh viên thực hiện:

- | | |
|-------------------|----------|
| • Vũ Lâm Huy | 20224438 |
| • Nguyễn An Khánh | 20224439 |
| • Bùi Ngọc Đạt | 20224405 |

Hà Nội, 12 – 2024

Mục lục

Mục lục	2
Phân công công việc	3
Lời nói đầu.....	4
Chương 1: Tổng quan về đề tài.....	5
Đặt vấn đề	5
Các thiết bị đo khoảng cách có trên thị trường	5
So sánh HC-SR04 và HY-SRF05	6
Kết luận chương 1	7
Chương 2 : Thiết kế mạch đo khoảng cách bằng sóng siêu âm.....	8
2.1 Chỉ tiêu thiết kế	8
2.2 Sơ đồ chức năng	8
2.3 Tính toán và lựa chọn thiết bị phần cứng.....	8
2.4 Thiết kế mạch điều khiển phần cứng	13
2.5 Thiết kế chương trình điều khiển thiết bị	14
2.6 Kết luận chương 2	14
Chương 3: Kết quả đo và xử lý sai số	15
3.1 Thiết bị tham chiếu, bối cảnh thực hiện đo đạc, thao tác thực hiện đo đạc	15
3.2 Kết quả đo	16
3.3 Xử lý sai số theo tính toán.....	18
3.4 Nhận xét và đối chiếu sai số.....	21
3.5 Khắc phục sai số.....	22
Chương 4: Kết luận và hướng phát triển	23
4.1 Kết quả đạt được	23
4.2 Tự đánh giá.....	24
Chương 5: Tổng kết	25

Phân công công việc

Bảng 1.1 Dưới đây phân công công việc cho từng thành viên trong nhóm để triển khai bài tập lớn một cách hiệu quả.

Họ và tên	MSSV	Nội dung công việc
Vũ Lâm Huy	20224438	Lý thuyết, tính toán sai số, làm báo cáo và slide
Nguyễn An Khánh	20224439	Lý thuyết, tính toán sai số, làm báo cáo và slide
Bùi Ngọc Đạt	20224405	Lý thuyết, lắp mạch, tính toán sai số

Bảng 1.1 Phân công công việc

Lời nói đầu

Trong thời đại công nghệ 4.0, việc ứng dụng các cảm biến để thu thập và xử lý thông tin đã trở thành một phần quan trọng trong nhiều lĩnh vực, từ công nghiệp, y tế, giao thông đến đời sống thường ngày. Cảm biến siêu âm là một trong những thiết bị hữu ích, cho phép đo đạc khoảng cách với độ chính xác cao và chi phí thấp.

Đề tài "Đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm" được lựa chọn nhằm nghiên cứu và phát triển một ứng dụng thực tiễn của loại cảm biến này. Mục tiêu của đề tài không chỉ là tìm hiểu nguyên lý hoạt động của cảm biến siêu âm mà còn là cách tích hợp thiết bị này vào một hệ thống đo khoảng cách, phục vụ các nhu cầu như định vị, đo lường, hay tự động hóa.

Chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến cô Nguyễn Thúy Anh vì sự hướng dẫn nhiệt tình và những kiến thức sâu sắc mà cô đã chia sẻ, giúp chúng em hoàn thiện bài tập lớn này một cách tốt nhất.

Chương 1: Tổng quan về đề tài

Đặt vấn đề

Trong cuộc sống hiện đại, nhu cầu đo lường khoảng cách chính xác và nhanh chóng ngày càng trở nên cần thiết trong nhiều lĩnh vực, từ xây dựng, công nghiệp đến các thiết bị thông minh trong đời sống hàng ngày. Trong đó, cảm biến siêu âm nổi bật nhờ khả năng đo khoảng cách một cách chính xác, không tiếp xúc, và hiệu quả kinh tế.

Cảm biến siêu âm hoạt động dựa trên nguyên lý phát và thu sóng âm để xác định khoảng cách đến vật cản. Với ưu điểm vượt trội như độ chính xác cao, khả năng hoạt động trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau và dễ dàng tích hợp vào các hệ thống điện tử, cảm biến siêu âm đang trở thành một lựa chọn phổ biến cho các ứng dụng đo lường và tự động hóa.

Tuy nhiên, để khai thác tối ưu khả năng của cảm biến siêu âm, việc nghiên cứu và thiết kế một hệ thống đo khoảng cách hiệu quả là điều rất quan trọng. Hệ thống này cần đảm bảo khả năng đo lường nhanh chóng, đáng tin cậy, đồng thời dễ dàng triển khai và sử dụng.

Xuất phát từ những yêu cầu và ứng dụng thực tế đó, đề tài "Đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm" được thực hiện nhằm xây dựng một hệ thống đo lường hiệu quả, từ đó nghiên cứu sâu hơn về ứng dụng của cảm biến siêu âm trong các hệ thống tự động hóa hiện đại.

Các thiết bị đo khoảng cách có trên thị trường

Hiện nay, trên thị trường có rất nhiều loại thiết bị đo khoảng cách, được thiết kế dựa trên các nguyên lý hoạt động khác nhau để phù hợp với các ứng dụng cụ thể. Dưới đây là một số loại thiết bị đo khoảng cách phổ biến:

❖ Thước đo cơ học

- Thước dây, thước cuộn:** Là thiết bị đo khoảng cách đơn giản, hoạt động dựa trên nguyên lý cơ học.
- Ưu điểm:** Giá thành thấp, dễ sử dụng.
- Hạn chế:** Chỉ đo được khoảng cách ngắn và yêu cầu tiếp xúc trực tiếp.

❖ Thiết bị đo bằng laser

- Ví dụ:** Máy đo khoảng cách laser (Laser Distance Meter).
- Nguyên lý hoạt động:** Sử dụng tia laser để đo khoảng cách dựa trên thời gian phản hồi của ánh sáng khi chạm vào vật thể.
- Ưu điểm:** Độ chính xác cao, đo được khoảng cách xa (thường từ vài mét đến hàng trăm mét).

- **Hạn chế:** Chi phí cao hơn, hoạt động kém trong môi trường bụi bẩn hoặc ánh sáng mạnh.

❖ Cảm biến siêu âm

- **Ví dụ:** HC-SR04, HY-SRF05.
- **Nguyên lý hoạt động:** Dựa trên sóng âm, thiết bị phát ra sóng âm và đo thời gian sóng âm phản xạ lại để tính khoảng cách.
- **Ưu điểm:** Giá rẻ, dễ tích hợp, không bị ảnh hưởng bởi ánh sáng.
- **Hạn chế:** Phạm vi đo giới hạn (thường dưới 4-5m), độ chính xác giảm khi đo trên bề mặt hấp thụ âm.

❖ Cảm biến hồng ngoại (IR)

- **Ví dụ:** Sharp GP2Y0A21YK.
- **Nguyên lý hoạt động:** Dùng tia hồng ngoại để đo khoảng cách dựa trên lượng ánh sáng phản xạ lại từ vật thể.
- **Ưu điểm:** Giá thành thấp, dễ tích hợp.
- **Hạn chế:** Phạm vi đo ngắn, dễ bị ảnh hưởng bởi màu sắc và chất liệu của vật thể.

So sánh HC-SR04 và HY-SRF05

Bảng 1.2 Bảng so sánh thông số giữa HC-SR04 và HY-SRF05

Tiêu chí	HC-SR04	HY-SRF05
Nguyên lý hoạt động	Phát và thu sóng siêu âm để tính thời gian dội lại.	Tương tự HC-SR04, dùng sóng siêu âm để đo khoảng cách.
Phạm vi đo	2 cm - 400 cm	2 cm - 450 cm
Độ chính xác	± 3 mm	± 2 mm
Góc phát sóng	~15°	~15°
Số chân giao tiếp	4 chân (VCC, Trig, Echo, GND)	5 chân (VCC, Trig, Echo, GND, Mode)
Tùy chọn chế độ	Không hỗ trợ chế độ đặc biệt.	Hỗ trợ chế độ 1 chân hoặc 2 chân.
Dòng điện hoạt động	15 mA	30 mA
Nguồn cấp	5V	5V
Kích thước	45 mm x 20 mm x 15 mm	57 mm x 20 mm x 15 mm

Ứng dụng phổ biến	Hệ thống đo khoảng cách, robot tránh vật cản, hệ thống cảnh báo.	Ứng dụng tương tự nhưng cần độ chính xác cao hơn.
Giá thành	Thấp hơn (~50-70% giá của HY-SRF05).	Cao hơn một chút so với HC-SR04.

Kết luận chương 1

Trên đây chúng em đã giới thiệu sơ bộ về mục đích của mạch cảm biến siêu âm để đo khoảng cách, các loại thiết bị phổ biến trên thị trường cũng như là phân công công việc trong nhóm để triển khai công việc. Hi vọng chương đầu tiên này đã đem lại những cái nhìn tổng quan và những hiểu biết cơ bản về mạch mà nhóm em muốn xây dựng. Tiếp theo sau chương I, nhóm em sẽ trình bày chi tiết về những yêu cầu đặt ra và phương pháp thiết kế chi tiết cho mạch của mình.

Chương 2 : Thiết kế mạch đo khoảng cách bằng sóng siêu âm

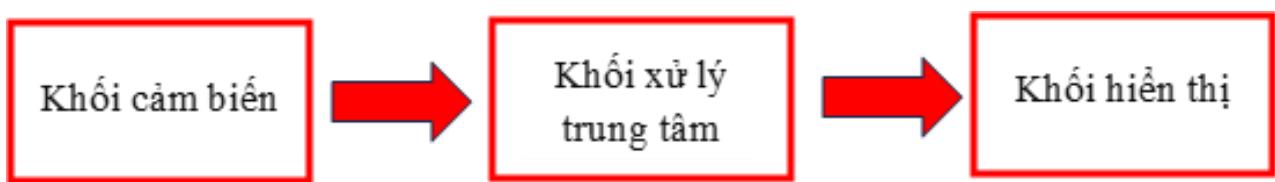
2.1 Chỉ tiêu thiết kế

Sử dụng vi điều khiển để thu thập dữ liệu từ cảm biến siêu âm SR04 nhằm đo khoảng cách một cách chính xác. Kết quả đo được xử lý và hiển thị.

Chỉ tiêu chức năng của bài tập

- Đối tượng cần đo:** Khoảng cách từ cảm biến đến vật thể.
- Dụng cụ đo:** Cảm biến siêu âm SR04.
- Input:** Thời gian tín hiệu siêu âm truyền và phản hồi.
- Output:** Khoảng cách đến vật thể

2.2 Sơ đồ chức năng



Hình 2.1 Sơ đồ khối chức năng

Chức năng từng khối:

- Khối cảm biến:** Đo khoảng cách bằng sóng siêu âm
- Khối xử lý trung tâm:** Xử lý thông tin, điều khiển toàn bộ hệ thống.
- Khối hiển thị:** Hiển thị thông tin theo lệnh từ khối xử lý trung tâm.

2.3 Tính toán và lựa chọn thiết bị phần cứng

2.3.1 Tính toán và lựa chọn khối xử lý trung tâm

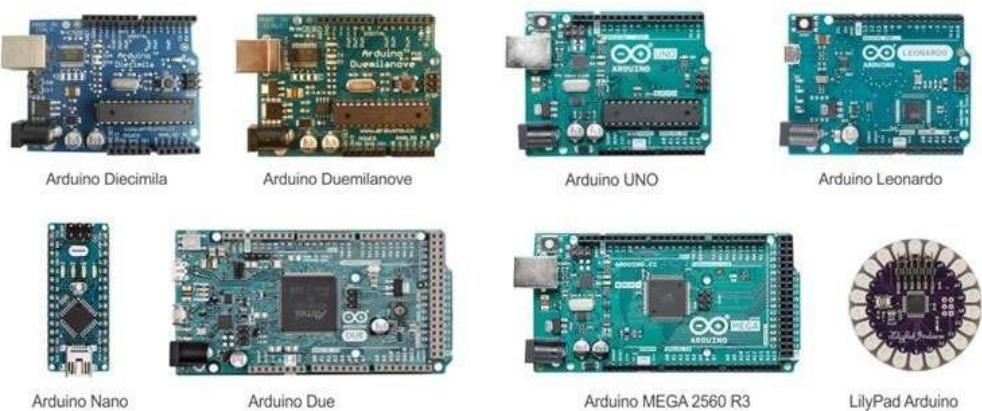
Nhóm chúng em quyết định lựa chọn vi điều khiển Arduino Uno R3 vì trong môn học vi xử lý, bọn em đã đang và sẽ được học về nó. Đó là nền tảng mã nguồn mở giúp con người xây dựng các ứng dụng điện tử có khả năng liên kết, tương tác với nhau tốt hơn. Nó có thể xem như là một chiếc máy tính thu nhỏ vậy, nó giúp người dùng lập trình, thực hiện các dự án điện tử mà không cần dùng tới công cụ chuyên biệt phục vụ

cho quá trình nạp code của người dùng. Nó tương tác với thế giới xung quanh bằng hoạt động cảm biến điện tử, động cơ và đèn.

Arduino là công cụ hỗ trợ đắc lực cho công việc lập trình. Arduino là một platform đã được chuẩn hóa nên đã có rất nhiều các bo mạch mở rộng (shield) để cắm chồng lên bo mạch Arduino. Với Arduino em có thể ứng dụng vào những mạch đơn giản như mạch cảm biến ánh sáng bật tắt đèn, mạch điều khiển động cơ,... hoặc cao hơn nữa bạn có thể làm những sản phẩm như: máy in 3D, Robot, khinh khí cầu, máy bay không người lái,...

Arduino được cấu tạo từ phần cứng và phần mềm IDE.

- **Phần cứng:** Hay ta vẫn nghe một cái tên quen thuộc là vi điều khiển, board mạch mã nguồn mở



Hình 2.2 Một số hình ảnh về board mạch chủ

- **Phần mềm:** Với Arduino IDE em có thể đơn giản hóa việc viết code vì trên đây có một giao diện dễ thao tác với code, cùng với đó là những câu lệnh cho arduino đã có nhiều đè tài đi trước để có thể cung cấp thêm cho code của mình. Ngoài ra nó cũng đã được tích hợp thêm nhiều thư viện cho các linh kiện khiến cho việc viết lệnh được dễ dàng hơn.

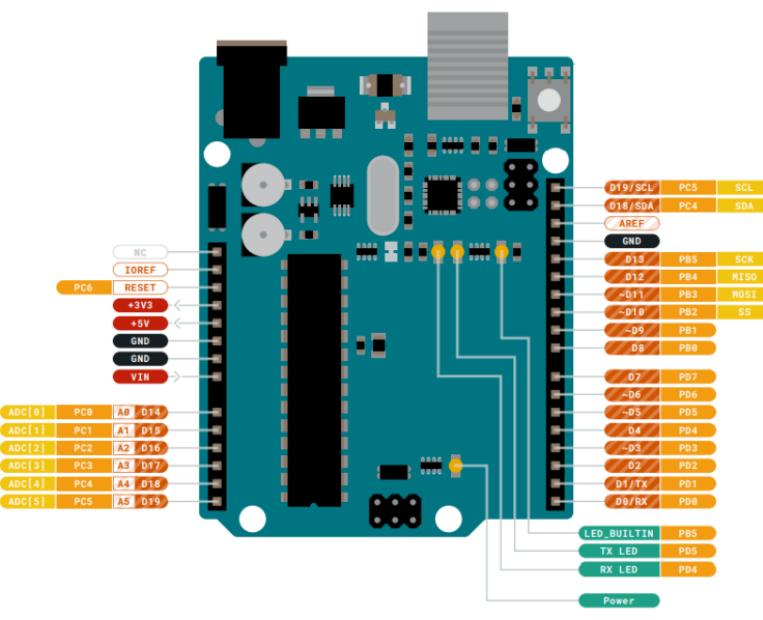


Hình 2.3 Phần mềm Arduino IDE

2.3.1.1 Thông số kỹ thuật

Chip điều khiển chính	ATmega328P
Điện áp hoạt động	5V (thông qua cổng USB của máy tính)
Số chân Analog	6
Số chân Digital	14 (6 chân PWM)
Dòng ra trên chân digital	Max 40mA
Dòng ra trên chân 5V	500mA
Dung lượng bộ nhớ Flash	50mA
SRAM	32 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Tốc độ	16 MHz
Trọng lượng	25 grams
Chân PWM	3, 5, 6, 9, 10, 11

Bảng 2.1 Thông số Arduino Uno R3



Hình 2.4 Hình ảnh và sơ đồ chân VĐK

2.3.2 Tính toán và lựa chọn khối cảm biến

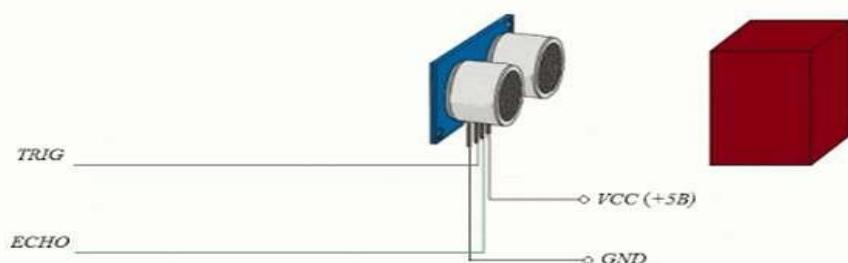
Qua tìm hiểu các sản phẩm có sẵn trên thị trường, chúng em quyết định lựa chọn cảm biến HC-SR04 như Hình 2.5 vì ưu điểm là cảm biến kỹ thuật số giá rẻ để đo lường khoảng cách. Cảm biến này có thể dễ dàng giao tiếp với bất kỳ bộ vi điều khiển vi nào như Arduino, Raspberry Pi, ... để đo khoảng cách ngay lập tức.



Hình 2.5 Cảm biến HC-SR04

2.3.2.1 Cấu tạo cảm biến HC-SR04

a) Sơ đồ chân cảm biến HC-SR04



Hình 2.6 Cấu tạo chân cảm biến HC-SR04

Chân	Ký hiệu	Chức năng	Mô tả
1	VCC	Nguồn cấp	Kết nối với nguồn điện dương (+5V). Đây là nguồn nuôi cho cảm biến.
2	Trig	Chân kích hoạt phát sóng	Gửi tín hiệu xung điện (logic HIGH) từ vi điều khiển để kích hoạt cảm biến phát 12ong siêu âm.
3	Echo	Chân nhận tín hiệu phản hồi	Nhận tín hiệu phản hồi từ cảm biến sau khi 12ong siêu âm dội lại. Thời gian tín hiệu HIGH tương ứng với khoảng cách đo được.
4	GND	Chân nối đất (Ground)	Kết nối với nguồn đất (0V), tạo mạch hoàn chỉnh cho cảm biến hoạt động.

Bảng 2.2 Mô tả các chân của cảm biến HC-SR04

b) Thông số kỹ thuật HC-SR04

Đặc tính	Giá trị
Nguồn cấp (VCC)	5V DC
Dòng điện tiêu thụ	15 mA
Tần số sóng siêu âm	40 kHz
Phạm vi đo	2 cm đến 400 cm (4 mét)
Độ chính xác	± 3 mm
Góc phát song	Khoảng 15°
Thời gian đo tối thiểu	Khoảng 60 ms giữa các lần đo
Thời gian phản hồi	- Trạng thái LOW: Không có vật thể trong phạm vi phát hiện. - Trạng thái HIGH: Tương ứng với thời gian sóng dội lại từ vật cản.
Nhiệt độ hoạt động	-15°C đến +70°C

Bảng 2.3 Mô tả thông số kỹ thuật HC-SR04

2.3.2.2 Nguyên lý hoạt động

1. Nguyên lý đo khoảng cách:

- Cảm biến SR04 phát ra sóng siêu âm từ chân **TRIG**. Khi sóng gặp vật thể, nó sẽ phản xạ và được nhận lại tại chân **ECHO**.

- Vì điều khiển đo thời gian giữa lúc phát và nhận sóng. Sử dụng công thức:

$$d = \frac{t \cdot v}{2}$$

Trong đó:

- d: Khoảng cách (m).
- t: Thời gian (s).
- v: Tốc độ âm thanh trong không khí (≈ 343 m/s ở 20°C).

2. Hoạt động chi tiết:

- Vì điều khiển gửi một xung kích hoạt (Trigger) đến chân **TRIG** của HC-SR04. Cảm biến phát ra một loạt sóng siêu âm.
- Bộ thu của cảm biến chờ nhận tín hiệu phản xạ từ vật thể.
- Khi nhận được sóng phản xạ, chân **ECHO** sẽ lên mức cao (High) trong khoảng thời gian tương ứng.
- Vì điều khiển đo thời gian tín hiệu cao trên **ECHO**, sau đó tính khoảng cách bằng công thức trên.**Thiết bị sử dụng**

3. Điều kiện hoạt động

- Khoảng cách đo: 2 cm đến 400 cm.
- Góc phát sóng: 15° .
- Điện áp hoạt động: 5V

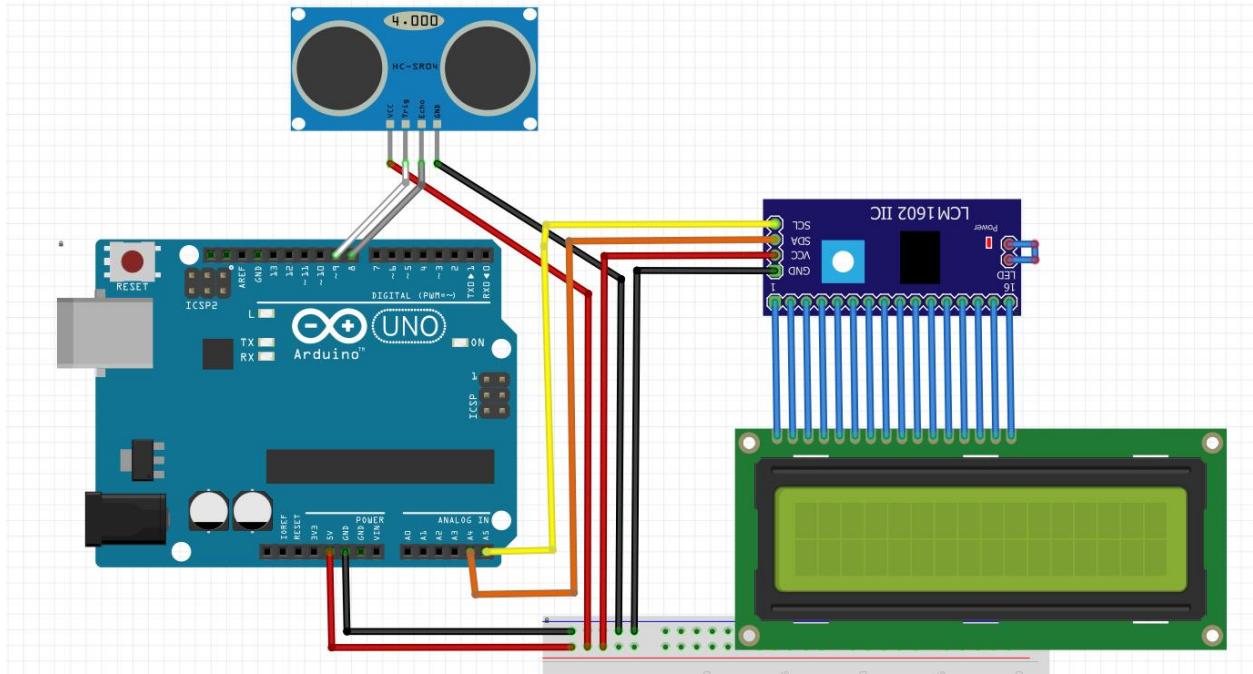
2.4 Thiết kế mạch điều khiển phần cứng

2.4.1 Tổng kết linh kiện

STT	Linh kiện	Số lượng
1	Arduino Uno R3	1
2	Cảm biến HC-SR04	1
3	I2C	1
4	Led LCD	1

Bảng 2.4 Tổng kết linh kiện sử dụng

2.4.2 Sơ đồ mạch



Hình 2.7 Sơ đồ kết nối giữa Arduino và HC-SR04

2.5 Thiết kế chương trình điều khiển thiết bị

Chương trình được thiết kế để đo khoảng cách từ cảm biến siêu âm HC-SR04 và hiển thị kết quả lên LCD 16x2 thông qua giao tiếp I2C. Các bước thực hiện bao gồm khởi tạo các chân, phát xung siêu âm, đo thời gian phản hồi, tính toán khoảng cách và hiển thị kết quả.

Giải thuật chi tiết:

- Khởi tạo: Hàm setup() được sử dụng để khởi tạo Serial, LCD I2C và thiết lập các chân trigPin (D9) và echoPin (D8) của Arduino. LCD được khởi tạo bằng hàm lcd.init() và hiển thị dòng chữ "Khoang cach:".
- Phát xung siêu âm: Chân trigPin được đặt ở mức LOW trong 2 micro giây, sau đó chuyển lên HIGH trong 10 micro giây, rồi lại xuống LOW để tạo xung kích.
- Đọc thời gian phản hồi: Hàm pulseIn(echoPin, HIGH) được dùng để đo thời gian mà xung phản hồi duy trì ở mức HIGH.
- Tính toán khoảng cách: Khoảng cách được tính bằng công thức: $distance = duration * 0.034 / 2$; (với tốc độ âm thanh trong không khí là 340 m/s hoặc 0.034 cm/micro giây).
- Hiển thị kết quả: Kết quả khoảng cách được hiển thị trên LCD bằng hàm lcd.print() và trên Serial Monitor bằng hàm Serial.print().
- Thư viện: Các thư viện Wire.h và LiquidCrystal_I2C.h được sử dụng để giao tiếp I2C với LCD.

2.6 Kết luận chương 2

Chương 2 nhóm em đã trình bày về cách thiết kế mạch đo khoảng cách sử dụng cảm biến HC-SR04 từ phần cứng đến phần mềm. Hy vọng người đọc có thể hiểu được phương án thiết kế của nhóm em.

Chương 3: Kết quả đo và xử lý sai số

3.1 Thiết bị tham chiếu, bối cảnh thực hiện đo đạc, thao tác thực hiện đo đạc

3.1.1 Thiết bị tham chiếu

Nhóm chọn thước dây cuộn để làm tham chiếu so sánh với mạch của nhóm đã lắp.



Hình 3.1 Thước dây cuộn dùng để làm tham chiếu

Thông Số Kỹ Thuật	Mô Tả Chi Tiết
Vật Liệu Dây Thước	Thép carbon, thép không gỉ. Lớp phủ: sơn, nylon, polymer, chrome,...
Chiều Dài Dây Thước	5m
Chiều Rộng Dây Thước	19mm
Độ Dày Dây Thước	0.4mm
Vạch Chia Đo	Mét (m), centimet (cm), milimet (mm). - Có thể có thêm inch (in), feet (ft). Độ chính xác thường là 1mm hoặc 0.5mm, tùy loại
Độ Chính Xác	Cấp chính xác II hoặc III (phổ biến). - Sai số có thể dao động từ +/- 0.5mm đến +/- 2mm trên mỗi mét chiều dài. Có thể có cấp chính xác cao hơn (I) cho thước chuyên dụng

Bảng 3.1 Thông số kỹ thuật thước dây

Lý do nhóm em chọn thước dây cuộn làm thiết bị tham chiếu vì nó có độ chính xác tương đối cao so với các phương pháp đo thủ công khác. Mặc dù có sai số nhất định, nhưng sai số này thường nhỏ và nằm trong phạm vi chấp nhận được đối với các ứng dụng đo khoảng cách thông thường, đặc biệt là trong khoảng cách ngắn và trung bình. Ngoài ra, nó ít bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường như nhiệt độ hoặc độ ẩm (trong điều kiện bình thường), không giống như một số phương pháp đo khác có thể bị biến dạng hoặc sai số do môi trường.

3.1.2 Bối cảnh thực hiện đo đạc

Nhóm thực hiện đo đạc và so sánh 2 thiết bị trong cùng các bối cảnh giống nhau. Với điều kiện của nhóm, chọn 2 bối cảnh sau để đo đạc :

Bối cảnh thứ 1: Trong phòng kín, gần như không có tiếng ồn, hai thiết bị đặt cùng một vị trí gần nhau (trên bàn).

Bối cảnh thứ 2: Hai thiết bị đặt cùng một vị trí gần nhau và gần một cái loa đang phát nhạc (trên bàn).

Để hạn chế ảnh hưởng của yếu tố ngoại cảnh tới độ chính xác của cảm biến, nhóm chọn bối cảnh đo thứ nhất.

3.1.3 Thao tác thực hiện đo đặc

B1: Đặt thiết bị trên bàn

B2: Thực hiện chạy code ở mạch của nhóm, cùng lúc lấy số liệu thay đổi ở thiết bị tham chiếu

3.2 Kết quả đo

3.2.1 Kết quả đo lần thứ nhất theo mạch của nhóm (Bối cảnh thứ nhất)

Tiến hành đo 20 lần, mỗi lần cách nhau 2s ở khoảng cách 2,8cm và thu được 20 giá trị như trong Bảng 3.2

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Khoảng cách (cm)	2,72	2,72	3,04	2,79	2,72	2,72	2,85	2,94	2,94	2,94
Lần đo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Khoảng cách (cm)	2,94	2,94	2,72	2,94	2,94	2,94	3,04	3,04	3,04	3,04

Bảng 3.2 Mạch của nhóm lần đo thứ nhất – Bối cảnh thứ nhất

3.2.2 Kết quả đo lần thứ nhất theo thiết bị tham chiếu (Bối cảnh thứ nhất)

Tiến hành đo bằng thước dây, thấy kết quả đo là 2,8cm

3.2.3 Kết quả đo lần thứ hai theo mạch của nhóm (Bối cảnh thứ nhất)

Tiến hành đo 20 lần, mỗi lần cách nhau 2s ở khoảng cách 10cm và thu được 20 giá trị như trong Bảng 3.3

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Khoảng cách (cm)	9,52	9,52	9,63	9,52	9,63	9,52	9,63	9,52	9,63	9,52
Lần đo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Khoảng cách (cm)	9,52	9,52	9,52	9,63	9,63	9,63	9,52	9,63	9,63	9,52

Bảng 3.3 Mạch của nhóm lần đo thứ hai – Bối cảnh thứ nhất

3.2.4 Kết quả đo lần thứ hai theo thiết bị tham chiếu (Bối cảnh thứ nhất)

Tiến hành đo bằng thước dây, thấy kết quả đo là 10cm

3.2.5 Kết quả đo lần thứ ba theo mạch của nhóm (Bối cảnh thứ nhất)

Tiến hành đo 20 lần, mỗi lần cách nhau 2s ở khoảng cách 20cm và thu được 20 giá trị như trong Bảng 3.4

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Khoảng cách (cm)	19,77	19,77	19,77	19.57	19,77	19.57	19,77	19.57	19,77	19,77
Lần đo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Khoảng cách (cm)	19.57	19,77	19.57	19,77	19.57	19,77	19,77	19.57	19.57	19.57

Bảng 3.4 Mạch của nhóm lần đo thứ ba – Bối cảnh thứ nhất

3.2.4 Kết quả đo lần thứ ba theo thiết bị tham chiếu (Bối cảnh thứ nhất)

Tiến hành đo bằng thước dây, thấy kết quả đo là 20cm

3.3 Xử lý sai số theo tính toán

3.3.1 Mạch của nhóm với lần đo đầu tiên – Bối cảnh thứ nhất

Theo bảng kết quả, nhóm em tính ra được khoảng cách tương đối trung bình với $n = 20$

$$d_{tb} = \sum_{i=1}^n d_i / n = 2,898$$

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sai số dư	-0,178	-0,178	0,142	-0,108	-0,178	-0,178	-0,048	0,042	0,042	0,042
Sai số dư bình phương	0,031684	0,031684	0,020164	0,011664	0,031684	0,031684	0,002304	0,001764	0,001764	0,001764
Lần đo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sai số dư	0,042	0,042	-0,178	0,042	0,042	0,042	0,142	0,142	0,142	0,142
Sai số dư bình phương	0,001764	0,001764	0,031684	0,001764	0,001764	0,001764	0,020164	0,020164	0,020164	0,020164

Bảng 3.5 Thể hiện sai số dư của từng lần đo

Sai số trung bình

$$d = \frac{1}{\sqrt{n(n-1)}} \sum_{i=1}^n |\varepsilon_i| = 0,107317$$

Sai số trung bình phương

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-1}} = 0.122972$$

Tính sai số trung bình phương của trị số trung bình cộng

$$\sigma_{a_{tb}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.027497$$

Xác định được kết quả đo:

$$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 2.898 \pm 0.082491$$

3.3.2 Thiết bị tham chiếu lần đo thứ nhất – Bối cảnh thứ nhất

Xác định được kết quả đo:

$$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 2.8 \pm 0$$

3.3.3 Mạch của nhóm với lần đo thứ hai – Bối cảnh thứ nhất

Theo bảng kết quả, nhóm em tính ra được khoảng cách tương đối trung bình với $n = 20$

$$d_{tb} = \sum_{i=1}^n d_i / n = 9.5695$$

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sai số dư	-0.05	-0.05	0.061	-0.05	0.061	-0.05	0.061	-0.05	0.061	-0.05
Sai số dư bình phương	0.0025	0.0025	0.003721	0.0025	0.003721	0.0025	0.003721	0.0025	0.003721	0.0025
Lần đo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sai số dư	-0.05	-0.05	-0.05	0.061	0.061	0.061	-0.05	0.061	0.061	-0.05
Sai số dư bình phương	0.0025	0.0025	0.0025	0.003721	0.003721	0.003721	0.0025	0.003721	0.003721	0.0025

Bảng 3.6 Thể hiện sai số dư của từng lần đo

Sai số trung bình

$$d = \frac{1}{\sqrt{n(n-1)}} \sum_{i=1}^n |\varepsilon_i| = 0.056378$$

Sai số trung bình phương

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-1}} = 0.056656$$

Tính sai số trung bình phương của trị số trung bình cộng

$$\sigma_{a_{tb}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.012669$$

Xác định được kết quả đo:

$$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 9.5695 \pm 0.038007$$

3.3.4 Thiết bị tham chiếu lần đo thứ hai – Bối cảnh thứ nhất

Xác định được kết quả đo:

$$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 10 \pm 0$$

3.3.5 Mạch của nhóm với lần đo thứ ba – Bối cảnh thứ nhất

Theo bảng kết quả, nhóm em tính ra được khoảng cách tương đối trung bình với $n = 20$

$$d_{tb} = \sum_{i=1}^n d_i / n = 19.68$$

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sai số dư	0.09	0.09	0.09	-0.11	0.09	-0.11	0.09	-0.11	0.09	0.09
Sai số dư bình phương	0.0081	0.0081	0.0081	0.0121	0.0081	0.0121	0.0081	0.0121	0.0081	0.0081
Lần đo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sai số dư	-0.11	0.09	-0.11	0.09	-0.11	0.09	0.09	-0.11	-0.11	-0.11
Sai số dư bình phương	0.0121	0.0081	0.0121	0.0081	0.0121	0.0081	0.0081	0.0121	0.0121	0.0121

Bảng 3.7 Thể hiện sai số dư của từng lần đo

Sai số trung bình

$$d = \frac{1}{\sqrt{n(n-1)}} \sum_{i=1}^n |\varepsilon_i| = 0.101572$$

Sai số trung bình phương

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-1}} = 0.102084$$

Tính sai số trung bình phương của trị số trung bình cộng

$$\sigma_{a_{tb}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.022827$$

Xác định được kết quả đo:

$$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 19.68 \pm 0.068481$$

3.3.6 Thiết bị tham chiếu lần đo thứ ba – Bối cảnh thứ nhất

Xác định được kết quả đo:

$$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 20 \pm 0$$

3.4 Nhận xét và đối chiếu sai số

3.4.1 Kết quả đo đặc của 2 thiết bị theo từng bối cảnh

Mạch của nhóm với lần đo thứ nhất	$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 2.898 \pm 0.082491$
Thiết bị tham chiếu với lần đo thứ nhất	$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 2.8 \pm 0$
Mạch của nhóm với lần đo thứ hai	$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 9.5695 \pm 0.038007$
Thiết bị tham chiếu với lần đo thứ hai	$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 10 \pm 0$
Mạch của nhóm với lần đo thứ ba	$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 19.68 \pm 0.068481$
Thiết bị tham chiếu với lần đo thứ ba	$X = a_{tb} \pm t\sigma_{a_{tb}} = 20 \pm 0$

Nhận xét: Có thể nhận thấy sai khác giữa hai thiết bị đo là không đáng kể trong phép đo vừa rồi.

3.4.2 Sai số hệ thống

Cảm biến HC-SR04 có sai số hệ thống trung bình khoảng **±5 mm** trong phạm vi đo từ 2 cm đến 400 cm.

3.4.3 Sai số ngẫu nhiên

Sai số ngẫu nhiên ở HC-SR04 xuất hiện do các yếu tố không kiểm soát được trong môi trường đo lường, bao gồm nhiễu sóng âm, dao động tín hiệu điện và điều kiện không khí.

3.5 Khắc phục sai số

Để khắc phục sai số khi sử dụng HC-SR04, có thể thực hiện hiệu chỉnh cảm biến bằng cách so sánh với thiết bị tham chiếu và áp dụng hệ số hiệu chỉnh. Đồng thời, bù nhiệt độ giúp tính chính xác tốc độ âm thanh trong môi trường, kết hợp với lấy trung bình nhiều lần đo để giảm nhiễu. Các thuật toán lọc tín hiệu, như lọc trung bình động, cũng hữu ích để loại bỏ giá trị bất thường. Ngoài ra, đảm bảo cảm biến được lắp đặt ổn định, đặt vuông góc với bề mặt đo và tránh môi trường nhiễu sẽ cải thiện đáng kể độ chính xác của kết quả đo.

Chương 4: Kết luận và hướng phát triển

4.1 Kết quả đạt được

Mạch đo khoảng cách bằng Module cảm biến HC-SR04 được nhóm triển khai như Hình 4.1



Hình 4.1 Ảnh mạch thật của nhóm

Kết quả đo khoảng cách của mạch trên Hình 4.1 được hiển thị như **Hình 4.2** dưới đây.

Distance: 2.62Cm
Distance: 2.94Cm
Distance: 2.94Cm
Distance: 2.94Cm
Distance: 3.04Cm

Hình 4.2 Kết quả hiển thị

4.2 Tự đánh giá

- Đề tài đã đạt được các yêu cầu đặt ra.
- Mạch nhỏ gọn, hoạt động nhanh nhạy, chính xác.
- Giải quyết phần xử lý sai số tốt.

Chương 5: Tổng kết

Trong quá trình thực hiện Bài tập lớn cho môn Đo lường Điện tử, nhóm chúng em đã tìm hiểu và thu thập được nhiều kiến thức bổ ích về cảm biến siêu âm HC-SR04, từ cấu tạo đến nguyên lý hoạt động, cũng như cách đo khoảng cách của một loại cảm biến phổ biến trên thị trường. Bên cạnh đó, nhóm cũng đã ứng dụng thành công các kiến thức về xử lý sai số vào thực tế, đồng thời nghiên cứu các nguyên nhân gây ra sai số trong quá trình đo và đề xuất biện pháp khắc phục hiệu quả.

Để báo cáo được hoàn thiện hơn, nhóm chúng em rất mong nhận được ý kiến đóng góp và đánh giá từ cô.

Cuối cùng, sau môn học này, nhóm chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến cô vì những kiến thức quý báu mà chúng em đã có cơ hội được học.