



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

گروه کنترل و سیستم

آزمایشگاه ابزار دقیق

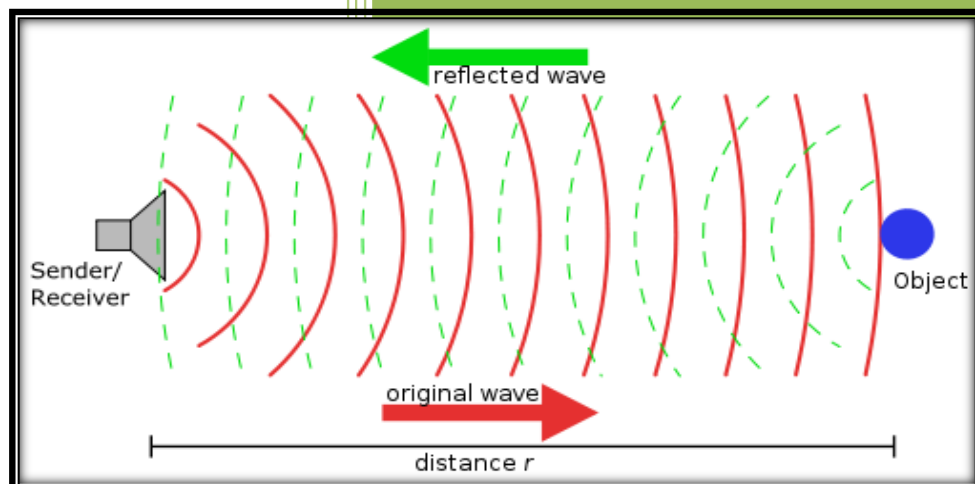
اندازه گیری فاصله با حسگر فراصوت

وحسگر مادون قرمز

تعداد جلسات: ۱

پیش نیاز:

- ✓ تایمر AVR
- ✓ وقفه AVR
- ✓ مبدل آنالوگ به دیجیتال
- ✓ نمایشگر AVR



در حسگرهای فراصوت یا آلتراسونیک سیگنال الکتریکی به سیگنال مکانیکی (موج صوتی) و یا برعکس، سیگنال مکانیکی به سیگنال الکتریکی تبدیل می شود. اصول کاری این حسگرها بر مدت زمان رفت و برگشت موج صوتی استوار است، که با داشتن سرعت صوت، تخمین فاصله امکان پذیر خواهد بود. حسگر مادون قرمز به وفور در وسایل الکتریکی استفاده میشود. کنترل راه دور تلویزیون ها از حسگر مادون قرمز برای دریافت و ارسال اطلاعات استفاده میکند. در بسیاری از دستگاههای تلفن همراه نیز از تکنولوژی Infrared برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده میشود 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. پس از آن از حسگر مادون قرمز برای اندازه گیری فاصله استفاده خواهیم کرد.

K. N. Toosi University of Technology
Instrumentation Lab

Last update: 3/Sep/2023

E. Amini
H.R. Chavoshi
A. Khoshlahjeh

Website:
instlab.kntu.ac.ir

Email:
instlab@saba.kntu.ac.ir

فهرست مطالب

۱	فهرست مطالب.....
۲	بخش ۱- مختصری از تئوری.....
۲	۱-۱- معرفی حسگر فراصوت.....
۴	۱-۲- چند نکته در رابطه با حسگر فراصوت.....
۷	۱-۳- حسگر مادون قرمز.....
۷	۱-۴- روش های استفاده از حسگر مادون قرمز.....
۷	۱-۴-۱- روش مستقیم.....
۸	۱-۴-۲- روش رفت و برگشت.....
۹	۱-۵- کاربردهای حسگر مادون قرمز.....
۹	۱-۵-۱- کلید زنی.....
۱۰	۱-۵-۲- اندازه گیری فاصله.....
۱۱	بخش ۲- فعالیت آزمایشگاهی مربوط به حسگر فراصوت.....
۱۱	۱-۲- بررسی مدار فرستنده و گیرنده حسگر فراصوت.....
۱۲	۲-۲- شرح آزمایش.....
۱۲	۱-۲-۲- بررسی رفتار حسگر فراصوت.....
۱۳	۲-۲-۲- برنامه‌نویسی میکروکنترلر.....
۱۵	بخش ۳- فعالیت آزمایشگاهی مربوط به حسگر مادون قرمز.....

بخش ۱- مختصری از تئوری

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

۱- **حسگر مادون قرمز**^۱: از موارد استفاده حسگرهای مادون قرمز می‌توان به کنترل از راه دور^۲ تلویزیون و همچنین انتقال اطلاعات بین دو دستگاه تلفن همراه اشاره کرد. همچنین حسگرهای تشخیص حرکت (PIR) - که در راهروی ساختمان‌ها استفاده می‌شوند- نیز بر مبنای دریافت سیگنال مادون قرمز عمل می‌کنند. از حسگرهای مادون قرمز می‌توان برای اندازه‌گیری فاصله نیز استفاده کرد.

۲- **حسگر فراصوت**^۳: این حسگر مانند حسگر مادون قرمز از یک فرستنده و یک گیرنده ساخته شده است. قسمت فرستنده یک موج مافوق صوت ایجاد کرده و آن را به سمت مانع ارسال می‌کند. این موج پس از برخورد با مانع به سمت گیرنده بر می‌گردد تا با محاسبه زمان رفت و برگشت موج صوتی و با توجه به سرعت صوت، میزان فاصله تعیین شود.

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 حسگر فراصوت

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.

1 Infrared

2 Remote Control

3 Ultrasonic



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 اخطار دهد، نمونه‌ای از این کاربرد در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲- حسگر کمک‌کننده پارک

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

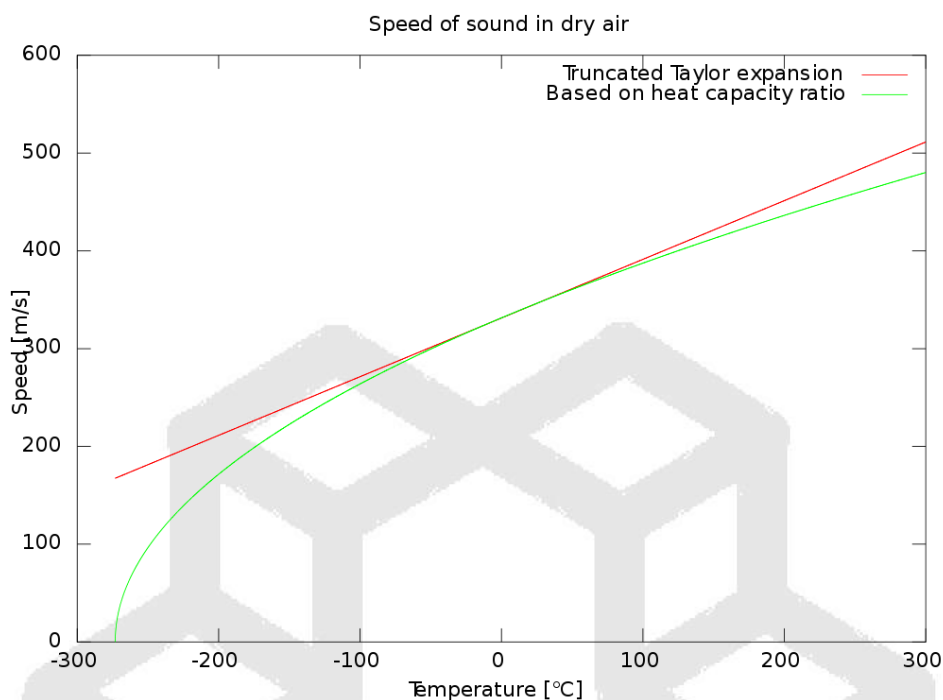
$$c_{air} = 331.3 \sqrt{1 + \frac{\theta}{273.15}} \quad \frac{m}{s}$$

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.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



شکل ۳- نمودار تغییرات سرعت صوت نسبت به تغییرات دما

لذا سرعت صوت در هوای خشک و دمای $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ در حدود $1497\frac{m}{s}$ می‌باشد.

۲-۱- چند نکته در رابطه با حسگر فراصوت

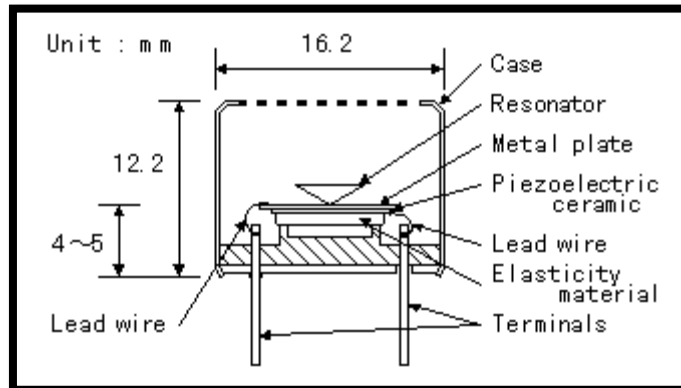
بسته به اینکه از چه نوع تبدیلی برای تبدیل سیگنال الکتریکی به موج صوتی استفاده شود، حسگرهای فراصوت در دو دسته زیر جای خواهند گرفت:

۱- حسگر فراصوت با مبدل پیزوالکتریک

۲- حسگر فراصوت با مبدل الکترواستاتیک

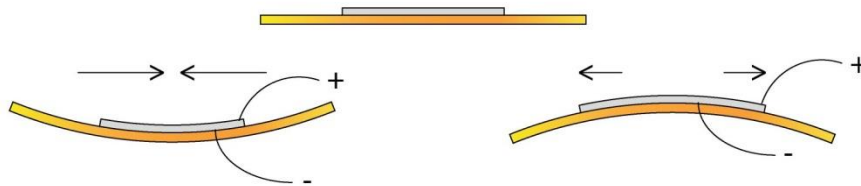
حسگرهای فراصوت با مبدل الکترواستاتیک بسیار دقیق‌تر و البته گران‌تر از حسگرهایی است که مبدل آنها پیزوالکتریک می‌باشد. در این آزمایشگاه، حسگرهای فراصوت با مبدل پیزوالکتریک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در شکل ۴ ساختار داخلی یک حسگر فراصوت با مبدل پیزوالکتریک نشان داده شده‌است.



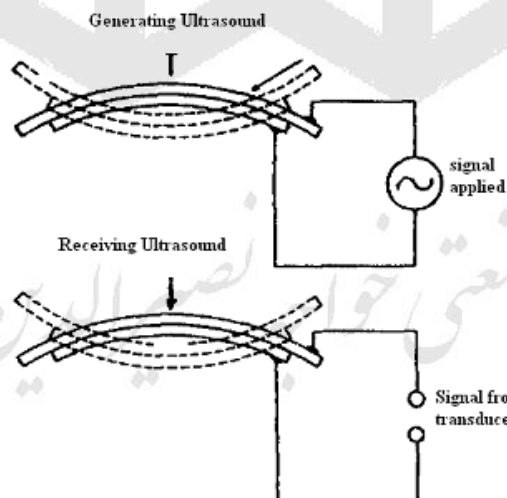
شکل ۴- ساختار داخلی یک حسگر فراصوت

شکل ۵ یک صفحه پیزوالکتریک را نشان می‌دهد.



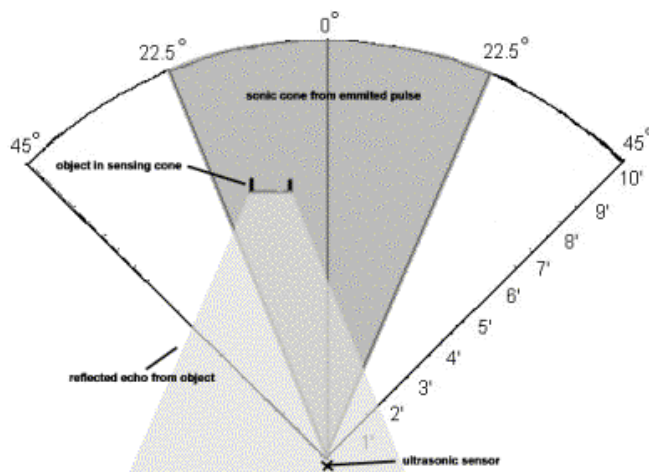
شکل ۵- اساس کار مبدل پیزوالکتریک

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



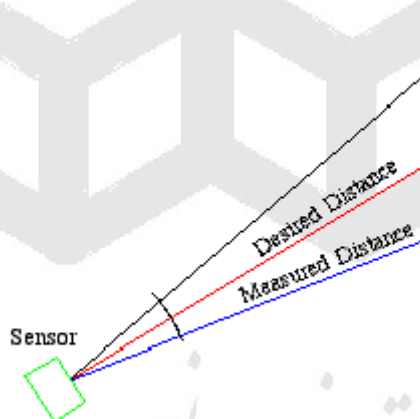
شکل ۶- اساس کار فرستنده و گیرنده فراصوت با مبدل پیزوالکتریک

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 یک فرستنده فراصوت با زاویه مخروطی 45° آورده شده است.



شکل ۷- زاویه مخروطی یک فرستنده فراصوت

با توجه به شکل 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.



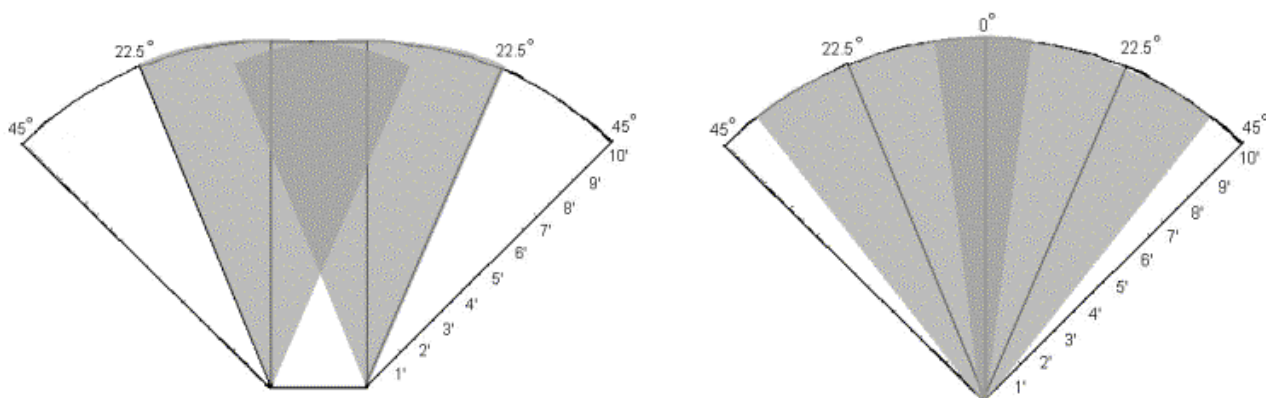
شکل ۸- فاصله اندازه‌گیری شده توسط حسگر فراصوت

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 شده 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 ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹- اندازه‌گیری فاصله مستقیم با حسگر فراصوت

۳-۱- حسگر مادون قرمز

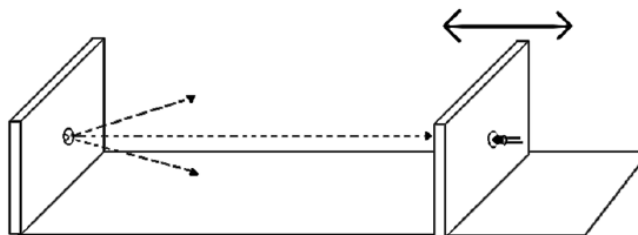
حسگر مادون قرمز در واقع یک ترانزیستور نوری است که بیس آن به نور مادون قرمز حساس بوده و با دریافت نور مادون قرمز فعال می‌شود. نور مادون قرمز به عنوان جریان تحریک بیس ترانزیستور نوری عمل کرده و جریان کلکتور آن را تنظیم می‌کند. از آن جایی که تغییرات جریان کلکتور ترانزیستور نوری نسبت به تغییر فاصله فرستنده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

۴-۱- روش‌های استفاده از حسگر مادون قرمز

با توجه به شرایط محیطی و عوامل دیگر، دو روش مختلف برای بکاربردن حسگرهای مادون قرمز وجود دارد که در ادامه معرفی می‌شود.

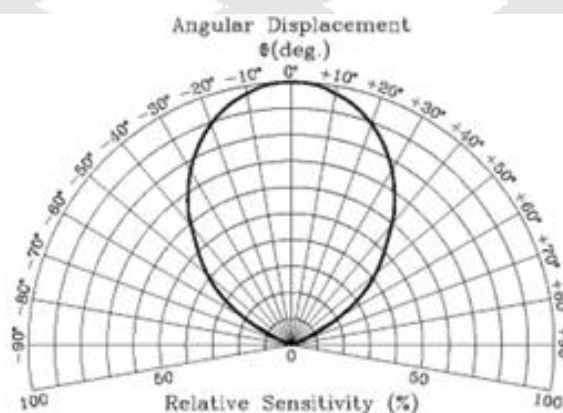
۴-۱-۱- روش مستقیم

در این روش فرستنده و گیرنده مادون قرمز روبروی یکدیگر قرار می‌گیرند. عیب این روش این است که دوحسگر باید کاملاً روبروی یکدیگر قرار بگیرند چرا که با کوچکترین تغییر در زاویه بین دوحسگر، خطای اندازه‌گیری زیاد خواهد شد.



شکل ۱۰- فرستنده و گیرنده در روش مستقیم

همانطور که در شکل زیر مشخص است، فرستنده و گیرنده در زاویه صفر بیشترین حساسیت را نسبت به هم دارند.



شکل ۱۱- میزان حساسیت نسبی حسگر مادون قرمز

۱-۴-۲- روش رفت و برگشت

در این روش فرستنده و گیرنده در کنار هم قرار می‌گیرند. اشعه فرستاده شده پس از برخورد به مانع برمی‌گردد و به گیرنده برخورد می‌کند. عیب این میزان انعکاس اشعه دریافتی در صورت تغییر جنس مانع می‌باشد. در شکل ۱۲ چند نمونه از حسگرهای مادون قرمز را مشاهده می‌کنید. معمولاً حسگرهای تیره نقش گیرنده و حسگرهای روشن تر نقش فرستنده را ایفا می‌کنند.



شکل ۱۲- شکل ظاهری چند حسگر مادون قرمز

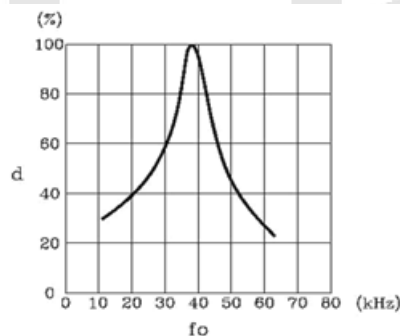
۵-۱- کاربردهای حسگر مادون قرمز

حسگرهای مادون قرمز به دو منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

۱-۵-۱- کلید زنی

در این حالت، اگر گیرنده سیگنال‌های فرستاده شده از فرستنده را دریافت نماید، روشن می‌شود و در غیر این صورت خاموش خواهد بود. نمونه‌ای از این کاربرد را می‌توان در درب‌های اتوماتیک که با نزدیک شدن به آنها باز می‌شوند، مشاهده کرد.

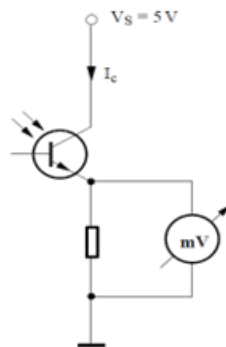
مدار فرستنده از یک مولد پالس که توانایی تولید پالس‌هایی با فرکانس حدود 40KHZ را دارا می‌باشد، تشکیل شده است. علت استفاده از فرکانس 40KHZ این است که در این فرکانس گیرنده بیشترین حساسیت را نسبت به سیگنال دریافتی نشان می‌دهد که این موضوع در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳- حساسیت حسگر مادون قرمز نسبت به فرکانس

پرسش ۱- با توجه به اینکه فرستنده مادون قرمز یک دیود است، چه راهکاری برای تشخیص آن ارائه می‌دهید؟

در مدار گیرنده نیز مقاومتی با مقدار مناسب با گیرنده (امیتر ترانزیستور) سری می‌شود. مدار مورد استفاده در این روش در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱۴- بایاس گیرنده مادون قرمز

با توجه به مدار شکل ۱۴ اگر گیرنده ، فرستنده را ببیند، ترانزیستور روشن شده و ولتاژ ۵ ولت در خروجی ظاهر می‌شود و در غیر این صورت، ترانزیستور خاموش بوده و ولتاژ ۰ ولت را در خروجی خواهیم داشت.

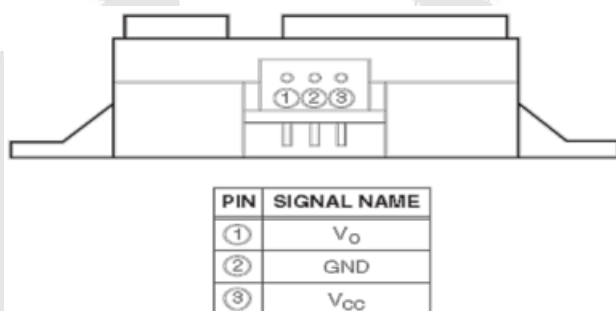
۲-۵-۱- اندازه گیری فاصله

قطعه GP2D12 یک حسگر فاصله بوده که اساس کار آن، نور مادون قرمز است. شکل ۱۵ نمایی از این حسگر می‌باشد.



شکل ۱۵- قطعه GP2D12

این حسگر برای فاصله ۱۰ تا ۸۰ سانتی بهسازی شده است ، در شکل ۱۶ نحوه سیم‌بندی پایه‌ها نشان داده شده است .



شکل ۱۶- نحوه سیم‌بندی پایه‌ها

مزیت این قطعه این است که به رنگ سطح مقابل حساسیت چندانی ندارد و مستقل از رنگ سطح، خروجی‌های یکسانی را تولید می‌کند که این یک مزیت بزرگ برای آن محسوب می‌شود.

توجه- تغذیه این قطعه ۴.۵ تا ۵.۵ ولت می‌باشد.

توجه- منابع نور محیطی قوی (نور خورشید و نورهای مصنوعی قدرتمند) می‌توانند نتایج این حسگر را تحت تاثیر قرار دهد.

توجه- اتصال یک خازن ۱۰ میکرو فاراد یا بزرگتر، بین پایه‌های تغذیه و زمین در نزدیکی این حسگر توصیه می‌شود.

توجه- قطر سطح قابل آشکارسازی در فاصله ۸۰ سانتی متری برابر با ۶ سانتی متر است.

بخش ۲- فعالیت آزمایشگاهی مربوط به حسگر فراصوت

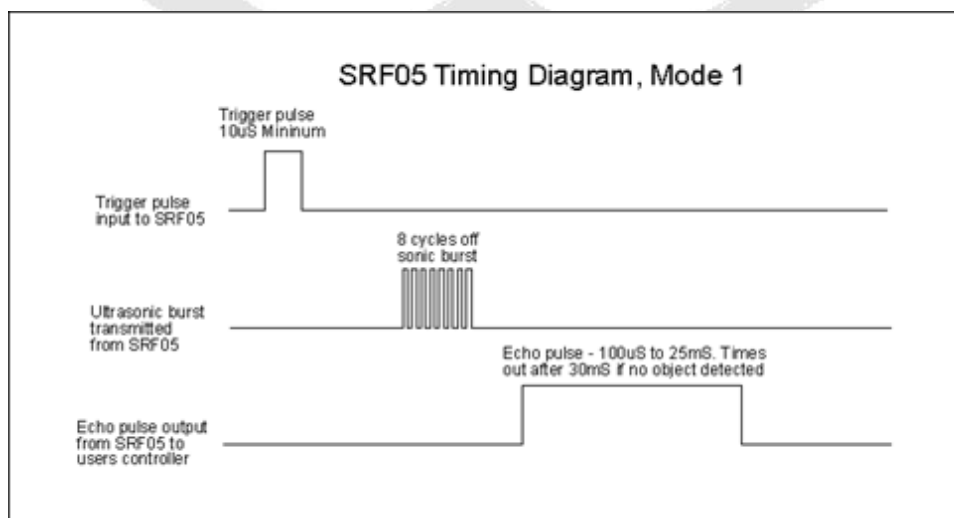
۲-۱- بررسی مدار فرستنده و گیرنده حسگر فراصوت

در این قسمت قصد داریم تا با استفاده از ماژول آماده SRF05 به اندازه‌گیری فاصله بپردازیم. شکل زیر مربوط به این قطعه می‌باشد.



شکل ۱۷- مدار اندازه‌گیری فاصله با حسگر فراصوت (ماژول فراصوت SRF05)

دیاگرام سیگنال این ماژول به صورت شکل زیر است:



شکل ۱۸- دیاگرام سیگنال ماژول SRF05

این ماژول دارای ۵ پایه می‌باشد که دوتا مربوط به تغذیه هستند و عملکرد سه مورد دیگر مطابق شکل ۱۸ قابل توجیه می‌باشد. این ماژول اندکی پس از حضور یک پالس روی پایه Trigger خود، با ساخت یک لبه بالارونده روی پایه Echo شروع

به کار می‌نماید. آغاز فعالیت ماژول به معنای ایجاد موج فراصوت می‌باشد و پس از دریافت آن، لبه پایین رونده‌ای رو پایه Echo نمایان می‌گردد که حاکی از اتمام کار فاصله‌سنجی است.

لذا می‌توان با یک میکروکنترلر AVR پالسی با حداقل زمان ۱۰ میکروثانیه را به پایه Triger داد و با تشخیص حضور لبه بالارونده روی پایه Echo از طریق Interrupt، همزمان یک تایمر را فعال کرد. پس از آن از طریق Interrupt دیگری لبه پایین‌رونده پایه Echo را مشاهده نمود و تایمر را خاموش نمود. مقدار زمانی محاسبه شده توسط تایمر با ضرب شدن در سرعت صوت (در آن محیط) مقدار مسافت رفت و برگشت سیگنال (که نصف آن فاصله ماژول از جسم است) را به ما نشان می‌دهد.

پرسش ۲- با در نظرگیری سرعتی تقریبی برای صوت و با توجه به حداقل و حداکثر طول پالس Echo در شکل ۱۸، حداقل و حداکثر مسافت قابل اندازه‌گیری توسط SRF05 را محاسبه نمایید.

۲-۲- شرح آزمایش

۲-۲-۱- بررسی رفتار حسگر فراصوت

مراحل زیر را دنبال کنید:

۱- یک حسگر فرستنده و یک حسگر گیرنده فراصوت از مسئول آزمایشگاه دریافت کنید. پایه‌ای که به بدنه متصل می‌باشد، پایه زمین خواهد بود.

۲- با استفاده از مولد سیگنال^۱ موجود بر روی میز کار، سیگنال سینوسی با فرکانس تقریبی 40 KHz تولید کرده و آن را توسط کانال ۱ اسیلوسکوپ مشاهده کنید.

۳- حسگر فرستنده را بر روی برد برد قرار دهید و سیگنال سینوسی مرحله قبل را به دو سر آن اعمال کنید.

۴- دو سر حسگر گیرنده را به کانال ۲ اسیلوسکوپ وصل کنید و آن را دقیقاً روبروی حسگر فرستنده قرار دهید.

۵- حال به آرامی فرکانس سیگنال سینوسی را توسط مولد سیگنال تغییر دهید تا اینکه دامنه سیگنال دریافتی بیشینه شود.

پرسش ۳- مقدار فرکانسی که حداکثر دامنه مشاهده می‌شود چقدر است؟

پرسش ۴- به آرامی حسگر گیرنده را در راستای مستقیم از حسگر فرستنده دور کنید، چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ علت تغییرات چیست؟

¹ Signal Generator

پرسش ۵- اگر علاوه بر دور کردن دو حسگر از همدیگر، کمی هم از راستای مستقیم منحرف شوید، چه اتفاقی می‌افتد؟

پرسش ۶- فرکانس سیگنال سینوسی را به کمتر از 20KHZ برسانید، چه اتفاقی می‌افتد؟

۲-۲-۲- برنامه‌نویسی میکروکنترلر

در این قسمت می‌خواهیم برنامه AVR لازم برای اندازه‌گیری فاصله زیر 1m و با دقت 1mm را توسط حسگر فراصوت بنویسیم. برای این منظور، مراحل زیر را انجام دهید:

۱- در برنامه ویزارد، وقفه صفر را با لبه بالارونده، وقفه ۱ را لبه پایین رونده، پایه ۲ پورت A را به صورت خروجی و پورت C را برای استفاده LCD تعریف کنید.

۲- در حلقه اصلی برنامه، الگوریتم زیر را پیاده‌سازی نمایید:

a. مقدار اولیه تایمر ۱ را برابر با صفر قرار دهید و سپس این تایمر را با فرکانس مناسب فعال نمایید.

توجه: مقدار تایمر ۱ در رجیستری به نام TCNT1 ذخیره می‌شود، فعال کردن تایمر ۱ با فرکانس مناسب توسط رجیستری به نام TCCR1B انجام می‌گیرد، که تنظیمات آن جداول زیر نشان داده شده است.

7	6	5	4	3	2	1	0	
ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

Table 48. Clock Select Bit Description

CS12	CS11	CS10	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	$clk_{I/O}/1$ (No prescaling)
0	1	0	$clk_{I/O}/8$ (From prescaler)
0	1	1	$clk_{I/O}/64$ (From prescaler)
1	0	0	$clk_{I/O}/256$ (From prescaler)
1	0	1	$clk_{I/O}/1024$ (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 ۷- با فرکانس تایمر ۱ انتخاب شده، بدون سرریز تایمر ۱، حداقل و حداکثر چه فاصله‌ای را می‌توان اندازه گرفت؟

b. با انتخاب تأخیر مناسب در دستور delay_us، یک پالس Trig با فرکانس 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- بعد از تکمیل برنامه و پروگرام کردن AVR، تغذیه‌ها را وصل کنید و با استفاده از یک اسیلوسکوپ ورودی مدار فرستنده و خروجی مدار گیرنده را چک کنید. آیا فرستنده و گیرنده به خوبی کار خود را انجام می‌دهند؟

۴- حال جدول زیر را کامل کنید:

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

پرسش ۸- در نرم‌افزار متلب و در جعبه ابزار برازش منحنی^۱ (cftool)، فاصله را بر حسب زمان بکشید و یک چندجمله‌ای مرتبه اول به آن برازش کنید. شیب این نمودار چه چیزی را نشان می‌دهد؟

پرسش ۹- 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؟

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

¹ Curve Fitting

بخش ۳- فعالیت آزمایشگاهی مربوط به حسگر مادون قرمز

مدار حسگر GP2D12 را با توجه به مشخصات داده شده ببندید.

پرسش ۱۰- 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؟

مراحل زیر را طی کنید:

۱- ابتدا جدول را به ازای فواصل مختلف تکمیل نمایید.

ولتاژ (V)	فاصله (cm)	ولتاژ (V)	فاصله (cm)	ولتاژ (V)	فاصله (cm)
	۴۰		۲۵		
	۴۱		۲۶		
	۴۲		۲۷		
	۴۳		۲۸		
	۴۴		۲۹		
	۴۵		۳۰		
	۴۶		۳۱		
	۴۷		۳۲		
	۴۸		۳۳		
	۴۹		۳۴		
	۵۰		۳۵		
			۳۶		
			۳۷		
			۳۸		
			۳۹		

۲- حال با استفاده از جعبه ابزار curve fitting نرم افزار متلب، تابع مناسبی که ورودی آن ولتاژ بوده و خروجی آن فاصله اندازه گیری شده می باشد را بدست آورید.

۳- در برنامه code vision برنامه ای بنویسید که با استفاده از تابعی که در مرحله قبل بدست آوردید بتواند به ازای ولتاژهای دریافتی از گیرنده، مقدار فاصله را بر روی LCD نمایش دهد.

۴- به ازای چند فاصله مختلف، صحت مدار نهایی را چک کنید .

۵- با توجه به سرعت صوت محاسبه شده، برنامه میکرو را طوری تغییر دهید که این بار با استفاده از رابطه $x = vt$ میزان فاصله تا مانع را نیز بر روی خط دوم نمایشگر LCD نمایش دهد و سپس جدول زیر را تکمیل کنید:

فاصله محاسبه شده (cm)	فاصله واقعی (cm)	فاصله محاسبه شده (cm)	فاصله واقعی (cm)
	۵	۴۵	
	۱۰	۵۰	
	۱۵	۵۵	
	۲۰	۶۰	
	۲۵	۶۵	
	۳۰	۷۰	
	۳۵	۷۵	
	۴۰	۸۰	

پرسش ۱۰- آیا اختلافی بین فاصله واقعی و فاصله محاسبه شده وجود دارد؟ به نظر شما علت این اختلاف در چیست؟ آیا همه این خطا را می توان با کالیبره کردن از بین برد؟

۶- حال سعی کنید برنامه میکروکنترلر را طوری تغییر دهید که در صورت مشاهده نشدن مانع، عبارت "No Data!!!" را بر روی صفحه LCD چاپ کند.