

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**



**BÀI TẬP LỚN MÔN LẬP TRÌNH HỆ THỐNG NHÚNG**

**GVHD: Thầy Nguyễn Phan Hải Phú**

<b>STT</b>	<b>Họ và tên</b>	<b>MSSV</b>
1	Nguyễn Xuân Hoàng	2111253
2	Lê Hoàng Bảo Long	2111663

## **BÁO CÁO KẾT QUẢ LÀM VIỆC NHÓM**

Lớp: L01

Số thứ tự nhóm: 22

<b>STT</b>	<b>Họ và tên</b>	<b>MSSV</b>
1	Nguyễn Xuân Hoàng	2111253
2	Lê Hoàng Bảo Long	2111663

## MỤC LỤC

<b>MỞ ĐẦU .....</b>	<b>4</b>
<b>I. Đề tài .....</b>	<b>4</b>
<b>II. Lý do chọn đề tài .....</b>	<b>4</b>
<b>III. Mục tiêu đề tài .....</b>	<b>4</b>
<b>NỘI DUNG.....</b>	<b>5</b>
<b>I. Các linh kiện.....</b>	<b>5</b>
1. Cảm biến siêu âm HCSR04.....	5
2. Cảm biến siêu âm HCSR04.....	6
3. Màn hình LCD1602, đèn và còi .....	9
<b>II. Lý thuyết hệ thống .....</b>	<b>11</b>
1. Cơ sở lý thuyết.....	11
2. Nguyên lý hoạt động của hệ thống .....	12
3. Sơ đồ khối .....	13
<b>III. Thiết kế phần mềm hệ thống .....</b>	<b>14</b>
1. Lưu đồ giải thuật.....	14
<b>IV. Kết quả thực hiện .....</b>	<b>15</b>
1. Code hệ thống.....	15
2. Hình ảnh thực tế.....	16
<b>KẾT LUẬN .....</b>	<b>19</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>20</b>

## MỞ ĐẦU

### I. Đề tài

**Tên đề tài:** Hệ thống cảnh báo khoảng cách an toàn với cảm biến siêu âm HCSR04, vi điều khiển ESP32

#### **Tóm tắt nội dung:**

- Sử dụng cảm biến siêu âm HCSR04 để đo khoảng cách đến vật cản.
- Sử dụng vi điều khiển ESP32 để xử lý tín hiệu đo được từ cảm biến.
- Hiển thị khoảng cách đo được lên màn hình LCD1602.
- Tích hợp đèn LED (GPIO5) và buzzer (GPIO18) để cảnh báo người lái khi khoảng cách trở nên nguy hiểm.
- Ứng dụng trong hỗ trợ lùi xe ô tô nhằm tăng cường an toàn và tiện lợi.

### II. Lý do chọn đề tài

- Trong thực tế, nhiều tình huống lùi xe trong không gian hẹp hoặc khuất tầm nhìn thường tiềm ẩn nhiều rủi ro và chạm do khó xác định khoảng cách chính xác đến vật cản.
- Việc tích hợp các thiết bị đo lường và cảnh báo tự động mang lại giải pháp hữu ích, góp phần cải thiện trải nghiệm lái xe cũng như bảo đảm an toàn của những người tham gia giao thông
- Đề tài là cơ hội tốt để nhóm nghiên cứu và có thể ứng dụng các công nghệ nhúng phổ biến hiện nay như cảm biến siêu âm, vi điều khiển ESP32 và thiết bị hiển thị LCD1602

### III. Mục tiêu đề tài

- Thiết kế và xây dựng một hệ thống hỗ trợ lùi xe dựa trên cảm biến siêu âm, vi điều khiển ESP32 và các thiết bị ngoại vi (LED, buzzer, LCD1602) với ít đầy đủ chức năng và ít lỗi nhất có thể.
- Đảm bảo hệ thống đo chính xác khoảng cách, hiển thị thông tin kịp thời và đưa ra cảnh báo hiệu quả khi xe tiến gần vật cản.
- Phát triển kỹ năng thiết kế và lập trình hệ thống nhúng, từ việc tích hợp cảm biến đến điều khiển các thiết bị cảnh báo.
- Đóng góp vào việc phát triển các giải pháp hỗ trợ an toàn giao thông thông minh, hướng đến ứng dụng thực tế trong ngành công nghiệp ô tô.

## NỘI DUNG

### I. Các linh kiện

#### 1. Cảm biến siêu âm HCSR04

##### 1.1. Chức năng:

- HCSR04 là cảm biến siêu âm được sử dụng rộng rãi để đo khoảng cách. Nó phát ra sóng siêu âm và nhận sóng phản hồi, từ đó tính toán khoảng cách dựa trên thời gian sóng di chuyển.
- Cảm biến thường được dùng trong các ứng dụng như đo khoảng cách, tránh vật cản, robot tự hành, và hệ thống cảnh báo an toàn.
- Cảm biến có độ chính xác rất cao, gần như chỉ phụ thuộc vào cách lập trình.

##### 1.2. Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 5V DC.
- Dòng tiêu thụ: 15mA.
- Góc quét: 15 độ.
- Dải đo: 2 cm đến 400 cm (20 mm - 4 m).
- Tần số siêu âm: 40 kHz.
- Thời gian đáp ứng: 10  $\mu$ s cho tín hiệu trigger và thời gian trả về phụ thuộc vào khoảng cách.

##### 1.3. Nguyên lý hoạt động:

- Để đo khoảng cách, vi điều khiển (ESP32) gửi một xung rất ngắn (5 micro giây) đến chân Trig của cảm biến.
- Khi nhận được xung kích hoạt, HCSR04 phát ra một chuỗi sóng siêu âm tần số 40 kHz vào không khí.
- Sóng siêu âm lan truyền, chạm vào vật cản và phản xạ trở lại cảm biến.
- Cảm biến tạo một xung HIGH tại chân Echo ngay sau khi phát sóng. Xung này duy trì cho đến khi cảm biến nhận được sóng phản xạ.
- Chiều rộng của xung tại chân Echo tỷ lệ thuận với thời gian sóng siêu âm di chuyển đến vật cản và quay trở lại.

- Vi điều khiển đo chiều rộng của xung HIGH (thời gian, tính bằng micro giây).  
Dựa trên thời gian đo được, khoảng cách đến vật cản được tính bằng công thức:

$$\text{Khoảng cách (cm)} = \frac{\text{Thời gian } (\mu s)}{29.412}$$

Trong đó:

- 29.412 là thời gian sóng siêu âm di chuyển được 1 cm trong không khí (micro giây/cm).
- Cảm biến HCSR04 với nguyên lý này cho phép đo khoảng cách từ 2cm đến 400cm một cách chính xác.

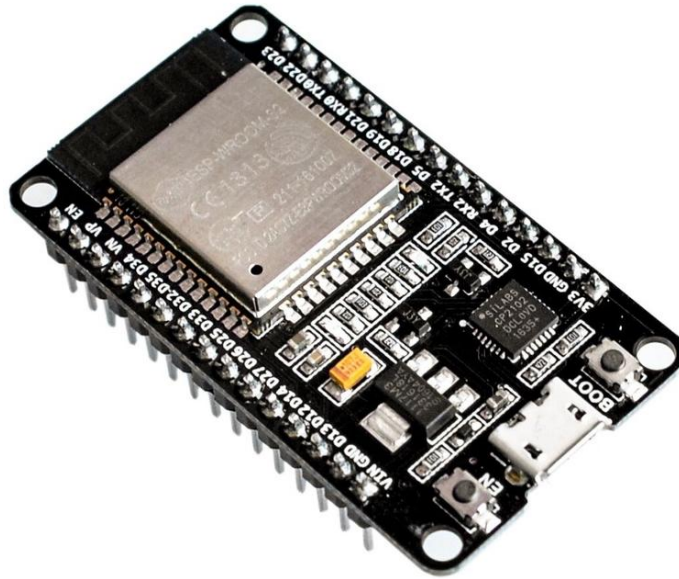


*Hình 1. Cảm biến HC-SR04*

## **2. Cảm biến siêu âm HCSR04**

### **2.1. Chức năng:**

- ESP32 là vi điều khiển với rất nhiều chức năng, có tích hợp Wi-Fi/Bluetooth, phù hợp cho các ứng dụng IoT và điều khiển nhúng.
- Trong hệ thống cảnh báo khoảng cách này, ESP32 đảm nhận các vai trò:
  - Nhận tín hiệu Echo từ HCSR04 và tính toán khoảng cách.
  - Hiển thị khoảng cách lên LCD1602.
  - Điều khiển LED và buzzer cảnh báo dựa trên ngưỡng khoảng cách.



*Hình 2. ESP32*

## **2.2. Thông số kỹ thuật:**

- Thông số kỹ thuật của ESP32:

- Bộ xử lý: Bao gồm bộ vi xử lý Xtensa LX6 lõi kép 32-bit, hoạt động ở tần số 240 MHz và bộ đồng xử lý ULP (Ultra Low Power) cho các tác vụ công suất thấp.
- Bộ nhớ: Bao gồm 448 KB ROM và 520 KB SRAM.
- Kết nối không dây: hỗ trợ kết nối Wi-Fi với IEEE 802.11 b/g/n và Bluetooth với v4.2, có hỗ trợ BLE và BR/EDR.
- GPIO: Có 34 chân GPIO vật lý, hỗ trợ tín hiệu analog, digital, PWM, I2C, SPI, UART.
- Bảo mật: Secure Boot, mã hóa flash, tăng tốc phần cứng cho AES, SHA-2, RSA.
- Quản lý năng lượng: Hỗ trợ chế độ Deep Sleep với dòng tiêu thụ chỉ 5  $\mu$ A và hệ thống tự quay lại hoạt động thông qua ngắt từ GPIO, timer hoặc ADC.



Hình 3. Sơ đồ chân ESP32

### 2.3. Nguyên lý hoạt động:

Nguyên lý hoạt động của ESP32

- ESP32 nhận tín hiệu từ cảm biến siêu âm HCSR04 qua chân GPIO, đo thời gian xung và tính khoảng cách.
- Dữ liệu khoảng cách được xử lý và hiển thị trên màn hình LCD1602 thông qua giao tiếp song song hoặc I2C.
- Khi khoảng cách đến vật cản nhỏ hơn ngưỡng an toàn, ESP32 kích hoạt LED và buzzer để cảnh báo.
- Hệ thống có thể được mở rộng để truyền dữ liệu qua Wi-Fi hoặc Bluetooth nhờ kết nối không dây. Hệ thống có tích hợp chế độ tiết kiệm năng lượng nhưng vẫn đảm bảo hiệu suất cao.



### 3. Màn hình LCD1602, đèn và còi

#### 3.1. Màn hình LCD1602:

- Chức năng:
  - Hiển thị khoảng cách đo được từ cảm biến siêu âm.
- Thông số kỹ thuật:
  - Điện áp hoạt động: 4.7V - 5.3V.
  - Số ký tự: 16 ký tự x 2 dòng.
  - Giao tiếp: Parallel hoặc I2C (tùy module).
- Nguyên lý hoạt động:
  - ESP32 gửi dữ liệu dưới dạng mã ASCII qua giao tiếp song song hoặc I2C (nếu dùng module I2C).
  - Màn hình hiển thị thông tin lên 16 ký tự x 2 dòng.



*Hình 4. LCD1602*

#### 3.2. Còi/Buzzer

- Chức năng:
  - Cảnh báo âm thanh khi khoảng cách đến vật cản nhỏ hơn ngưỡng an toàn.
- Thông số kỹ thuật:
  - Điện áp hoạt động: 3V - 5V.

- Tần số âm thanh: Tùy chỉnh dựa trên tín hiệu PWM từ ESP32.
- Nguyên lý hoạt động:
- ESP32 xuất tín hiệu PWM qua chân GPIO để điều khiển âm thanh phát ra từ buzzer.
- Âm thanh được kích hoạt khi khoảng cách đến vật cản giảm dưới ngưỡng nguy hiểm.



*Hình 5. Còi/Buzzer*

### 3.3. Đèn LED

- Chức năng:
- Cảnh báo khi khoảng cách giữa cảm biến và vật cản nhỏ hơn ngưỡng an toàn.
- Thông số kỹ thuật:
- Điện áp hoạt động: 2V - 3.5V (tùy loại LED).
- Dòng tiêu thụ tối đa: 20 mA.- Nguyên lý hoạt động:
- ESP32 điều khiển LED thông qua tín hiệu digital tại chân GPIO.
- Khi khoảng cách dưới ngưỡng, LED bật sáng để cảnh báo.



*Hình 6. Đèn LED*

## **II. Lý thuyết hệ thống**

### **1. Cơ sở lý thuyết**

- Hệ thống đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm là hệ thống đo khoảng cách từ xe đến vật cản dựa trên thời gian phản hồi của sóng âm. Dữ liệu từ cảm biến được xử lý bởi vi điều khiển ESP32 để tính toán khoảng cách và điều khiển các thiết bị cảnh báo như LED, buzzer.

- Các đặc điểm chính của hệ thống

- **Tự động hóa:**

Hệ thống hoạt động độc lập, tự đo khoảng cách và cảnh báo mà không cần sự can thiệp trực tiếp từ con người.

- **Cảm biến đo khoảng cách:**

Sử dụng cảm biến HCSR04 để đo khoảng cách dựa trên sóng siêu âm, phát hiện vật cản một cách chính xác.

- **Hệ thống điều khiển:**

Vi điều khiển ESP32 đóng vai trò xử lý dữ liệu từ cảm biến, điều khiển các tín hiệu cảnh báo và màn hình hiển thị.

- **Cảnh báo an toàn:**

- **LED cảnh báo:** Bật sáng khi khoảng cách dưới ngưỡng an toàn.

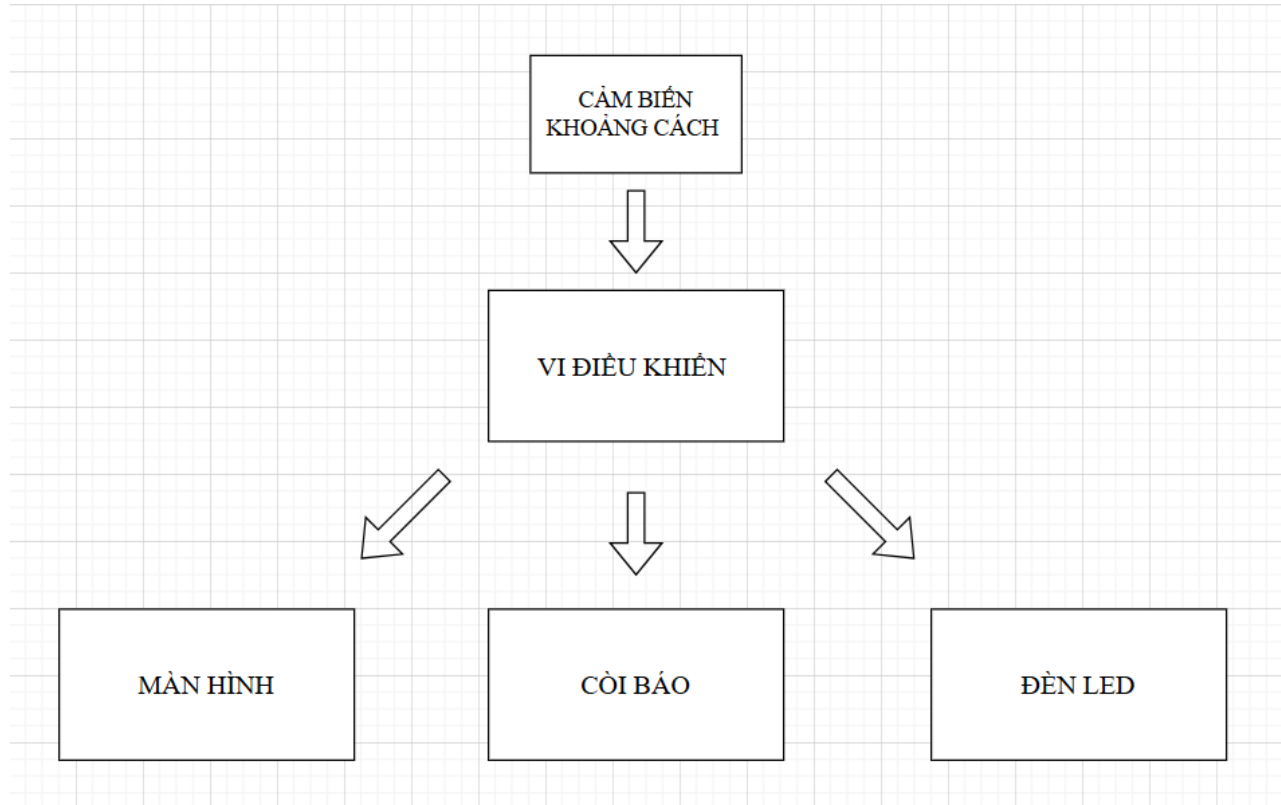
- **Buzzer:** Phát ra âm thanh cảnh báo nếu khoảng cách tiếp tục giảm xuống mức nguy hiểm.
- **Màn hình hiển thị:**  
Hiển thị trực quan khoảng cách đo được trên LCD1602, giúp người dùng nhận biết thông tin nhanh chóng.

## 2. Nguyên lý hoạt động của hệ thống

- Cảm biến HCSR04 phát sóng siêu âm từ chân Trig và nhận sóng phản xạ tại chân Echo sau khi sóng gặp vật cản. Thời gian sóng đi và về được ghi nhận.
- Vi điều khiển ESP32 nhận tín hiệu từ chân Echo của cảm biến, đo thời gian phản hồi và tính toán khoảng cách
- Dựa trên khoảng cách đo được, ESP32 so sánh với các ngưỡng an toàn đã lập trình:
  - Nếu khoảng cách trên ngưỡng an toàn: Không kích hoạt cảnh báo.
  - Nếu khoảng cách dưới ngưỡng an toàn: Điều khiển bật đèn LED và còi buzzer để cảnh báo người dùng.
- Đèn LED sáng khi khoảng cách dưới ngưỡng an toàn để cung cấp cảnh báo trực quan.
- Còi Buzzer phát âm thanh cảnh báo khi khoảng cách đến vật cản quá gần, tăng mức độ cảnh báo.
- ESP32 gửi dữ liệu đến màn hình LCD1602 để hiển thị khoảng cách đo được, giúp người dùng nắm rõ thông tin trong thời gian thực.

Quá trình này được lặp đi lặp lại liên tục, đảm bảo hệ thống có thể phản ứng ngay lập tức với các thay đổi về khoảng cách, mang lại sự an toàn tối ưu trong quá trình lùi xe. Hệ thống hoạt động hoàn toàn tự động, không cần sự can thiệp trực tiếp từ con người.

### 3. Sơ đồ khối



- Khối cảm biến khoảng cách: Cảm biến khoảng cách và truyền tín hiệu về vi điều khiển.

- Khối vi điều khiển: Tiếp nhận và xử lý tín hiệu từ cảm biến, sau đó truyền tín hiệu tới màn hình, còi báo và đèn.

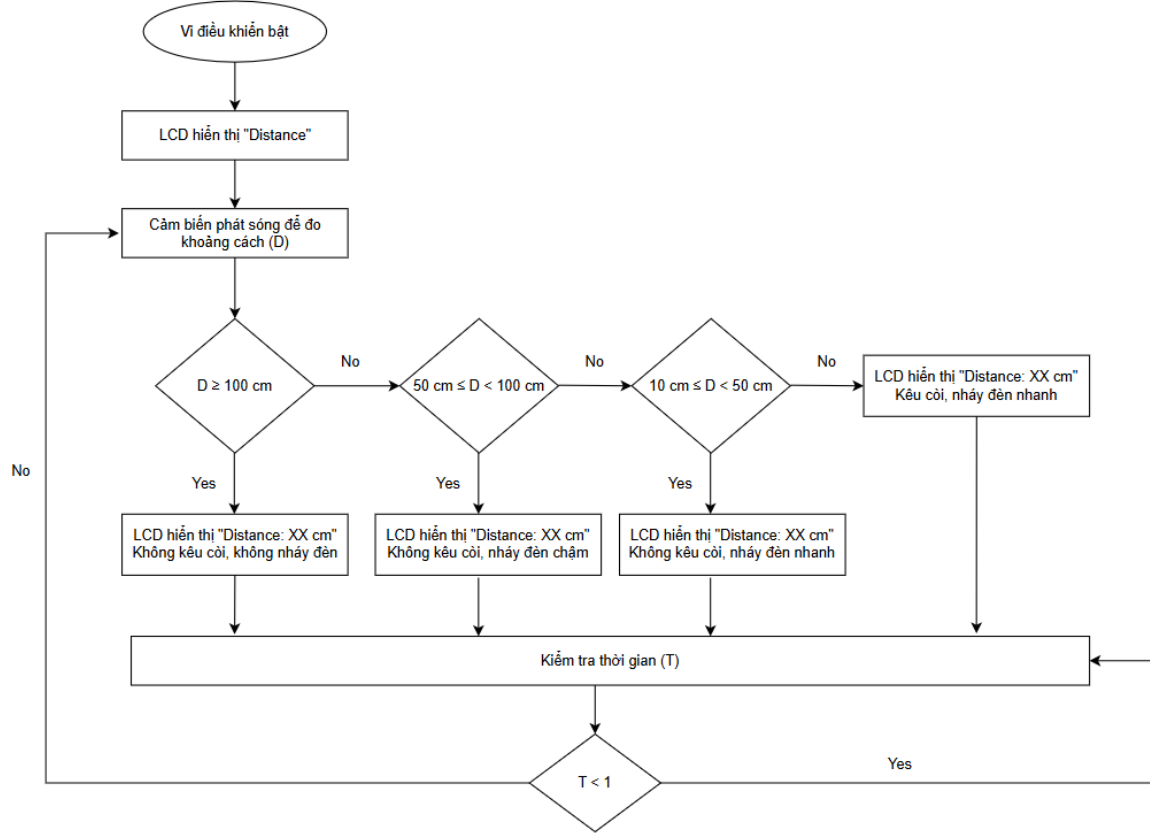
- Khối màn hình: Nhận tín hiệu từ vi điều khiển và hiển thị khoảng cách.

- Khối còi báo: Nhận tín hiệu từ vi điều khiển và bật/tắt còi.

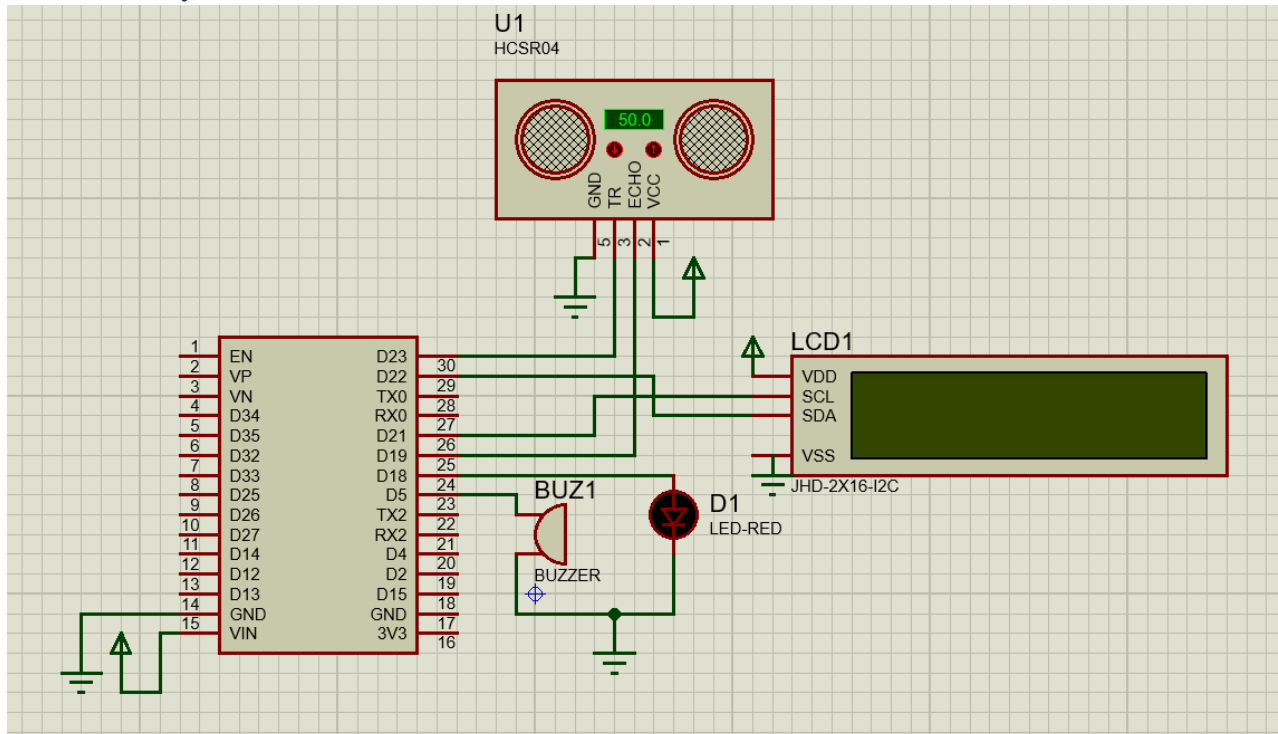
- Khối đèn: Nhận tín hiệu từ vi điều khiển và bật/tắt/nháy đèn.

### III. Thiết kế phần mềm hệ thống

#### 1. Lưu đồ giải thuật



#### 2. Sơ đồ mạch



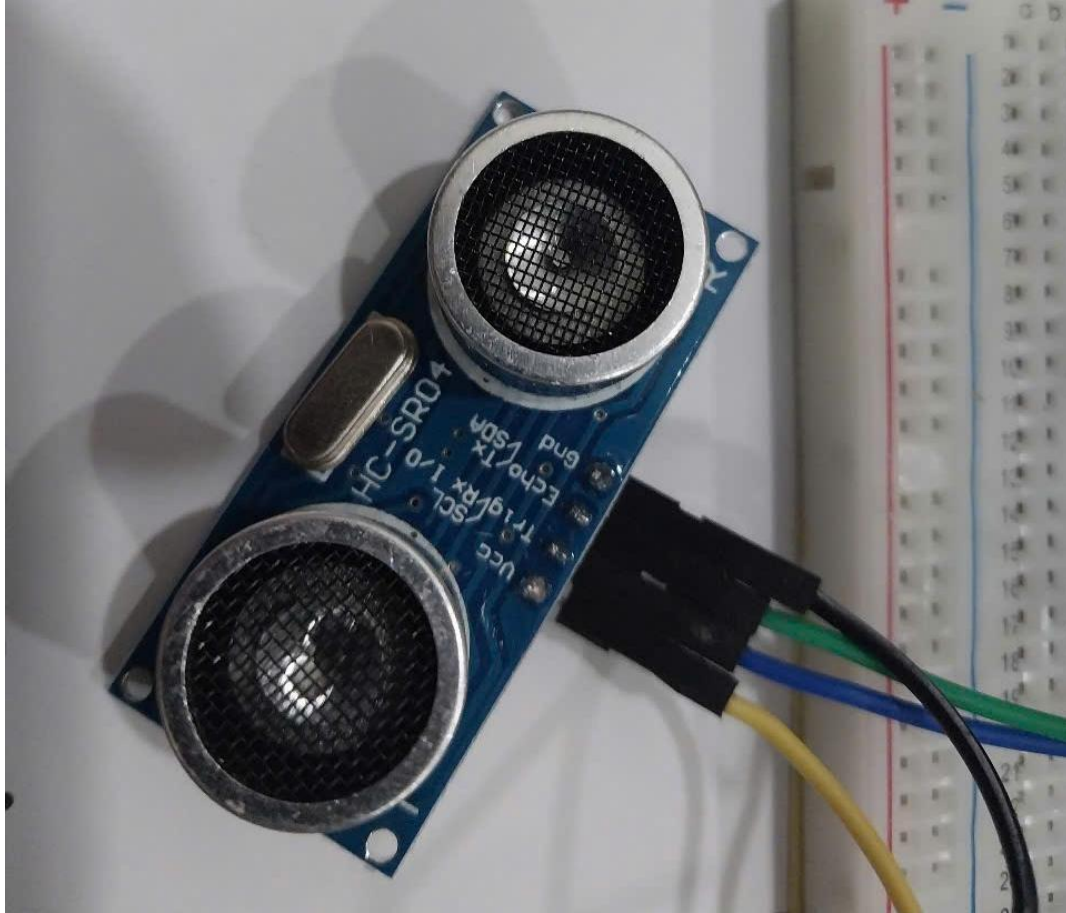
## **IV. Kết quả thực hiện**

### **1. Code hệ thống**

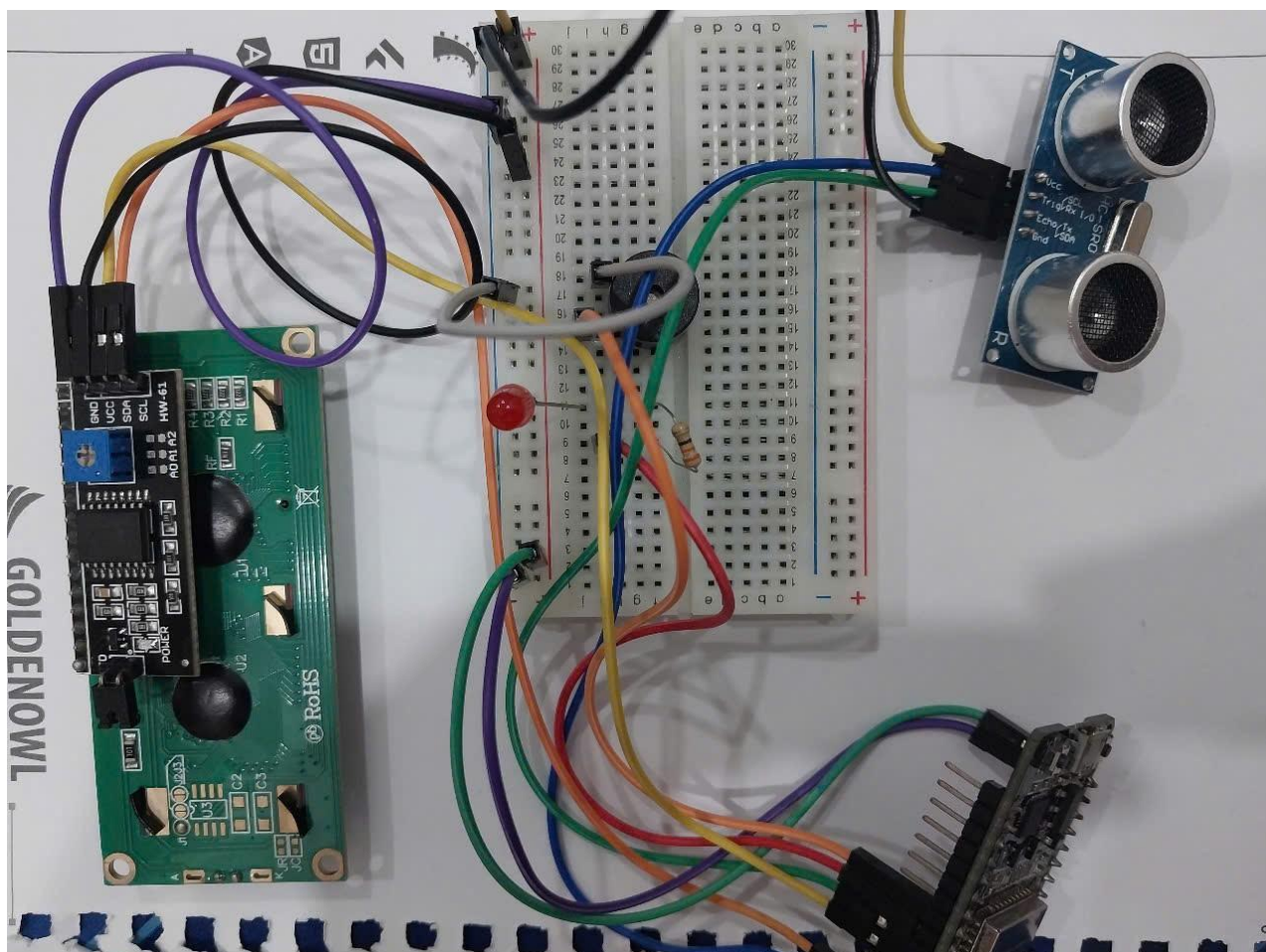
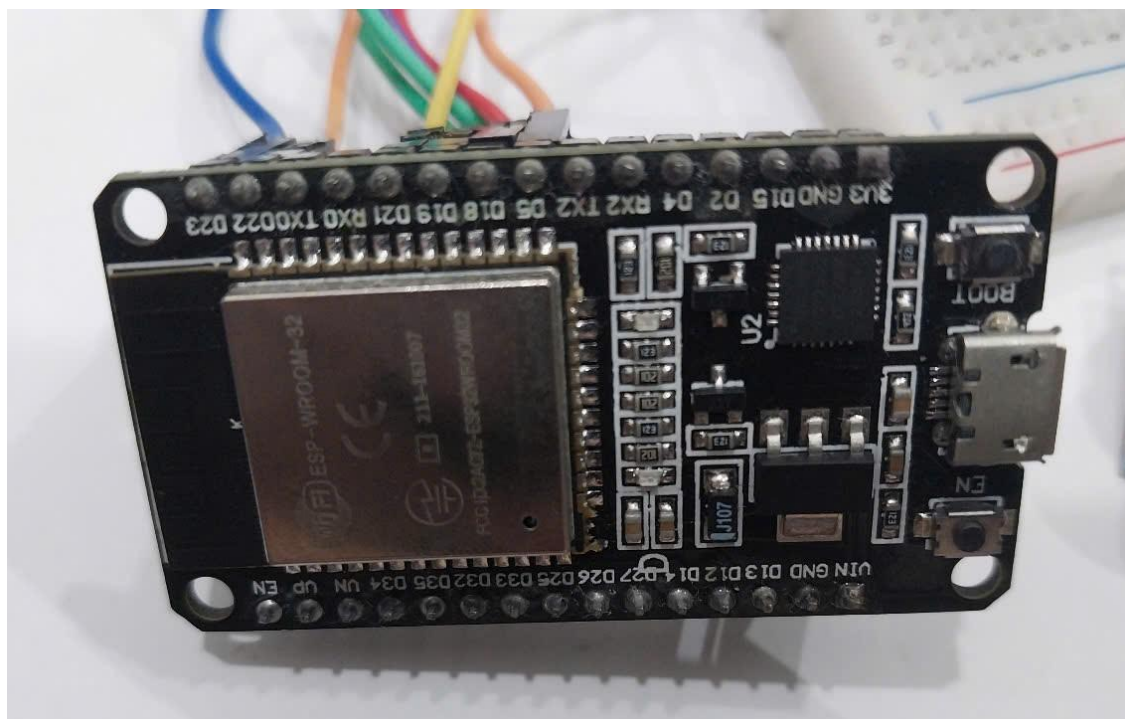
Cập nhật trên GitHub

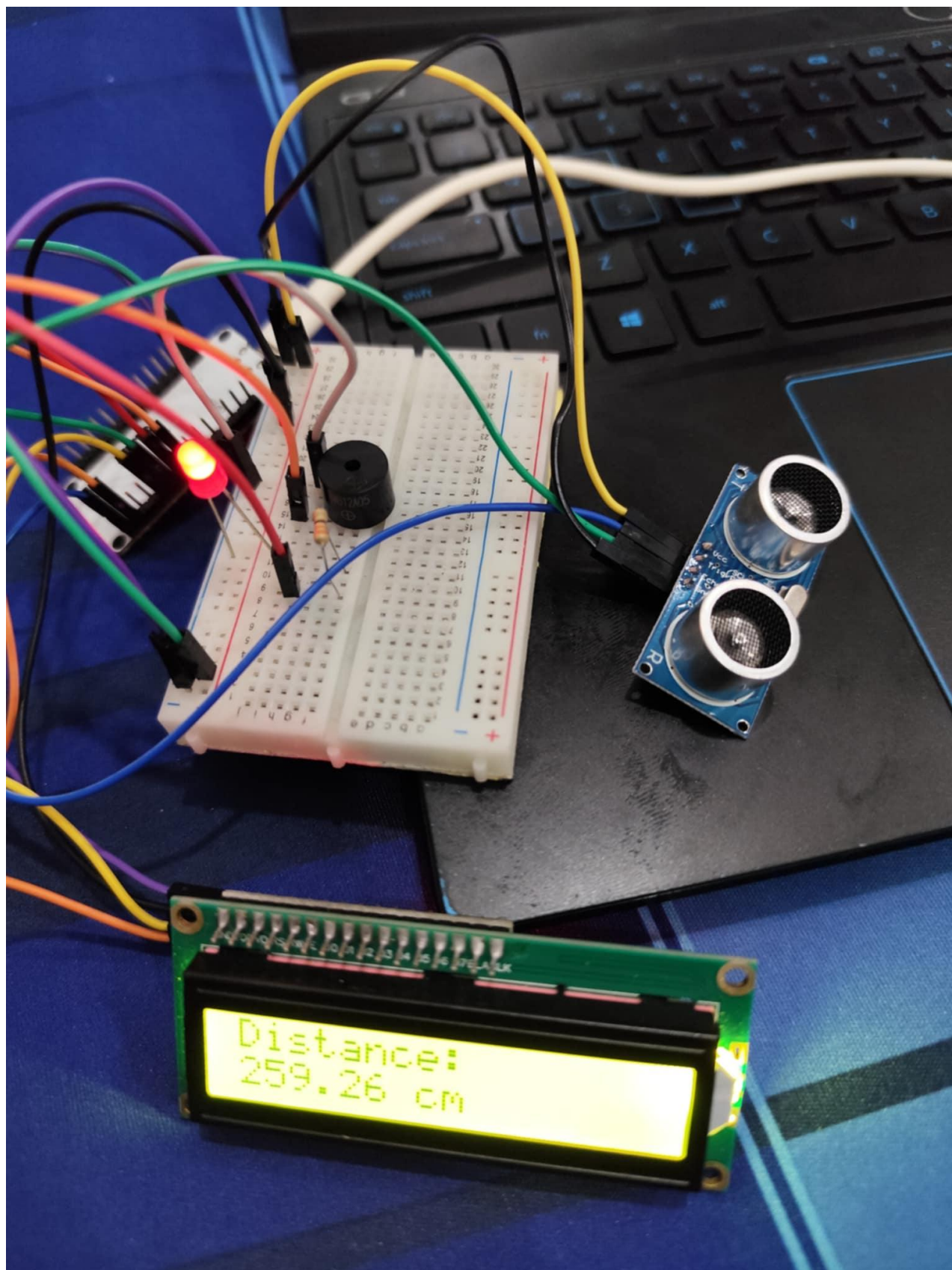


## 2. Hình ảnh thực tế









## KẾT LUẬN

Trong đề tài này, nhóm đã xây dựng và triển khai một hệ thống đo khoảng cách và cảnh báo lùi xe, giúp người lái xe có thể dễ dàng nhận biết các vật cản khi lùi xe trong không gian hẹp hoặc khi khuất tầm nhìn. Hệ thống hoạt động ổn định và chính xác, cung cấp cảnh báo kịp thời khi khoảng cách tới vật cản giảm xuống dưới ngưỡng an toàn, nhờ vào việc sử dụng các cảm biến và vi điều khiển. Bên cạnh đó, hệ thống vẫn còn một số hạn chế, như độ chính xác của cảm biến có thể giảm khi môi trường thay đổi hoặc trong điều kiện có nhiều vật cản nhỏ. Bên cạnh đó, phạm vi đo của cảm biến cũng còn hạn chế, ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động trong các tình huống yêu cầu đo khoảng cách xa. Qua dự án, chúng ta nhận thấy tầm quan trọng của việc kết hợp các linh kiện điện tử để xây dựng hệ thống an toàn, nhưng cũng cần phải tối ưu hóa hơn nữa về độ chính xác và khả năng hoạt động trong môi trường thực tế. Trong tương lai, nhóm mong có thể cải tiến hệ thống như sử dụng các cảm biến có độ chính xác cao hơn, mở rộng phạm vi đo, và tích hợp thêm các công nghệ mới để cải thiện hiệu quả và linh hoạt.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AllDataSheet. (n.d.). *HC-SR04* [Data sheet]. Retrieved from <https://www.alldatasheet.vn/datasheet-pdf/pdf/1132203/ETC2/HC-SR04.html>
2. AllDataSheet. (n.d.). *ESP32* [Data sheet]. Retrieved from <https://www.alldatasheet.vn/datasheet-pdf/pdf/1148023/ESPRESSIF/ESP32.html>
3. Arduino.vn. (2020, September 15). *Sử dụng cảm biến khoảng cách HC-SR04*. Retrieved from <http://arduino.vn/bai-viet/233-su-dung-cam-bien-khoang-cach-hc-sr04>
4. IoTZone. (n.d.). *Sử dụng cảm biến khoảng cách HC-SR04 với ESP32*. Retrieved from <https://www.iotzone.vn/esp32/su-dung-cam-bien-khoang-cach-hc-sr04/#:~:text=C%E1%BA%A3m%20bi%E1%BA%BFn%20si%C3%AAu%20%C3%A2m%20HC%20SR04%20c%C3%B3%20th%E1%BB%83%20%C4%91o%20%C4%91%C6%B0%E1%BB%A3c,c%E1%BB%A7a%20d%C3%A2n%20Makers>