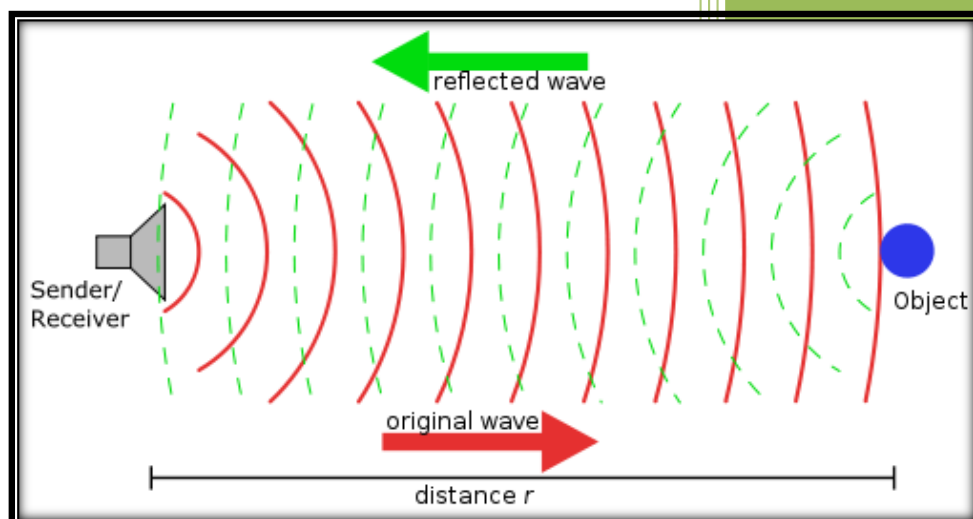


اندازه‌گیری فاصله و حسگرهای مجاوزتی



در حسگرهای فراصوت یا آلتراسونیک سیگنال الکتریکی به سیگنال مکانیکی (موج صوتی) و یا برعکس، سیگنال مکانیکی به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود. اصول کاری این حسگرها بر مدت زمان رفت و برگشت موج صوتی استوار است، که با داشتن سرعت صوت، تخمین فاصله امکان‌پذیر خواهد بود. در این آزمایش ابتدا کلیاتی از حسگر فراصوت گفته خواهد شد و سپس با استفاده از یک میکروکنترلر AVR و همچنین مدارات فرستنده و گیرنده فراصوت، فاصله حسگر تا مانع به دست خواهد آمد.

فهرست مطالب

فهرست مطالب.....	۱
بخش ۱- مختصری از تئوری.....	۲
۱-۱- معرفی.....	۲
۲-۱- چند نکته.....	۴
بخش ۲- آزمایش اول: بررسی خروجی حسگر فراصوت در فاصله‌های مختلف و محاسبه سرعت صوت و ساخت فاصله سنج با استفاده از برازش منحنی.....	۷
بخش ۳- آزمایش دوم: بررسی خروجی حسگر مادون قرمز در فاصله‌های مختلف و استخراج مشخصه خروجی با استفاده از برازش منحنی و ساخت فاصله سنج.....	۱۲
بخش ۴- آزمایش سوم: حسگر مجاورتی مغناطیسی، خازنی، القایی.....	۱۵
4-1- حسگرهای مجاورتی القایی.....	۱۵
۲-۴- حسگرهای مجاورتی خازنی.....	۱۶
۳-۴- حسگر مغناطیسی.....	۱۸
4-3-1- حسگر مغناطیسی رید رله.....	۱۸
بخش ۵- آزمایش چهارم: آشنایی با نحوه‌ی سیم‌بندی و عملکرد موتور پله‌ای و راه‌اندازی آن توسط درایور.....	۱۹

بخش ۱- مختصری از تئوری

برای اندازه‌گیری فاصله حسگرهای متفاوتی ساخته شده است، مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- (۱) **حسگر مادون قرمز^۱**: توضیحات در آزمایش "اندازه‌گیری فاصله با حسگر مادون قرمز".
- (۲) **حسگر فراصوت^۲**: این حسگر مانند حسگر مادون قرمز از یک فرستنده و یک گیرنده ساخته شده است. قسمت فرستنده یک موج مافوق صوت ایجاد کرده آن را به سمت مانع ارسال می‌کند. این موج پس از برخورد با مانع به سمت گیرنده بر می‌گردد، زمان رفت و برگشت موج صوتی محاسبه شده و با توجه به سرعت صوت میزان فاصله تعیین می‌شود.
- (۳) **حسگر نوری**: اصول کاری این حسگرها مانند حسگر مادون قرمز می‌باشد با این تفاوت که به جای اشعه مادون قرمز از نور مرئی مانند لیزر استفاده می‌شود.
- (۴) **حسگر خازنی و القایی**: این حسگرها برای اندازه‌گیری فواصل بسیار کوچک استفاده می‌شوند. با تغییر فاصله، ظرفیت و یا خودالقایی حسگر تغییر می‌کند.

۱-۱- معرفی

حسگرهای فراصوت حسگرهایی هستند که به وسیله صفحات خاصی مثل پیزوالکتریک، سیگنال الکتریکی را به سیگنال مکانیکی (موج صوتی) تبدیل می‌کنند (معمولاً فرکانس بیشتر از 18 kHz جز محدوده فراصوت در نظر گرفته می‌شود). عکس این عمل نیز در گیرنده انجام می‌گیرد، یعنی سیگنال صوتی دریافتی به وسیله صفحه پیزوالکتریک به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود. اصول کاری این حسگرها بر مدت زمان رفت و برگشت موج صوتی استوار است و با داشتن سرعت صوت، تخمین فاصله امکان‌پذیر خواهد بود. به عبارت دیگر فاصله حسگر تا مانع از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Distance = \frac{(Speed\ of\ Sound) \times (Elapsed\ Time)}{2}$$

شکل ۱ نمونه‌ای از حسگر فرستنده و گیرنده فراصوت می‌باشد.



شکل ۱: فرستنده و گیرنده فراصوت

حسگر فراصوت در قسمت عقبی برخی ماشین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد تا هنگام نزدیک شدن به موانع به راننده هشدار دهد، نمونه‌ای از این کاربرد در شکل ۲ قابل مشاهده است.

¹ Infrared

² Ultrasonic



شکل ۲: حسگر کمک‌کننده پارک

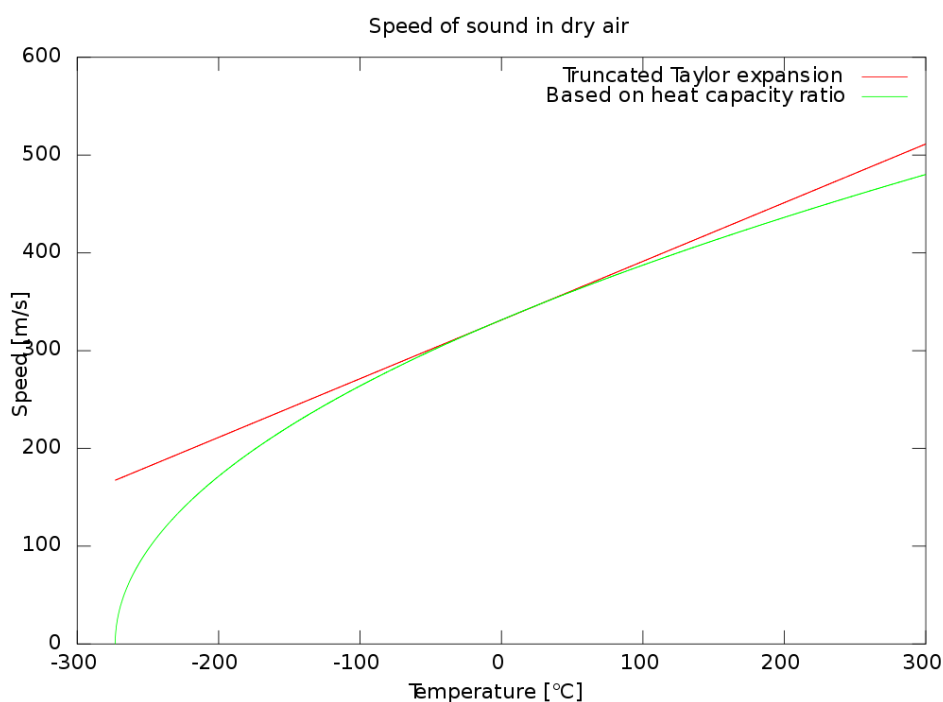
سرعت صوت در هوای خشک (رطوبت نسبی 0%) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$c_{air} = 331.3 \sqrt{1 + \frac{\theta}{273.15}} \quad \frac{m}{s}$$

با بسط تیلور این رابطه در حوالی دمای $0^\circ C$ می‌توان به رابطه تقریبی زیر رسید:

$$c_{air} = 331.3 + 0.6\theta \quad \frac{m}{s}$$

در شکل زیر می‌توان تغییرات سرعت صوت بر حسب تغییر دما را مشاهده کرد:



لذا سرعت صوت در هوای خشک و دمای $20^\circ C$ برابر $343.2 \frac{m}{s}$ می‌باشد.

رطوبت و فشار هوا، اثر بسیار اندکی (البته قابل اندازه‌گیری) بر روی سرعت صوت دارند. رطوبت هوا چیزی بین 0.1% تا

0.6% سرعت صوت را افزایش می‌دهد.

سرعت صوت در آب خالص و در دمای $25^\circ C$ در حدود $1497 \frac{m}{s}$ می‌باشد.

۱-۲- چند نکته

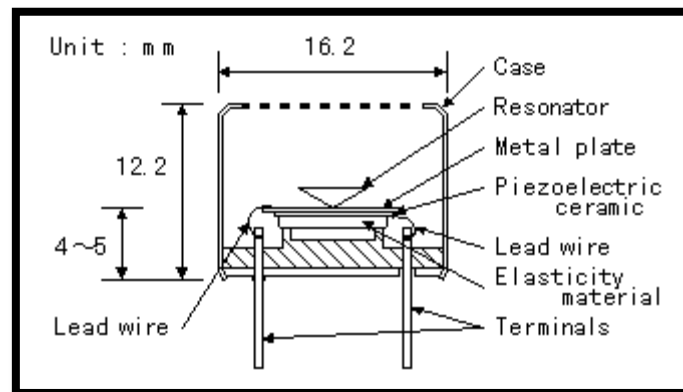
بسته به اینکه از چه نوع مبدلی برای تبدیل سیگنال الکتریکی به موج صوتی استفاده شود، حسگرهای فراصوت در دو دسته زیر جای خواهند گرفت:

۱- حسگر فراصوت با مبدل پیزوالکتریک

۲- حسگر فراصوت با مبدل الکترواستاتیک

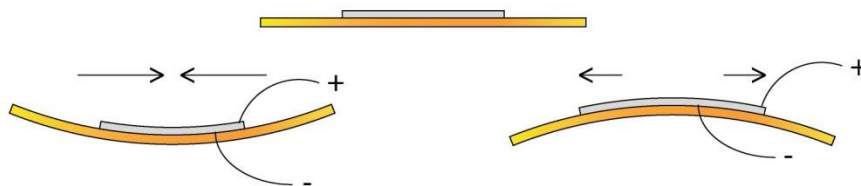
حسگرهای فراصوت با مبدل الکترواستاتیک بسیار دقیق تر و البته گران تر از حسگرهایی است که مبدل آنها پیزوالکتریک می باشد. در این آزمایشگاه، حسگرهای فراصوت با مبدل پیزوالکتریک مورد استفاده قرار می گیرند.

در شکل ۳ ساختار داخلی یک حسگر فراصوت با مبدل پیزوالکتریک نشان داده شده است.



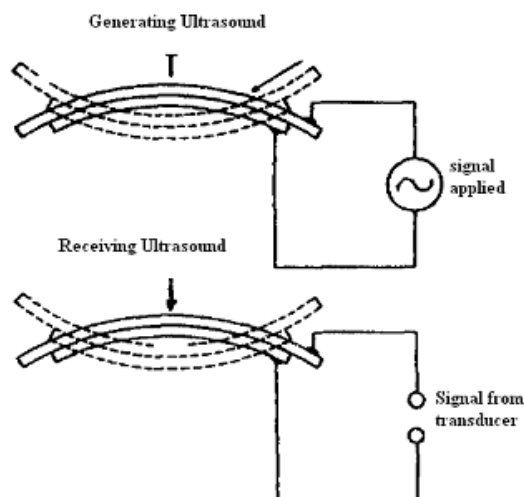
شکل ۳: ساختار داخلی یک حسگر فراصوت

شکل ۴ یک صفحه پیزوالکتریک را نشان می دهد.



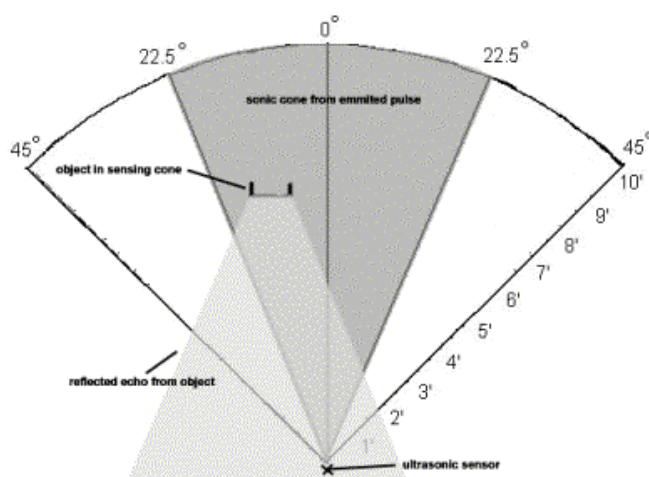
شکل ۴: اساس کار مبدل پیزوالکتریک

این صفحه کار تبدیل سیگنال الکتریکی به موج صوتی و برعکس را انجام می دهد، کافی است از مداری به صورت زیر استفاده شود:



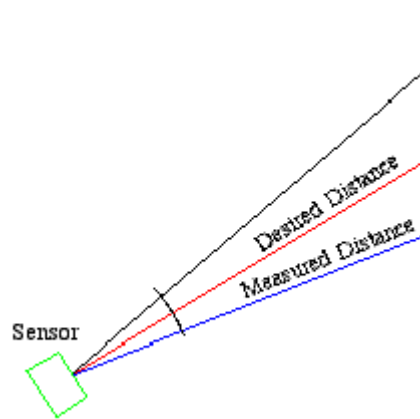
شکل ۵: اساس کار فرستنده و گیرنده فراصوت با مبدل پیزوالکتریک

امواج صوتی به صورت مخروطی از فرستنده خارج می‌شوند و بسته به نوع فرستنده، زوایای این مخروطی متفاوت خواهد بود. به عنوان نمونه، در شکل ۶ یک فرستنده فراصوت با زاویه مخروطی 45° آورده شده است.



شکل ۶: زاویه مخروطی یک فرستنده فراصوت

با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌شود که سیگنال صوتی فرستاده شده، به هر جسم موجود در داخل این مخروطی برخورد کرده و بازتاب می‌شود. لذا یکی از معایب این حسگر این است که فاصله مستقیم را اندازه‌گیری نمی‌کند؛ برای مثال با توجه به شکل زیر، فاصله اندازه‌گیری شده توسط حسگر فراصوت کمتر از فاصله واقعی این حسگر از دیوار خواهد بود.

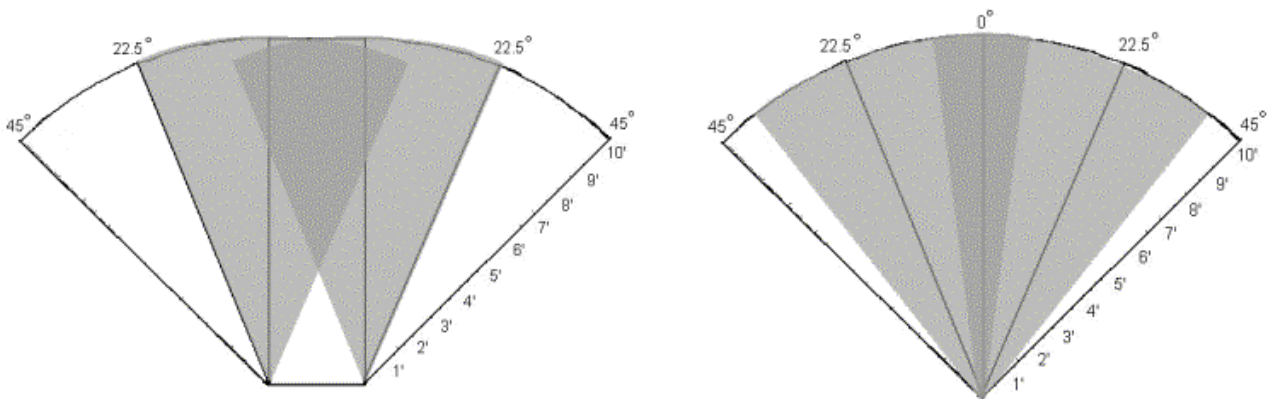


شکل ۷: فاصله اندازه‌گیری شده توسط حسگر فراصوت

برای رفع این مشکل دو راه پیشنهاد می‌شود:

- ۱- استفاده از یک فرستنده دوار: در این حالت، حسگر فراصوت به اندازه یک مقدار معین حول محور معینی می‌چرخد و لذا تنها فاصله اجسامی که در فصل مشترک چرخش واقع شوند محاسبه می‌شود.
- ۲- استفاده از دو فرستنده در کنار هم: در این حالت، تنها فاصله اجسامی که در فصل مشترک مخروطی‌ها واقع شوند محاسبه می‌شود.

این موضوع در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸: اندازه‌گیری فاصله مستقیم با حسگر فراصوت

بخش ۲- آزمایش اول: بررسی خروجی حسگر فراصوت در فاصله‌های مختلف و محاسبه سرعت صوت و ساخت فاصله سنج با استفاده از برازش منحنی

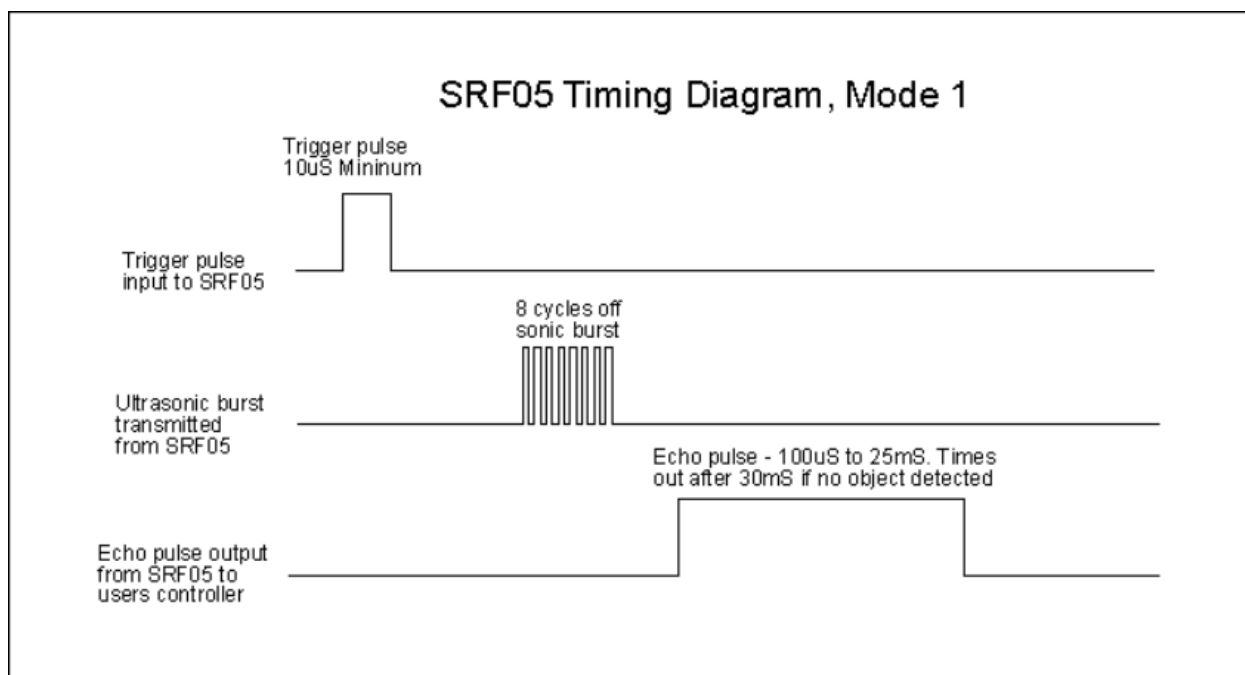
شکل زیر حسگر فراصوت SRF05 را نشان می‌دهد که می‌خواهیم توسط آن فاصله صفحه متحرک را تشخیص دهیم



نمایی از این حسگر به صورت شکل زیر است



دیاگرام سیگنال این ماژول به صورت شکل زیر است:



تغذیه این حسگر به ولتاژ ۵ ولت متصل شده است و دیگر پایه های آن به صورت شکل زیر در دسترس است

Table 48. Clock Select Bit Description

CS12	CS11	CS10	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	clk _{IO} /1 (No prescaling)
0	1	0	clk _{IO} /8 (From prescaler)
0	1	1	clk _{IO} /64 (From prescaler)
1	0	0	clk _{IO} /256 (From prescaler)
1	0	1	clk _{IO} /1024 (From prescaler)
1	1	0	External clock source on T1 pin. Clock on falling edge.
1	1	1	External clock source on T1 pin. Clock on rising edge.

پرسش - با فرکانس تایمر ۱ انتخاب شده، بدون سرریز تایمر ۱، حداقل و حداکثر چه فاصله هایی را میتوان اندازه گرفت؟

b. با انتخاب تأخیر مناسب در دستور delay_us، یک پالس Trig با پهنای مناسب بر اساس دیاگرام سیگنال ماژول SRF05، تولید کنید

c. با ایجاد تأخیر مناسب، منتظر فعال شدن وقفه خارجی باشید. روتین وقفه خارجی صفر را طوری بنویسید که با فعال شدن وقفه صفر، تایمر ۱ فعال شود و با فعال شدن وقفه ۱، تایمر ۱ غیرفعال شود و زمان سپری شده در داخل یک متغیر ذخیره شود.

d. در خط اول نمایشگر LCD، زمان رفت و برگشت موج صوتی را بنویسید.

e. به مرحله a برگردید.

۳- حال جدول زیر را کامل کنید:

زمان (us)	فاصله (cm)	زمان (us)	فاصله (cm)
	۳۰		۵
	۳۵		۱۰
	۴۰		۱۵
	۴۵		۲۰
	۵۰		۲۵

پرسش - در نرم افزار متلب و در جعبه ابزار برازش منحنی (cftool) فاصله را بر حسب زمان بکشید و یک چندجمله ای مرتبه اول به آن برازش کنید. شیب این نمودار چه چیزی را نشان میدهد؟

پرسش - با استفاده از جعبه ابزار برازش منحنی، این بار زمان را بر حسب فاصله بکشید. عرض از مبدأ چندجمله‌ای برازش شده چه چیزی را نشان میدهد؟

بخش ۳- آزمایش دوم: بررسی خروجی حسگر مادون قرمز در فاصله‌های مختلف و استخراج مشخصه خروجی با استفاده از برازش منحنی و ساخت فاصله سنج

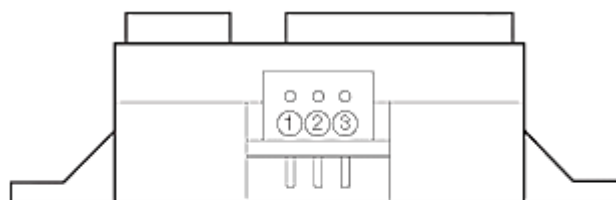
یکی از روش های اندازه گیری فاصله که کاربردهای فراوانی دارد، استفاده از امواج مادون قرمز می باشد. در این آزمایش ابتدا به معرفی حسگرهای مادون قرمز و روش های استفاده از آن می پردازیم و در ادامه نیز مراحل اندازه گیری فاصله با حسگر مادون قرمز بیان خواهد شد

حسگر مادون قرمز در واقع یک ترانزیستور نوری است که بیس آن به نور مادون قرمز حساس بوده و با دریافت نور مادون قرمز روشن می شود. نور مادون قرمز به عنوان جریان تحریک بیس ترانزیستور نوری عمل کرده و جریان کلکتور آن را تنظیم می کند. از آنجایی که تغییرات جریان کلکتور ترانزیستور نوری نسبت به تغییر فاصله فرستنده تا گیرنده غیرخطی میباشد، معمولاً از این حسگر برای اندازه گیری فاصله کمتر استفاده می شود و بیشتر در کاربردهای کلیدزنی و به منظور تشخیص عبور یک جسم مورد استفاده قرار میگیرد

حسگر مادون قرمز استفاده های فراوانی می تواند داشته باشد که از موارد استفاده آن می توان به کنترل از راه دور تلویزیون و همچنین انتقال اطلاعات بین دو دستگاه تلفن همراه اشاره کرد. همچنین حسگرهای تشخیص حرکت (PIR) که در راهروی ساختمان ها استفاده میشوند- نیز بر مبنای دریافت سیگنال مادون قرمز عمل میکنند. از حسگرهای مادون قرمز می توان برای اندازه گیری فاصله نیز استفاده کرد که در این آزمایش به آن خواهیم پرداخت و از حسگر GP2D12 برای اندازه گیری فاصله استفاده خواهیم نمود قطعه GP2D12 یک حسگر فاصله بوده که اساس کار آن، نور مادون قرمز است. در شکل زیر نمایی از این حسگر را میتوانید مشاهده کنید.



این حسگر برای فاصله ۱۰ تا ۸۰ سانتیمتر بهسازی شده است، در شکل زیر نحوه سیم بندی پایه ها نشان داده شده است.



PIN	SIGNAL NAME
①	V_O
②	GND
③	V_{CC}



یک مولتی متر به خروجی حسگر متصل کنید و با جا به جا کردن صفحه متحرک جدول زیر را تکمیل کنید

ولتاژ (V)	فاصله (cm)	ولتاژ (V)	فاصله (cm)	ولتاژ (V)	فاصله (cm)
	۳۸		۲۴		۱۰
	۳۹		۲۵		۱۱
	۴۰		۲۶		۱۲
	۴۱		۲۷		۱۳
	۴۲		۲۸		۱۴
	۴۳		۲۹		۱۵
	۴۴		۳۰		۱۶
	۴۵		۳۱		۱۷
	۴۶		۳۲		۱۸
	۴۷		۳۳		۱۹
			۳۴		۲۰
			۳۵		۲۱
			۳۶		۲۲
			۳۷		۲۳

حال با استفاده از جعبه ابزار برازش منحنی نرم افزار متلب، تابع مناسبی که ورودی آن ولتاژ بوده و خروجی آن فاصله اندازه گیری شده می باشد را به دست آورید

در برنامه codevision برنامه ای بنویسید که با استفاده از تابعی که در مرحله قبل به دست آوردید بتواند به ازای ولتاژهای دریافتی از گیرنده، مقدار فاصله را بر روی LCD مازول میکروکنترلر نمایش دهد. سپس به ازای چند فاصله مختلف، صحت مدار نهایی را چک کنید.

سؤال: با استفاده از دوربین تلفن همراه خود به فرستنده مادون قرمز نگاه کنید. چه چیزی را مشاهده میکنید؟ چرا با چشم غیر مسلح این امکان وجود ندارد؟

بخش ۴- آزمایش سوم: حسگر مجاورتی مغناطیسی، خازنی، القایی

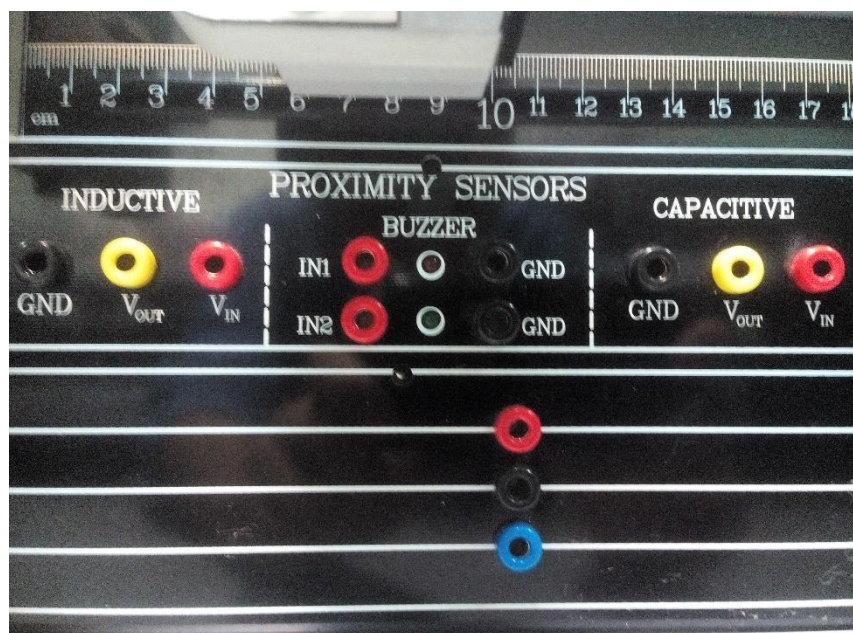
حسگر مجاورتی (Proximity Sensor) نوعی از حسگر هاست که قادر به تشخیص وجود اجسام نزدیک بدون هیچ گونه تماس فیزیکی است. یک حسگر مجاورتی اغلب یک میدان الکترومغناطیسی یا الکترواستاتیکی یا پرتویی از تشعشعات الکترومغناطیسی (به عنوان مثال، پرتو مادون قرمز) را از خود منتشر می‌کند و به دنبال تغییرات در محیط یا سیگنال‌های برگشتی می‌ماند.

۴-۱- حسگرهای مجاورتی القایی

(Inductive Proximity Sensors): این حسگرها دارای یک نوسان ساز هستند که یک میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بالا تولید می‌کنند، این میدان توسط یک سیم پیچ که در نزدیکی سطح خارجی حسگر قرار داده می‌شود، تولید می‌گردد. هنگامی که شی وارد میدان الکترومغناطیسی می‌شود، جریان‌های ادی درون شی افزایش پیدا می‌کند، این جریان‌ها نوعی میدان الکترومغناطیسی تولید می‌کنند که در جهت خلاف میدان خود حسگر هستند، لذا دامنه سیگنال نوسان ساز کاهش می‌یابد. مدار تریگر این کاهش دامنه را تشخیص داده و سیگنال خروجی حسگر تغییر می‌کند.

از این حسگر برای شناسایی اجسام فلزی استفاده می‌شود. هنگامی که یک جسم فلزی مقابل این حسگر قرار می‌گیرد جریان ادی القاشده در حسگر تغییر کرده و حسگر جسم را شناسایی می‌کند. این حسگر به سطح فلزات حساس است. به طور مثال هنگامی که یک فلز با سطح کوچک به آن نزدیک شود در فاصله‌ای کمتری نسبت به حسگر تشخیص داده می‌شود.

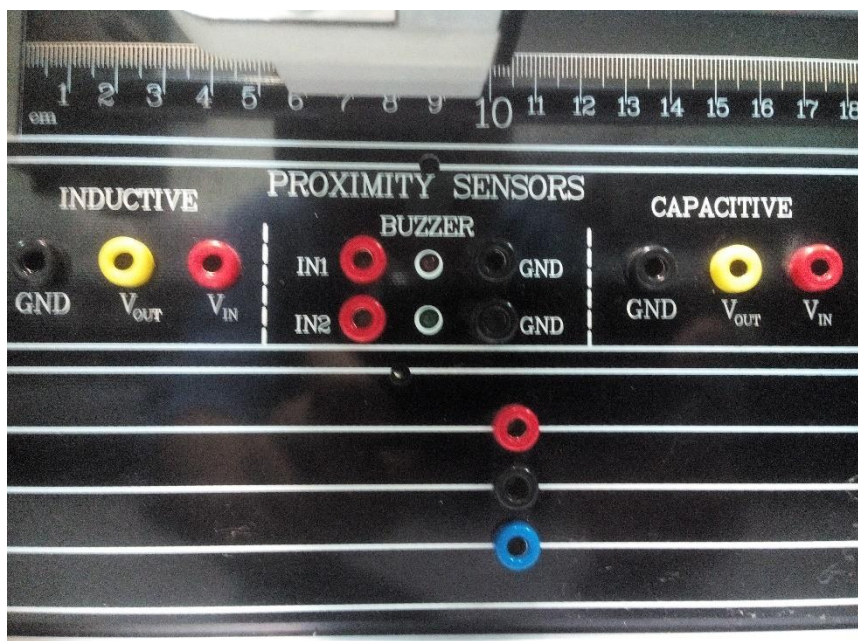
مطابق شکل منبع تغذیه‌ی ۱۵ ولت و زمین را به پایانه‌ی Vin و GND این حسگر متصل کنید. سیگنال خروجی این حسگر را به ورودی بازر متصل کنید. از آنجایی که این حسگر از نوع NC است بازر فعال می‌شود. هنگامی که جسم توسط حسگر تشخیص داده شود بازر غیرفعال خواهد شد. بر روی صفحه‌ی متحرک یک جسم استوانه‌ای شکل فلزی تعبیه شده است. با نزدیک کردن این جسم به حسگر خروجی آن را بررسی کنید.



۴-۲- حسگرهای مجاورتی خازنی

(Capacitive Proximity Sensors) حسگرهای مجاورتی خازنی بسیار شبیه به حسگرهای نوع القایی هستند با این تفاوت که به جای ایجاد میدان الکترومغناطیسی میدان الکترواستاتیکی تولید می کنند. این نوع حسگرها علاوه بر اجسام فلزی قادر به حس اجسام غیر فلزی مانند کاغذ، شیشه، مایعات و پارچه نیز هستند. هنگامی که شی مورد نظر نزدیک سطح حساس حسگر می شود درون میدان الکترواستاتیکی ناشی از دو الکتروود حسگر وارد می شود و ظرفیت خازن را تغییر می دهد. سپس نوسانساز شروع به نوسان می کند، مدار تریگر دامنه سیگنال نوسان ساز را می خواند و زمانی که به یک مقدار معینی می رسد خروجی حسگر تغییر می کند و با دور شدن شی مقدار دامنه کاهش یافته و خروجی به حالت اول بر می گردد.

این حسگر تغییرات دی الکتریک را تشخیص داده و متناظر با آن سیگنال خروجی را تغییر می دهد بنابراین این حسگر به تمام مواد حساس است و در صورتی که حجم ماده زیادتر باشد در فاصله دورتری می تواند جسم را تشخیص دهد. مطابق شکل منبع تغذیه ی ۱۵ ولت و زمین را به پایانه ی V_{in} و GND این حسگر متصل کنید. سیگنال خروجی این حسگر را به ورودی بازر متصل کنید. از آنجایی که این حسگر از نوع NC است بازر فعال می شود. هنگامی که جسم توسط حسگر تشخیص داده شود بازر غیرفعال خواهد شد. بر روی صفحه ی متحرک یک جسم استوانه ای شکل پلاستیکی تعبیه شده است. با نزدیک کردن این جسم به حسگر خروجی آن را بررسی کنید.



پرسش در مقابل حسگر یک کاغذ قرار دهید. آیا حسگر قادر به شناسایی کاغذ است؟

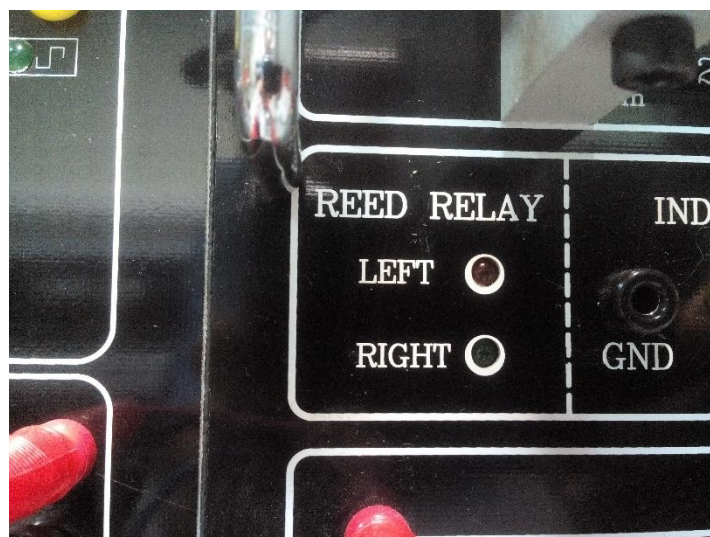
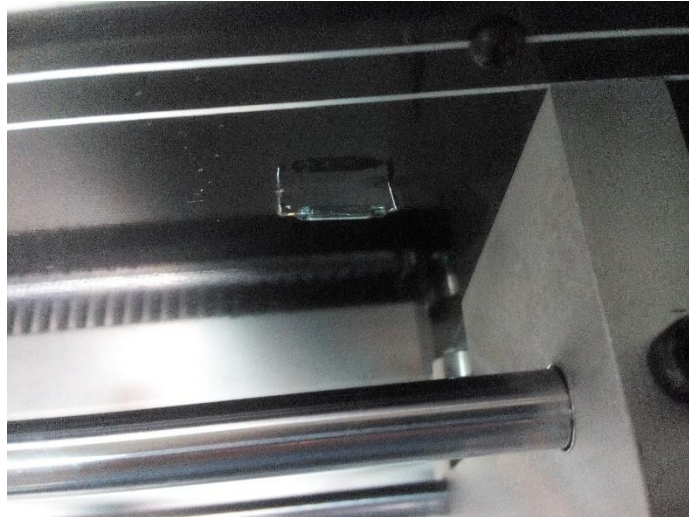
پرسش در مقابل حسگر یک کتاب (دسته کاغذ) قرار دهید. آیا حسگر قادر به شناسایی این جسم است؟ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



۴-۳- حسگر مغناطیسی

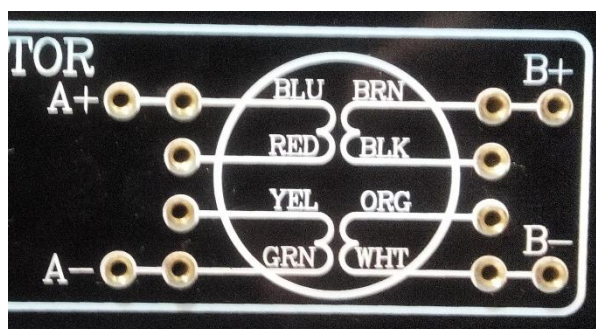
۱-۳-۴- حسگر مغناطیسی رید رله

این حسگر مغناطیسی از نوع غیرفعال بوده و در ابتدا و انتهای ستاپ وجود دارد. در واقع این حسگر به صورت یک کلید که توسط آهنربا فعال می‌شود کار خواهد کرد. با بردن صفحه‌ی متحرک به منتهی الیه راست یا چپ عملکرد این حسگر را مطابق شکل بررسی کنید. (هنگام فعال شدن این حسگر LED مربوط به آن روشن خواهد شد.)

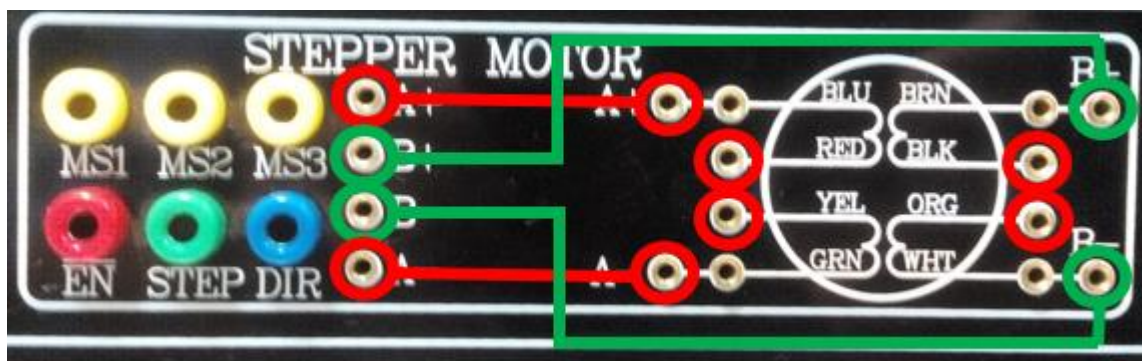


بخش ۵- آزمایش چهارم: آشنایی با نحوه‌ی سیم‌بندی و عملکرد موتور پله‌ای و راه‌اندازی آن توسط درایور

شکل زیر نمایی از موتور پله‌ای دوفاز را نشان می‌دهد. این موتور دارای چهار سیم‌پیچ است که می‌توانند به صورت موازی یا سری سیم‌بندی شوند. هنگامی که موتور به صورت موازی سیم‌بندی شود دارای گشتاوری کمتری و هنگامی که به صورت سری پیچیده شود دارای گشتاور بیشتری است. در این آزمایش موتور پله‌ای را به صورت سری درایو می‌کنیم..



سیم‌بندی‌های موتور پله‌ای را مطابق شکل زیر ببندید.



برای راه‌اندازی درایور نیاز به دو سیگنال استپ و دایرکشن می‌باشیم. برای این منظور توسط ماژول میکروکنترلر برنامه‌ای بنویسید که یکی از پایه‌های خروجی را به صورت متناوب صفر و یک کند و با صفر و یک کردن یک پایه‌ی دیگر که متصل به دایرکشن است جهت حرکت موتور را تغییر دهید. این درایور دارای یک ورودی فعال‌سازی EN می‌باشد که هنگامی که سیگنال مربوط به آن ۱ منطقی شود موتور پله‌ای از حرکت باز می‌ایستد. توجه شود که این سیگنال توسط دو حسگر رید رله در منتهی الیه سمت راست و چپ به درایور موتور پله‌ای داده می‌شود.