

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ
KHOA CÔNG NGHỆ



Báo cáo đồ án:

KHẢO SÁT CẢM BIẾN SIÊU ÂM
(HC- SR04)

GVHD: Nguyễn Hữu Cường (*Phó Trưởng Bộ môn Tự Động Hóa*)

Sinh viên thực hiện:

- | | |
|----------------------|---------|
| 1. Trần Quốc Nhân | B170930 |
| 2. Nguyễn Tùng Khánh | S170006 |

Ngày Tháng Năm 2019

MỤC LỤC

I. Phần mở đầu

1. Giới thiệu sơ lược
 - a. Cảm biến siêu âm.....
 - b. Mạch Arduino UNO R3
2. Mục đích nghiên cứu
3. Phương pháp nghiên cứu.....

II. Nội dung

1. Cảm biến siêu âm HC – SR04.....
 - a. Nguyên lý chuyển đổi năng lượng
 - b. Cấu tạo, nguyên lý vận hành của cảm biến
2. Khảo sát các đặc tính của cảm biến như
 - a. Độ nhạy, độ phi tuyến, độ trễ
 - b. Đặc tuyến quan hệ vào-ra
 - c. Phương trình quan hệ vào-ra
 - d. Độ lặp, hàm mật độ xác suất cho sai số
3. Xây dựng ứng dụng của hệ thống đo
 - a. Giới thiệu, mô tả hoạt động của hệ thống đo
 - b. Sơ đồ kết nối các thành phần trong hệ thống
 - c. Kết quả thí nghiệm
 - d. Số liệu, hình ảnh, video minh họa vận hành thử nghiệm.....

Tài liệu tham khảo

I. PHẦN MỞ ĐẦU

1. Giới thiệu

a. Cảm biến siêu âm:

- Cảm biến được định nghĩa theo nghĩa rộng là thiết bị cảm nhận và đáp ứng với các tín hiệu và kích thích.



- Cảm biến** là thiết bị chịu tác động của đại lượng cần đo **m** không có tính chất điện và tạo ở đầu ra một đại lượng điện **s** có thể đo được (điện tích, điện áp, dòng điện hoặc trở kháng). Đại lượng điện **s** là hàm của đại lượng cần đo **m**:

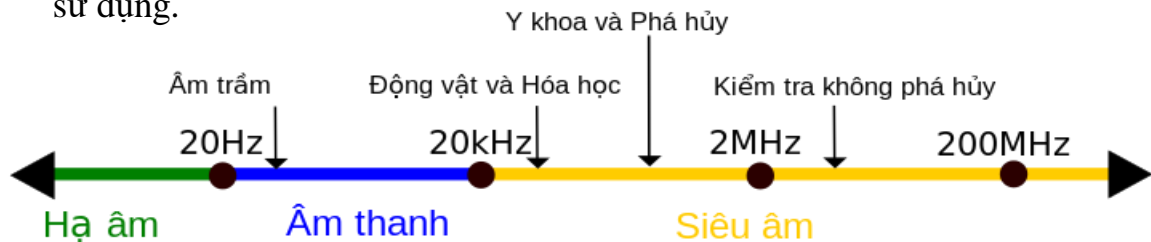
$$S=F(m)$$

Trong đó:

s là đại lượng đầu ra hoặc đáp ứng của cảm biến

m là đại lượng đầu vào hay kích thích (đại lượng cần đo)

- Biểu thức $s = F(m)$ biểu diễn hoạt động của cảm biến, đồng thời biểu diễn sự phụ thuộc vào cấu tạo, vật liệu làm cảm biến, vào môi trường và chế độ sử dụng.



- Sóng Siêu âm** là một dạng âm thanh với tần số hoạt động trên 20kHz và tai người không nghe được âm thanh này. Sóng siêu âm có thể lan truyền trong môi trường: khí, lỏng, rắn. Trong cùng một môi trường lan truyền, sóng có tần số hoạt động càng cao thì bước sóng càng ngắn.

Ta có công thức: $\lambda = c/f$ Trong đó:

λ là bước sóng

c là vận tốc ánh sáng 3.10^8 m/s

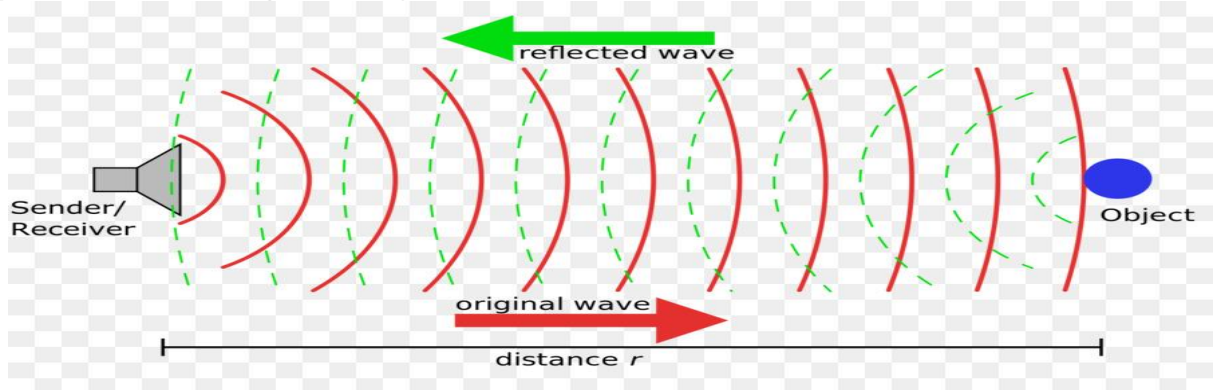
f là tần số Hz

- Bước sóng sẽ tỷ lệ nghịch với tần số. Do đó, sóng siêu âm có thể phát hiện được vật thể nhỏ đến vài milimet. Với những ưu điểm trên, sóng siêu âm được ứng dụng rất nhiều trong y khoa hoặc để đo khoảng cách chất lỏng, chất rắn, làm sạch bằng sóng siêu âm, máy hàn siêu âm....

=> **Cảm biến siêu âm là thiết bị điện tử hoạt động dựa trên nguyên lý của sóng siêu âm. Chức năng dùng để đo đạc, phát hiện vật thể, đo khoảng cách, xác định mức chất lỏng – chất rắn.....**

– **Nguyên tắc hoạt động:**

- + Dựa trên nguyên lý phản xạ sóng siêu âm
- + Tạo ra một xung âm thanh điện tử và sau đó lắng nghe tiếng vọng tạo ra khi các làn sóng âm thanh có truy cập một đối tượng và được phản xạ trở lại.
- + Cảm biến siêu âm hoạt động dựa trên nguyên tắc cho và nhận: đầu tiên cảm biến phát ra các xung âm thanh tần số ngắn, tần số cao theo khoảng thời gian đều đặn. Chúng lan truyền trong không khí với tốc độ âm thanh. Nếu chúng gặp một vật thể, chúng sẽ phản xạ trở lại dưới dạng tín hiệu phản hồi và tự tính toán khoảng cách tới đích dựa trên khoảng thời gian giữa phát ra tín hiệu và nhận về tiếp theo truyền đi tới các thiết bị kết nối để phát tín hiệu kết quả đo được cho người dùng.



– **Cấu tạo:**

Chuẩn cấu tạo của một cảm biến siêu âm gồm 3 phần chính:

- + Bộ phận truyền tín hiệu sóng âm với vai trò phát ra sóng âm truyền đi
- + Bộ phận nhận lại tín hiệu sóng âm với vai trò nhận lại sóng âm báo về
- + Bộ phận xử lý sóng âm được tích hợp trong cảm biến siêu âm sau khi nhận được sự phản hồi của tín hiệu đưa về; lập tức bộ phận này sẽ tính toán khoảng cách giữa điểm phát sóng; và điểm sóng chạm vào vật thể thông qua thời

gian song phát tới vật thể và vận tốc truyền đi của sóng siêu âm; cuối cùng chuyển những thông tin này thành một tín hiệu analog truyền về một bộ chuyên đọc tín hiệu để hiển thị thông tin cho người sử dụng.

– Đặc điểm:

- + Dãy tần số hoạt động siêu âm cơ bản từ 38kHz đến 45 kHz.
- + Tín hiệu siêu âm ít bị ảnh hưởng bởi các tín hiệu có tần số dưới 20kHz.
- + Tín hiệu siêu âm không tương tác với những tín hiệu âm thanh khác trong dải âm tần từ 50Hz đến 15kHz.
- + Tín hiệu siêu âm phản xạ tốt nhưng nhạy cảm với bụi bẩn.

– Các loại cảm biến siêu âm

Tùy vào mức độ sử dụng của người dùng; mà thị trường xuất hiện nhiều loại cảm biến đo sóng siêu âm khác nhau như:

- + Cảm biến siêu âm đo mức chất lỏng
- + Cảm biến siêu âm omron
- + Cảm biến tiệm cận siêu âm
- + Cảm biến siêu âm đo khoảng cách chất rắn

b. Mạch Arduino UNO R3



Arduino là một nền tảng mã nguồn mở phần cứng và phần mềm.

– Thông số kỹ thuật: **Arduino UNO R3**

- + Chip điều khiển chính: **ATmega328**
- + Chip nạp và giao tiếp UART: ATmega16U2
- + Nguồn nuôi mạch: 5VDC từ cổng USB hoặc nguồn ngoài cắm từ giắc tròn
- + Số chân Digital I/O: 14 (trong đó 6 chân có khả năng xuất xung PWM).
- + Số chân PWM Digital I/O: 6
- + Số chân Analog Input: 6
- + Dòng điện DC Current trên mỗi chân I/O: 20 mA
- + Dòng điện DC Current chân 3.3V: 50 mA
- + Flash Memory: 32 KB (ATmega328P), 0.5 KB dùng cho bootloader.
- + SRAM: 2 KB (ATmega328P)

- + EEPROM: 1 KB (ATmega328P)
- + Clock Speed: 16 MHz
- + LED_BUILTIN: 13
- + Kích thước: 68.6 x 53.4 mm

Lưu ý:

- Arduino UNO không có bảo vệ cắm ngược nguồn vào. Do đó bạn phải hết sức cẩn thận, kiểm tra các cực âm – dương của nguồn trước khi cấp cho Arduino UNO. Việc làm chập mạch nguồn vào của Arduino UNO sẽ biến nó thành một miếng nhựa chặn giấy. mình khuyên bạn nên dùng nguồn từ cổng USB nếu có thể.

- Các chân 3.3V và 5V trên Arduino là các chân dùng để cấp nguồn ra cho các thiết bị khác, không phải là các chân cấp nguồn vào. Việc cấp nguồn sai vị trí có thể làm hỏng board. Điều này không được nhà sản xuất khuyến khích.

- Cấp nguồn ngoài không qua cổng USB cho Arduino UNO với điện áp dưới 6V có thể làm hỏng board.

- Cấp điện áp trên 13V vào chân RESET trên board có thể làm hỏng vi điều khiển ATmega328.

- Cường độ dòng điện vào/ra ở tất cả các chân Digital và Analog của Arduino UNO nếu vượt quá 200mA sẽ làm hỏng vi điều khiển.

- Cấp điện áp trên 5.5V vào các chân Digital hoặc Analog của Arduino UNO sẽ làm hỏng vi điều khiển.

- Cường độ dòng điện qua một chân Digital hoặc Analog bất kì của Arduino UNO vượt quá 40mA sẽ làm hỏng vi điều khiển. Do đó nếu không dùng để truyền nhận dữ liệu, bạn phải mắc một điện trở hạn dòng.

2. Mục đích nghiên cứu

- Đáp ứng yêu cầu học phần: Cảm biến và chuyển năng
- Bổ sung và nắm vững kiến thức về cảm biến siêu âm.
- Khảo sát cảm biến siêu âm HC- SR04 từ đó đưa ra ứng dụng cảm biến vào thực tế.

3. Phương pháp nghiên cứu

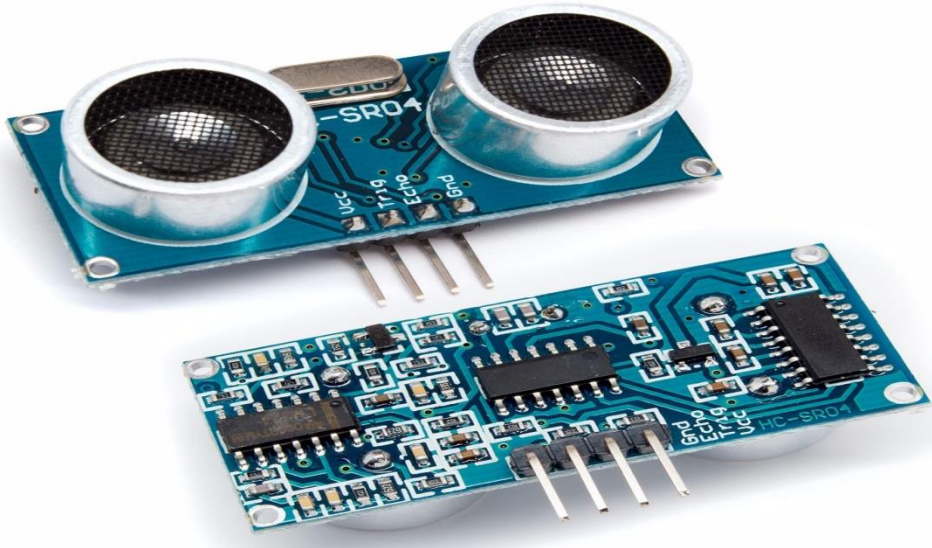
Phương pháp tài liệu :

- *Tham khảo tài liệu:* đọc datasheet của cảm biến HC – SR04, arduino UNO R3, giáo trình và một số tài liệu điện tử,....
- *Phương pháp thử nghiệm:* thiết kế sơ đồ và chạy mô phỏng trên NI multisim, Proteus kết hợp với phần mềm Arduino IDE.
- *Phương pháp thực nghiệm:* thực hiện thi công mạch điện để từ đó có thể rút ra các kinh nghiệm thực tế và các quy trình thực hiện để có kết quả chính xác đưa vào đề tài.

- Phương tiện: Sử dụng ứng dụng EXCEL và phần mềm MATLAB để tổng hợp và xử lý số liệu.

II. NỘI DUNG

1. Cảm biến siêu âm HC – SR04



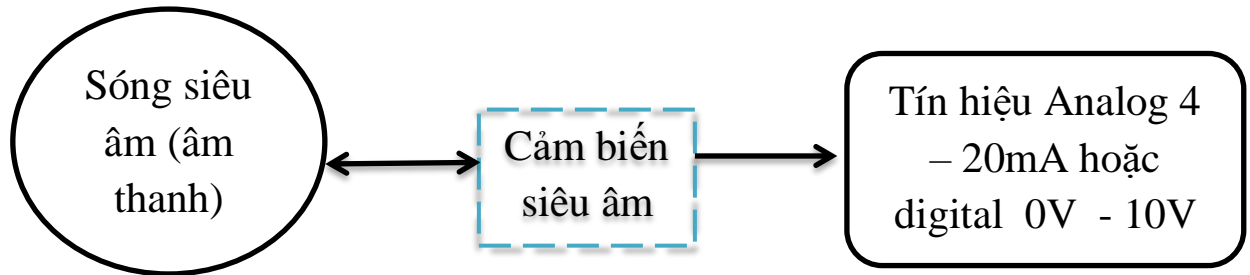
- Cảm biến siêu âm HC-SR04 là một mô-đun phạm vi siêu âm cung cấp chức năng đo không tiếp xúc 2 cm đến 400 cm. Cảm biến HC-SR04 được sử dụng phổ biến trong các ứng dụng đo lường ở môi trường dễ cháy nổ như: xăng dầu, hoặc sử dụng để đo mức nước, phát hiện vật cản, hay đếm sản phẩm. Độ chính xác khác nhau có thể đạt tới 3 mm và góc hiệu ứng là $<15^\circ$. Nó có thể được cấp nguồn từ nguồn điện 5V.

Thông số kỹ thuật

- Điện áp làm việc: 5V (DC)
- Góc quét tốt nhất: 30°
- Khoảng cách hoạt động: 2cm ~ 450cm
- Khoảng cách nhận biết nhỏ nhất: 3mm
- Pinout:
 - VCC
 - Trig(T)
 - Echo®
 - GND

Lưu ý: nếu phát sóng siêu âm vào chắn, nệm sẽ không nhận lại được sóng phản hồi.

a. Nguyên lý chuyển đổi năng lượng:



b. Cấu tạo, nguyên lý vận hành của cảm biến

• Cấu tạo:

- + Phần phát tín hiệu(Bộ phận truyền): loa gồm,MAX232(đệm công suất).
- + Phần thu tín hiệu (Bộ phận thu): loa gồm, OPAM TL072.
- + Phần xử lý: STC11 (phát xung)
- + Linh kiện khác: transistor PNP, tụ điện, điện trở,...

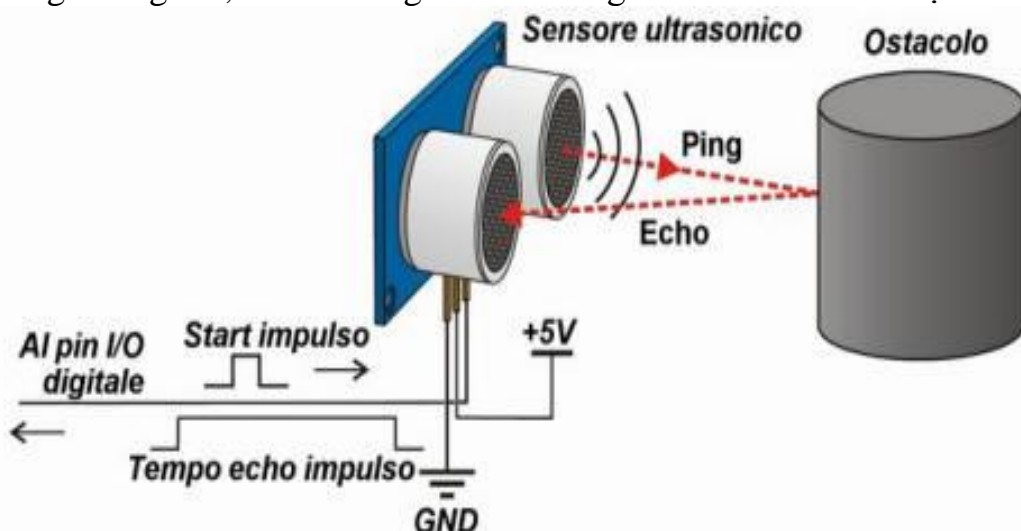
• Nguyên lý vận hành

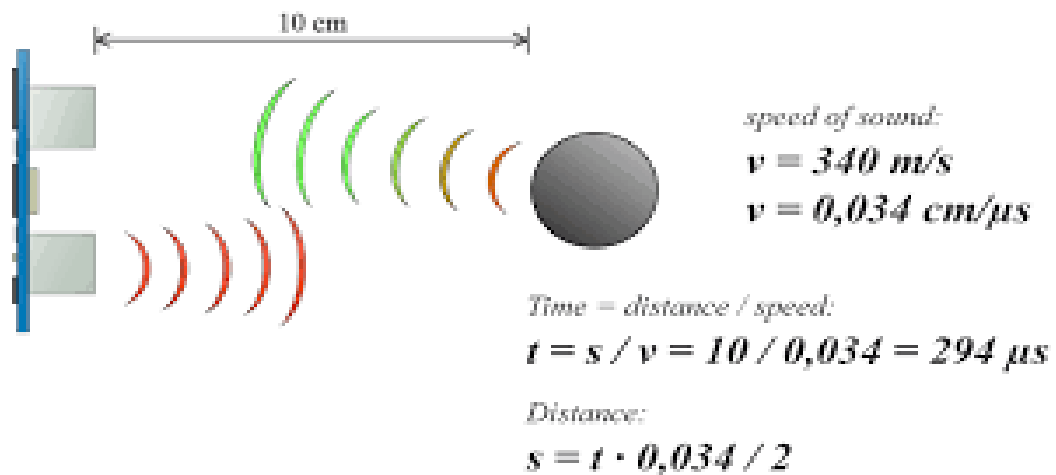
+Cấp nguồn cho cảm biến, tiếp theo cấp 1 đoạn xung từ chân trig. Sau đó , cảm biến sẽ tạo ra 1 xung HIGH ở chân echo chờ phản hồi cho đến khi phát hiện vật thể trong vùng làm việc của cảm biến ta sẽ nhận lại được sóng phản xạ là một xung có chiều rộng tỷ lệ với khoảng cách đến đối tượng, độ rộng xung sẽ bằng với thời gian sóng siêu âm được phát ra từ cảm biến và quay trở lại. Bằng cách đo xung ta xác định tính toán khoảng cách theo inch/cm hoặc đơn vị đo khác

+Tốc độ âm thanh trong không khí là 340m/s (hằng số vật lý), tương đương với 29,412 microSeconds/cm ($10^6/(340*100)$). Khi đã tính được thời gian ta chia cho 29,412 để nhận được khoảng cách.

Hoặc $D=V*T/2$

Trong đó: D là khoảng cách từ cảm biến tới vật, V là vận tốc truyền sóng trong không khí, T là khoảng thời mà sóng đi từ cảm biến tới vật.

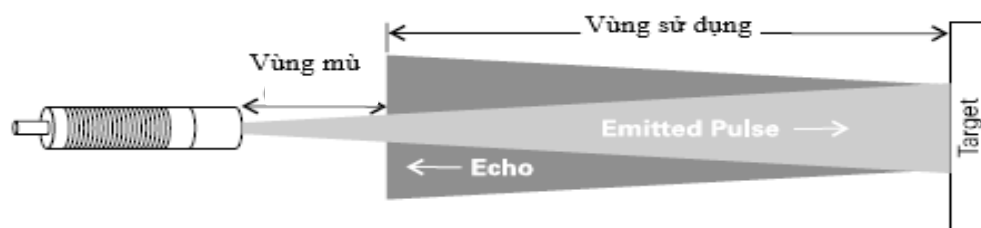




2. Khảo sát đặc tính

a. Vùng mù:

- Nếu ngưỡng để phát hiện đối tượng được đặt quá gần với cảm biến, các đối tượng trên một đường có thể va chạm tại một điểm mù.
- Nếu ngưỡng này được đặt ở một khoảng cách quá lớn từ các cảm biến thì các đối tượng sẽ được phát hiện mà không phải là trên một đường va chạm.



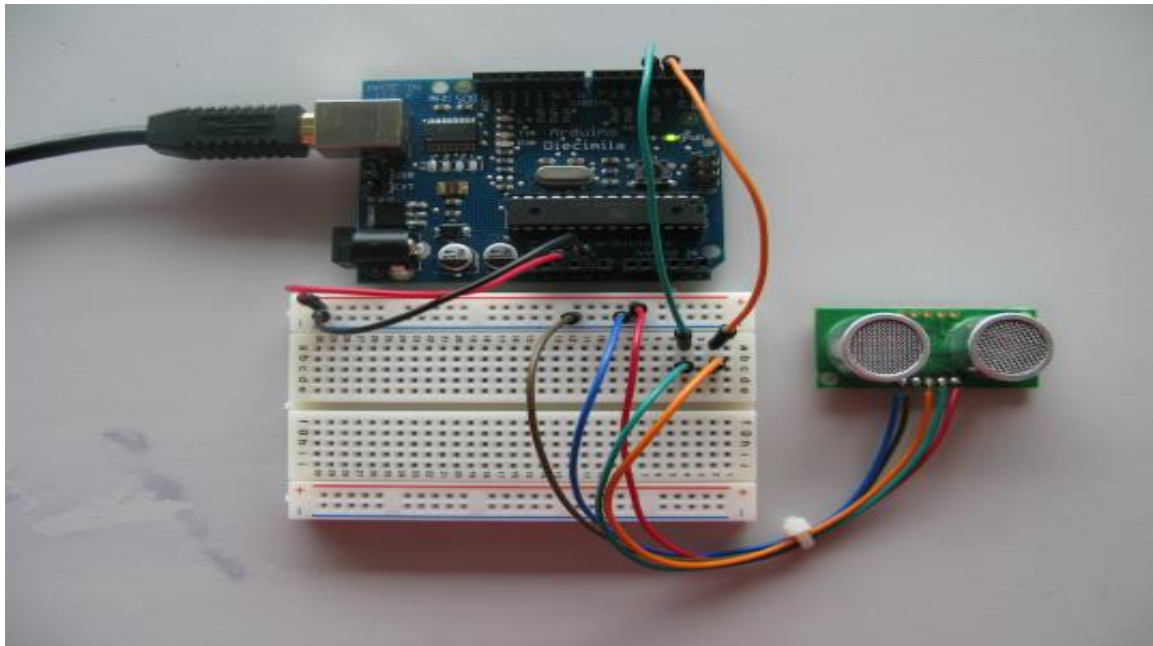
c. Độ phi tuyến, độ trễ, tuyến tính

d.

3. Xây dựng hệ thống đo

a. Giới thiệu hệ thống đo





Sơ đồ chân:

Số chân	Tên chân	Mô tả
1	Vcc	Chân cấp nguồn cho cảm biến (nguồn 5V, nguồn càng chuẩn cảm biến càng chính xác)
2	Trigger	Chân Trigger là chân đầu vào. Chân này phải được giữ ở mức cao trong khoảng 10us để khởi tạo phép đo bằng cách gửi sóng siêu âm.
3	Echo	Chân Echo là một pin đầu ra. Chân này sẽ trả về tín hiệu xung khi sóng siêu âm phản xạ lại. Đo độ rộng xung này ta sẽ tính ra khoảng cách từ cảm biến đến vật cản
4	GND	Chân nối đất của cảm biến

Nguyên lý hoạt động

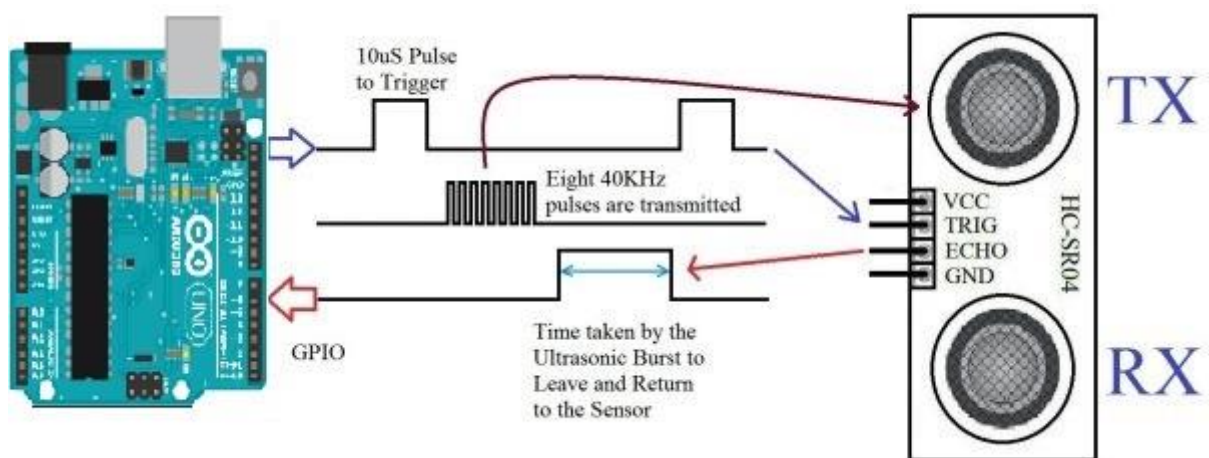
Cảm biến siêu âm sử dụng các xung của âm thanh siêu âm (âm thanh trên phạm vi thính giác của con người) để phát hiện khoảng cách giữa chúng và vật thể rắn lân cận. Các cảm biến này bao gồm hai thành phần chính:

- Một bộ phát sóng siêu âm – Khối này truyền các xung âm thanh siêu âm, nó hoạt động ở tần 40 KHz
- Một bộ thu sóng siêu âm phản xạ về – Khối thu lắng nghe các xung được truyền về. Nếu nó nhận được các xung này nó tạo ra một xung đầu ra mà độ rộng của nó có thể được sử dụng để xác định khoảng cách.

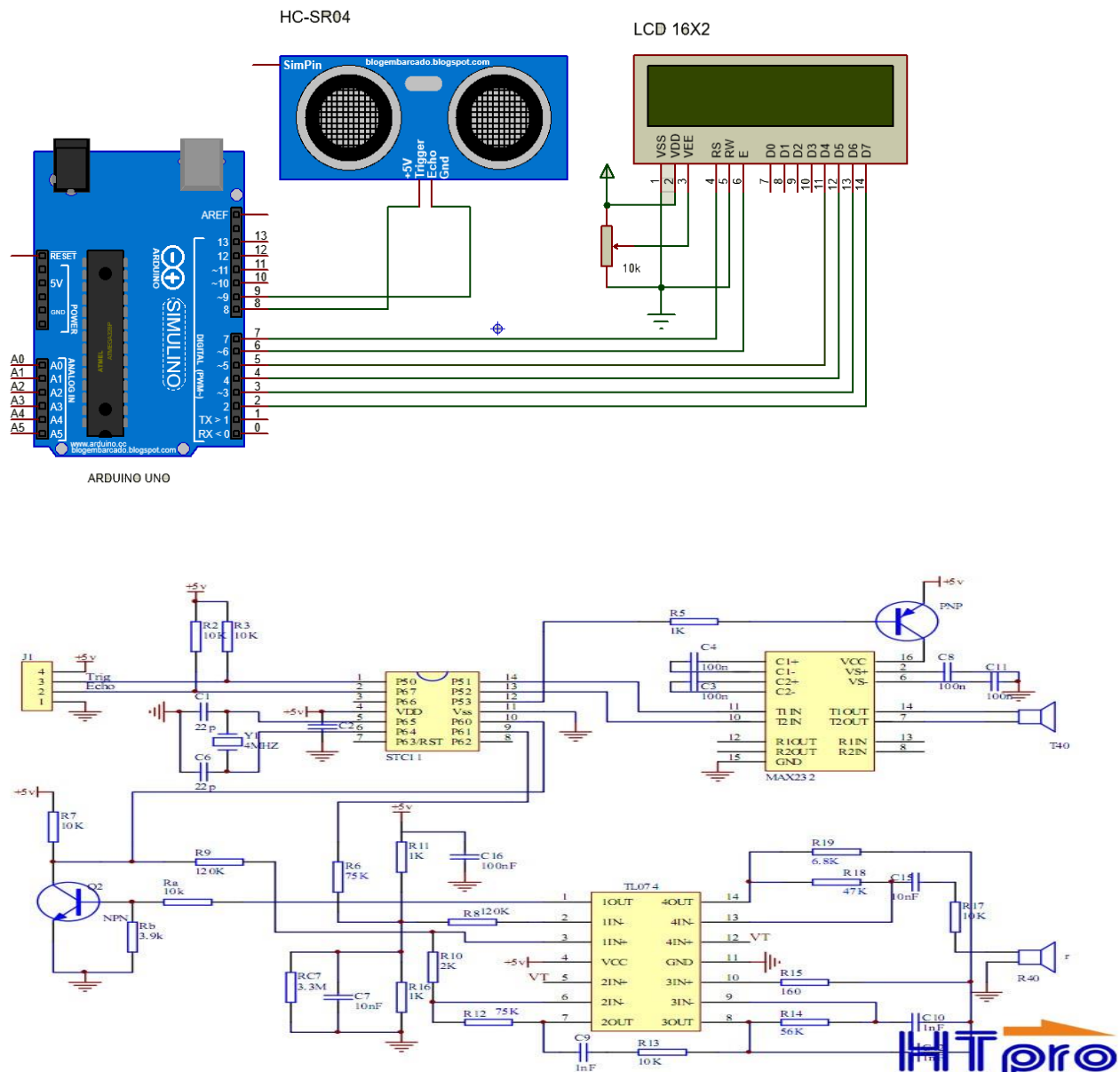
Thiết bị hoạt động như sau:

1. Một xung ở mức cao (5V) trong thời gian ít nhất 10 μ s (10 micro giây) được đưa vào chân Trigger.
2. HC-SR04 đáp ứng bằng cách truyền một chùm tám xung với tần số 40 KHz. Mẫu 8 xung này làm “chữ ký siêu âm” từ thiết bị duy nhất này, cho phép bộ thu phân biệt giữa mẫu được truyền và tạp âm siêu âm.
3. Tám xung siêu âm di chuyển qua không khí cách xa bộ phát. Trong khi đó, chân Echo lên mức cao để bắt đầu hình thành sự khởi đầu của tín hiệu dội ngược.
4. Nếu xung này KHÔNG phản xạ về thì tín hiệu Echo sẽ hết thời gian chờ sau 38 ms (38 mili giây) và trở về mức thấp. Việc tạo ra xung 38 ms cho biết không có chướng ngại vật nào trong phạm vi của cảm biến.
5. Nếu xung được phản xạ trở lại, chân Echo sẽ xuống thấp khi nhận được tín hiệu. Điều này tạo ra một xung có độ rộng thay đổi từ 150 μ s đến 25 ms, tùy thuộc vào thời gian nhận tín hiệu.
6. Chiều rộng của xung nhận được được sử dụng để tính toán khoảng cách đến đối tượng được phản xạ. Hãy nhớ rằng xung cho biết thời gian cần để tín hiệu được gửi đi và phản xạ lại để có khoảng cách bạn sẽ cần phải chia kết quả của mình thành một nửa.

$$\text{Khoảng cách} = \frac{(\text{Thời gian} \times \text{Vận tốc âm thanh trong không khí (340 m / s)})}{2}$$



Sơ đồ mạch



Sơ đồ mạch cho cảm biến arduino và cảm biến siêu âm ở hình trên để đo khoảng cách. Trong các kết nối mạch, các chân “trigger” và “echo” của module cảm biến siêu âm được kết nối trực tiếp với chân 8 và 9 của Arduino. Màn hình LCD 16×2 được kết nối với Arduino ở chế độ 4 bit. Các chân điều khiển RS, RW và E được kết nối trực tiếp với chân 7, GND và 6 của Arduino. Các chân dữ liệu D4-D7 được kết nối với 2, 3, 4 và 5 của Arduino.

Trước hết chúng ta cần phải kích hoạt các mô-đun cảm biến siêu âm để truyền tín hiệu bằng cách sử dụng arduino và sau đó chờ đợi để nhận ECHO. Arduino đọc thời gian giữa kích hoạt và nhận ECHO. Chúng ta biết rằng tốc độ của âm thanh là khoảng 340m /s. Để tính khoảng cách, chúng ta sử dụng công thức đã cho:

Khoảng cách = (thời gian di chuyển* tốc độ của âm thanh) / 2

Tốc độ âm thanh khoảng 340m mỗi giây.
Màn hình LCD 16×2 được sử dụng để hiển thị khoảng cách.