

باسمه تعالی

## سنسور آلتراسونیک

استاد مربوطه: جناب آقای آیتی

نام و نام خانوادگی: داود منصوری

شماره ی دانشجویی: ۸۴۲۵۳۱۷۰

## فهرست

مقدمه..... ۴-۷

فصل اول..... ۸-۲۲

سنسور التراسونیک

فصل دوم..... ۲۳-۳۰

استفاده از سنسورهای التراسونیک برای اندازه‌گیری فاصله

فصل سوم..... ۳۱-۴۸

اندازه‌گیری سطح مایعات با استراسونیک

فصل چهارم..... ۴۹-۶۴

بلوک دیاگرام ها

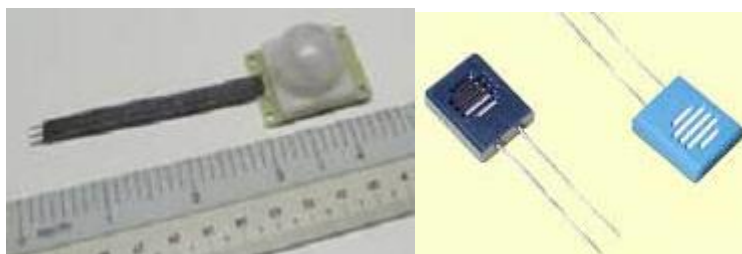
## مقدمه :

### سنسورها چیست؟

حسگر یا سنسور همان حس کننده ای است که کمیت‌های فیزیکی مانند فشار، حرارت، رطوبت، دما، و ... را به کمیت‌های الکتریکی پیوسته (آنالوگ) یا غیرپیوسته (دیجیتال) تبدیل می‌کند. در واقع آن یک وسیله الکتریکی است که تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه گیری می‌کند و آن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌نماید.

سنسورها در انواع دستگاه‌های اندازه گیری، سیستم‌های کنترل آنالوگ و دیجیتال مانند **PLC** مورد استفاده قرار می‌گیرند. عملکرد سنسورها و قابلیت اتصال آنها به دستگاه‌های مختلف از جمله **PLC** باعث شده است که سنسور بخشی از اجزای جدا نشدنی دستگاه کنترل اتوماتیک و رباتیک باشد.

سنسورها اطلاعات مختلف از وضعیت اجزای متحرک سیستم را به واحد کنترل ارسال نموده و باعث تغییر وضعیت عملکرد دستگاه‌ها می‌شوند.



حسگر حرکت

حسگرهای رطوبت



زوج حسگر اولتراسونیک (مافوق صوت)

### سنسورهای بدون تماس

سنسورهای بدون تماس سنسورهایی هستند که با نزدیک شدن یک قطعه وجود آن را حس کرده و فعال می‌شوند.

این عمل به نحوی است که می تواند باعث جذب یک رله، کنتاکتور و یا ارسال سیگنال الکتریکی به طبقه ورودی یک سیستم گردد.

مثال هایی از کاربرد سنسورها

۱- شمارش تولید: سنسورهای القائی، خازنی و نوری

۲- کنترل حرکت پارچه و ...: سنسور نوری و خازنی

۳- کنترل سطح مخازن: سنسور نوری و خازنی و خازنی کنترل سطح

۴- تشخیص پارگی ورق: سنسور نوری

۵- کنترل انحراف پارچه: سنسور نوری و خازنی

۶- کنترل تردد: سنسور نوری

۷- اندازه گیری سرعت: سنسور القائی و خازنی

مزایا سرعت سوئیچینگ زیاد:

سنسورها در مقایسه با کلیدهای مکانیکی از سرعت سوئیچینگ بالائی برخوردارند، به طوریکه برخی از آنها (سنسور القائی سرعت) با سرعت سوئیچینگ تا  $25\text{ KHz}$  کار می کنند.

طول عمر زیاد:

بدلیل نداشتن کنتاکت مکانیکی و عدم نفوذ آب، روغن، گرد و غبار و ... دارای طول عمر زیادی هستند.

عدم نیاز به نیرو و فشار:

با توجه به عملکرد سنسور هنگام نزدیک شدن قطعه، به نیرو و فشار نیازی نیست.

قابل استفاده در محیطهای مختلف با شرایط سخت کاری:

سنسورها در محیطهای با فشار زیاد، دمای بالا، اسیدی، روغنی، آب و ... قابل استفاده می باشند.

عدم ایجاد نویز در هنگام سوئیچینگ:

به دلیل استفاده از نیمه هادی ها در طبقه خروجی، نویزهای مزاحم ( **Bouncing Noise**) ایجاد نمی شود.

یک ترانسدیوسر بنا به تعریف ، قطعه ای است که وظیفه تبدیل حالات انرژی به یکدیگر را برعهده دارد ، بدین معنی که اگر یک سنسور فشار همراه یک ترانسدیوسر باشد ، سنسور فشار پارمتر را اندازه می گیرد و مقدار تعیین شده را به ترانسدیوسر تحویل می دهد ، سپس ترانسدیوسر آن را به یک سیگنال الکتریکی قابل درک برای کنترلر و صد البته قابل ارسال توسط سیم های فلزی ، تبدیل می کند .بنابراین همواره خروجی یک ترانسدیوسر ، سیگنال الکتریکی است که در سمت دیگر خط می تواند مشخصه ها و پارامترهای الکتریکی نظیر ولتاژ ، جریان و فرکانس را تغییر دهد ، البته به این نکته باید توجه داشت که سنسور انتخاب شده باید از نوع سنسورهای مبدل پارامترهای فیزیکی به الکتریکی باشد و بتواند مثلاً دمای اندازه گیری شده را به یک سیگنال بسیار ضعیف تبدیل کند که در مرحله بعدی وارد ترانسدیوسر شده و سپس به مدارهای الکترونیکی تحویل داده خواهد شد .سنسورها و ملحقات آنها مثل ترانسدیوسرها را در گروه های بزرگی تحت عنوان ابزار دقیق قرار داده و آنها را بر اساس نوع انرژی قابل استفاده و روشهای تبدیل ، دسته بندی می کنند .

در شرایطی المنت پیزوالکتریک در بیشترین بهره کار می کند که فرکانس ولتاژ به کار رفته مشابه فرکانس رزونانس باشد. این فرکانس ذاتی بستگی به ضخامت کریستال دارد. هنگامی که کریستال به وسیله یک پالس ولتاژ ضربه می خورد، امواج التراسوند تولید می شود و موج های متعدد دی شکل می گیرد که به سمت جلو و عقب کریستال حرکت می کند. این امواج منجر به تولید امواج سازنده در کریستال شده که بستگی به ضخامت

کریستال دارد. در صورتی تداخل سازنده به وجود می آید که یک موج تک در طول کریستال به سمت جلو و عقب حرکت کند. فاصله که در این حالت فاصله بین دو سطح باید معادل نصف طول موج باشد.

جهت تغییر فرکانس ترانسدیوسر باید خود ترا نسدیوسر عوض شود. امروزه با تغییر ساختار المنت های پیزوالکتریک می توان بدون تعویض ترا نسدیوسر به فرکانس های مختلفی دسترسی داشت.

یکی از پیشرفت های با اهمیت در زمینه ترا نسدیوسر های الترا سوند استفاده از مواد کامپوزیت پیزوالکتریک است که از ویژگی های چشمگیری برخوردار است، از جمله: بهره جفت شدگی الکترومکانیکی بالایی دارند. این ضریب ( $k$ ) معرف تبدیل تحریک الکتریکی به انرژی صوتی و انرژی صوتی به سیگنال الکتریکی و مقدار آن برابر است با:

$$k = dg$$

**d:** سهمی از انرژی الکتریکی که به انرژی صوتی تبدیل می شود.

**g:** سهمی از انرژی اکوهای برگشتی که به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.

امپدانس صوتی این مواد پایین است. امپدانس صوتی ( $Z$ ) برابر حاصل ضرب سرعت در دانسیته است. هر چه امپدانس دو ماده به هم نزدیک تر باشد میزان عبور امواج صوتی افزایش می یابد. ثابت دی الکتریک این مواد بالاست. ثابت دی الکتریک، میزان کشش نسبی ناشی از فشار الکتریکی در کریستال و ولتاژ ایجاد شده به دنبال کشش ایجاد شده است. هر چه ثابت دی الکتریک بالا باشد میزان نویز الکترونیک ناشی از قایل و آمپلی فایرها بیشتر کاهش می یابد ویژگی های کامپوزیت ها بستگی به حجم ماده و توزیع المنت های سرامیکی در ماتریس پلیمری دارد.

## فصل اول

سسنورهای التراسونیک را به چند روش می توان دسته بندی کرد:

**(الف)** از روی فرکانس کاری

**(ب)** با توجه به قطر فرستنده و گیرنده

**(ج)** باتوجه به یک Pack یا دو Pack بودن آنها



**(الف)** از روی فرکانس می توان سسنورها را به دو دسته ی فرکانس

پایین و فرکانس بالا طبقه بندی کرد. سسنورهای فرکانس پایین که با فرکانس های 25k،

40k ، 33k ، 150k ، 200k کار می کنند ، عموماً برای مصارف فاصله یابی و مانع

سنجی استفاده می شود .

دسته دیگری از این سسنورها که با فرکانس های بالا کار می کنند ، (در حد مگا هرتز)

کاربرد آنها در تجهیزات پزشکی می باشند . مانند دستگاهای سونوگرافی که برای

تشخیص اندامهای داخلی ، جنین ، سرطان و غیره بکار می روند، کاربرد این دسته از

سسنورها با پیشرفت علم ، روز بروز افزایش می یابد.

**(ب)** دسته بندی بر اساس قطر فرستنده و گیرنده :

سسنورهای فرکانس پایین را بر حسب قطرشان به چند دسته ی 10mm ، 12mm ،

16mm ، 18mm ، تقسیم می کنید .

در سسنورهای التراسونیک هر چه فرکانسی که به فرستنده می دهیم ، به فرکانس کاری

سسنور نزدیک باشد ، عملکرد سسنور بهتر خواهد بود.



پالس ارسالی برای سنسورهای 16 میلی متری با فرکانس کاری 40 kHz ، دامنه پالس ورودی می تواند تا حدود 60 ولت افزایش یابد

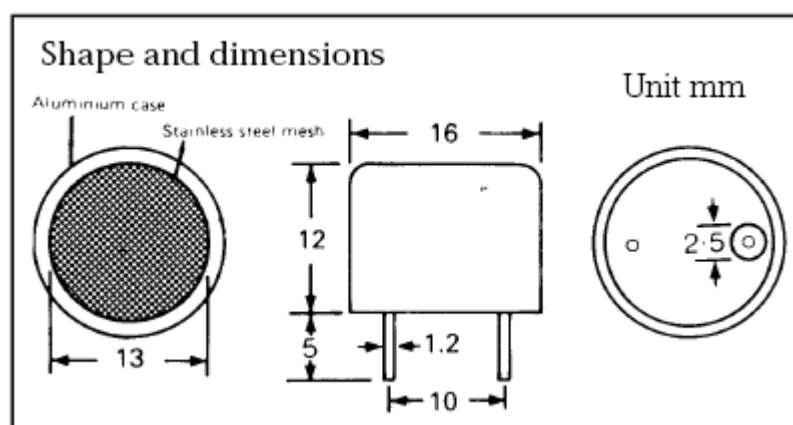
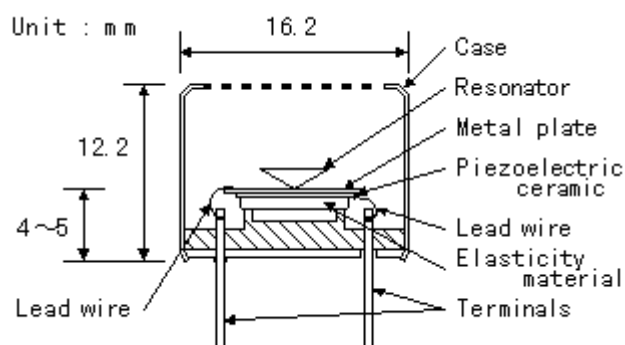
ج) دسته بندی باتوجه به یک Pack یا دو Pack بودن آنها

این سنسور به صورت دو pack مجزای گیرنده و فرستنده میباشد. این

دو سنسور به صورت یک پک (pack) واحد نیز وجود دارد. فرکانس

تولید شده توسط این سنسور 40 کیلو هرتز می باشد.

به شماتیک درونی این سنسور در شکل زیر توجه کنید.



## فیزیک امواج التراسونیک

انتشار موج در مواد:

سرعت صوت در یک ماده تابعی است  
از مشخصات آن ماده و وابسته به دامنه  
موج صوتی می باشد.  
رابطه بین سرعت صوت در یک ماده جامد  
و چگالی و ثابت های الاستیک به صورت زیر است:

$$V = \sqrt{\frac{C_{ij}}{\rho}}$$

$V$ : سرعت صوت

$c$ : ثابت الاستیک

$p$ : چگالی ماده

### تضعیف امواج صوتی:

اگر موج صوتی از یک محیط عبور کند، دامنه آن بر اساس رابطه زیر تضعیف می شود.

دامنه انتشار موج



فاصله از موقعیت اولیه



$$A = A_0 e^{-\alpha Z}$$

ضریب تضعیف حرکت موج در محیط در جهت  $Z$

### امپدانس صوتی

-امپدانس صوتی یک ماده ( $Z$ ) حاصل ضرب چگالی ( ) در سرعت صوتی ( $V$ ) آن ماده است.

$$Z = \rho V$$

-انتقال و بازتابش صوت:

-انرژی موج صوتی بازتابیده شده بصورت رابطه زیر به دست می آید.

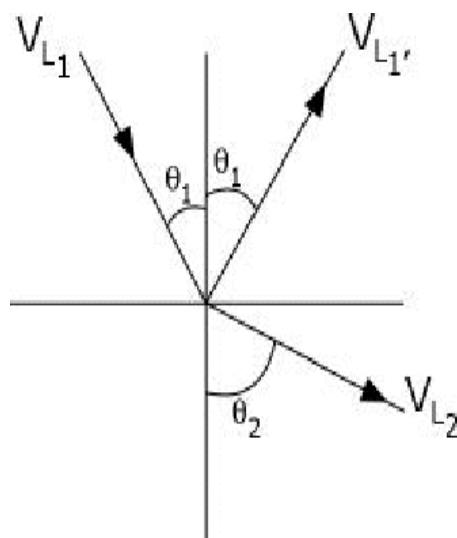
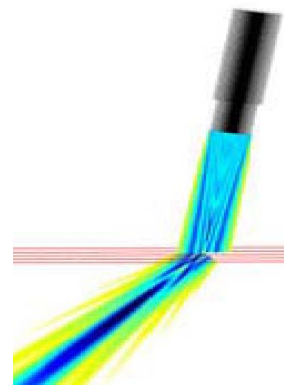
$Z$ : امپدانس صوتی

$$R = \left( \frac{z_1 - z_2}{z_1 + z_2} \right)^2$$

- انرژی صوت ارسال شده + انرژی صوت بازتابیده شده = ۱

### بازتابش و قانون Snell

- اگر یک موج فرا صوتی از سطح بین دو ماده که دارای مشخصات بازتابش متفاوتی هستند با زاویه مورب عبور کند، بخشی از آن بازتابیده شده و بخشی شکسته می‌شود.



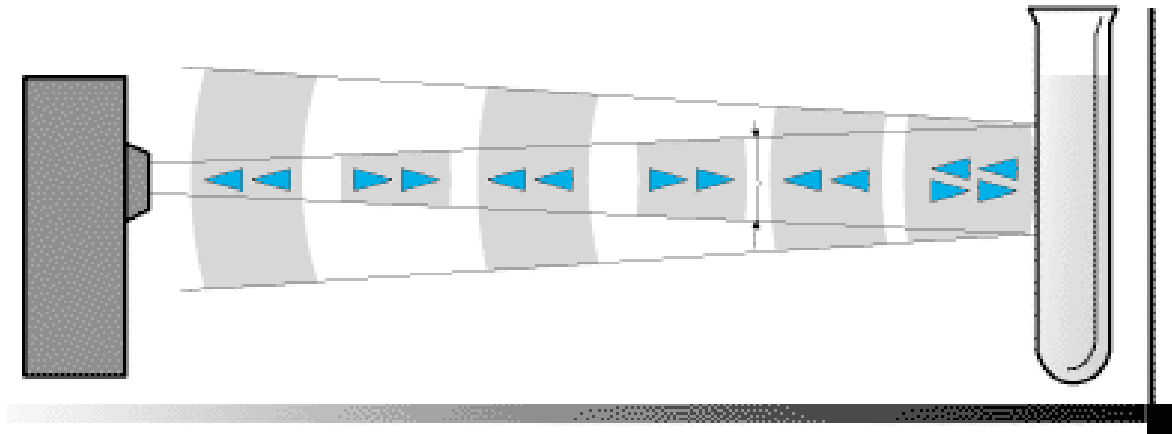
- قانون Snell رابطه بین زاویه و سرعت امواج را توصیف می‌کند.

$$\frac{\sin \theta_1}{V_{L_1}} = \frac{\sin \theta_2}{V_{L_2}}$$

### سنسورهای التراسونیک

- چگونه کار می‌کنند؟

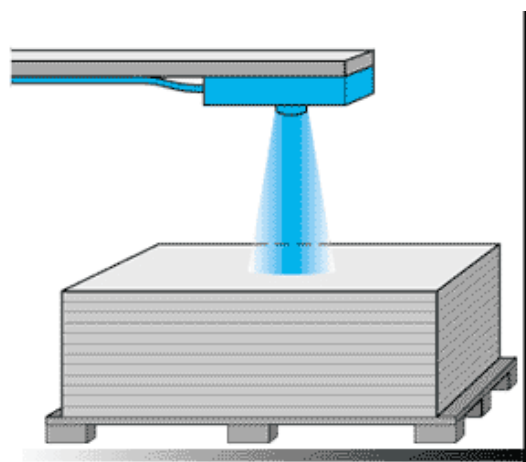
امواج صوتی با فرکانس‌های بالاتر از فرکانس شنوایی ( امواج التراسونیک ) را می‌فرستند و امواج بازگشتی را دریافت می‌کنند. از تاخیر زمانی و سرعت صوت در هوا برای تعریف فاصله از هدف استفاده می‌کنند و همچنین می‌توان تنها برای تشخیص هدف وجود یا عدم وجود آن مورد استفاده قرار گیرد.



### انواع سنسورهای التراسونیک

#### • Ultrasonic proximity sensor with analog output stage

- خروجی‌های جریان و ولتاژ خروجی‌های جریان و ولتاژ متناسب با فاصله سنسور از هدف هستند.

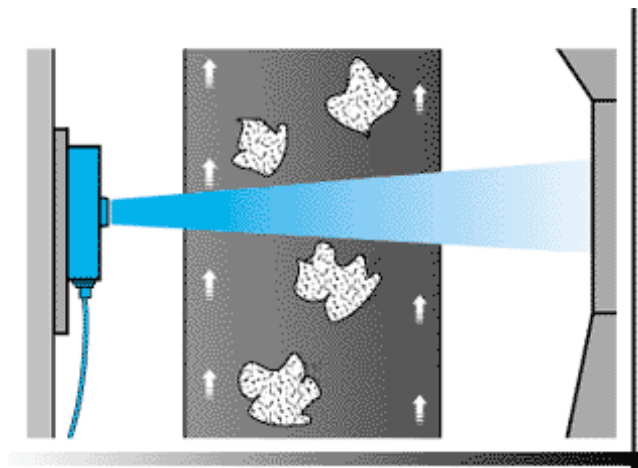


#### • Ultrasonic retro-reflective sensor

- در این حالت از یک قطعه صاف و ثابت یک ماشین به‌عنوان بازتابنده استفاده می‌شود.

- فاصله زمانی بین ارسال و دریافت سیگنال التراسونیک ( زمان انتشار) ثابت و شناخته شده است.

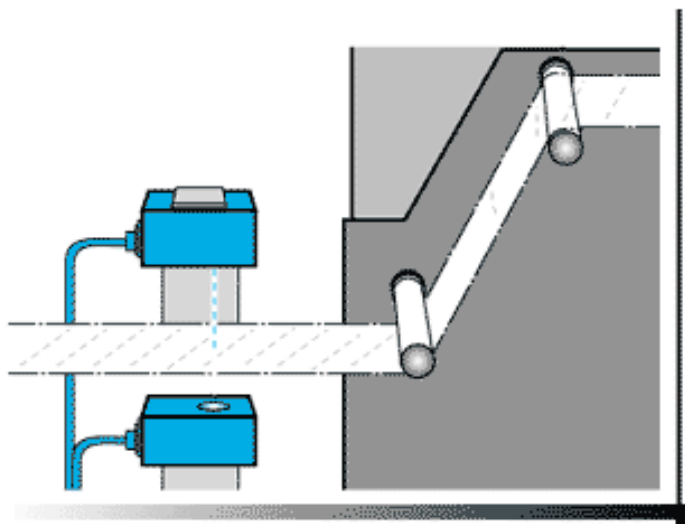
- وقتی که یک شیء سیگنال التراسونیک را قطع می کند خروجی فعال می شود.



#### • Ultrasonic through beam sensor

- این سنسورها برای کاربردهایی که اشیاء به سرعت و پشت سر هم در حرکتند ایدآل هستند.

- این سنسورها همچنین زمانی که فرکانس های سویچینگ بالا (حدودا 200Hz) مورد نیاز باشد، پیشنهاد می شوند.



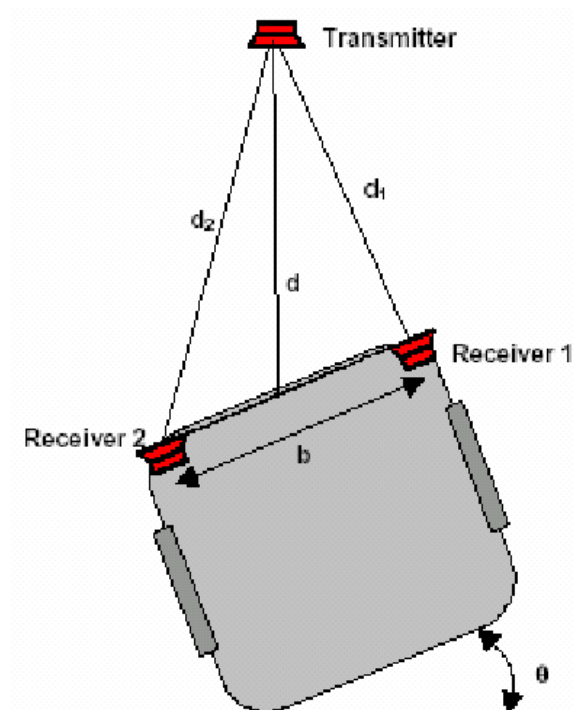
#### کاربرد سنسورهای التراسونیک

- اندازه گیری زاویه (Angular Measurement)

- مسافت یابی ( Ranging )
- تستهای غیر مخرب ( Non Destructive Test )
- اندازه گیری جریان ( Flow Metering )
- Non-intrusive medical procedures-

## اندازه گیری زاویه

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{d_2 - d_1}{b} \right)$$



## مسافت یابی ( Ranging )

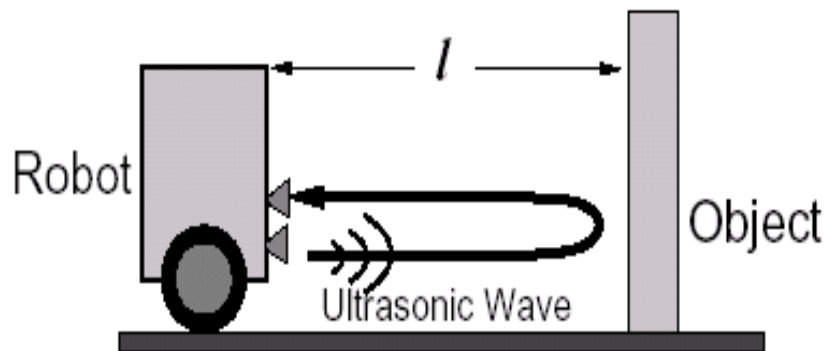
- روش های مسافت یابی:

Time of Flight Measurement-

Measurement of Phase Difrence-

## روش TOF

-در روش TOF یک موج صوتی توسط سنسورهای التراسونیک مسافت یاب ارسال شده و فاصله زمانی که طول می کشد تا موج صوتی به شیئی برخورد کند و به منبع برگردد محاسبه می شود.



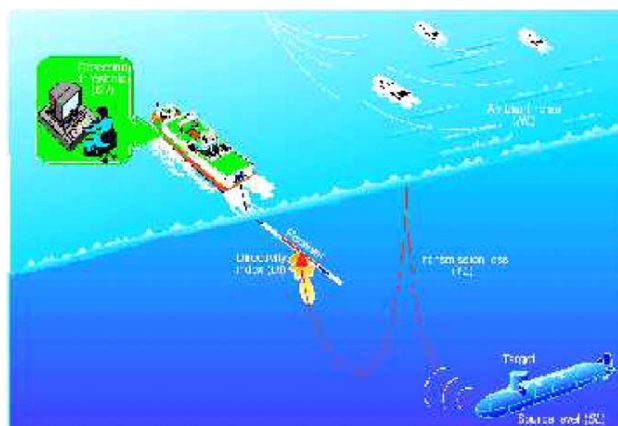
The principles of the time-of-flight (TOF) method.

### روش اندازه گیری اختلاف فاز

-اگر یک موج التراسونیک شامل بیش از یک سیگنال باشد، اختلاف فاز بین سیگنال ها می تواند اندازه گیری شود.

-روش اختلاف فاز خیلی دقیق است اما دارای این محدودیت است تنها از یک سیگنال با فرکانس خاص به عنوان مثال فرکانس 40 kHz می تواند استفاده کند و حداکثر فاصله ای که می تواند توسط این روش detect شود به 8mm محدود می شود.

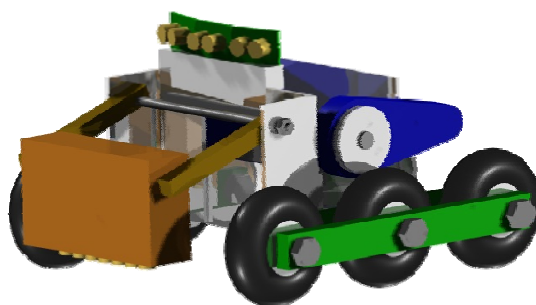
### کاربردهای مسافت یابی (Ranging)





## کاربرد در رباتیک

- سنسورهای التراسونیک در رباتیک جهت مسافت یابی (Ranging) استفاده می شوند.
- مسافت یابی در رباتیک عموماً بر پایه روش TOF است.
- مشکل اصلی در این کاربرد تداخل امواج (Crosstalk) است.

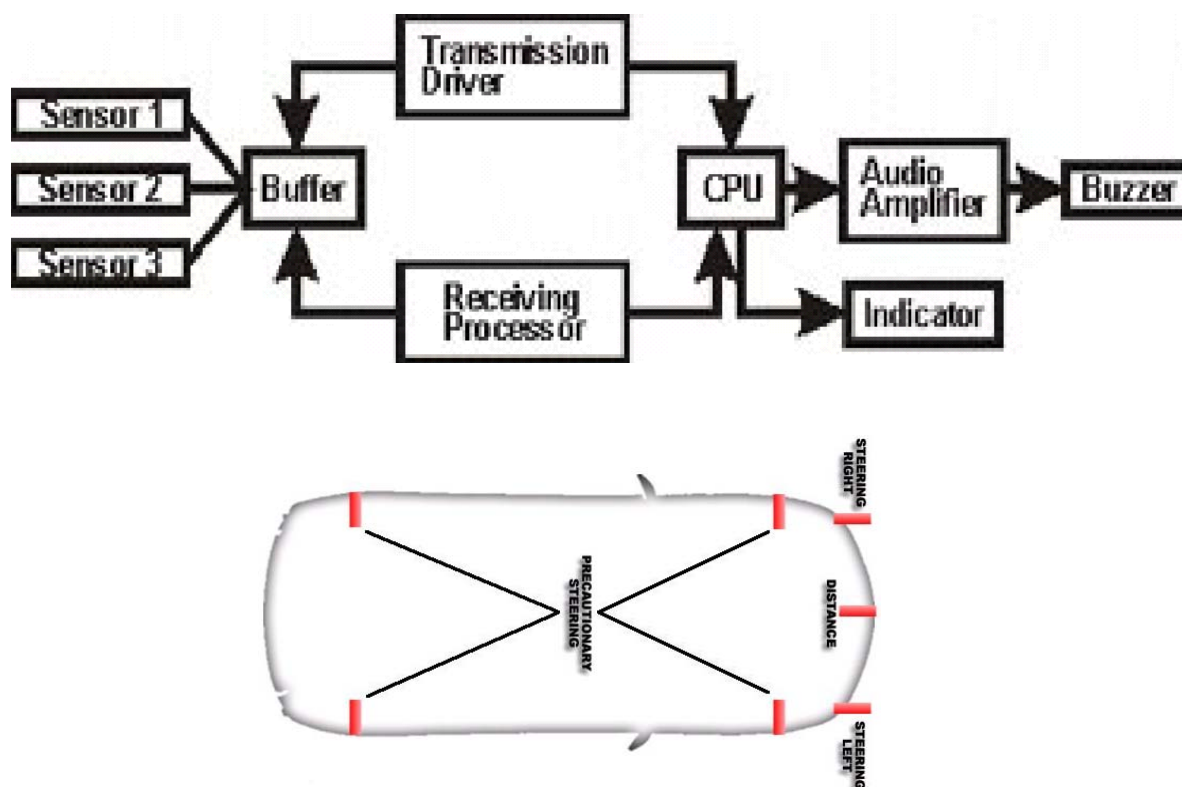


## Crosstalk

- Crosstalk می تواند ناشی از عوامل زیر باشد:
- ✓ امواج بوجود آمده بوسیله دیگر المان های مدار.
- ✓ سنسورهای التراسونیک دیگر بر روی ربات.
- ✓ سنسورهای التراسونیک بر روی دیگر ربات ها.
- با بکار بردن رشته های شبه اتفاقی (pseudo Random Sequences) می توان تداخل امواج را از بین برد.

## کاربرد در اندازه گیری فاصله پارک کردن (PDC)





## مزایای سنسورهای التراسونیک

- می‌توانند انواع بیشتری از اشیاء را در مقایسه با دیگر سنسورهای مجاورتی detect کنند.

- برای تشخیص فاصله‌ها بسیار کارآمدند.

- نسبت به سنسورهای خازنی و القایی رنج بزرگتری دارند.

- در شرایط ناملایم و خشن نیز می‌توانند عمل کنند.

- پاسخ زمانی سریع

- عمر عملی طولانی

## محدودیت‌ها

§ یک ناحیه مرده (dead zone) در نزدیکی سطح سنسور وجود دارد که موجب

می‌شود که سنسور نتواند اشیاء خیلی نزدیک را تشخیص دهد.

§ اشیاء خیلی کوچک را نمی‌توانند تشخیص دهند. (اندازه قابل تشخیص وابسته به طول موج می‌باشد).

§ سرعت وابسته است به ماده (پارچه نخی، پنبه، اسفنج و غیره نیازمند فرکانس‌های کند هستند).

§ اشیاء سطح نرم باید به دقت تنظیم و هم‌تراز شوند در غیر اینصورت موج بازتابیده شده به سنسور نمی‌رسد.

### مشخصات فعلی

Range: 50mm to 11.3m §  
 Sampling Frequency: up to 2 kHz (usually §  
 about 120 Hz or less, depending on distance  
 and material)  
 Maximum Target Speed: up to 400 in/sec §  
 Time delay: 0.5 ms §  
 Repeatability: 0.1% of range §  
 Cost: \$75 – several hundred (typically just §  
 over \$100)

### فروشنده‌گان بزرگ سنسورها

Who Sells Them? (Thomas Register lists 120+ vendors) •

Cutler-Hammer, Sensor Div.

Electro Corp.

Stedham Electronics Corp.

Advance Controls, Inc.

Rockwell Automation

TURCK, Inc.

SICK, Inc.

Baumer Electric Ltd.

Balluff, Inc.

Altech Corp.

Southern Controls, Inc.

Fargo Controls, Inc.

### سایت‌های مربوطه

[www.theproductfinder.com/sensors/sensor.htm](http://www.theproductfinder.com/sensors/sensor.htm)

(good source for info about how they work and lists of vendors)

[www.ch.cutlerhammer.com/training/slfstudy/sensors/welcome.htm](http://www.ch.cutlerhammer.com/training/slfstudy/sensors/welcome.htm)

(excellent website for more technical information about various types of sensor and their applications)

<http://www.thomasregister.com/>

(great source for finding vendors of a specific type of sensor)

در ادامه Data sheet چند سنسور متفاوت بعنوان نمونه ارائه شده است :

## Ceramic Transducer Design Co.,Ltd

TEL: +886-3-3614555 FAX +886-3-3674408 E-mail: [ctdco@ms51.hinet.net](mailto:ctdco@ms51.hinet.net)

Photo:



Standard type of this sensor:

25T/R-16F	Flower case with aluminum case
25T/R-16W	White mesh with aluminum case
25T/R-16B	Black mesh with aluminum case
25T/R-16P	Plastic black case

Specification

PARTS NUNBER	25T-16	25R-16
Center frequency (kHz)	25.0±1.0kHz	25.0±1.0kHz
Sound pressure level (0dB=0.0002 $\mu$ bar)	≥ 112dB	-----
Sensitivity (0dB vs 1V/ $\mu$ bar)	-----	≥ -65dB
Bandwidth (kHz)	4.0/106dB	3.5/-71dB
Capacitance (pF)	-----	
Beam angle -6dB	70°	
Driving voltage (RMS)	30V	
Working temperature (°C)	-30~80	

Dimension(25T/R-16P):

$$A=16.1\pm0.3$$

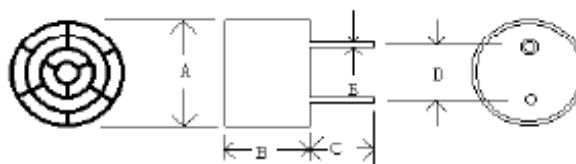
$$B=12.0\pm0.4$$

$$C=9.5\pm1.0$$

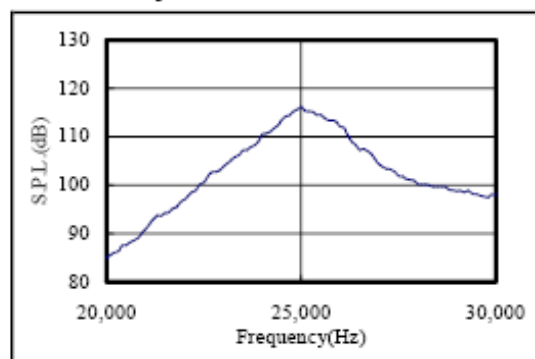
$$D=10.0\pm0.5$$

$$E=1.0\pm0.1$$

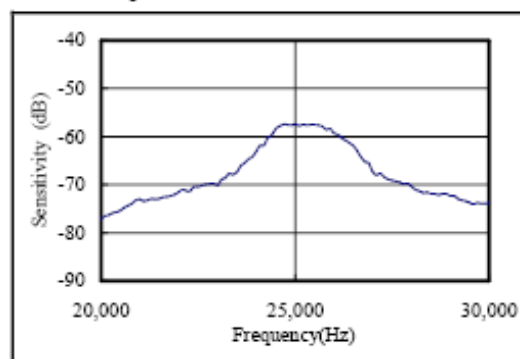
(UNIT: mm)



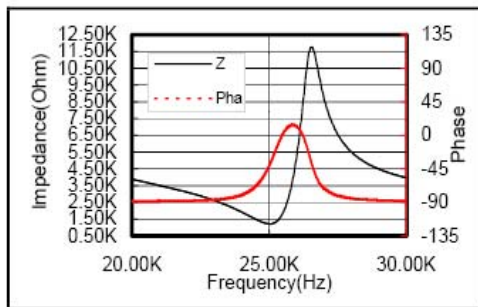
Transmitter impedance



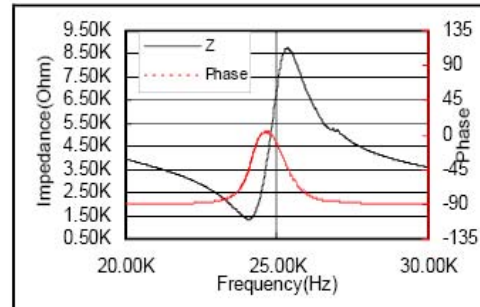
Receiver impedance



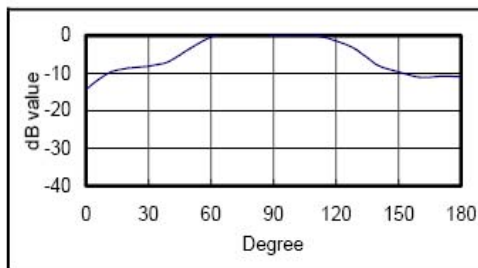
Transmitter impedance



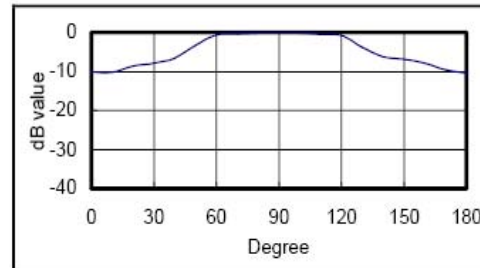
Receiver impedance



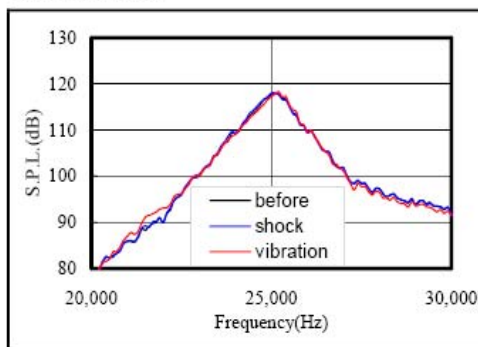
Beam angle of transmitter



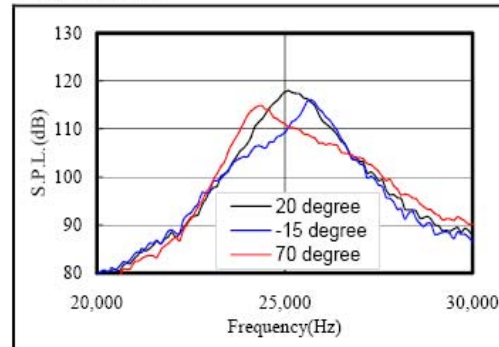
Beam angle of receiver



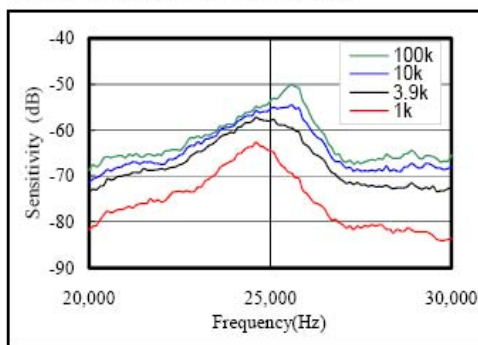
Environment test



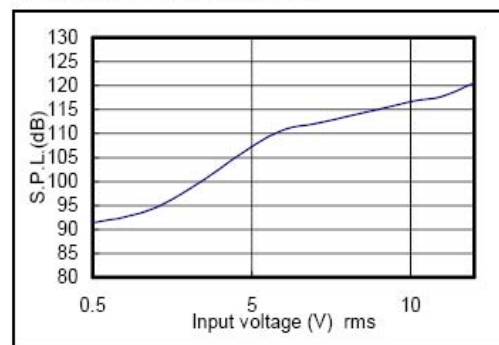
Temperature test



Sensitivity change with load resistance



S.P.L. change with driving voltage



CTD copyrights 25T/R-16 E-mail:ctdco@ms51.hinet.net

## Ceramic Transducer Design Co.,Ltd

TEL: +886-3-3614555 FAX +886-3-3674408 E-mail: ctdco@ms51.hinet.net

Photo:

Standard type of this sensor:



40T/R-10W	White mesh with aluminum case
40T/R-10B	Black mesh with aluminum case
40T/R-10P	Plastic black case

Specification:

PARTS NUNBER	40T-10	40R-10
Center frequency (kHz)	40.0±1.0kHz	40.0±1.0kHz
Sound pressure level (0dB=0.0002 μ bar)	≥ 112dB	-----
Sensitivity (0dB vs 1V/ μ bar)	-----	≥ -69dB
Bandwidth (kHz)	4.0/105dB	2.0/-73dB
Capacitance (pF)	-----	
Beam angle -6dB	80°	
Driving voltage (RMS)	20V	
Working temperature (°C)	-30~80	

Dimension(40T/R-10P):

$$A=9.8\pm0.2$$

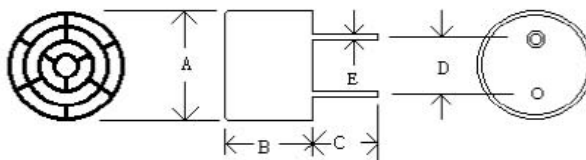
$$B=6.8\pm0.4$$

$$C=6.9\pm0.8$$

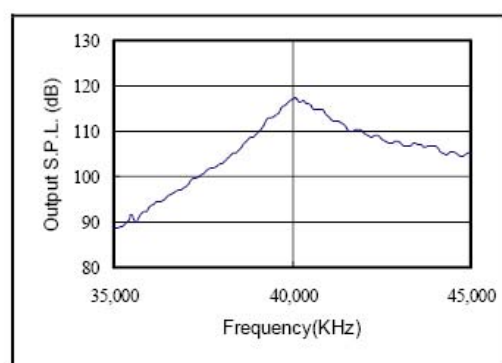
$$D=5.0\pm0.2$$

$$E=0.7\pm0.1$$

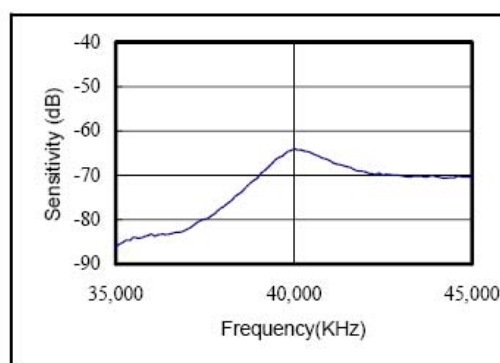
(UNIT: mm)



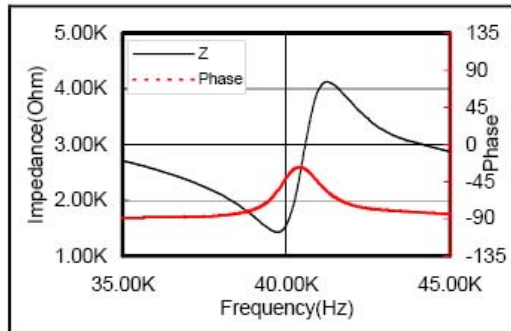
Sound pressure level



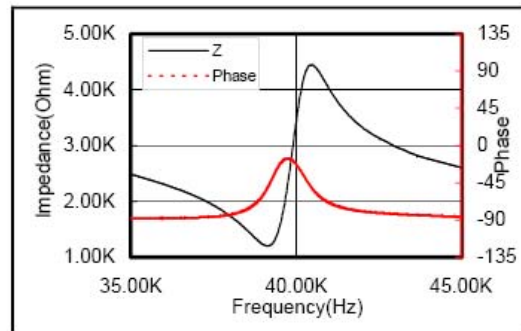
Sensitivity



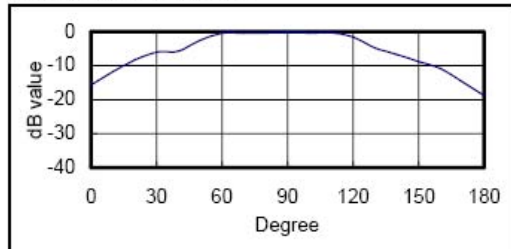
Transmitter impedance



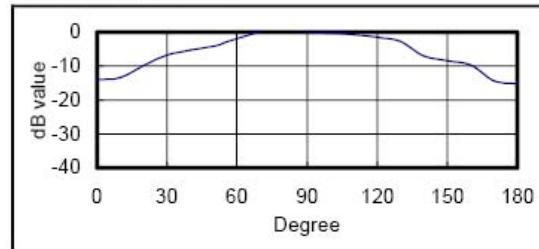
Receiver impedance



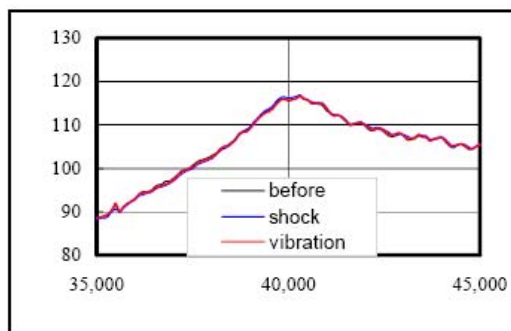
Beam angle of transmitter



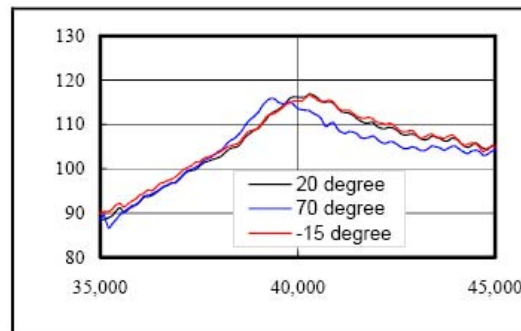
Beam angle of receiver



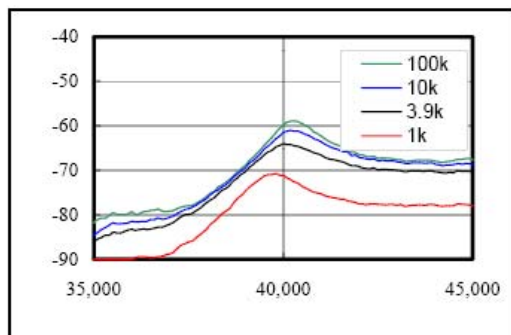
Environment test



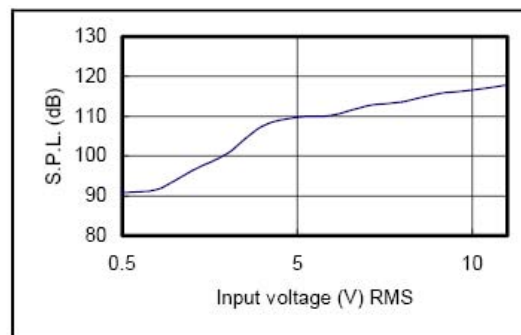
Temperature test



Sensitivity change with load impedance



S.P.L. change with driving voltage



CTD copyrights 40T/R-10 E-mail:ctdco@ms51.hinet.net



## فصل دوم

می‌خواهیم با استفاده از سنسورهای التراسونیک که از دو پک فرستنده و گیرنده تشکیل شده‌اند برای اندازه‌گیری فاصله استفاده کنیم.

کاربرد این پروژه در اندازه‌گیری ارتفاع مخازن است.

دانستن میزان مواد موجود در یک مخزن یکی از پرکاربردترین مصارف صنعتی می‌باشد. سرریز یک مخزن می‌تواند باعث حادثه خیلی خطرناک و یا پرهزینه‌ای شود یا بالعکس در موقع پمپ از یک مخزن خالی ممکن است خسارت جبران ناپذیری به پمپ وارد آید. و یا حتی ممکن است باعث خرابی در موقع خالی بودن یک لوله که عمل جذب حرارت را انجام می‌دهد شود.

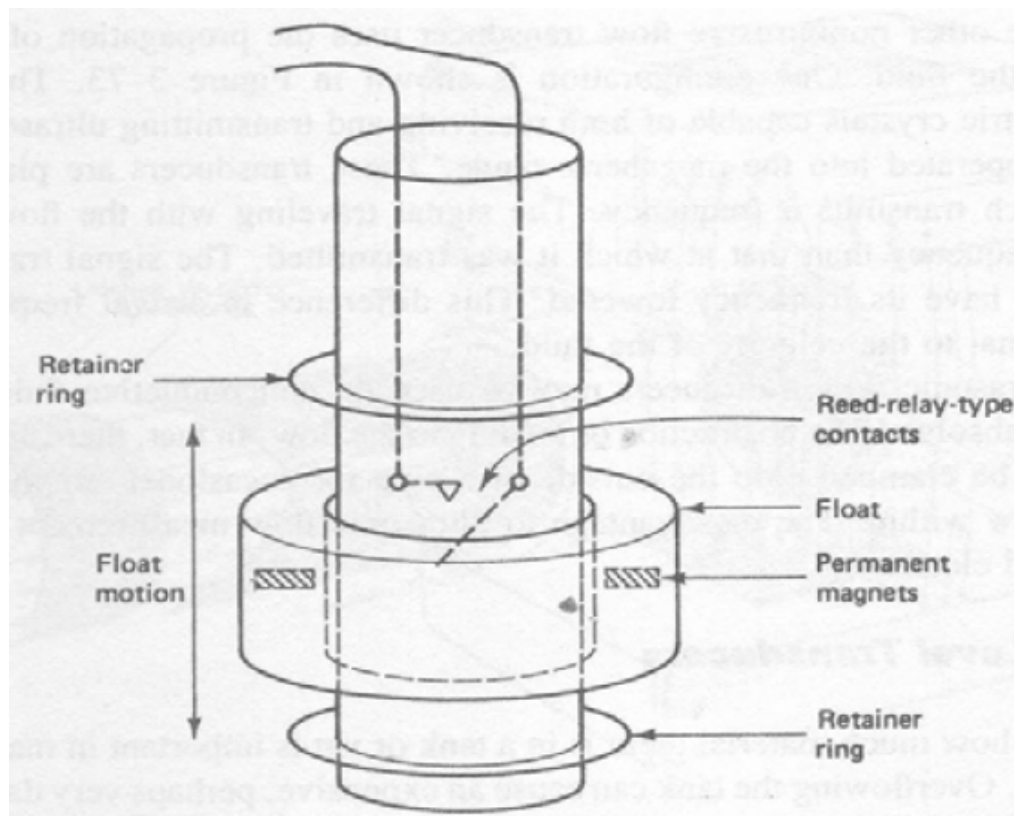
همچنین در کاربردهای مواد غذایی و دارویی که می‌بایستی یک مقدار مشخصی از مواد باهم ترکیب شوند، تشخیص دقیق میزان مواد موجود در مخازن بسیار مهم می‌باشد.

مبدل‌های سطح به دو دسته ی عمده پیوسته و نا پیوسته تقسیم می‌شوند:

- در مبدل‌های پیوسته اندازه‌گیری سطح بطور دقیق و در تمام ارتفاع مخزن مورد نظر می‌باشد.

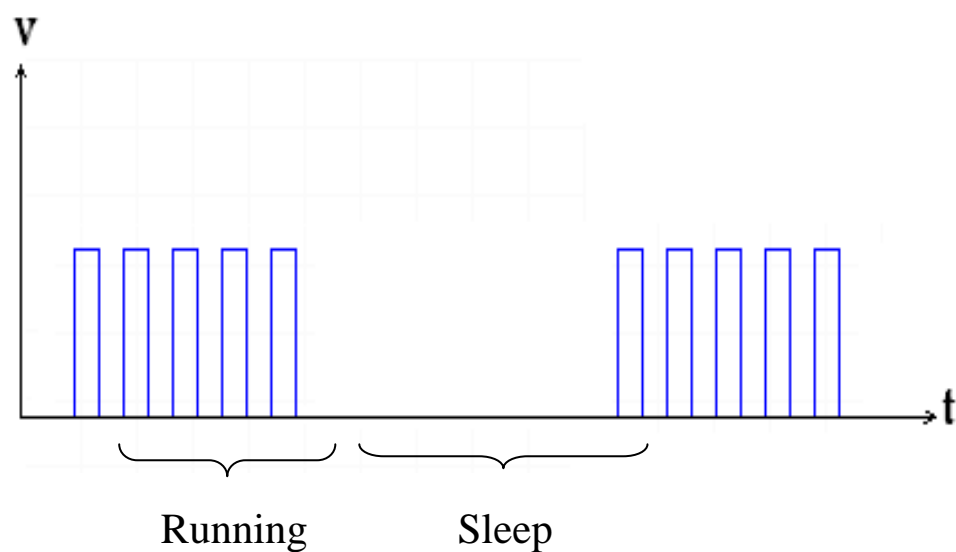
- اما در بعضی مواقع فقط مشخص نمودن یک حدی از ارتفاع که می‌تواند خطر ساز شود، مورد نظر است که معمولاً در این مواقع از نوعی سویچ استفاده می‌گردد که بسیار ساده تر از نوع پیوسته می‌باشد.

در شکل زیر سویچ شناور که بعضی مواقع **NO** و بعضی مواقع **NC** می‌باشد نشان داده شده است. اتصالات شبیه به اتصالات درون رله‌ها می‌باشند. یک مغناطیس داریم درون شناور قرار داده شده است که متناسب با حرکت سطح بالا و پایین می‌رود.



برای درایو کردن سنسورهای التراسونیک به روشی که در زیر شرح داده می‌شود. عمل می‌کنیم.

باید بر این نکته توجه داشت که برای درایو کردن این نوع سنسورها باید پالس مربعی با فرکانس مشخص مثلاً **40KHz** بصورت گسسته به سنسور فرستنده دهیم.



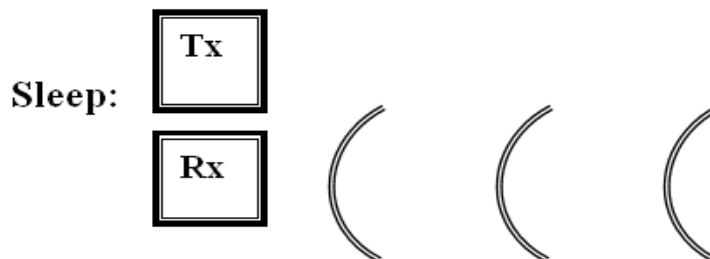
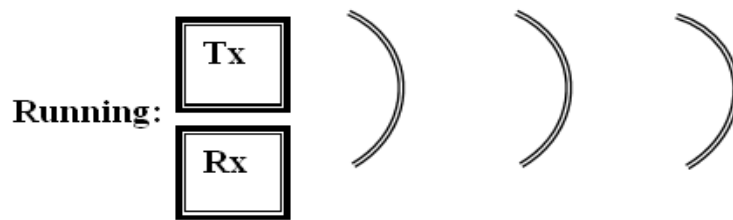


در شکل فوق سنسور فرستنده در دو نوع بازه‌ی زما نی قرار می‌گیرد. حالت **sleep** یعنی زما نیکه بوسیله‌ی پالس **40k** تحریک نمی‌شود و حالت **Running** که بوسیله تعداد مشخصی پالس **40k** تحریک می‌شود.

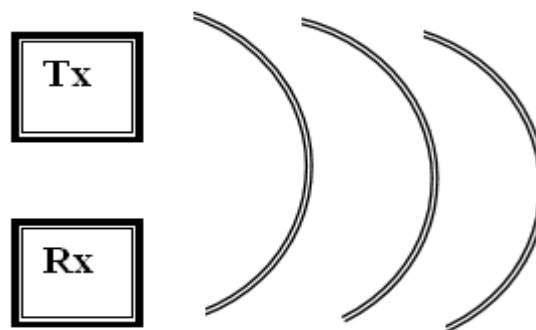
علت قرار دادن فرستنده در این دو وضعیت، به عملکرد سنسور گیرنده ارتباط پیدا می‌کند. یعنی سنسور فرستنده در وضعیت **Running** فعال است و سنسور گیرنده در وضعیت **sleep**.

در واقع برای این که از این نوع سنسور بصورت انعکاسی استفاده کنیم، لازم است برای یک مدت زمان کوتاه که در بالا به آن حالت **Running** گفتیم به فرستنده پالس دهیم. این پالسها بصورت تعدادی موج صوتی در فضا رها شده و گیرنده در مدت زمان **sleep** منتظر دریافت پالس صوتی می‌باشد.

در واقع علت اینکه ما بصورت مداوم به فرستنده پالس صوتی نمی‌دهیم این است که اگر پالس صوتی دائماً در حال ارسال باشد، پالس انعکاسی که دامنه‌ی آن نیز تا حدودی تضعیف شده، بر هم نهی می‌کند. چون دارای اختلاف فاز نیز می‌باشد. و پالس صوتی که گیرنده دریافت می‌کند بسیار ضعیف می‌باشد و قابل آشکارسازی نیست، ما زمان **sleep** را برای دریافت موج بصورت آزاد قرار می‌دهیم ( یعنی موج صوتی ارسال نمی‌کنیم).



بر هم نهی امواج:



فرآیندی که پیش رو داریم بدین صورت است که یک پالس مربعی بصورتی که توضیح دادیم به فرستنده اعمال می‌کنیم و گیرنده‌ی امواج مدتی التراسونیک زمانی که یک پالس صوتی دریافت می‌کند، در خروجی یک موج سینوسی با فرکانس **40k** و دامنه‌ای در حد میلی ولت تولید می‌شود.

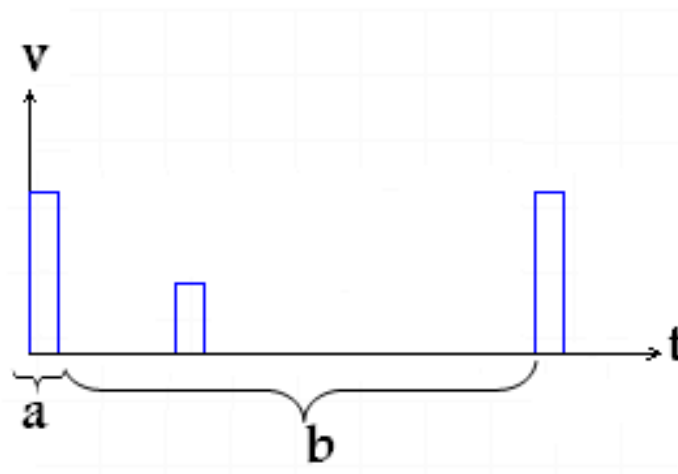
این موج سینوسی را باید با استفاده از تقویت‌کننده‌های عملیاتی تقویت کنیم. اما چون این موج بشدت دچار نویز شده نمی‌توانیم بیش از یک طبقه آنرا تقویت کنیم.

پس از تقویت سیگنال، دامنه‌ی آن تا حدود یک ولت افزایش می‌یابد.

در ادامه، دو مسیر در پیش خواهیم داشت. یا اینکه سیگنال تقویت شده را از یک فیلتر میان‌گذر عبور دهیم که فرکانس مرکزی آن برابر **40k** می‌باشد و سپس آنرا مجدداً تقویت کنیم.

راه دوم این است که پس از طبقه اول تقویت، سیگنال سینوسی را با استفاده از یک مقایسه‌کننده یا اشمیت‌تریگر، به یک سیگنال مربعی تبدیل کنیم.

شکل سیگنالی که پس از مقایسه‌کننده خواهیم داشت بصورت زیر است:

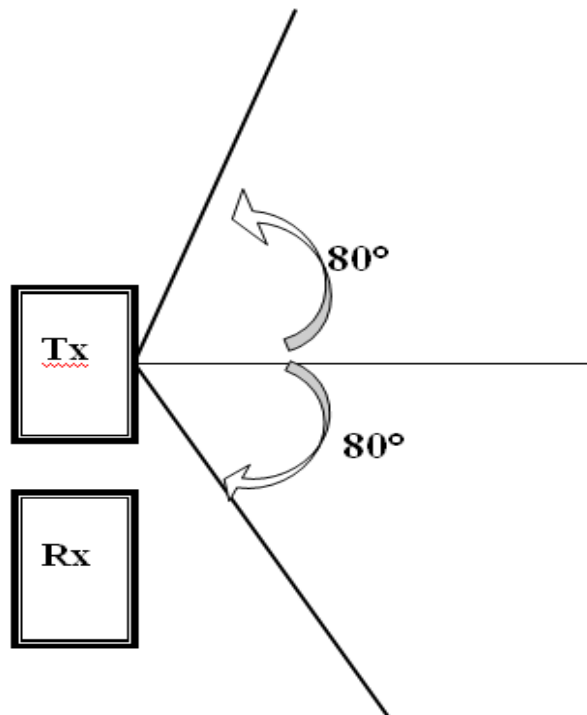


شکل بالا از دو قسمت تشکیل شده :

قسمت اول (a) یک پالس مربعی داریم . این پالس مربوط به زمانی است که فرستنده در حال ارسال پالس مربعی می باشد در این وضعیت علاوه بر موج صوتی که در فضا ایجاد می‌شود. بخشی از موج صوتی فرستاده شده قبل از انتشار در فضا گیرنده را تحریک می-

کند که به تبع آن در گیرنده یک موج سینوسی ایجاد می‌شود.

در واقع امواج صوتی که فرستنده ارسال می‌کند با زاویه تابشی معادل  $80^\circ$  درجه انتشار می‌یابد. مطابق شکل زیر :

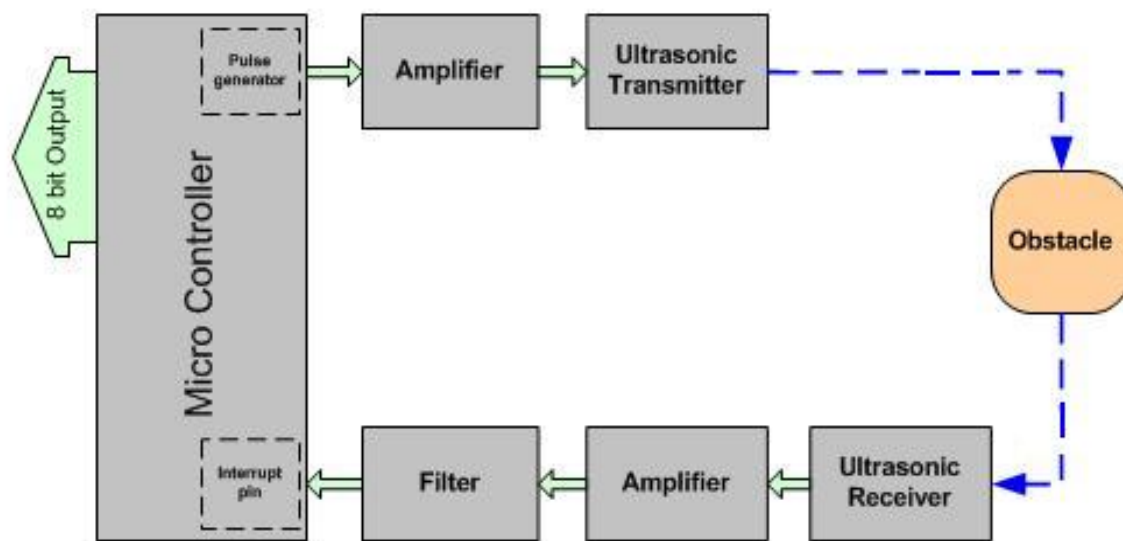


در واقع یکی از دلایلی که ما پالس را بصورت گسسته می‌دهیم، پدیده فوق می‌باشد که چون زاویه تابش موج زیاد است، موج ارسالی از فرستنده هنگام ارسال روی گیرنده اثر می‌گذارد که خروجی گیرنده در این وضعیت، مربوط به مانع جلوی سنسور نمی‌باشد. قسمت دوم شکل که باز هم یک پالس است، مربوط به زمانی است که امواج صوتی بازتاب شده به گیرنده برگشته‌اند. ( بازه ی **b** )

این قسمت، همان وضعیت **sleep** فرستنده است.

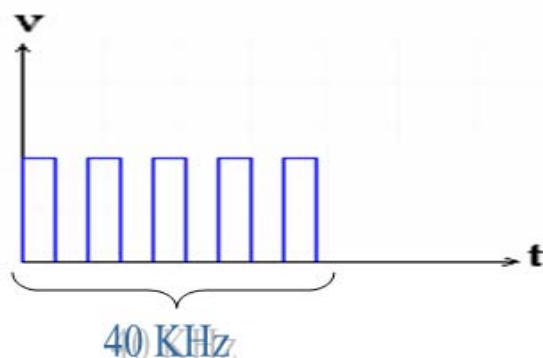
حال اگر ما فاصله‌ی زمانی این دو پالس مربعی را بدست آوریم، زمان رفت و برگشت امواج صوتی را خواهیم داشت.

این تجزیه تحلیل بوسیله‌ی یک ریزپردازنده انجام می‌شود.



قسمت کلی این سیستم به شرح زیر است:

۱- قسمت پردازش (با استفاده از یک میکروکنترلر **AVR**): وظیفه این قسمت ارسال پالس به فرستنده و کنترل زمان بندی ارسال پالس های مافوق صوت و استخراج فاصله از روی محاسبه فاصله زمانی بین ارسال و دریافت این پالس ها می باشد.



۲- قسمت فرستنده که وظیفه آن تقویت پالس میکرو به منظور افزایش برد و تبدیل آن به امواج آلتراسونیک توسط یک سنسور فرستنده با بهره مناسب می باشد. این قسمت به گونه ای طراحی شده است که بتواند پالس های مربعی با فرکانس حدود ۴۰ کیلو هرتز و

دامنه ۵ ولت را با توجه به دامنه ولتاژ تغذیه تا ۲۰ ولت که ماکزیمم ولتاژ کاری سنسور آلترا سونیک است تقویت کند.

۳-قسمت گیرنده که در ابتدا توسط یک سنسور گیرنده، امواج اکوی حاصل از برخورد با مانع، به سیگنال های الکتریکی تبدیل شده و پس از تقویت به یک فیلتر جهت شناسایی موج ارسالی وارد می شود. این فیلتر در صورت شناسایی موج ارسالی خروجی خود را تغییر داده و توسط این خروجی میکرو را از دریافت موج اکو مطلع می سازد.

۴-مدارات مقایسه کننده و اشمیت تریرگر نیز قبل از میکرو وظیفه ی تبدیل موج سینوسی به پالس مربعی را بعهدہ دارند.

فاصله محاسبه شده به صورت یک عدد ۸ بیتی در خروجی پردازشگر قرار می گیرد. این عمل به صورت مداوم و در فواصل زمانی بسیار کم انجام می پذیرد.

## فصل سوم

**هدف :** اندازه‌گیری سطح مایعات با استراسونیک

**مقدمه :** برای اینکار روش‌های متفاوتی وجود دارد . در ذیل به اختصار چند روش را توضیح می‌دهیم. سپس مزایا و معایب هر کدام را توضیح داده و در آخر روش اندازه‌گیری با امواج صوتی را توضیح و نقاط قوت آن را نسبت به سایر روش‌ها شرح می‌دهیم.

### فاصله سنجی :

متداول ترین روش استفاده از سنسور های مادون قرمز می باشد. مبنای کار این سنسور ها ارسال امواج فرو سرخ و محاسبه فاصله اولین مانع مقابل از روی اختلاف فاز موج ارسالی و دریافتی است. این روش بیشتر در فواصل کم استفاده می شود و شرایط محیطی نیز تاثیر زیادی بر آن دارند. در قسمتهای بعدی این روش را کاملا توضیح خواهیم داد.

روش دوم استفاده از امواج فراصوتی در تخمین فاصله است که به علت پایین بودن سرعت صوت نسبت به نور، امکان محاسبه فاصله را از روی زمان برگشت موج ارسالی ممکن می سازد.

سیستم های توسعه یافته مبتنی بر هر یک از دو روش فوق که به منظور شناسایی کل محیط و ایجاد یک ماتریس سه بعدی حاوی کلیه اجرام موجود در شعاع مشخصی از دستگاه استفاده می شوند ، رادار ها و سونار ها هستند که بسته به دقت و ناحیه تحت پوشش ویژگی های خاص خود را دارند. با این حال به علت تلفات بسیار زیاد امواج

الکترومغناطیسی در آب و مهمتر از آن بالاتر بودن سرعت صوت و راندمان انتقال امواج صوتی در آب به نسبت هوا، در محیط آب عملاً از سونار استفاده می شود.

## سونار



سونار اصطلاحاً به دستگاه هایی اطلاق می شود که برای

ناوبری و فاصله سنجی خود از امواج صوتی استفاده

می کنند. در شکل زیر یک کشتی را می بینید که از سونار

برای تعیین عمق آب استفاده می کند.

امواج فراصوت توسط وسیله ای به نام ترانسدیوسر به

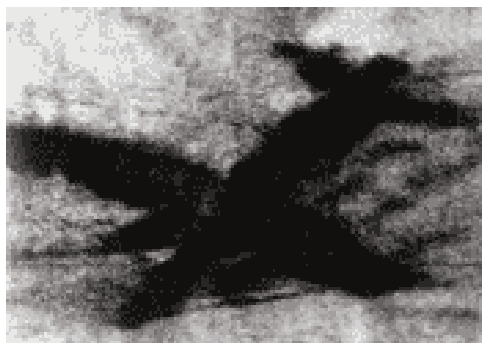
درون آب فرستاده می شود. این امواج درون آب به پیش رفته تا به ما نعی برخورد نموده و

منعکس شوند. زمان رفت و برگشت امواج متناسب با فاصله جسم تا ترانسدیوسر است.

از سونار برای کشف اجسام در زیر آب نیز استفاده می شود بسیاری از ماهیگیران برای

شناسایی محل تجمع ماهی ها از سونار بهره

می گیرند.



البته توسط سونار می توان از زیر آب نیز تصویر

برداری نمود. تصویر زیر یک هواپیما را در زیر

آب نشان می دهد.



روشهای دیگری نیز جهت فاصله سنجی استفاده میشود که توضیح خواهیم داد.

### **الف) اندازه گیری ارتفاع مایعات با استفاده از سنسور فشار**

در این روش ما برای اندازه گیری عمق مایع یک سنسور فشار در کف مایع قرار می دهیم بسته به اینکه چه مقدار فشار به سنسور وارد می شود و این که حجم مخزن چه اندازه می باشد و چگالی مایع چه مقدار است، می توانیم عمق مایع را مقایسه کنیم. ضعف این روش این است که اگر مایعی با چگالی متفاوت درون مخزن قرار گیرد، سنسور فشار، ارتفاع مایع را غلط بدست می آورد. برای این کار می بایست ما چگالی مایع مورد نظر را بعنوان ورودی به سیستم اعمال کنیم تا پاسخ سیستم همواره مقداری صحیح باشد.

### **ب) تشخیص مانع ( دیواره ) با مادون قرمز:**

این مدار به گونه ای طراحی شده است که می تواند در سه مرحله فاصله سنسور را از مانع مقابل آن نشان دهد.

یعنی با نزدیک شدن سنسور به مانع ، مدار در سه مرحله و در فواصل مختلف به شما آلام خواهد داد.

اساس کار مدار، ارسال امواج مادون قرمز و دریافت بازتاب آنها است در این مدار از یک دیود فرستنده مادون قرمز و یک سنسور گیرنده مادون قرمز استفاده است که در یک راستا و در کنار هم به گونه قرار می گیرند که با قرار گرفتن شی در مقابل این دو دیود، امواج مادون قرمز منتشر شده توسط فرستنده بر روی گیرنده بازتاب شود

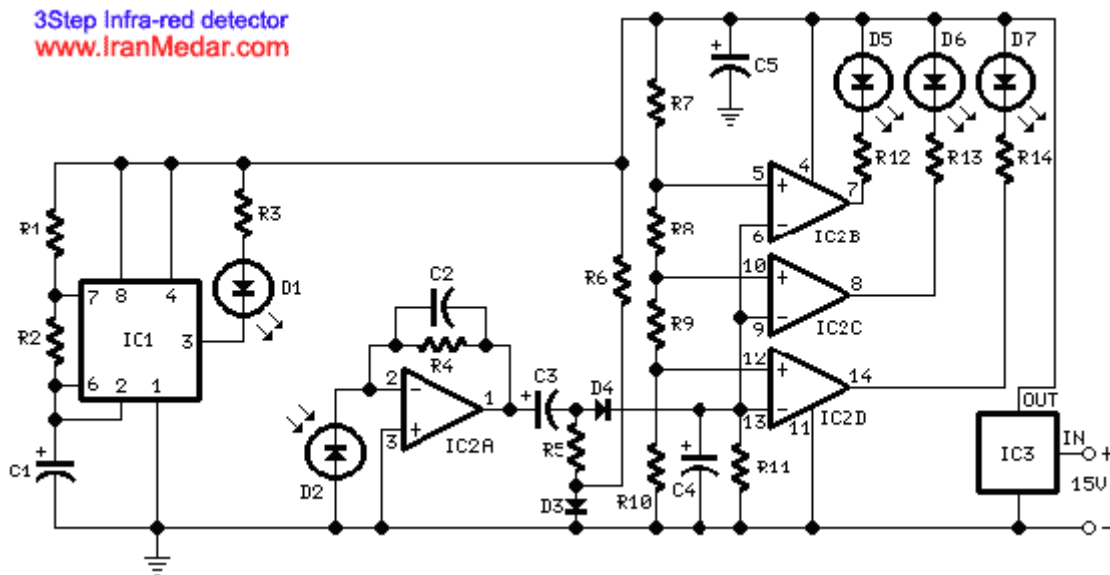
در این مدار تشعشعات مادون قرمز فرستاده شده توسط فرستنده، به وسیله سنسور گیرنده مادون قرمز دریافت شده و شدت آن اندازه گیری می شود. هر چقدر شی به سنسور ها نزدیکتر باشد، امواج بازتابی از آن بیشتر است و در نتیجه سنسور گیرنده بیشتر تحریک خواهد شد.

البته میزان بازتاب به رنگ مانع نیز بستگی دارد، رنگهای تیره مانند سیاه نور کمتری بازتاب می کنند و در نتیجه تشخیص آنها دیرتر و با سختی بیشتری صورت می پذیرد. اگر مانع یک دیوار با رنگ روشن ( تقریباً سفید ) باشد ، در فاصله حدوداً ۲۰ سانتی متری **LED D5** روشن خواهد شد.

در صورتی که سنسور را به مانع نزدیکتر کنیم ، در فاصله ۱۰ سانتی متری **LED D6** هم روشن شده و بالاخره با روشن شدن **LED D7** می توان نتیجه گرفت که سنسور با مانع فاصله ای کمتر از ۶ سانتی متر دارد . این مدار می تواند کاربردهای متفاوتی داشته باشد. اصلی ترین کاربرد آن در ساخت رباتهای هوشمند مثلاً ربات دریبل زن یا ربات لایبرنت است....

در اینگونه رباتها باید به نحوی دیواره را تشخیص دهیم و از برخورد ربات با دیواره جلوگیری نماییم و پس از آن مسیر خود را به گونه اصلاح کنیم که از بین موانع به خوبی عبور کند. اصولاً در هر جا که نیازمند تشخیص مانعی هستیم چنین مداری می تواند به ما کمک کند. برای استفاده از این مدار تنها کافی است که به پایه های تغذیه ال ای دی ها را به مدار تصمیم گیرنده خود مثلاً میکروکنترلر متصل نماییم. در صورت تحریک مدار و روشن شدن ال ای دی ها خروجی های آی سی **Low** خواهد شد. و به سطح منطقی صفر می رود. یکی از اساسی ترین ویژگی های این مدار ، سه مرحله ای بودن آن است. با

توجه به اینکه این مدار از فاصله زیاد مانع را تشخیص می دهد قابلیت پیاده سازی الگوریتم های پیچیده را خواهیم داشت.



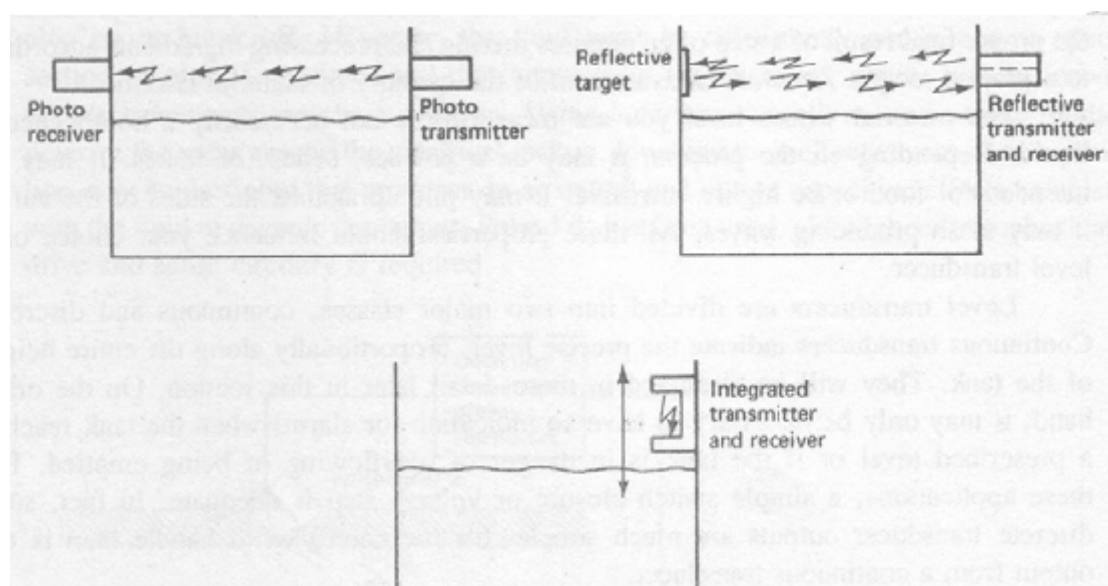
تغذیه این باید تا جای ممکن صاف و رگوله باشد. برای این کار از خازن های مناسب به صورت موازی در مدار تغذیه استفاده می کنیم تا اثر اعوجاجات ناشی از موتورها را خنثی نمایند. برای اینکه مدار حساسیت بیشتری داشته باشد و شرایط محیطی کمترین اثرات را در کارکرد حسگر داشته باشند امواج مادون قرمز با فرکانس حدود ۱۲۰ هرتز نوسان می کنند ( این پالسها توسط آی سی ۵۵۵ در مدار ایجاد می گردد).

در بخش گیرنده نیز امواج دریافتی تا حدی فیلتر می شوند و در واقع بخش گیرنده مدار تنها به امواج مادون قرمز فرستاده شده توسط فرستنده همین مدار حساس است و امواج مادون قرمز موجود در محیط اثر زیادی بر روی کار مدار ندارند.

برای سنسورهای گیرنده و فرستنده می توانیم از پکیج های موجود در بازار استفاده کنیم. معمولاً در این قطعات یک سنسور فرستنده و یک سنسور گیرنده در کنار یکدیگر

و در یک بدنه پلاستیکی جا سازی شده اند. البته استفاده از فتودیودهای فرستنده و گیرنده معمولی نیز نتیجه قابل قبولی دربر خواهد داشت. در صورتی که به جای دیود گیرنده از فتوترانزیستور گیرنده استفاده کنیم ، تغییرات مدار خطی نخواهد بود و فواصل ذکر شده در بالا تغییر می نماید. البته این فواصل به سایر تنظیمات مدار نیز بستگی خواهد داشت .

باید متذکر شویم که این مدار علاوه بر استفاده در ربات هایی از قبیل دریبل زن و ماز و لایرننت و ... کاربردهای فراوان دیگری هم دارد مثلاً از این مدار می توان به عنوان سنسور دنده عقب اتومبیل نیز استفاده نمود برای این کار باید مدار و سنسورهای آن را بر روی سپر عقب نصب کرده و سه چراغ نشا نگر مدار را در دید راننده اتومبیل نصب کنیم، با این کار را راننده با سرعت و دقت بیشتری می تواند اتومبیل خود را پارک نماید.



لیست کامل قطعات :

Resistor R1\_\_\_\_\_10K 1/4W  
 R2,R5,R6,R9\_\_\_\_\_1K 1/4W Resistors  
 W Resistor $\frac{4}{1}$  R3\_\_\_\_\_33R  
 R4,R11\_\_\_\_\_1M 1/4W Resistors  
 R7\_\_\_\_\_4K7 1/4W Resistor  
 Resistor R8\_\_\_\_\_1K5 1/4W  
 R10,R12-R14\_\_\_\_\_1K 1/4W Resistors

Electrolytic or Polyester C1,C4\_\_\_\_\_1 $\mu$ F 63V  
 Capacitors  
 Capacitor C2\_\_\_\_\_47pF 63V Ceramic  
 Capacitors C3,C5\_\_\_\_\_100 $\mu$ F 25V Electrolytic  
 LED D1\_\_\_\_\_Infra-red  
 (D2\_\_\_\_\_Infra-red Photo Diode (see Notes  
 D3,D4\_\_\_\_\_1N4148 75V 150mA Diodes  
 (size D5-7\_\_\_\_\_LEDs (Any color and

IC IC1\_\_\_\_\_555 Timer  
 IC2 \_\_\_\_\_LM324 Low Power Quad Op-amp  
 IC3\_\_\_\_\_7812 12V  
 A Positive voltage regulator IC)

### ج) روش اندازه گیری فاصله با لیزر

در ساخت فاصله سنجهای لیزری ۳ روش عمده وجود دارد که در زیر یک به یک به آنها میپردازیم:

۱) یکی 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 مناسبتتر است اما همانطور که میدانیم سرعت نور  $299000$  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 رفع 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. این روش برای فاصله های بسیار دور مفید است مثل زمین تا ماه.

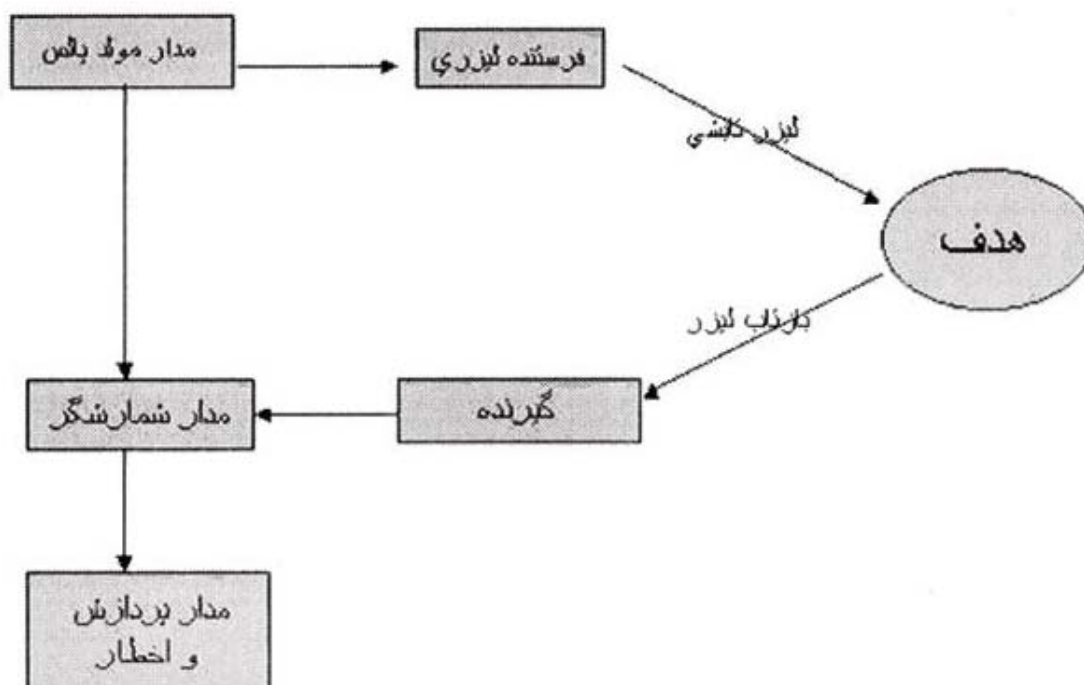
**(۳)** همانطور که میدانیم میزان فرکانس امواج در اثر حرکت در فضا تغییر میکند و از همین روش میتوان میزان فاصله را با محاسبه فرکانس امواج برگشتی و مقایسه با میزان امواج ارسالی (البته در صورتیکه فرکانس امواج ارسالی متغیر باشد) میتوان با یک رابطه ساده از طریق ریاضی فاصله را محاسبه نمود و در صورتیکه میزان فرکانس امواج ارسالی ثابت باشد تنها با اندازه گیری فرکانس بازگشتی و قرار دادن این فرکانس در فرمول میزان فاصله را محاسبه میکنیم. محاسبه فرمول ها هم کاری ندارد. در این روش از اختلاف فاز ایجاد شده استفاده می کنند نور را دو قسمت میکنند؛ یکی به سمت جسم می رود و بر می گردد و دوباره با همان نور اصلی اختلاف فازش اندازه گیری می شود که آنرا

با استفاده از تداخل بوجود آمده به دست می آورند که یک کار اپتیکی با دزدسر زیاد است.

با توجه به سرعت زیاد نور ، سیستم اندازه گیری زمان سیر، برای سنسور لیزری بسیار پیچیده تر از مدارات لازم جهت اندازه گیری زمان سیر صوت در روشهای صوتی میباشد. در ساخت این فاصله سنج، از روش اندازه گیری زمان سیر لیزر استفاده شده است.

### اصول عملکرد سیستم:

در این روش لیزر به سمت هدف تا با نده میشود و پس از بازگشت از روی هدف و دریافت توسط قسمت گیرنده مدت زمان رفت و برگشت اندازه گیری میشود. سپس با توجه به ثابت بودن سرعت نور، فاصله بدست می آید. شکل زیر اساس کار را نشان میدهد:



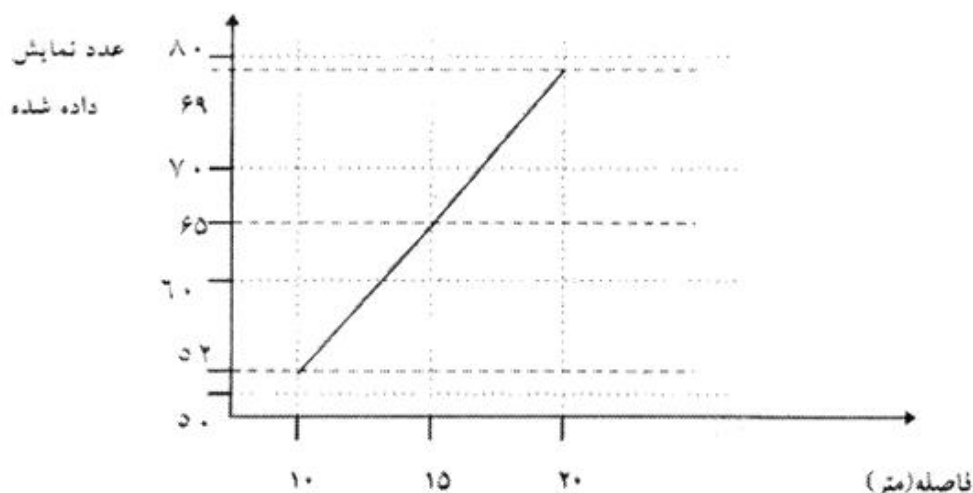
مدار شمارشگر از هنگام ارسال پالس لیزری هنگام بازگشت آن از روی مانع اقدام به اندازه گیری زمان میکند.

ساخت سنسور :

این سنسور ها عموماً با **painter , laser** های عادی با توان کمتر از یک میلی وات ساخته میشوند . که معمولاً قادرند اختلاف فاصله ی مانع را در فواصل مختلف تا ۳۰ متر را درک کنند.

برای اندازه گیری فاصله های طولانی تر کفایت که از دیود لیزری مناسب با توان خروجی بالاتر استفاده نمود.

دستگاه دارای یک خروجی است که در آن متناسب با فاصله از مانع ، عددی نمایش داده میشود. در شکل زیر نمودار . اعداد آزمایش شده بر حسب فاصله آورده شده است :



**مشکلات این مدارها :**

یکی از مشکلات اصلی در ساخت سیستمهای اندازه گیری سرعت سیر نور، نیاز به فرکانسهای بالا و مشکلات مربوط به نویزی شدن مدارات است. به منظور بهبود عملکرد مدار میتوان قسمتهای مختلف مدار روی بردهای جداگانه ساخته شود تا از هم



ایزوله کردند. مشکل دیگر خطر لیزر برای انسان است. اگر بخواهیم از دیوهای لیزری ، توان بالا استفاده کنیم ، باید از بی خطر ترین نوع آن (لیزر کلاس ۱) استفاده شود. مدت زمان تابش لیزر توسط این دستگاه باید بسیار کوتاه ( در حد چند نانو ثانیه ) و مطابق با استانداردهای بین المللی باشد تا خطرات ناشی از استفاده از لیزر کاهش یابد.

### **(د) فاصله سنجی با استفاده از رادار:**

رادار دستگاهی است که امواج الکترومغناطیسی را پخش می کند و برای ردیابی اجسام مختلف در شرایط متفاوت بکار می رود.

رادار از این دو پدیده در حوزه امواج رادیویی استفاده می برد : «پژواک و پدیده دوپلر»  
امواج رادیویی و الکترومغناطیس قابلیت انعکاس و بازتاب دارند و رادار بر اساس همین خاصیت ساده بوجود آمده. ساده ترین رادارها در حقیقت از یک فرستنده و یک گیرنده رادیویی بوجود آمدند. این وسایل ابتدایی فقط قادرند وجود شیء را اعلان کنند و به هیچ وجه توانایی تشخیص اندازه و ویژگیهای دیگر آن را ندارند.

### **مکانیسم عمل**

همانطور که امواج دریا و امواج صوتی پس از رسیدن به مانعی منعکس می شوند، امواج الکترومغناطیسی هم وقتی به مانعی برخورد کردند، بر می گردند و ما را از وجود آن آگاه می سازند. به کمک امواج الکترومغناطیسی نه تنها از وجود اجسام در فاصله دور باخبر می شویم، بلکه بطور دقیق تعیین می کنیم که آیا ساکن هستند یا از ما دور و یا به ما نزدیک می شوند؟ حتی سرعت جسم نیز بخوبی قابل محاسبه است. وقتی امواج منتشر شده از رادار ، به یک جسم دور برخورد می کنند، به طرف نقطه حرکت بر می گردند. امواج برگشتی توسط دستگاههای خاص در مبدا تقویت می شوند و از روی مدت رفت و برگشت

این امواج ، فاصله بین جسم و رادار اندازه گیری می شود .

### کاربردها

رادارها در توپخانه ها ، موشک اندازها و جنگهای زیر دریاییها، کاشش سوانح در مسافرت های دریایی و هوایی، شناسایی موقعیت کره زمین و دیگر سیارات، دنبال کردن مسیر ماهواره ها و فضاپیما ها و برای شناسایی خودروهای با سرعت غیر مجاز کاربرد دارند .

مرکز کنترل ترافیک فرودگاها برای ردیابی هواپیما ها و هدایت آنها از رادار استفاده می کنند.

هواشناسان برای شناسایی طوفانها، تندبادهای دریایی و گردبادها از آن استفاده می برند نوعی خاص از رادار را در مدخل ورودی فروشگاها می بینید که در هنگام قرار گرفتن اشخاص در مقابلشان، درب را باز می کنند.

استفاده از رادار عموماً در راستای دو هدف زیر می باشد :

(۱) شناسایی حضور یا عدم حضور یک جسم در فاصله ای مشخص

(۲) جابجایی

اهدافی که رادار استخراج می کند، معمولاً اهداف فلزی هستند.

ویژگی های رادار نسبت به دید چشمی: برد زیاد ، عدم وابستگی به وجود نور ، عبور امواج از موانع ، امکان اندازه گیری دقیق مشخصه هایی مانند فاصله، ارتفاع، سرعت است.

در حال حاضر رادارها کاربرد های مختلفی دارد که

**عبارت انداز :**

رادار پالسی — رادار موج پیوسته — نظارت و رهگیری هواپیماها و موشک ها — نظارت و رهگیری اهداف دریایی یا زمینی — نظارت و رهگیری اجرام فضایی — هواشناسی — اندازه گیری سرعت وسایل نقلیه .

### ه) اندازه گیری ارتفاع با استفاده از امواج صوتی :

در این روش با فرض معلوم بودن ارتفاع مخزن، فاصله ی سنسور تا سطح مایع را اندازه می گیریم.

در واقع ما یک سنسور التراسونیک را در بالای مخزن قرار می دهیم. امواج صوتی که فرستنده تولید می کند پس از برخورد به سطح مایع باز تابش می شود و گیرنده آن را دریافت می کند. در واقع ما ارتفاع را با استفاده از این اصل فیزیکی که سرعت صوت برا  $330 \text{ m/s}$  است، بدست می آوریم. و با استفاده از یک ریزپردازنده زمان رفت و برگشت موج صوتی را در سرعت صوت ضرب می کنیم و به فاصله موردنظر دست پیدا می کنیم.

— سرعت صوت در دماهای مختلف متفاوت است. به طور مثال سرعت صوت در دمای صفر درجه سانتی گراد  $331.5 \text{ m/s}$  است و سرعت صوت در دمای  $40$  درجه سانتی گراد،  $\text{m/s}$   $355.5$  است..

$$X = V * T$$

با توجه به فرمول سرعت، سرعت رابطه مستقیمی با زمان دارد. اگر فاصله ما تا دیوار  $2 \text{ m}$  باشد. با احتساب برگشت نور  $4 \text{ m}$  می شود. بنا براین مدت زمان برگشت موج به سنسور گیرنده از رابطه زیر حساب می شود.

$$X = V * T, T = 4/331.5, T = 0.01206$$

## اصول انتشار امواج صوتی

میدانیم التراسوند یا فراصوت امواج صوتی هستند که فرکانس آنها بالاتر از ۲۰kHz، یعنی آستانه بالای شنوایی انسان است. محدوده شنوایی انسان بین ۲۰ Hz تا ۲۰ kHz قرار دارد از آنجایی که التراسوند، موجی است همانند امواج الکترومغناطیسی، بنا براین انرژی را منتقل کرده و توسط پارامترهای موج قابل تفسیر است. این پارامترها برای التراسوند، فشار، چگالی، حرارت، جابه‌جایی ذرات، و مانند آن، استفاده می‌شود. امواج التراسوند، برخلاف امواج الکترومغناطیسی، به یک محیط واسط برای انتقال نیاز داشته و در خلاء منتشر نمی‌شود.

برای نمایش نحوه پخش شدن صوت در یک محیط، آن محیط را توسط گره‌هایی مدل می‌شود که توسط فنرهایی در فضای سه بعدی به یکدیگر اتصال یافته است. گره‌ها، مدلی از اتم‌ها یا مولکول‌های جسم و فنرها مدلی از نیروهای بین ذره‌ای است.

وقتی که یک ذره از موقعیت خنثی اندکی جابه‌جا شود، اغتشاش یا نیرو توسط فنرها به ذرات مجاور آن منتقل و این امر یک واکنش زنجیره‌ای را سبب می‌شود. اگر نیروی را نش، به جلو و عقب (و یا به صورت سینوسی) نوسان کند، ذرات، با نوسانی همانند، به آن پاسخ خواهد داد.

به مسافتی که یک ذره در موقع انتقال موج صوتی حرکت می‌کند (U)، جابه‌جایی ذره گفته می‌شود. معمولاً این مسافت برای آب در حدود چند دهم نانومتر است.

سرعت نوسان ذره به جلو و عقب سرعت ذره ( $u_x$ ) نامیده شده (اندیس  $x$  جهت سرعت را نشان می‌دهد) و برای آب در حدود چند سانتی‌متر بر ثانیه است.

### شدت

شدت یک موج به عنوان مقدار انرژی متوسط منتقل شده توسط آن موج، به ازاء یک واحد سطح عمود بر جهت انتشار موج، و در یک واحد زمان، تعریف می‌شود.

### اثر داپلر

به تغییر حاصل شده در فرکانس صوتی، دریافت شده توسط یک ناظر، وقتی که منبع صوت یا ناظر یا هر دو متحرک باشند، اثر داپلر گفته می‌شود.

## تولید و آشکارسازی امواج التراسوند:

### اثر پیزوالکتریک

بعضی از موارد دارای این خاصیت است که اعمال یک میدان الکتریکی، سبب تغییر ابعاد آنها می‌شود، و برعکس، به این پدیده، اثر پیزوالکتریک (اثر فشار-برق) گفته می‌شود. بعضی از کریستال‌ها همانند کوارتز و تورمالین (که در طبیعت یافت می‌شود)، پیزوالکتریک هستند.

دلیل فیزیکی پدیده پیزوالکتریک می‌تواند به صورت زیر بیان شود؛ ماده پیزوالکتریک می‌تواند به عنوان مجموعه بی‌شماری از دو قطبی‌ها فرض شود. اعمال یک ولتاژ الکتریکی خارجی  $V$  به یک ورقه از ماده پیزوالکتریک موجب منظم شدن دو قطبی‌ها و نتیجتاً تغییر ضخامت ورقه از  $L$  به  $L + \Delta L$  می‌شود. در واقع این تغییر ضخامت تنها در حدود چند

میکرون است. برعکس اعمال یک تنش سبب پدید آمدن یک ولتاژ در دو سوی ورقه می شود. گروهی از مواد مصنوعی (مشهور به فروالکتریک های قطبی شده) نیز دارای خاصیت پیزوالکتریک قوی هستند. قطبی کردن ماده فروالکتریک با گرم کردن آن تا کمی بالاتر از یک درجه خاص (که به نوع ماده بستگی داشته و به درجه حرارت کوری معروف است)، و سرد کردن آن به آرامی در حضور یک میدان الکتریکی قوی (در حدود  $20 \text{ kv/cm}$  و اعمال شده در جهتی که به خاصیت پیزوالکتریک احتیاج است) انجام می پذیرد. این فرآیند سبب می شود که دو قطبی ها در راستای میدان منظم شود. مواد فروالکتریک تعدد زیادی دارند. تیتانات زیرکونات سرب (PZT) جایگزین گشته است. و امروزه این ماده غالباً توسط تیتانات زیرکونات سرب (PZT) جایگزین گشته است.

چند نوع از PZT هم اکنون در بازار موجود است. به مقدار تنش ایجاد شده در یک ماده پیزوالکتریک در اثر اعمال یک واحد از میدان الکتریکی (بدون کرنش) ثابت تنش پیزوالکتریک  $e$  (با واحد  $\text{newtons/V-m}$  یا  $\text{C/m}^2$ ) گفته می شود.

ثابت انتقال یا ثابت کرنش پیزوالکتریک  $d$  بر اساس واحد  $\text{coulombs/newton}$  و به عنوان مقدار کرنش تولید شده به ازاء اعمال یک واحد میدان الکتریکی، در حالی که تنش خارجی مساوی صفر است، تعریف شده و با  $e$  طبق رابطه  $e=cE.d$  مرتبط می شود.

### مبدل های التراسونیک

تعدادی از عوامل همانند پایداری، خواص پیزوالکتریک، و استحکام ماده، باید در انتخاب یک ماده پیزوالکتریک مناسب برای انتقال یک موج التراسونیک در نظر گرفته شود.

کوارتز به دلیل پایداری، برای اندازه‌گیری دقیق مناسب است، اما برای تولید توان خروجی زیاد به میدان الکتریکی نسبتاً بزرگی نیاز دارد. در مقابل، سرامیک‌ها برای تولید توان خروجی مشابه، به میدان الکتریکی به مراتب کوچک‌تری احتیاج دارد. پایداری کمتر و امپدانس الکتریکی کم در فرکانس‌های بالا از جمله معایب سرامیک‌ها است. کریستال در نزدیکی مبدل قرار می‌گیرد و سطوح کریستال توسط نقره یا طلا پوشیده می‌شود. الکتروود خارجی، برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی معمولاً به زمین وصل می‌شود. محفظه کلی مبدل می‌تواند از جنس فلز یا پلاستیک باشد.

### انطباق مکانیکی

هنگامی که یک مبدل توسط یک منبع الکتریک تحریک می‌شود، بر اساس فرکانس تشدید خود به ارتعاش درمی‌آید.

برای کاربرد موج پیوسته، در پشت مبدل هوا وجود داشته و حداکثر انرژی ممکن در راستای مستقیم تشعشع می‌شود. به دلیل عدم انطباق امپدانس شنیداری بین هوا و ماده پیزوالکتریک، انرژی شنیداری در این سطح تماس به سوی راستای مستقیم منعکس شده و در نتیجه مقدار کمی از انرژی تلف می‌شود. در مقابل، این عدم انطباق، در کاربرد پالس-اکو پدیده‌ای موسوم به اثر طنینی را پدید می‌آورد که به دلیل طولانی‌تر کردن دوام پالس، بسیار نامطلوب است.

از مواد سخت و جاذب، برای پشت مبدل، به منظور از بین بردن طنین و افزایش پهنای باند (کم کردن  $Q$ )، می‌توان استفاده کرد. در این حالت، ماده پستی نه تنها بخشی از

انرژی نوسانی وجه پستی را جذب می‌کند، بلکه همچنین عدم انطباق در امیدانس شنیداری آن مشابه با مبدل بوده و حداکثر انرژی ورودی به خود را جذب کند.

باید توجه داشت که توقف طنین یا کم کردن دوام پالس‌ها به بهای تنزل حساسیت به دست می‌آید. علت آن است که بخش قابل توجهی از انرژی در این حالت توسط ماده پستی جذب می‌شود. عایق‌های شنیداری را به منظور به حداقل رساندن تزویج انرژی التراسوند با بدنه، می‌توان بین بدنه پروب و کریستال و مجموعه بلوک پستی قرار داد. از آنجایی که بدنه غالباً از یک ماده با تلفات کم، مانند فلز، ساخته شده و احتمال دارد در پاسخ به انرژی التراسوند به طنین درآید، این کار در پاره‌ای مواقع به صورت ضرورت درمی‌آید.



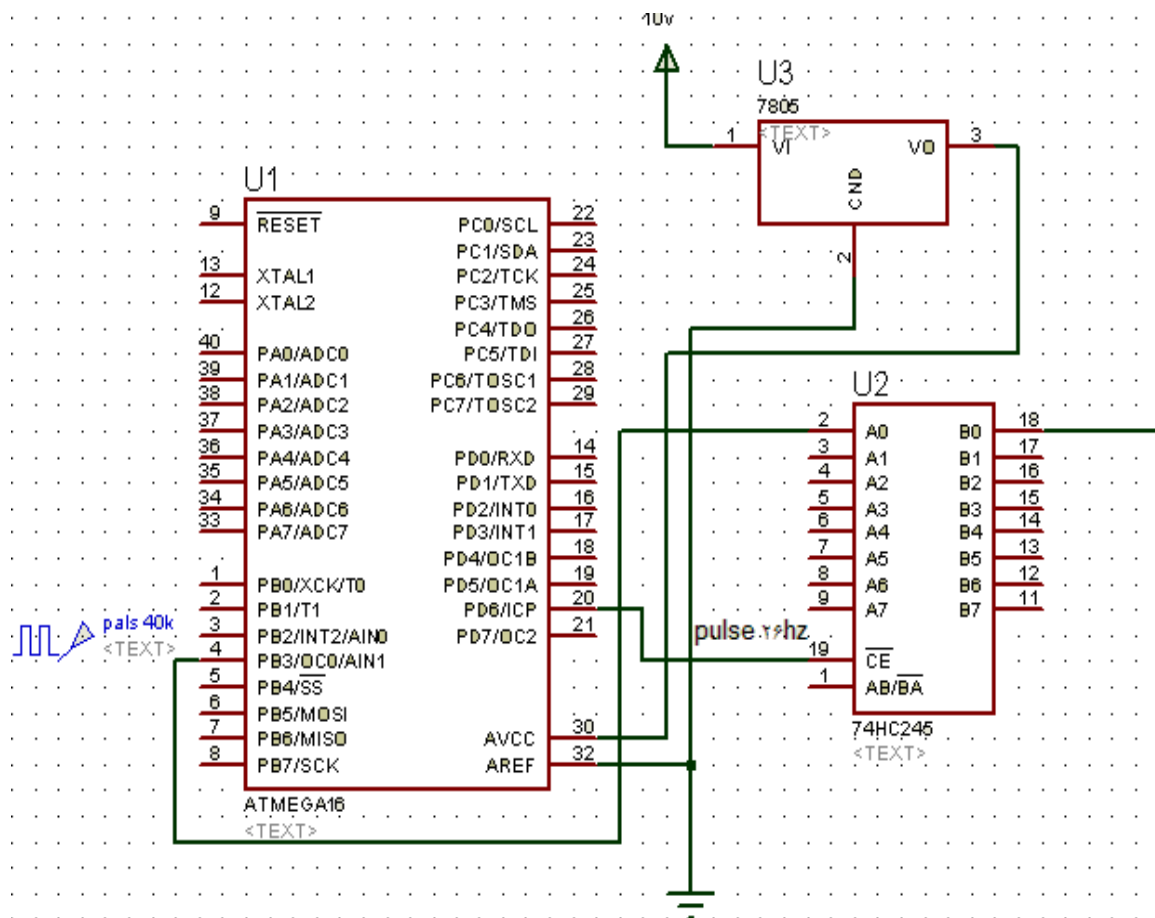


## فصل چهارم

### بلوک دیاگرام ها:

#### 1) مولد شکل موج مربعی

در این قسمت می خواهیم شکل موج مربعی مورد استفاده سسنور فرستنده را تولید کنیم. برای این منظور از یک ریز پردازنده AVR مدل Atmega16 استفاده کنیم.



این ریز پردازنده دارای 4 سری تایمر و 32 پایه که به صورت ورودی و خروجی بکار می روند ، می باشند . سسنورهایی که در این پروژه استفاده کرده ایم با فرکانس 40k کار می کنند . بدین منظور ریز پردازنده ی ما باید یک پالس 40k را تولید کند . همچنین این پالس باید در وضعیت های Sleep و Running و سوئیچ شود .

برای اینکار از یک برنامه ی کامپیوتری استفاده می کنیم که به ما دو مدل پالس مربعی می دهد . یکی با فرکانس 40k و دیگری با فرکانس 26.44hz .

Dutycy cycle پالس 40k ، 50% و D.C پالس 26.44hz ، 0.8% می با- شد.

برنامه ی کامپیوتر که اینکار را برای ما انجام می دهد ، بصورت زیر است :

```
This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.23.8c Professional
Automatic Program Generator
Date   : 2007/07/09
Author : mz
Chip type      : ATmega16
Program type    : Application
Clock frequency : 8.000000 MHz
Memory model    : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 256
```

```
*****/
```

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
```

```
int a=0;
float L=0;
char str1[100],str2[100];
#asm
```

```

.equ __lcd_port=0x1B
#endasm
#include <lcd.h>

// External Interrupt 2 service routine
interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{ if((a>=200)&&(a<=2500))
    L=(0.0023175*a);
}

// Timer 0 output compare interrupt service routine
interrupt [TIM0_COMP] void timer0_comp_isr(void)
{ a=a+1;
  if(a<=3000)
    PORTD.6=1;
  if(a>3000)
    PORTD.6=0;
  if(a>=3025)
    a=0;
}

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func0=In Func1=In Func2=In Func3=In Func4=In Func5=In
// Func6=In Func7=In
// State0=T State1=T State2=T State3=T State4=T State5=T State6=T
// State7=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func0=In Func1=In Func2=In Func3=Out Func4=In Func5=In
// Func6=In Func7=In
// State0=T State1=T State2=T State3=0 State4=T State5=T State6=T
// State7=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x08;

```

```
// Port C initialization
// Func0=In Func1=In Func2=In Func3=In Func4=In Func5=In
// Func6=In Func7=In
// State0=T State1=T State2=T State3=T State4=T State5=T State6=T
// State7=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func0=In Func1=In Func2=In Func3=In Func4=In Func5=In
// Func6=Out Func7=In
// State0=T State1=T State2=T State3=T State4=T State5=T State6=0
// State7=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x40;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 8000.000 kHz
// Mode: CTC top=OCR0
// OC0 output: Toggle on compare match
TCCR0=0x19;
TCNT0=0x00;
OCR0=103;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
```

```

// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: On
// INT2 Mode: Rising Edge
GICR/=0x20;
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x40;
GIFR=0x20;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x02;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
// Analog Comparator Output: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
// LCD module initialization
lcd_init(16);
// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
    ftoa(L,4,str1);
    sprintf(str2,"distans:%s",str1);
    lcd_puts(str2);
    delay_ms(100);
    lcd_clear();
};
}

```

برنامه فوق بدین صورت عمل می کند که تایمر صفر در مد کاری CTC قرار گرفته و رجیستر OCRO که ماکزیمم شمارش را مشخص می کند برابر  $10^3$  می شود.

با توجه به این که فرکانس کاری تایمر 8MHz می باشد، هر پله از  $10^3$  پله را در زمانی معادل 125ns می شمارد. پس زمانیکه از صفر تا  $10^3$  پله را طی می کند ۱۲.۸۵ میکروثا نیه می شود. با توجه به تاخیراتی که سایر دستورات میکرو ایجاد می کنند، فرکانس پالس خروجی تایمر صفر، 40K می شود.

یعنی دوره تناوب سیگنال ۲۵ میکروثانیه می باشد.

اما برای تولید پالس با فرکانس 26.44Hz، باید از وقفه های تایمر صفر ( وقفه ی Comparematahs) استفاده کنیم. این وقفه هر  $12.5\mu s$  یکبار تکرار می شود. یعنی مدت زمانیکه شمارنده از مقدار صفر تا ۲۵۵ ( یعنی همان  $10^3$  پله ) را شمرده است. درون این وقفه از متغیر **a** بعنوان شمارنده استفاده کرده ایم. که در هر بار تکرار وقفه، یکی به آن اضافه می شود.

همانطور که در برنامه ی بالا مشخص است ما پایه ی  $D_6$  یعنی پایه ی ۲۰ میکرو را بعنوان خروجی تعریف کرده ایم. طبق برنامه فوق تا زمانیکه مقدار **a** کمتر از 3000 است، خروجی پایه ی  $D_6$ ، یک است.

زمانیکه مقدار **a** بزرگتر از 3000 شد، مقدار پایه ی  $D_6$  برابر صفر می شود. زمانیکه مقدار **a** برابر 3025 شد، **a** را برابر صفر قرار می دهیم تا این سیکل مجدداً تکرار شود. بر پایه ی مطالب فوق و با توجه به این که با هر بار که به **a** یک عدد اضافه شود، زمانی معادل  $12.5\mu s$  طول می کشد، زمان کل بین صفر تا 3000، 37.5ms طول می کشد که

در این مدت خروجی برابر یک است. زمانی که پایه ی  $D_6$  صفر می شود، 312.5 ms می باشد.

در ادامه باید این دو پالس را با هم ترکیب کنیم تا حالت sleep و Running مورد نیاز برای فرستنده ایجاد شود.

برای ترکیب این دو پالس از یک بافر سه حالت بهر می گیریم.

بدین صورت که پالس 40k را بصورت ورودی به بافر اعمال می کنیم و پالس 26.44 HZ را به Enable بافر می دهیم. در نتیجه در خروجی پالس مورد نظر ایجاد می شود. در واقع سیستم فوق بدین صورت عمل می کند که در قسمت ورودی بافر همواره یک پالس 40k داریم. اما فقط زمانی این پالس به خروجی می رسد که Enable صفر شده باشد.

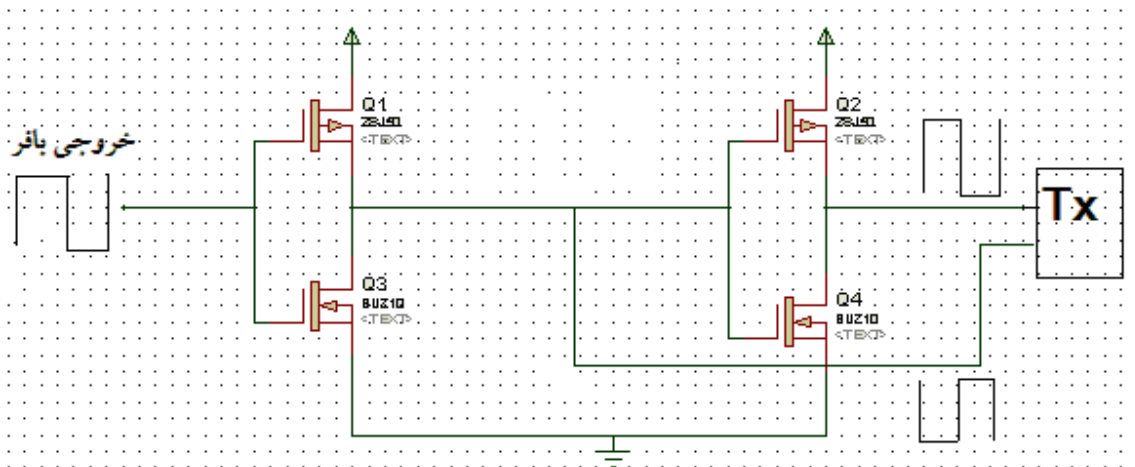
یعنی مدت زمان  $312.5\mu s$  در خروجی پالس 40k داریم و به مدت 37.5ms خروجی برابر صفر است.

در وضعیتی که خروجی صفر است، چون بافر سه حالت می باشد، خروجی در حالت high امپراسن قرار می گیرد و برای این که خروجی بصورت صفر و یک شود، باید خروجی بافر را Dull down کنیم. یعنی خروجی را با یک مقاومت به Ground وصل کنیم.

در نهایت پالس مورد نظر تولید می شود که دامنه آن تقریباً 5V می باشد. IC بافری که این عملیات را انجام می دهد، بافر شماره 74HC244 است.

این IC از نوع CMOS است که برای مصارف فرکانس بالا از آن استفاده می شود. مدل 34LS244 این IC نیز موجود می باشد که چون در این کار ما از فرکانس بالا استفاده می کنیم، پاسخگوی نیاز ما نمی باشد.

## (2) تقویت جریان و دامنه پالس



### معکوس کننده ی سی ماسی:

مدارهای رقمی سی ماسی (فلز - اکسید - نیمه رسانا) کاربرد گسترده ای دارند زیرا این مزیت جالب را دارند که در حالهای صفر و یک منطقی، اتلاف توان ایستا ندارند. وارونگر سی ماسی مداری مطابق شکل بالا دارد.

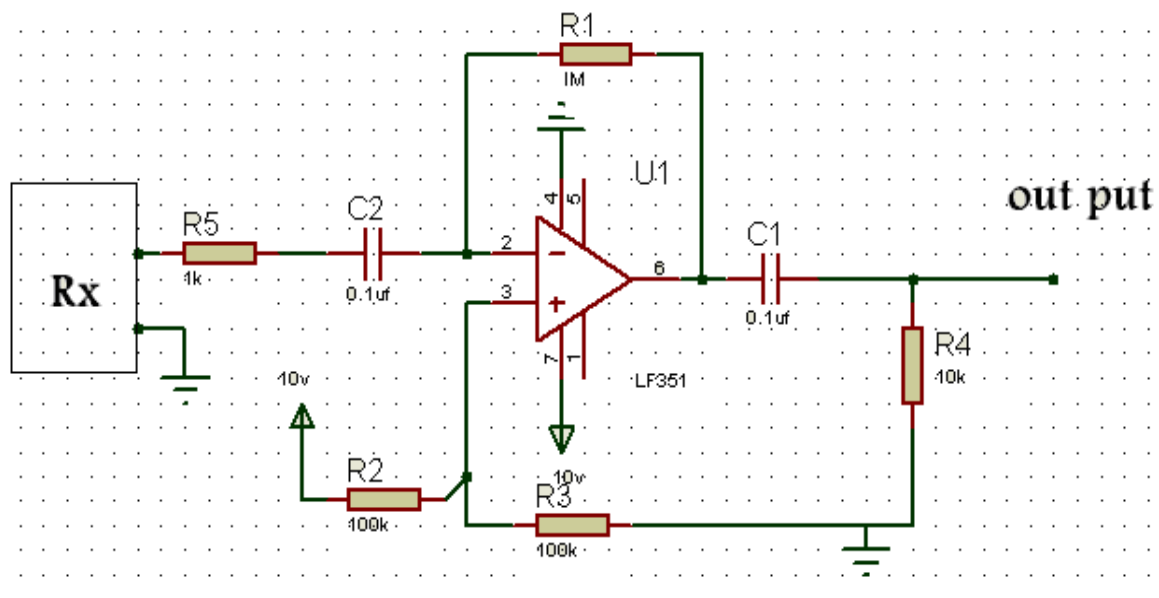
محرک ان ماسی با اتصال متوالی و بار پی ماسی هر دو ترانزیستورهای افزایشی اند. **Drain** های آنها بهم متصل اند و سیگنال خرجی در این گروه دریاف میشود.

دو گیت آنها هم به یکدیگر متصل اند و سیگنال وودی همزمان ه گیت مشترک اعمال میشود. ولتاژ وودی از صفر ولت تا **VDD** تغییر میکن. وقتی وودی صفر است،  $V_{GS1} = 0$  و  $Q_1$  قطع اس. در حالیکه  $V_{GS2} = -VDD$  و قطعه ی پی ماسی  $Q_2$  وصل است. اما چون دوفت متوالی اند، جریان در  $Q_2$  برابر جریان در  $Q_1$  است.  $I_1 = I_2 = 0$  است. با وجود این ولتاژ گیت مقداری دارد که ظاهراً باعث هدایت میشود. به عبارت دیگر،  $Q_2$  بر اساس مشخصه ی خروجی P-channel مثل ولتاژ گیت  $V_{GS2} = -VDD$  عمل می کند. چون  $V_{DS2} = 0$  است،  $V_O = VDD$  حال فرض کنید  $V_i = V_{GS1} = VDD$  و در این صورت



$Q_1$  وصل است اما  $Q_2$  با  $V_{GS} = 0$  قطع است. بنابراین  $ID_1 = ID_2 = 0$  و  $Q_1$  بر اساس مشخصه ی ترانزیستور و مستقل از  $V_{GS_1}$  عمل می کند. چون لتاژ دو سر  $Q_1$  صفر است، داریم:  $V_o = 0$  باز هم خاصی وارنگری (NOT) بدست می آید زیرا به ازای  $V_i = V(1)$  داریم:  $V_o = V(0)$ . در هر دو حال منطقی **Gi** یا  $G_2$  قطع است و اتلاف توان در حالت ایستا صفر است. اما در عمل توان برابر حاصلضرب جریان نشتی در حالت قطع و  $V_{DD}$  است و مساوی چند نانو وات است.

### (3) تقویت خروجی

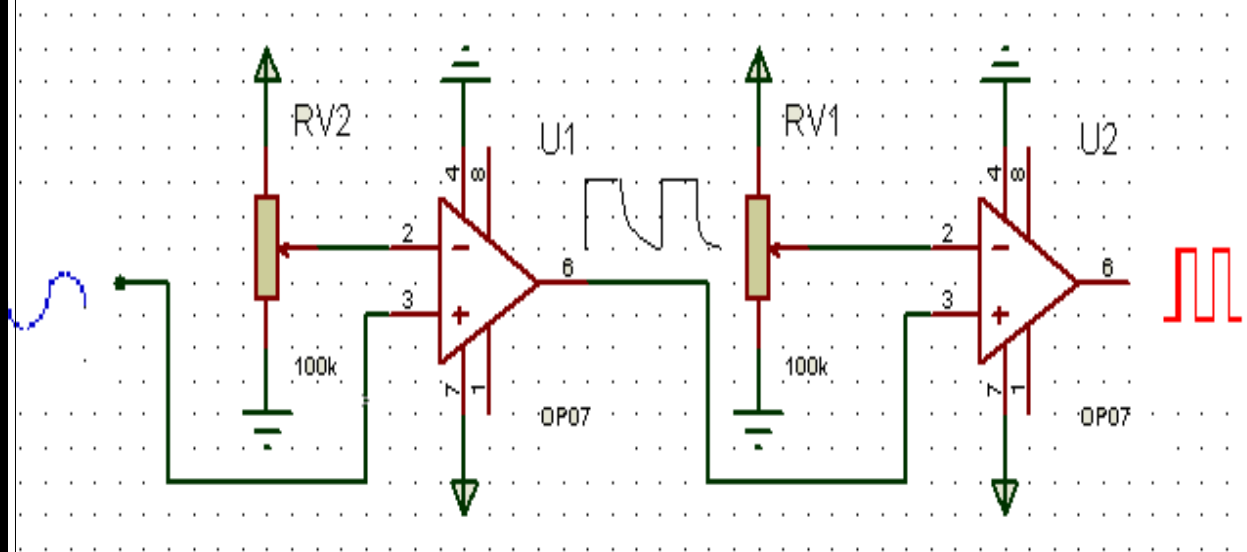


این بلوک سیگنال دریافتی را تقویت میکند. معمولاً دامنه موج دریافت شده توسط سنسور گیرنده در حد میلی ولت است. به همین دلیل ما مقدار آنرا بوسیله ی یک مدار تقویت کننده ی ساده با گین ۱۰۰۰ افزایش می دهیم. گین این مدار توسط مقاومتهای  $R_5$  و  $R_1$  و با توجه به فرمول زیر محاسبه میگردد:

$$A_v = R_1/R_5$$

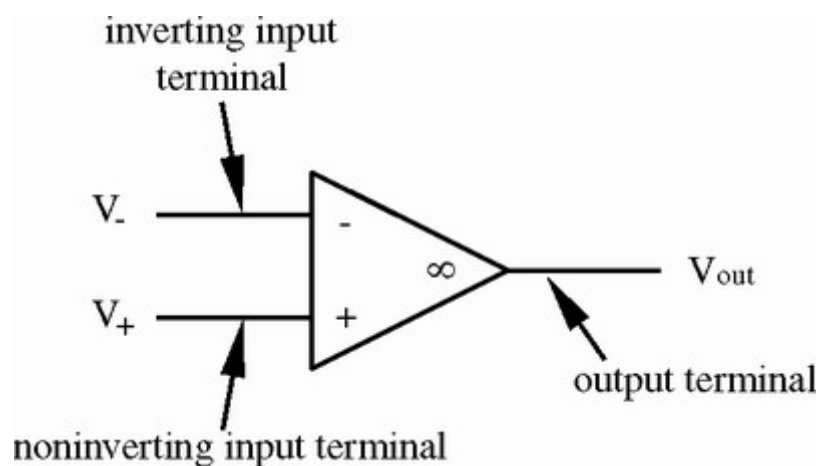
$$= 1\text{M}/1\text{k} = 1000$$

#### 4) تبدیل سیگنال خروجی



در این بلوک از دو مقایسه کننده ی ولتاژ برای تبدیل موج سینوسی به مربعی استفاده کرده ایم . برای مقایسه کننده ها هم از op-amp مدل op07 بهره گرفته ایم. در زیر نحوه ی کار مدار مقایسه کننده شرح داده شده:

#### مقایسه کننده ی ولتاژ:



### شرح :

وظیفه مدار مقایسه گر ، مقایسه بین دو ولتاژ الکتریکی است (که به دو ورودی (+) یا همان NONINVERTING و (-) ویا INVERTING) و مشخص می کند کدام یک بزرگ تر است . نتیجه این مقایسه توسط OUTPUT مشخص می شود .

مهم :

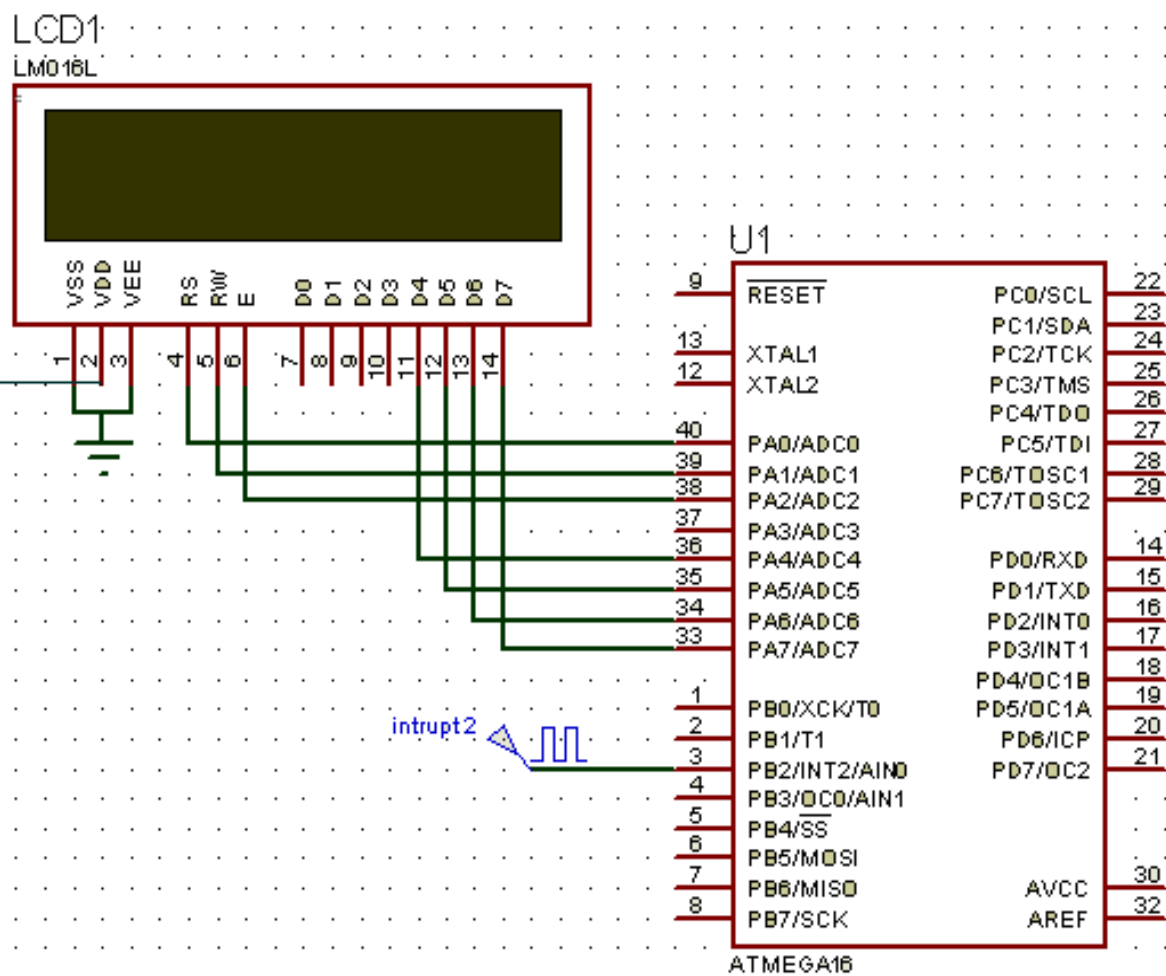
اگر خروجی مدار OP-AMP به سمت ولتاژ مثبت میل کند ( ولتاژی که به پایه **VCC** اعمال شده ) این به آن معنا است که ولتاژ پایه (+) یا همان NONINVERTING بیشتر است و یا مثبت تر است از ولتاژ پایه (-) یا INVERTING . تمام مقایسه ها و نسبت دادن های ولتاژ نسبت به زمین است . مثلاً +۱۸ ولت یعنی ۱۸ ولت بیشتر از زمین و ۱۲- یعنی ۱۲ ولت کمتر از زمین ). اگر ولتاژ خروجی

OP-AMP نزدیک ولتاژ قطب منفی باطری شود (GND). ( یعنی اگر یک باطری ۱۲ ولتی به تغذیه OP-AMP وصل کرده باشیم ولتاژ **VCC** ، ۱۲ ولت است و ولتاژ GND برابر ۰ ولت است یعنی ولتاژ اعمال شده به پایه (-) ویا INVERTING بیشتر از ولتاژ اعمال شده به پایه (+) یا همان NONINVERTING است.

پتانسیومترها را ( که دوسر ثابت آن را به +و- تغذیه وصل کردیم) به عنوان منبع ولتاژ متغییر به OP-AMP وصل می کنیم. در اینصورت اگر ولتاژ وارد شده به سر مثبت اپ امپ از ولتاژ ساخته شده توسط پتانسیومتر بیشتر بود، خروجی op-amp high شده و تا زمانیکه ولتاژ سر مثبت از سر منفی کمتر شود در این وضعیت میماند.

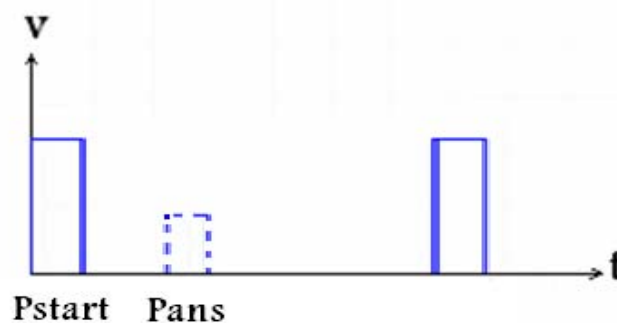
بعد از مقایسه کننده ی دوم شکل موج کاملاً مربعی شده و آماده ارسال به میکرو می باشد. به این صورت ما توانستیم موج دریافت شده توسط گیرنده را به صفر و یک (دیتای شناخته شده برای ریزپردازنده) تبدیل کنیم.

## (5) پردازش سیگنال خروجی



همانگونه که در قسمت قبل گفته شد، ما یک سیگنال با دوره تناوب  $37\text{MS}$  داریم که

ابتدای آن با یک پالس مربعی شروع و انتهای آن به یک پالس مربعی ختم می‌شود:



این دو پالس را پالس  $Pst(start)$  و پالس متغیری را که بین این دو پالس مکانش متغیر است را پالس  $Pans$  می‌نامیم. برای تجزیه تحلیل این سیگنال آن را به ریزپردازنده‌ی AVR از طریق وقفه‌های خارجی اعمال می‌کنیم.

برنامه‌ای که این سیگنال را تجزیه تحلیل می‌کند تا حدود زیادی وابسته به برنامه‌ای است که سیگنال مربعی سنسور فرستنده را تولید می‌کرد.

برنامه‌ای که سیگنال را تجزیه تحلیل می‌کند را درون یکی از وقفه‌های میکرو می‌نویسیم (وقفه شماره ۲)

این برنامه بصورت زیر است :

$$IF((a \geq 200) \text{ and } (a \leq 2500))$$

$$l = (0.0023175 \times a),$$

همانطور که در برنامه بالامشخص است سیگنال بر پایه‌ی شماره ۲ اعمال می‌شود. و در طول یک دوره تناوب سه مرتبه این وقفه اجرا می‌شود یعنی ۲ بار به ازای  $Pst$  و یکبار به ازای  $Pans$ . حال می‌خواهیم زمانی وقفه را معتبر اعلام کنیم که پالس  $Pans$  به وقفه اعمال شده باشد برای این کار از شرط **if** استفاده کرده‌ایم. این شرط اینگونه بیان می‌

دارد که اگر زمان سیگنال ورودی بیشتر از زمان معادل  $2500 \times 12.5 \mu s$  بود و یا زمانی کمتر از  $200 \times 12.5 \mu s$  باشد، وقفه فعال می شود اما اندازه گیری فاصله انجام نمی گیرد.

در نتیجه وقفه غیرمعتبر اعلام می گردد.

توضیح مطالب بالا بدین صورت است که ما برای اینکه اندازه گیری فاصله را انجام دهیم فرض کرده ایم سنسورها فاصله ی نیم متر به بالا را sence کند یعنی اگر سنسور ما مانعی کمتر از نیم متر جلوی آن قرار گرفت، قادر به تشخیص فاصله ی آن نمی باشد. همچنین اگر که مانعی در فاصله بیشتر از 4.5m قرار داشت نیز همین وضعیت بوجود می آید.

اندازه گیری فاصله در برنامه فوق به این صورت است که ما زمان بین پالس Pst و پالس Pans را اندازه گیری کنیم این زمان مدت زمانی است که سیگنال ارسال شده از فرستنده به مانع برخورد کرده و توسط گیرنده دریافت شده این زمان زمان برگشت است.

پس  $\frac{1}{2}$  این زمان برای اندازه گیری مسافت بکار می رود.  $x = v * \frac{t}{2}$  طبق برنامه ای که در بالا گفته شد، مدت زمان رفت و برگشت سیگنال است. یعنی تعداد تکرارهای وقفه-ی تایمر ضربدر 12.5 میکرو ثانیه.

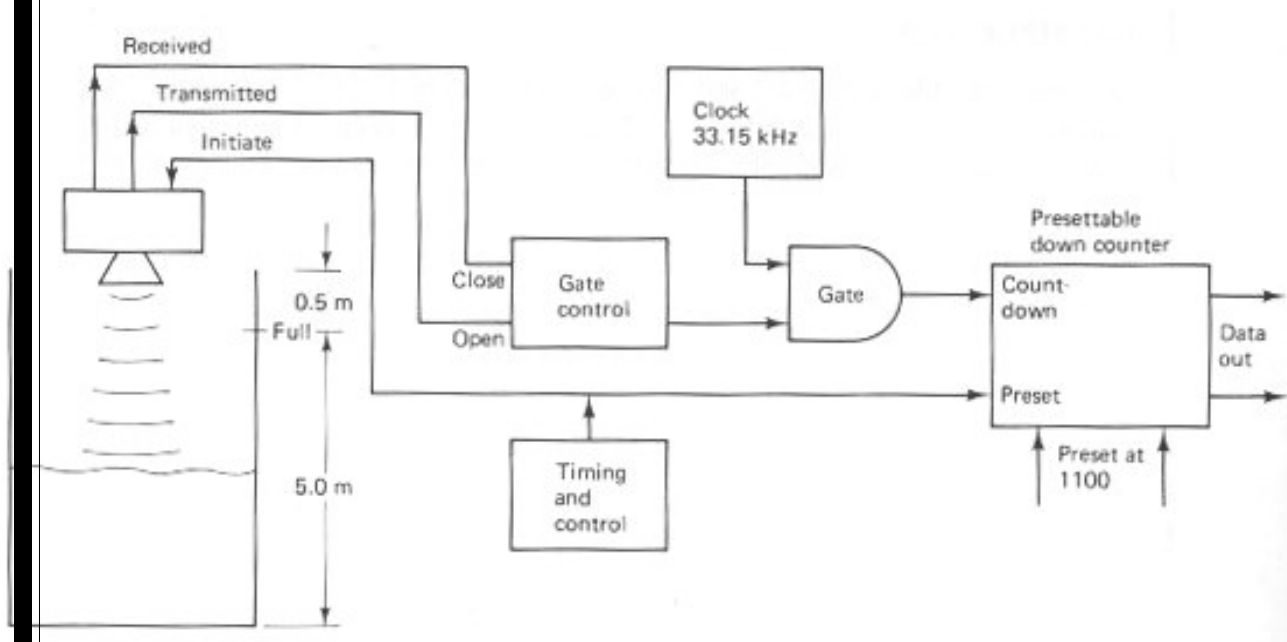
فرمول بالا به این صورت بدست آمده که :

$$\frac{1s}{a * 12.5 \mu s} \cdot \frac{330 m}{L m} \Rightarrow L = 0.0023175$$

نصب فاصله یاب اولتراسونیک بر بالای مخزن خیلی مناسب است. دسترسی و نصب آن آسان است و لازم نیست سیستم را ایزوله نموده و در مقابل تأثیر مواد بر روی آن

محافظت نمائیم. هر چند، همچنانکه مخزن پر می‌شود، فاصله بین سنسور و سطح کوچکت‌ر و کوچکت‌ر شده. این باعث زمانهای کوچکت‌ر و شمارش کمت‌ر در تایمر خروجی می‌شود. بعبارت دیگر هر چه سطح بالاتر می‌رود، اطلاعات جمع‌آوری شده تولید شماره کمت‌ری می‌کند. دو راه حل موجود است، یکی استفاده از آشکارساز اولتراسونیک که با مواد داخل مخزن کار می‌کند. سیستم را در ته مخزن قرار دهید. شعاع از سطح مایع منعکس شده و زمان بیشتری را برای رفت و برگشت به سطح مایع نیاز دارد. راه حل دوم استفاده از یک سیستم آماده‌سازی اطلاعات ۱ با یک شمارنده برای تصحیح اطلاعات دریافت شده از آشکارساز اولتراسونیک نصب شده در بالای مخزن است.

– بلوک دیاگرام در شکل زیر نشان داده شده است. سنسور التراسونیک در فاصله 0.5 متر بالای سطح مخزن پر نصب می‌شود.



وقتی که مخزن خالی است امواج 5.5 متر را طی کرده و برمی‌گردند. که این امر در مدت

$$t_{\text{empty}} = \frac{5.5\text{m}}{(0.5)(331.5\text{m/s})}$$

$$= 33.183 \text{ ms}$$

صورت می گیرد.

زمانیکه مخزن پر است امواج **0.5** متر را طی کرده و برمی گردند. که این امر در مدت

$$t_{\text{full}} = \frac{0.5\text{m}}{(0.5)(331.5\text{m/s})}$$

$$= 3.017\text{ms}$$

صورت می گیرد.

اختلاف زمان بین وضعیت های پרוخالی مساویست با

$$t_{\text{diff}} = 33.183\text{ms} - 3.017\text{ms}$$

$$= 30.167\text{ms}$$