



ساخت فاصله سنج با استفاده از سنسور آلتراسونیک

استاد درس : دکتر سعید عبادالهی

اعضای گروه : امیرحسین کازرونی (۹۶۴۱۲۴۰۱)

میлад سلطانی کادرویش (۹۶۴۱۲۰۶۸)

امیر زاهدی دره شوری (۹۶۴۱۲۰۲۳)

هدف و چکیده مطلب :

هدف از ساخت این پروژه سنجش فاصله تا جسم با استفاده از سنسور آلتراسونیک می باشد . فرستنده امواج فراصوتی ۴۰ کیلوهرتز را ارسال می کند که این امواج بعد از برخورد با جسم توسط سنسور گیرنده دریافت می شود . همچنین این سنسور می تواند تا فاصله ی ۳,۵ متری اجسام روبروی خود را تشخیص داده و فاصله آن ها را تا مدار محاسبه و آن را بر روی یک صفحه LCD نمایش دهد .

مقدمه :

با فکر کردن درباره حرکت یک جسم، چرا و چگونه های زیادی در ذهن ما نقش می بندد. برای پاسخ به این سوالات باید به سراغ فیزیک مکانیک برویم. علم مکانیک از دو دیدگاه به هم مرتبط «سینماتیک» و «دینامیک» به این سوالات پاسخ می دهد. سینماتیک یا حرکت شناسی در خصوص چگونگی حرکت و دینامیک در خصوص رابطه حرکت و نیرو بحث می کنند. در این گزارش قصد داریم با زبانی ساده به طور خاص با استفاده از دیدگاه سینماتیک یعنی با استفاده از مفهوم حرکت با سرعت ثابت فاصله اجسام را با استفاده از امواج التراسونیک بیابیم. امروزه شیوه های متفاوتی برای اندازه گیری فاصله در صنعت بکار گرفته می شود، که یکی از این شیوه ها اندازه گیری فاصله یا ساخت فاصله سنج با امواج فراصوت می باشد . در این فاصله سنج ها (فاصله یابی با امواج اولتراسونیک)، ابتدا امواج را در جهت مورد نظر ارسال می کنیم. این امواج پس از برخورد با موانع موجود در مسیر باز می گردند. با محاسبه زمان رفت و برگشت امواج ارسالی و مشخص بودن سرعت امواج اولتراسونیک، می توان فاصله را تعیین کرد.

تئوری و تجزیه و تحلیل :

فاصله سنج چیست ؟

فاصله سنج ابزاری است برای سنجش و تعیین دقیق فاصله جسم بدون تماس با آن استفاده می شود. اندازه گیری فاصله اغلب در صنعت صنعتی و به ویژه با حرفه های مربوط به ساخت و ساز، مانند معماری، نقشه برداری، نجاری، سنگ تراشی، قفل سازان و غیره استفاده می شود.

سنسور :

سنسور (sensor) یعنی حس کننده , و از کلمه sense به معنی حس کردن گرفته شده و می تواند کمیت هایی مانند فشار، حرارت، رطوبت، دما، و ... را به کمیت های الکتریکی پیوسته (آنالوگ) یا غیرپیوسته (دیجیتال) تبدیل کند. سنسورها در انواع دستگاه های اندازه گیری ، سیستم های کنترل آنالوگ و دیجیتال مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع فاصله سنج :

سنسور های فاصله سنج در چند دسته قرار میگیرند:

۱. آلتراسونیک (Ultrasonic)
۱. لیزر (لیزر محدوده یاب LiDAR)
۲. امواج رادیویی (رادار)
۳. مادون قرمز
۴. دوربین های زمان پرواز
۵. دوربین های مونو / استریو

امواج آلتراسونیک :

امواج التراسونیک از نظر فیزیکی، مانند صوت، جزو امواج مکانیکی طول طبقه بندی می شوند. به عبارت دیگر برای انتشار این امواج، ذرات در راستای انتشار موج، نوسان می کنند. طبیعی است که برای انتشار امواج صوتی (Sonic/Sound Waves) به محیطی از ماده (جامد، مایع یا گاز) نیازمندیم و این امواج در خلا، جایی که هیچ یک از انواع ماده وجود ندارند، منتشر نمی شوند. تفاوت امواج اولتراسونیک و صوت در این است که فرکانس امواج التراسونیک بالای 20KHz و فراتر از محدوده شنیداری انسان می باشد و به همین دلیل التراسونیک یا فراصوت نام گرفته اند و کاربردهای فراوانی از جمله در لیزر، تخلیه الکتریکی برای بهبود خواص سطحی و افزایش نرخ باربرداری، سنجش فاصله، عمق مخزن، شستشوی دقیق ظروف آزمایشگاهی، تعیین فشار خون بیمار، همگن کردن مواد مذاب، جوشکاری مواد غیر هم جنس، ریخته گری، تراشکاری، فرزکاری، سوراخکاری و غیره دارد.

برای ارسال امواج التراسونیک در محیط باید از فرستنده و برای دریافت این امواج باید از گیرنده مخصوص استفاده کنیم. در مقایسه با امواج صوتی، می توان فرستنده را به بلندگو و گیرنده را به میکروفون تشبیه کرد. معمولاً هر یک از گیرنده ها و فرستنده های التراسونیک برای کار در فرکانسی خاص ساخته می شوند و بنابراین باید فرستنده و گیرنده های سازگار با هم (یعنی با فرکانس کاری برابر) به کار روند. معمولاً در فاصله سنج ها با امواج التراسونیک، از فرستنده ها و گیرنده هایی با فرکانس کاری 40KHz استفاده می شود.

حسگرهای آلتراسونیک :

برای استفاده از امواج فرا صوت از حسگرهایی استفاده می شود که این حسگرها بر اساس محدوده فرکانسی خود به دو دسته صنعتی و غیر صنعتی تقسیم بندی می شوند. حسگرهای فرا صوت غیر صنعتی در محدوده فرکانسی ۴۰ کیلو هرتز و حسگرهای صنعتی در حد مگا هرتز هستند. حسگرهای آلتراسونیک معمولاً دارای یک فرستنده و یک گیرنده آلتراسونیک هستند. امواج فرستاده شده از حسگر پس از برخورد با یک مانع به حسگر بر می گردند

و توسط گیرنده حسگر دریافت می‌شوند. از این طریق و با در نظر گرفتن زمان بازگشت موج و کیفیت امواج بازتابی می‌توان به اطلاعاتی راجع به عمق، نوع و سرعت مانع به دست آورد. حسگرهای فرا صوت مزیت‌های فراوانی دارند مانند نویز پذیری کم، استفاده در شرایط نوری مختلف و...



شکل ۱: تصویر یک حسگر فرستنده آلتراسونیک

امواج فراصوت همانند امواج دیگر خواص شکست، پراش، بازتاب و عبور دارند. این امواج به سه روش مکانیکی، مغناطیسی و الکتریکی ایجاد می‌شوند.

روش های محاسبه فاصله :

در ساخت فاصله سنج های آلتراسونیک ، لیزری و کلا هر نوع فاصله سنجی سه روش عمده وجود دارد که در زیر به آنها می پردازیم :

۱- اولین روش مبتنی بر میزان امواج بازگشتی از روی مانع (روش شدتی) است در این روش ما تنها کاری

که میکنیم شدت نور لیزر برگشتی از مانع را حساب و سپس فاصله را که با شدت نور رابطه مستقیم

دارد حساب می کنیم اما همانطور که میدانیم شدت نور برگشتی به عوامل زیادی از جمله میزان نور

محیط (شب یا روز بودن) میزان گرد و غبار موجود در هوا و ... بستگی دارد که ما باید این کمیت ها را

در محاسباتمان لحاظ کنیم.

۲- روش دیگر بر مبنای اندازه گیری زمان سیر نور از فرستنده به هدف و از هدف به فرستنده است.

استفاده از این روش علیرغم مشکلات زیاد در ساخت مدارات مربوط به اندازه گیری زمان و ... به لحاظ

مقاومت بیشتر و وابسته نبودن آنچنانی در برابر تغییرات محیطی از روش اول مناسبتر است اما همانطور که میدانیم سرعت نور ۲۹۹۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است و در ساخت این دستگاه به این روش بحث محدودیت در فرکانس کاری مدارات الکترونیکی و مدارات وابسته بر میکروکنترلر ها مطرح میشود و در صورتیکه این مشکل را نیز مرتفع کنیم مشکل نویز پذیری این مدارات مطرح میشود لذا در ساخت آن تدابیر شدیدی برای دفع نویز و در صورت نویزی شدن حذف نویز باید اندیشید.

۳- همانطور که میدانیم میزان فرکانس امواج در اثر حرکت در فضا تغییر میکند و از همین روش میتوان میزان فاصله را با محاسبه فرکانس امواج برگشتی و مقایسه با میزان امواج ارسالی (البته در صورتیکه فرکانس امواج ارسالی متغیر باشد) میتوان با یک رابطه ساده از طریق ریاضی فاصله را محاسبه نمود و در صورتیکه میزان فرکانس امواج ارسالی ثابت باشد تنها با اندازه گیری فرکانس بازگشتی می توان فاصله را اندازه گرفت.

محاسبه فاصله:

فاصله بین فاصله سنج التراسونیک و هدف با رابطه (۱) محاسبه می شود.

$$X = \frac{c \times t}{2}$$

رابطه (۱)

که در آن t زمان رفت و برگشت امواج فراصوت و c سرعت صوت است.

که سرعت صوت نیز تقریباً برابر 340 m/s می باشد.

لوازم مورد نیاز :

۱. برد آردوینو UNO
۲. LCD کاراکتری ۱۶*۲ با مبدل سریال
۳. سیم جامپر برد
۴. ماژول بلوتوث HC-06
۵. اپلیکیشن Arduino Bluetooth Controller
۶. سنسور آلتراسونیک SRF05 :

SRF05 یک فاصله سنج التراسونیک بوده و با استفاده از این ماژول می توان فاصله دقیق یک مانع را

مشخص کرد. نوع قبلی این مدل ، SRF04 می باشد .

SRF05 با SRF04 کاملاً تطابق داشته و برد آن از ۳ متر به ۴ متر افزایش یافته است. برای صرفه جویی

در پایه های I/O ی میکروکنترلر یا هر سیستم میزبان دیگر امکان جدیدی در SRF05 تعریف شده

است بدین صورت که در این حالت می توان از طریق یک پایه ، پالس تریگر را ارسال و سیگنال اکو را

دریافت کرد.

ویژگی ها :

ولتاژ کاری: 5 VDC

جریان مصرفی استاتیک : 2 mA

زاویه سنسور : $> 15^\circ$ درجه

سیگنال خروجی: سیگنال فرکانس الکتریکی high level 5V, low level 0V

مسافت قابل سنجش: ۲ سانتی متر تا ۳,۵ متر

دقت : 2 mm

سیگنال تریگر ورودی: 10us TTL ایمپلانس

سیگنال اکو: خروجی سیگنال TTL PWL

برای راه اندازی ماژول SRF05 دو مد وجود دارد .

مد اول :

این ماژول دارای ۵ پایه می باشد که از سمت چپ به شرح زیر است:

۱- پایه ی VCC : پایه ی تغذیه ی ماژول است و ولتاژ مورد نیاز آن ۵ ولت می باشد.

۲- پایه ی Trig : این پایه برای اعمال پالس به ماژول از طریق میکرو می باشد.

۳- پایه ی Echo : این پایه برای دریافت پالس از ماژول توسط میکرو می باشد.

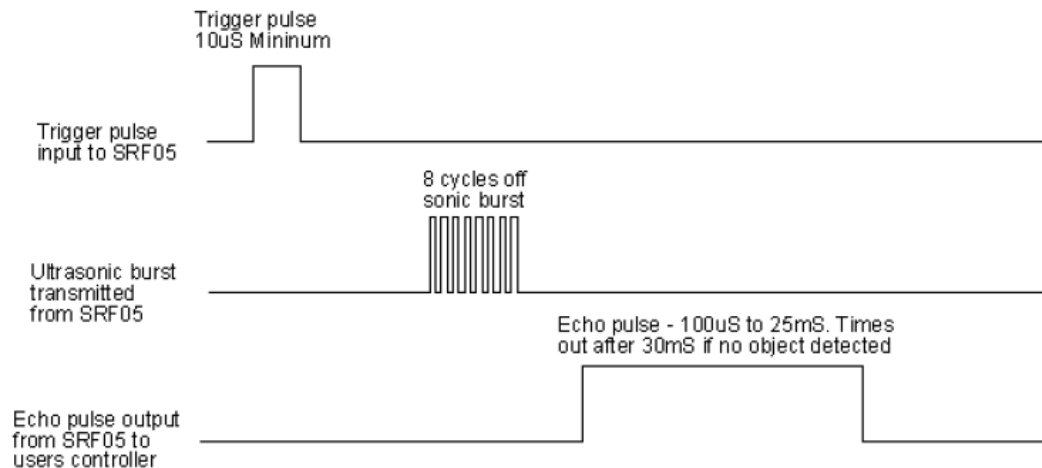
۴- پایه ی Out : این پایه را بدون اتصال رها می کنیم.

۵- پایه ی GND : برای اتصال به زمین می باشد.

برای راه اندازی در مد یک ابتدا باید به پایه Trig ماژول یک پالس به طول حداقل ۱۰ میکرو ثانیه اعمال کنیم. در ادامه ماژول به طور خودکار ۸ پالس با فرکانس 40KHz به محیط ارسال می کند. بعد از ارسال پالس ها توسط ماژول پایه Echo یک می شود و تا زمانی که پالس های برگشتی (بازتاب شده) را دریافت نکرده یک باقی می ماند. زمانی که ماژول پالس های برگشت شده را دریافت کرد پایه Echo دوباره صفر می شود.

با اندازه گیری زمان رفت و برگشت پالس ها یا به عبارتی با اندازه گیری زمان یک بودن پایه Echo در ماژول با استفاده از تایمر در میکروکنترلر و قرار دادن زمان بدست آمده در فرمولی که در ادامه گفته می شود ، می توان فاصله را تا جسم محاسبه کرد. در شکل زیر دیاگرام زمانها را مشاهده می کنید:

SRF05 Timing Diagram, Mode 1



شکل ۲ : دیاگرام مد اول راه اندازی ماژول SRF05

همانطور که در دیاگرام بالا مشاهده می کنید طول پالس روی پایه Echo از ۱۰۰ میکرو ثانیه تا ۲۵ میلی ثانیه می باشد و در صورتی که طول پالس دریافتی از ۳۰ میلی ثانیه بیشتر شد ، یعنی ماژول هیچ جسمی را تشخیص نداده است.

مد دوم :

در این روش از یک پایه برای تریگر و اکو استفاده می شود. این روش برای صرفه جویی در پایه های ورودی/خروجی میکروکنترلر یا برد های اردوینو طراحی شده است.

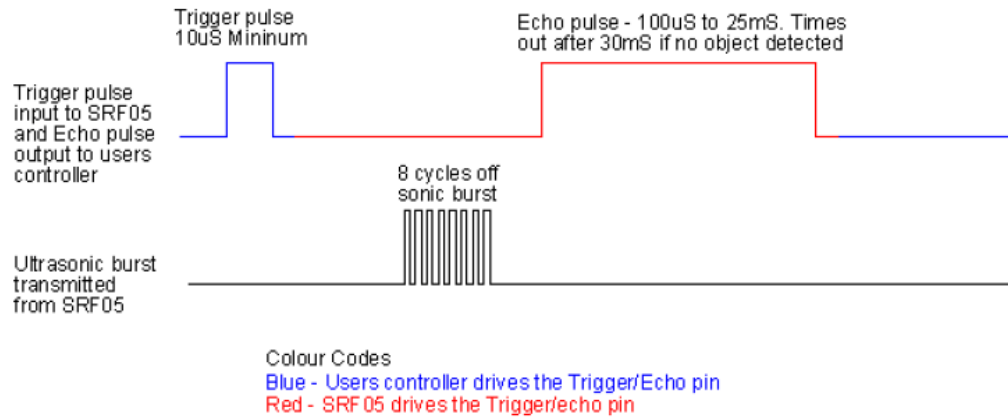
در این روش که فقط برای ماژول SRF05 می باشد باید پایه OUT را به زمین متصل کنیم و دیگر نیازی

به پایه Echo نداریم و نیازی نیست بجایی متصل کنیم. در این مد پالس را مانند مد اول به پایه Trig

اعمال می کنیم ولی پالس برگشتی را هم از همین پایه دریافت میکنیم ، در صورتی که در مد اول از پایه

Echo پالس برگشتی را دریافت می کردیم. در شکل زیر دیاگرام برای مد دو را مشاهده می کنید:

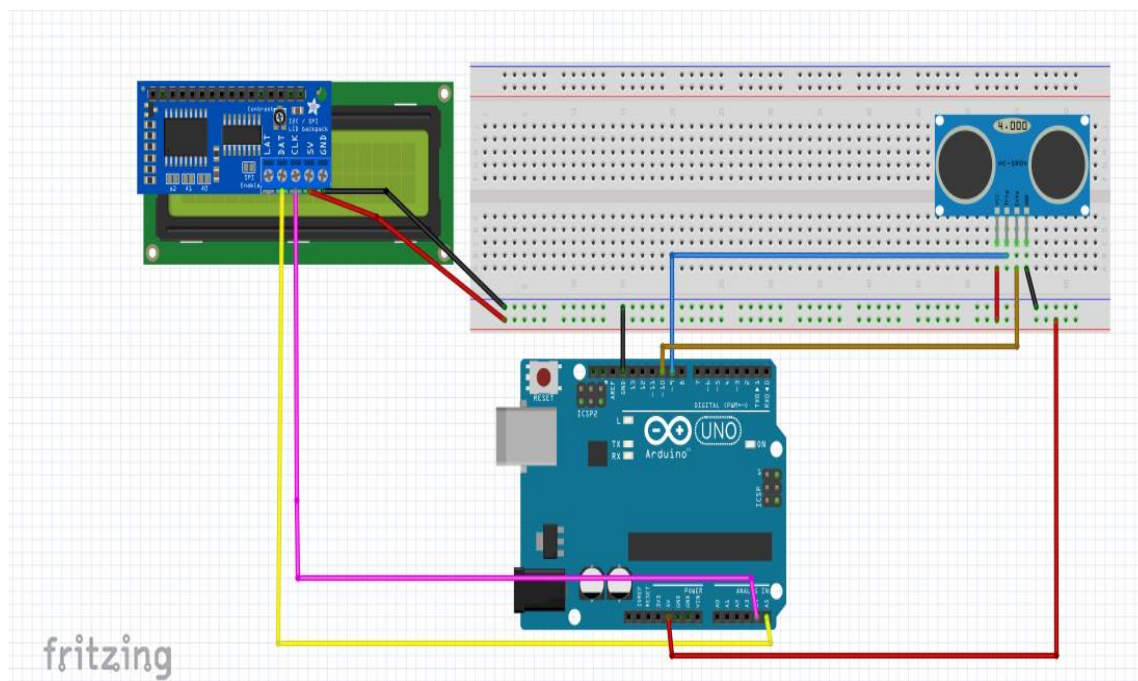
SRF05 Timing Diagram, Mode 2



شکل ۳ : دیاگرام مد دوم راه اندازی ماژول SRF05

مراحل ساخت :

برای انجام پروژه ، پیش از برنامه نویسی آن ابتدا لازم است سخت افزار پروژه بسته شود، به همین خاطر ابتدا طبق نقشه شماتیک زیر، ال.سی.دی کاراکتری ، ماژول بلوتوث HC-06 و ماژول اولتراسونیک SRF05 را به برد Arduino Uno اتصال می دهیم. برای نمایش دادن این کار از نرم افزار Fritzing کمک می گیریم .



شکل ۴ : نقشه شماتیک فاصله سنج آلتراسونیک با ماژول SRF05

سپس با استفاده از Arduino IDE قسمت برنامه نویسی پروژه را انجام می دهیم .

در ادامه به شرح کد می پردازیم .

قسمت اول : اضافه کردن کتابخانه های مورد نیاز

در این پروژه از کتابخانه Liquid_Crystal_I2C استفاده می کنیم به دلیل اینکه در این پروژه از LCD مبدل سریال استفاده شده است .

```
1 #include <FastIO.h>
2 #include <I2CIO.h>
3 #include <LCD.h>
4 #include <LiquidCrystal.h>
5 #include <LiquidCrystal_SR.h>
6 #include <LiquidCrystal_SR2W.h>
7 #include <LiquidCrystal_SR3W.h>
8 #include "Wire.h" // For I2C
9 #include "LCD.h" // For LCD
10 #include "LiquidCrystal_I2C.h"
```

قسمت دوم : معرفی LCD

آبجکت lcd را از روی کتابخانه Liquid_Crystal_I2C می سازیم که به دلیل داشتن مبدل سریال و استفاده از پروتوکل I2C ، ابتدا می بایست آدرس دهی شود که آدرس آن مطابق تصویر زیر می باشد .

```
//Defining the Serial lcd
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7);
```

قسمت سوم : تعیین متغیر برای سرعت صوت

متغیر soundSpeed را از نوع int در نظر می گیریم و از مقدار اولیه ی 340m/s استفاده می کنیم.

```
//The normal sound speed is 340 m/s
int soundSpeed = 340
```

قسمت چهارم : تعیین پین های میکرو کنترلر

از پین ۹ برای trig سنسور ، پین ۱۰ برای echo سنسور ، از پین ۱۳ به عنوان VCC برای سنسور و همچنین پین ۳ را بعنوان VCC برای ماژول بلوتوث استفاده می کنیم.

```
// defines pins numbers
const int VCC = 13; // VCC pin for the sensor
const int trigPin = 9; //The trigger pin
const int echoPin = 10; //The echo pin
const int BLVCC = 3; //VCC for the BL
```

قسمت پنجم : تعیین متغیر های تاخیر delay

برنامه دو قسمت دارد ، قسمت اول که معرفی می باشد . مقدار تاخیر در نمایش اسامی را del با مقدار ۲۰۰۰ میلی ثانیه می نامیم ، و در قسمت دوم (حلقه) که باید نتیجه هر بار آپدیت شود ، فاصله ی بین هر آپدیت را updel با مقدار اولیه ۳۰۰ میلی ثانیه تعریف می کنیم.

```
//set the delay
int del = 2000; //The delay for displaying names
int updel = 300; //The delay for uodating the results
```

قسمت ششم : تعریف متغیر های اصلی

متغیر های زمان duration و distance را مطابق زیر تعریف می کنیم که به ترتیب ، زمان رفت و برگشت پالس و فاصله بین سنسور و مانع می باشند.

```
// defines variables
long duration; //The duration it takes for the wave to be transmitted and received
int distance; //The distance between the object and the sensor
```

قسمت هفتم : تعیین کاربرد پین های مشخص شده در قسمت چهارم

پین های VCC باید به عنوان OUTPUT و با مقدار لاجیکی HIGH باشند.

قسمت تنظیم BacklightPin متعلق به خود lcd بوده و برای بک لایت می باشد .

در قسمت بعدی تعداد سطر و ستون های lcd که ۱۶*۲ می باشد مشخص می شود و در نهایت بک لایت lcd روشن می شود.

پین trig چون خاموش و روشن باید بشود، به صورت OUTPUT معرفی می شود و همچنین پین echo می بایست زمان پالس ورودی را اندازه بگیرد و به صورت INPUT تعیین می شود.

با استفاده از تابع Serial.begin(9600) ارتباط سریال دستگاه را روی baud rate ۹۶۰۰ تنظیم می کنیم که در بلوتوث مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

پین RX دستگاه به پین TX ماژول بلوتوث وصل شده است و همینطور پین TX دستگاه نیز به پین RX ماژول وصل شده است.

```
void setup() {
  //Setting the pin modes
  pinMode(VCC,OUTPUT);
  digitalWrite(VCC,HIGH);
  pinMode(VCC2,OUTPUT);
  digitalWrite(VCC2,HIGH);

  pinMode(BLVCC,OUTPUT);
  digitalWrite(BLVCC,HIGH);
  pinMode(BLGND,OUTPUT);
  digitalWrite(BLGND,LOW);

  lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE); //The LCD backlight pin
  lcd.begin (16,2); //16 x 2 LCD module
  lcd.setBacklight(HIGH); //Turning on the LCD backlight

  //The trig pin is gonna send out a signal that's why it should be declared as output
  //and the echo pin is gonna be recieving signals, hence, input.
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output
  pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an Input
  Serial.begin(9600); // Starts the serial communication at the baud rate of 9600
```

قسمت هشتم : پیش نمایش

متد clear باعث می شود که lcd پاک شود.

متد home باعث بازگشت Curser به خانه ی (0,0) می شود.

متد setCursor برای تغییر curser به جایگاه دلخواه استفاده می شود.

و در نهایت از تابع delay برای تاخیر در عملیات استفاده می کنیم.

طرز کار به این گونه می باشد که lcd در ابتدا پاک شده ، و curser به مکان (0,0) می رود.

سپس نوشته های مورد نظر چاپ خواهد شد .

```
//Introduction and writing the names
lcd.clear(); //Clear the screen
lcd.home(); //returns the curser to (0,0) position
lcd.print("Linear Algebra");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Prof. Ebadollahi");
delay(del);
lcd.clear();
lcd.home();
lcd.print("Milad");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Soltany");
delay(del);
lcd.clear();
lcd.home();
lcd.print("AmirHosseini");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Kazerooni");
delay(del);
lcd.clear();
lcd.home();
lcd.print("Amir");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Zahedi");
delay(del);
lcd.clear();
```

قسم نهم : وارد شدن به حلقه ی اصلی و فرستادن پالس صوتی

ابتدا با استفاده از `digitalWrite` ، پین `trig` را به مدت `2mS` خاموش می کنیم که مطمئن شویم پالسی در حال حاضر فرستاده نمی شود. سپس پین `trig` را به مدت `10mS` به حالت `High` در می آوریم تا پالس مورد نظر (۸ سیکل) فرستاده شود.

```
void loop() {  
  // Clears the trigPin  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
  delayMicroseconds(2);  
  // Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds  
  digitalWrite(trigPin, HIGH);  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(trigPin, LOW);  
}
```

قسمت دهم : به دست آوردن زمان پالس بازگشتی

تابع `pulseIn` از زمان فراخوانی تابع تا زمانی که پالس بازگشتی کامل رسید را از نظر زمانی اندازه می گیرد و به صورت میکرو ثانیه ذخیره می کند.

حال برای محاسبه ی فاصله می توان از فرمول زیر استفاده کرد :

$$\text{distance} = \text{duration} * \text{soundSpeed} * 0.000001 * 100 / 2$$

که فاکتور تقسیم بر ۲ به دلیل رفت و برگشت بودن پالس می باشد ، فاکتور `0.000001` برای تبدیل میکرو ثانیه به ثانیه و فاکتور `100` برای تبدیل متر به سانتی متر استفاده می شود.

```
// Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds  
duration = pulseIn(echoPin, HIGH); //the round trip of the sound in uS  
// Calculating the distance  
distance= duration*0.001 * soundSpeed/2; //delta X = v * t , v is the speed of sound  
//The duration is in mS so we need a multiplification of 0.001 to convert it into seconds  
//The duration, hence the distance is for the round trip so we need to devide the results by a factor of 2
```


قسمت یازدهم: نمایش مقادیر روی lcd

مقدار distance به دست آمده در قسمت دهم، در این قسمت بر روی lcd نمایش داده می شود و پس از تاخیر به مدت updel، دوباره به مرحله ی ۹ باز می گردد.

```
// Prints the distance on the Serial Monitor
lcd.clear();
lcd.home();
lcd.print("Distance: ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(distance);
lcd.print("CM");
delay(updel);
```

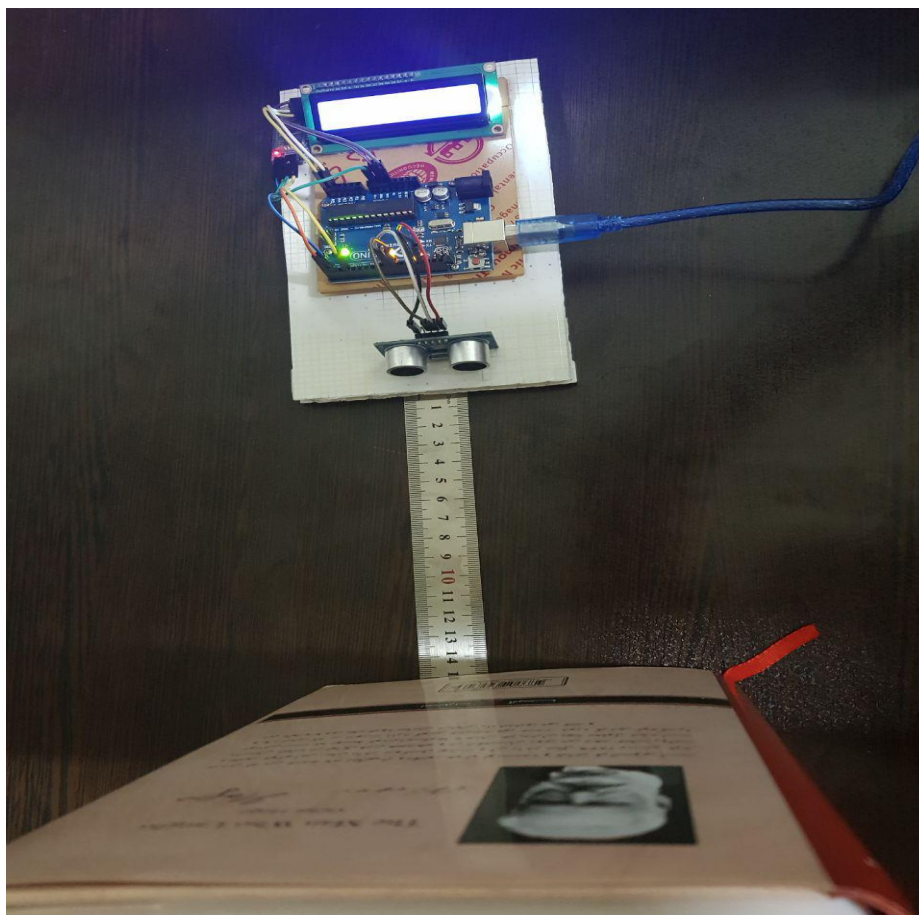
قسمت دوازدهم: نمایش روی گیرنده ی بلوتوث

مقدار به دست آمده برای distance به پروتکل ارتباطی میکروکنترلر ارسال می شود و بلوتوث یک کانال ارتباطی سریال می باشد که به دستگاه وصل است، اگر گیرنده ای به بلوتوث وصل باشد، می تواند این مقادیر را ببیند، که ما از قسمت Terminal Mode نرم افزار Arduino Bluetooth Controller استفاده کردیم.

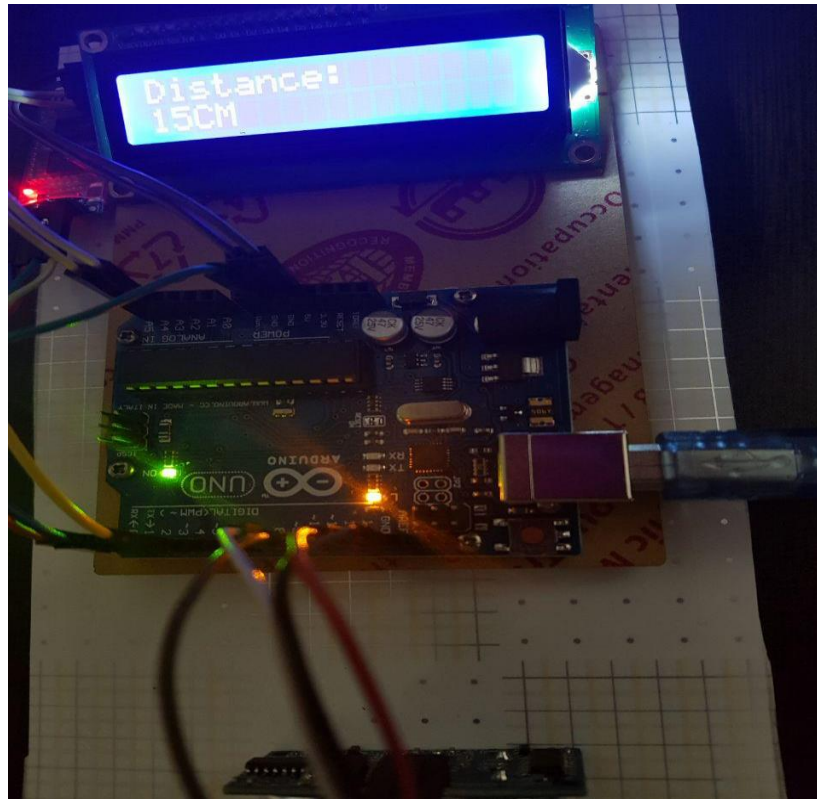
```
Serial.print(distance);
Serial.println("CM\n\n");
} //end of the loop
```

نتیجه گیری و پیشنهاد :

در شکل زیر و فیلم ضمیمه شده ، نتایج نهایی پروژه آورده شده است .
همانطور که در شکل (۵) مشاهده می کنید ، مانعی که در ۱۵ سانتی متری مازول قرار گرفته است توسط مازول SRF05 با دقت نسبتا خوبی درست تشخیص داده شده است و نتیجه آن را می توانید بر روی LCD که در شکل شماره (۶) می باشد مشاهده کنید .



شکل ۵ : آزمایش پروژه



شکل ۶ : آزمایش پروژه

در ادامه برای بهبود و ارتقا این پروژه می توان به صورت زیر عمل کرد.

بدین گونه که سرعت صوت را در این پروژه 340m/s در نظر گرفتیم ، لکن عوامل بسیاری در سرعت صوت تاثیر دارند ، در ادامه کار می توان متغیر سرعت صوت را به صورت دینامیک یا پویا تعریف کرده و آن را از یک سنسور یا الگوریتم خارجی به جای یک مقدار ثابت دریافت کنیم .

همچنین میتوان یک اسپیکر به مدار اضافه کرد که اگر فاصله ی مانع از یک مقدار مشخص کمتر شد ، بوق ممتد تولید شود ، که این می تواند در خودرو ها برای تشخیص موانع استفاده شود.

مراجع :

۱- نرم افزار Frizing

۲- <https://diginic.net/fa/srf05-ultrasonic-ranging-project/>

۳- <https://digispark.ir>

۴- <https://electronics98.com/>

۵- <https://www.dfrobot.com/product-333.html>

۶- <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04/>