



**ULTRASONIC SENSORS**

**[www.GLcd.ir](http://www.GLcd.ir)**

**email : [admin@glcd.ir](mailto:admin@glcd.ir)**



مقدمه :

■ 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

: چگالی ماده

✓ 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 یک ماده (Z) حاصلضرب چگالی (ρ) در سرعت صوتی (V) آن ماده است.

$$Z = \rho V$$

### \*انتقال و بازتابش صوت:

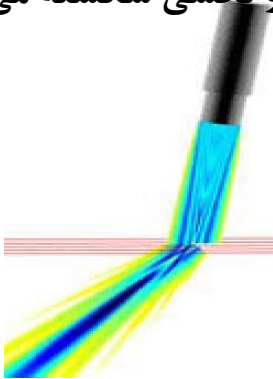
انرژی موج صوتی بازتابیده شده بصورت رابطه زیر به دست می آید.

$$R = \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

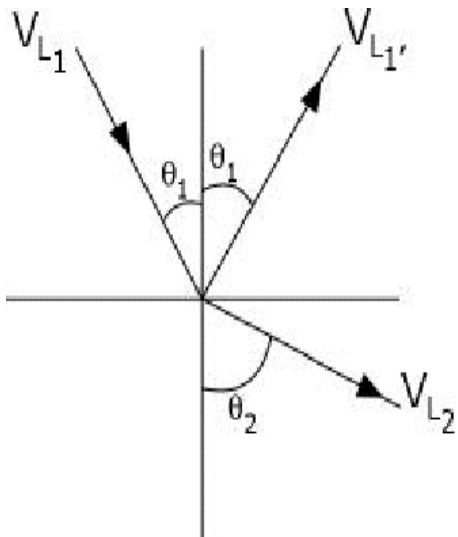
z: امپدانس صوتی

انرژی صوت ارسال شده + انرژی صوت بازتابیده شده = 1

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 می شود.



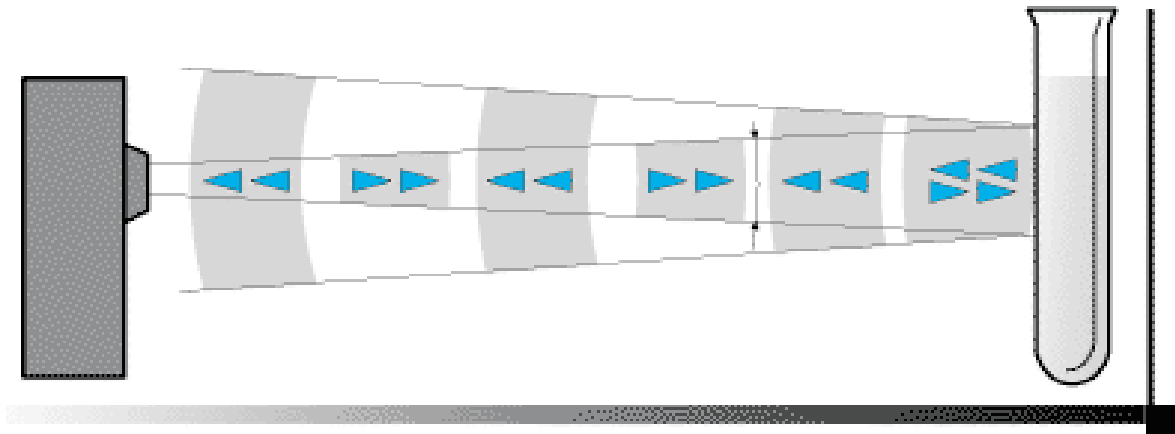
- قانون Snell رابطه بین زاویه و سرعت امواج را توصیف می کند.



$$\frac{\sin \theta_1}{V_{L1}} = \frac{\sin \theta_2}{V_{L2}}$$

سنسورهای التراسونیک چگونه کار می کنند؟

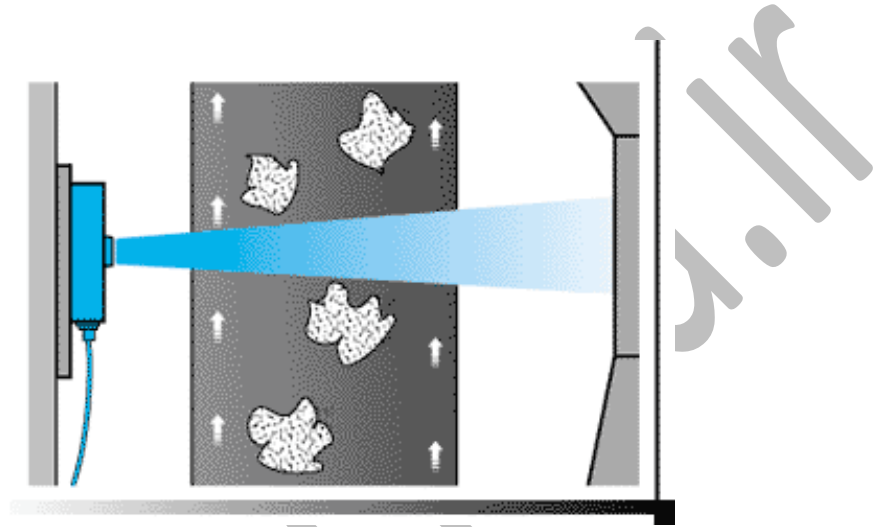
امواج صوتی با فرکانس‌های بالاتر از فرکانس شنوایی ( امواج التراسونیک ) را می فرستند و امواج بازگشتی را دریافت می کنند. از تاخیر زمانی و سرعت صوت در هوا برای تعریف فاصله از هدف استفاده می کنند و همچنین می توان تنها برای تشخیص هدف و وجود یا عدم وجود آن مورد استفاده قرار گیرد.



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

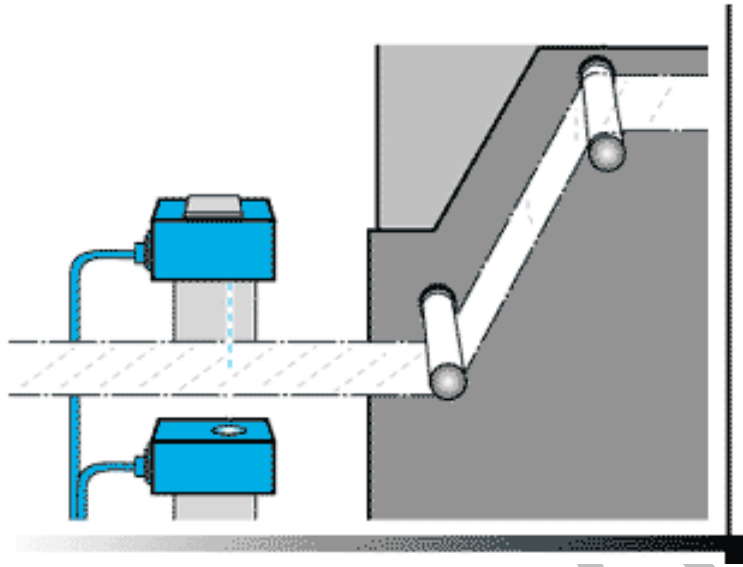
### ▪ Ultrasonic retro-reflective sensor

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.

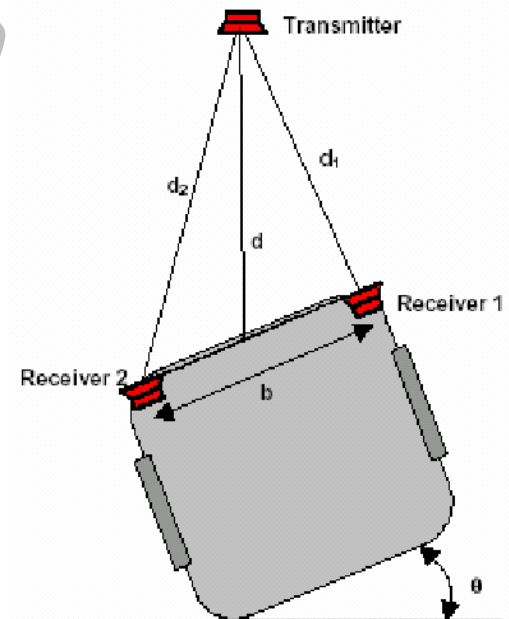


WWW.GLCD.IR

## 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 :



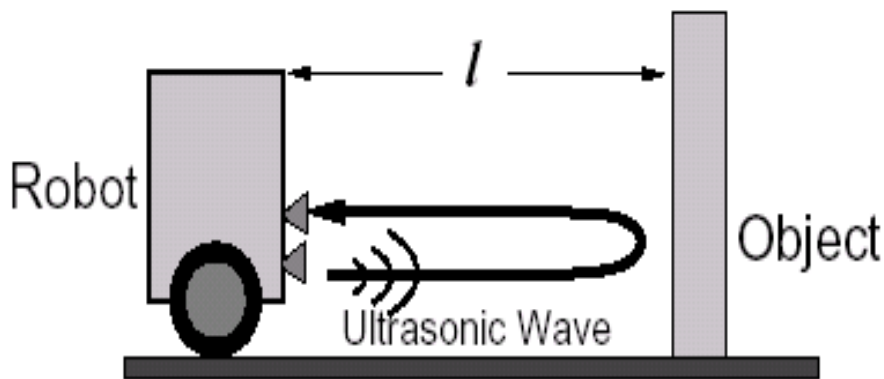
$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{d_2 - d_1}{b} \right)$$

## روش های مسافت یابی:

### Time of Flight Measurement

### Measurement of Phase Difrence

در روش TOF یک موج صوتی توسط سنسورهای التراسونیک مسافت یاب ارسال شده و فاصله زمانی که طول می کشد تا موج صوتی به جسم برخورد کند و به منبع برگردد محاسبه می شود. در این حالت زمان را که به دست آورده ایم سرعت صوت نیز ثابت است پس طبق رابطه  $x=vt$  فاصله محاسبه میگردد .



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)

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. یعنی در این روش موج فرستاده شده با موج باز تابش شده تداخل پیدا میکند. البته Crosstalk می تواند ناشی از عوامل دیگر زیر باشد:

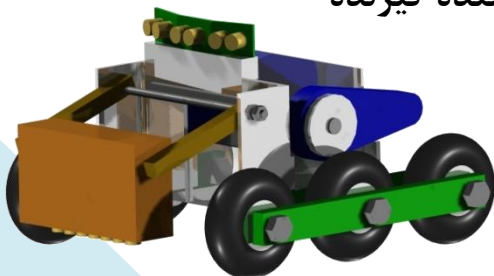
✓ امواج بوجود آمده بوسیله دیگر المان های مدار.

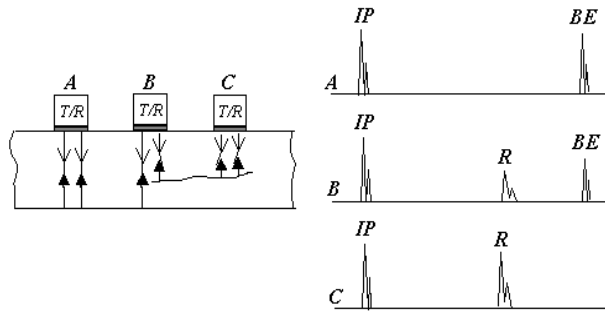
✓ سنسورهای التراسونیک دیگر بر روی ربات.

✓ سنسورهای التراسونیک بر روی دیگر ربات ها.

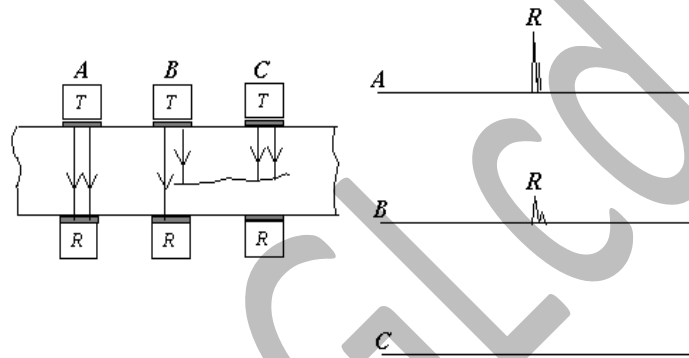
### کاربرد در تست های غیر مخرب

▪ تست های غیر مخرب بوسیله سنسورهای فرستنده گیرنده





تست های غیر مخرب بوسیله سنسورهای با فرستنده و گیرنده مجزا.



کاربرد در پزشکی



Intellect's Legend Ultrasound

Range: 1MHz or 3.3MHz

Used for medical imaging

مزایای سنسورهای التراسونیک

می توانند 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 ناملاهم و خشن نیز می توانند عمل کنند.

پاسخ زمانی سریع

عمر عملی طولانی

### محدودیت ها

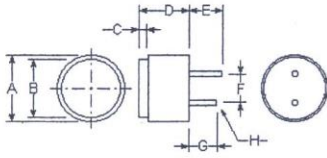
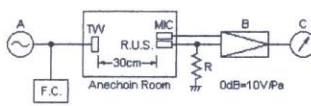
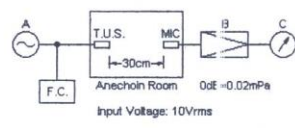
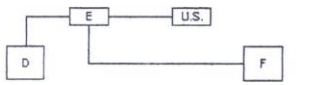
یک ناحیه مرده (**dead zone**) در نزدیکی سطح سنسور وجود دارد که موجب می شود که سنسور نتواند اشیاء خیلی نزدیک را تشخیص دهد.  
اشیاء خیلی کوچک را نمی توانند تشخیص دهند. (اندازه قابل تشخیص وابسته به طول موج می باشد).

سرعت وابسته است به ماده ( پارچه نخی، پنبه، اسفنج و غیره نیازمند فرکانس‌های کند هستند).  
اشیاء سطح نرم باید به دقت تنظیم و هم تراز شوند در غیر اینصورت موج بازتابیده شده به سنسور نمی رسد.

## مدارات راه انداز سنسور التراسونیک

## فرستنده :

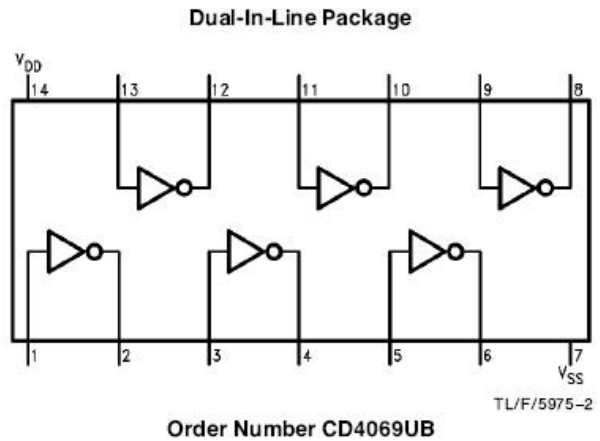
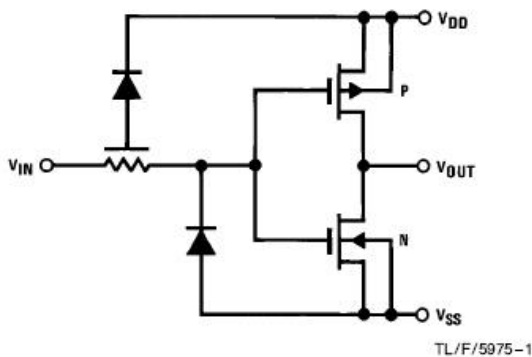
برای راه اندازی فرستنده باید یک پالس با دامنه 60 ولت و فرکانس 40 khz به پایه های ماژول فرستنده داد تا فرستنده با حداکثر توان کار کند. این مقادیر به طور دقیق در برگه مشخصه سنسور وجود دارد. مثلاً برای سنسور 16 میلیمتری داریم.

Delivery Specification		No.	Page																				
Part Name Ceramic Ultrasonic Sensor NU40A16TR-1		CNE-NU-16A1	2/3																				
		2																					
<p>1. SCOPE This specification shall cover the characteristics of the ceramic ultrasonic sensor with NU40A16TR-1 Compatible with transmitting and receiving.</p> <p>2. OUTLINE DIMENSIONS (UNIT: mm)</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>A = <math>\varnothing 16.0 \pm 0.1</math>            B = <math>12.5 \pm 0.5</math>            C = <math>3.0 \pm 0.5</math>            D = <math>10.5 \pm 0.5</math>            E = <math>9.0 \pm 0.5</math>            F = <math>5.0 \pm 0.5</math>            G = <math>7.0 \pm 0.5</math>            H = <math>\varnothing 0.6 \pm 0.1</math></p> </div> </div> <p>3. TEST CIRCUIT</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Sensitivity</p>  <p>0dB=10V/Pa</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Sound Pressure Level</p>  <p>Input Voltage: 10Vrms</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>Ringing</p>  </div> <p style="font-size: small;">A: Oscillator B: Amplifier C: Voltmeter D: Pulse Generator        E: Control Circuit F: Oscilloscope R: 3.9KΩ U.S.: Ultrasonic Sensor        MIC: Microphone TV: Tweeter R.U.S.: Receiver Ultrasonic Sensor        T.U.S.: Transmitter Ultrasonic Sensor F.C.: Frequency Counter</p> <p>4. CHARACTERISTICS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Part number</td> <td>NU40A16TR-1</td> </tr> <tr> <td>Construction</td> <td>Water proof type</td> </tr> <tr> <td>Center frequency</td> <td>40.0±1.0KHz</td> </tr> <tr> <td>Sound pressure level at 40KHz</td> <td>105dB min. (0dB=0.02mpa)</td> </tr> <tr> <td>Sensitivity at 40KHz</td> <td>-82dB min. (0dB=10V/pa)</td> </tr> <tr> <td>Capacitance</td> <td>1800Pf±20%</td> </tr> <tr> <td>Ringing</td> <td>1.2ms max.</td> </tr> <tr> <td>Maximum input voltage</td> <td>60Vp-p</td> </tr> <tr> <td>Directivity</td> <td>80°±15° (-6dB)</td> </tr> <tr> <td>Operating temperature</td> <td>-20°C~+70°C</td> </tr> </tbody> </table>				Part number	NU40A16TR-1	Construction	Water proof type	Center frequency	40.0±1.0KHz	Sound pressure level at 40KHz	105dB min. (0dB=0.02mpa)	Sensitivity at 40KHz	-82dB min. (0dB=10V/pa)	Capacitance	1800Pf±20%	Ringing	1.2ms max.	Maximum input voltage	60Vp-p	Directivity	80°±15° (-6dB)	Operating temperature	-20°C~+70°C
Part number	NU40A16TR-1																						
Construction	Water proof type																						
Center frequency	40.0±1.0KHz																						
Sound pressure level at 40KHz	105dB min. (0dB=0.02mpa)																						
Sensitivity at 40KHz	-82dB min. (0dB=10V/pa)																						
Capacitance	1800Pf±20%																						
Ringing	1.2ms max.																						
Maximum input voltage	60Vp-p																						
Directivity	80°±15° (-6dB)																						
Operating temperature	-20°C~+70°C																						

برای تولید این پالس مدارات مختلفی میتوان بیان کرد. مثلا استفاده از آی سی های تایمر ، مدار پل H، مدارات ترانزیستوری بی استابل، آی سی های درایور و یا گیت های cmos حال چند نمونه از این مدارات را بررسی میکنیم .

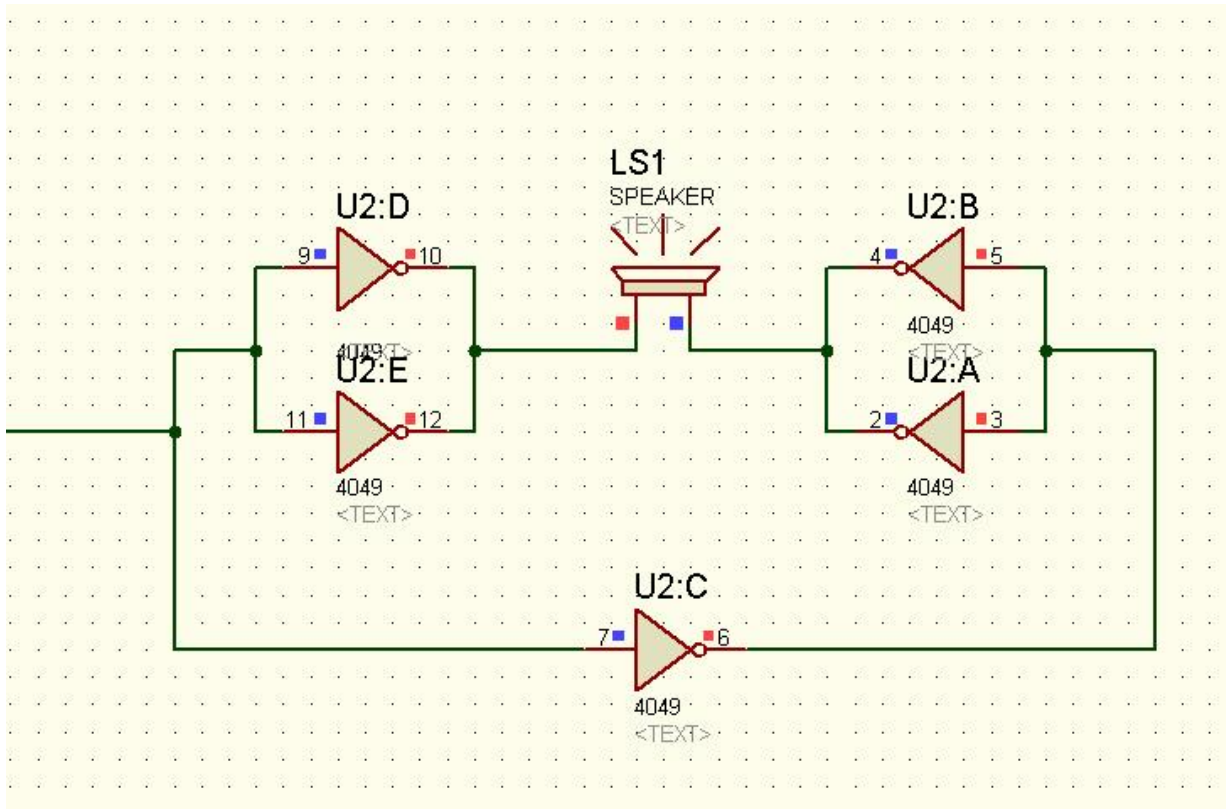
آی سی 4049 شامل 4 عدد گیت not می باشد که در شکل زیر شماتیکی از این تراشه را مشاهده می کنید .

### Schematic and Connection Diagram

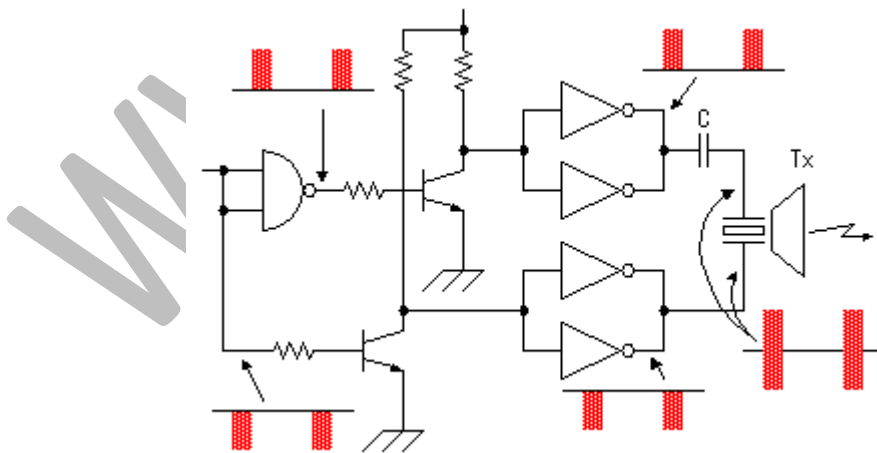


آی سی 4049 میتواند با تغذیه 15 ولت کار کند (یعنی VCC آن به جای 5 ولت به 15 ولت وصل می شود) پس به وسیله آن میتوان موجی با دامنه پیک تو پیک 30 ولت به وسیله آن به صورت زیر درست کرد. فقط باید به قسمت ورودی مدار زیر یک سیگنال با فرکانس مورد نظر اعمال کنیم .

البته باید توجه نمود سطح ولتاژ سیگنال اعمالی به قدری باشد که بتواند ورودی گیت را تحریک کند



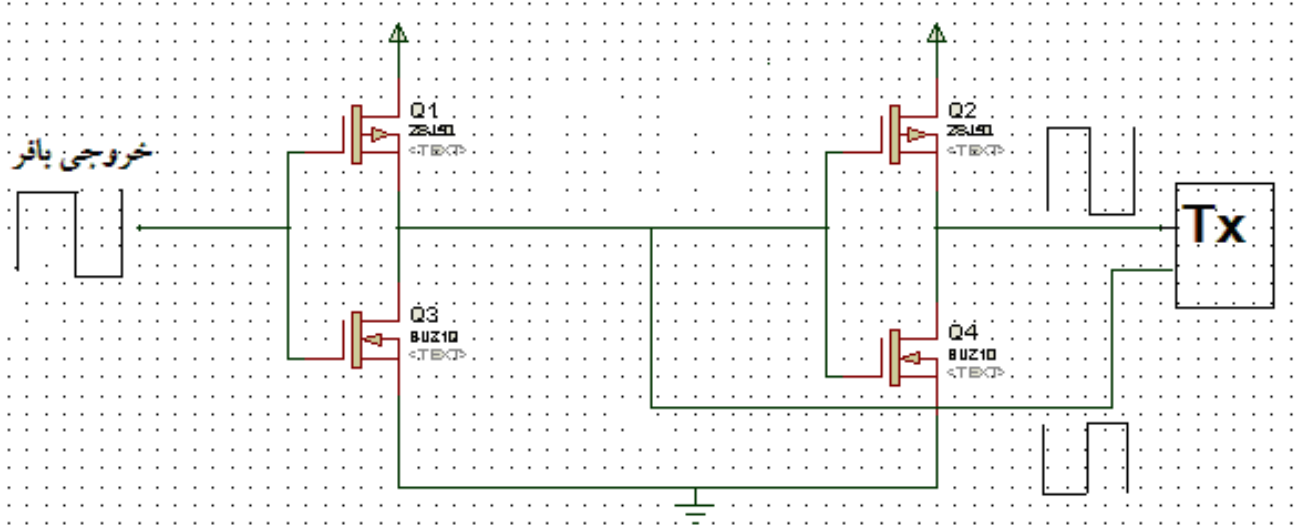
در مدار بالا فرض کنید سیگنال ورودی در سطح **low** باشد بنا بر این خروجی گیت های **d** و **e** به صورت **High** شده و خروجی گیت های **a** و **b** به صورت **low** می گردد.



با توجه به شکل بالا مشاهده می شود که دو گیت با هم موازی شده اند. این کار برای افزایش جریان دهی و در نتیجه افزایش توان صورت گرفته است.

البته به جای مدار بالا بهتر است از پل H استفاده کنیم زیرا میتواند ولتاژ بیشتری در خروجی به ما بدهد و می دانیم هر چه ولتاژ اعمالی به فرستنده بیشتر باشد سنسور توانایی سنجش مسافت های دور تر را دارد.

با توجه به همین مسئله و اینکه سنسور در زمانهای کوتاه میتواند ولتاژ خیلی بالاتری را تحمل کند بنابراین ولتاژ بالاتری در زمان های کوچکتر به سنسور فرستنده میدهند و مسافت هایی را بیشتر از توان سنسور اندازه گیری می کنند. مدار پل H به صورت زیر است.



این مدار کاربرد های زیادی دارد زیرا این مزیت جالب را دارند که در حالت های صفر و یک منطقی، اتلاف توان ایستا ندارند. محرک nmos با اتصال متوالی و بار pmos هر دو ترانزیستورهای افزایشی اند. Drain های آنها بهم متصل اند و سیگنال خروجی در این گروه دریافت میشود.

دو گیت آنها هم به یکدیگر متصل اند و سیگنال و رودی همزمان به هر دو گیت مشترک اعمال میشود. ولتاژ ورودی از صفر ولت تا **VDD** تغییر میکند. وقتی ورودی صفر است،  $VGS_1 = 0$  و  $Q_1$  قطع است. در حالیکه  $VGS_2 = -VDD$  و قطعه ی پی ماسی  $Q_2$  وصل است. اما چون دوفت متوالی اند، جریان در  $Q_2$  برابر جریان در  $Q_1$  است.

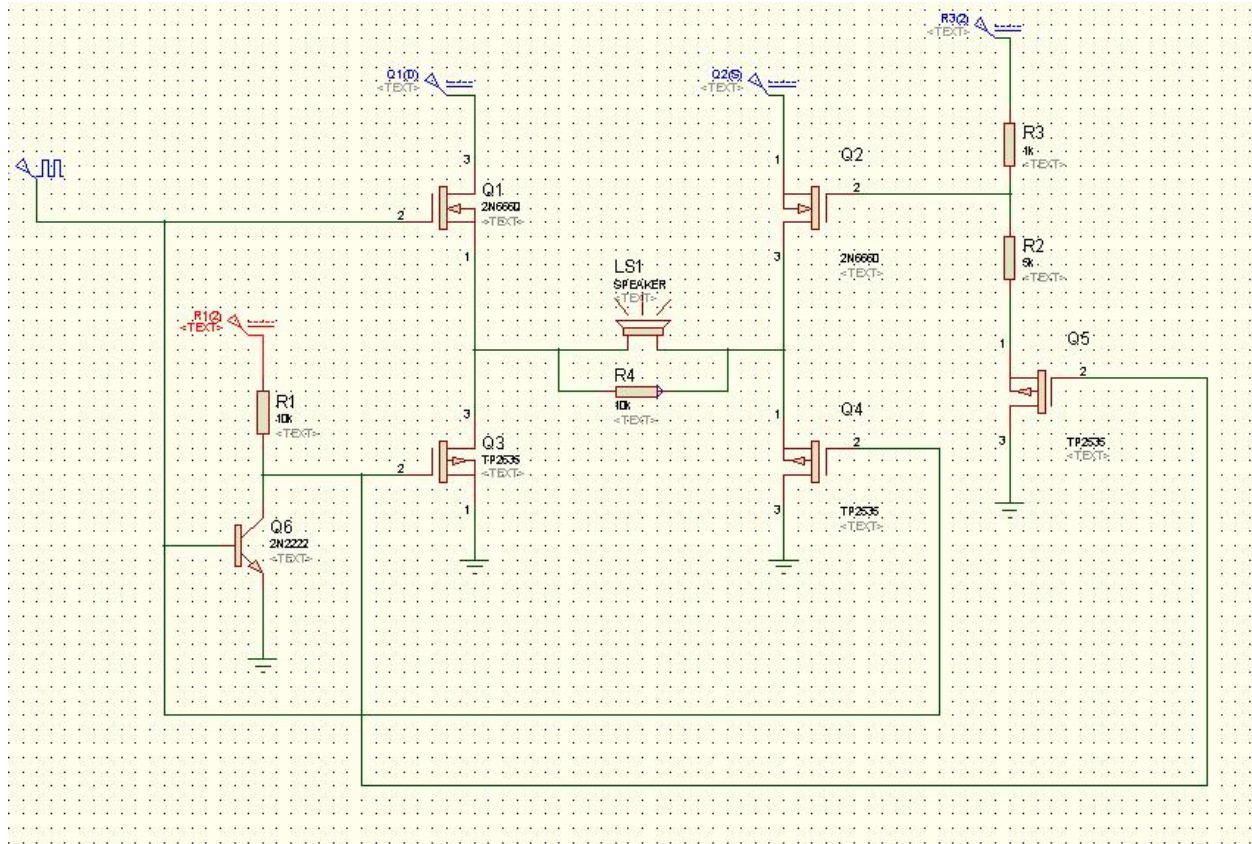
$I_1 = I_2 = 0$  با وجود این ولتاژ گیت مقداری دارد که ظاهراً باعث هدایت میشود. به عبارت دیگر،  $Q_2$  بر اساس مشخصه ی خروجی **P-channel** مثل ولتاژ گیت  $VGS_2 = -VDD$  عمل می کند. چون  $VDS_2 = 0$  است،

**VO = VDD** حال فرض کنید  $Vi = VGS_1 = VDD$  و در این صورت  $Q_1$  وصل است اما  $Q_2$  با  $VGS = 0$  قطع است. بنابراین  $ID_1 = ID_2 = 0$  و  $Q_1$  بر اساس مشخصه ی ترانزیستور و مستقل از  $VGS_1$  عمل می کند. چون ولتاژ دو سر  $Q_1$  صفر است، داریم:  $Vo = 0$  باز هم خاصیت وارنگری (**NOT**) بدست می آید زیرا به ازای  $Vi = V(1)$  داریم:  $Vo = V(0)$ . در هر دو حال منطقی **Gi** یا **G2** قطع است و اتلاف توان در حالت ایستا صفر است. اما در عمل توان برابر حاصلضرب جریان نشستی در حالت قطع و **VDD** است و مساوی چند نانو وات است.

به طور خلاصه میتوانیم اینگونه بیان کنیم که در **mosfet** های بالا اگر **Vgs=5** شد ماسفت ها روشن میشوند و اگر کمتر از **5** ولت بود خاموش میشوند همچنین اگر ولتاژ گیت-سورس بیشتر از **20** ولت گردید فت میسوزد.



مدار کامل شده پل H به صورت زیر می گردد .



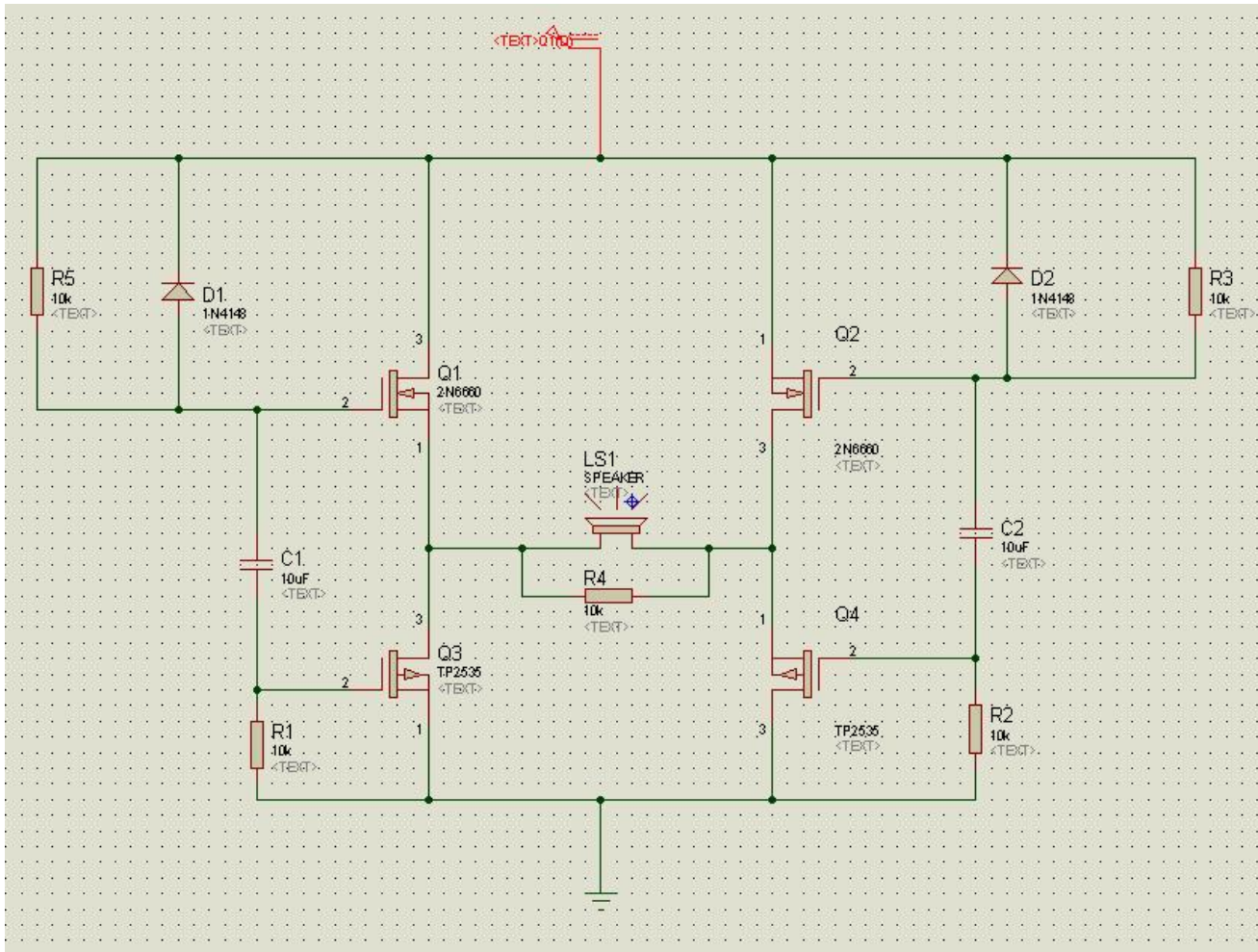
در مدار بالا ترانزیستور **bjt** نقش گیت **not** را دارد. هنگامی که ورودی **high** است ترانزیستور های **q1** و **q4**

روشن میشوند و هنگامی که ورودی **low** است ترانزیستور های **q2** و **q3** روشن میشوند

ترانزیستور **q5** برای این در مدار قرار گرفته تا **q2** نسوزد و توسط تقسیم ولتاژ ، ولتاژ گیت-سورس را محدود نگه می

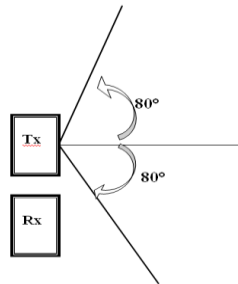
دارد. البته این مدار را به صورت زیر نیز می توان طراحی نمود . اما مدار زیر یک سری ملاحظات برای طراحی دارد

که باید به آنها توجه نمود .



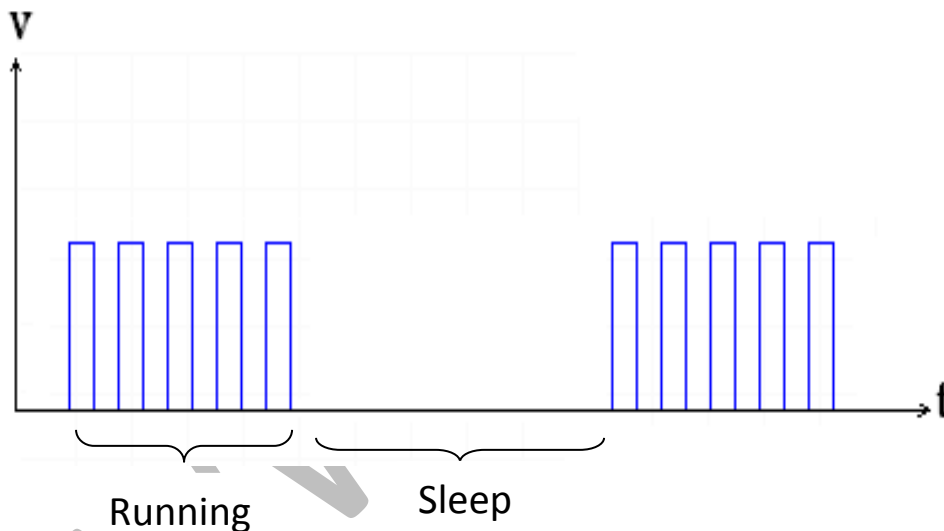
خوب در ادامه باید پالسی تولید کنیم که به وسیله مدارات بالا دامنه آن را افزایش دهیم. این پالس را به روش های گوناگون میتوان ساخت مثلا با استفاده از آی سی های تایمر یا میکرو کنترلر ها.

در این قسمت باید به این نکته توجه کرد که اگر در هنگام برگشت امواج ما همواره موج هم ارسال کنیم چون امواج با زاویه 80 درجه منتشر می شوند امواج مسیر رفت و برگشت بر روی هم اثر گذاشته و همدیگر را تضعیف می کنند



برای رفع این مشکل تعدادی پالس ارسال می کنیم و مدت کوتاهی مکث کرده و دوباره پالس ارسال می کنیم.

یعنی فرستنده در دو مد کار میکند. **running** و **stop**



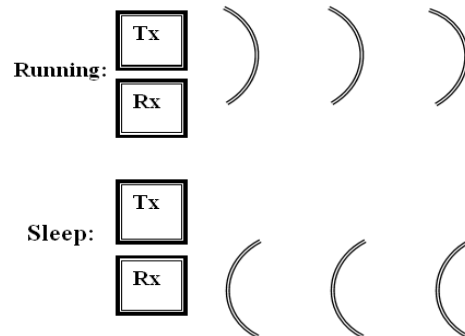
حالت **sleep** یعنی زمانی که بوسیله پالس **40k** تحریک نمی شود و حالت **Running** که بوسیله تعداد مشخصی

پالس **40k** تحریک می شود. علت قرار دادن فرستنده در این دو وضعیت، به عملکرد سنسور گیرنده ارتباط پیدا

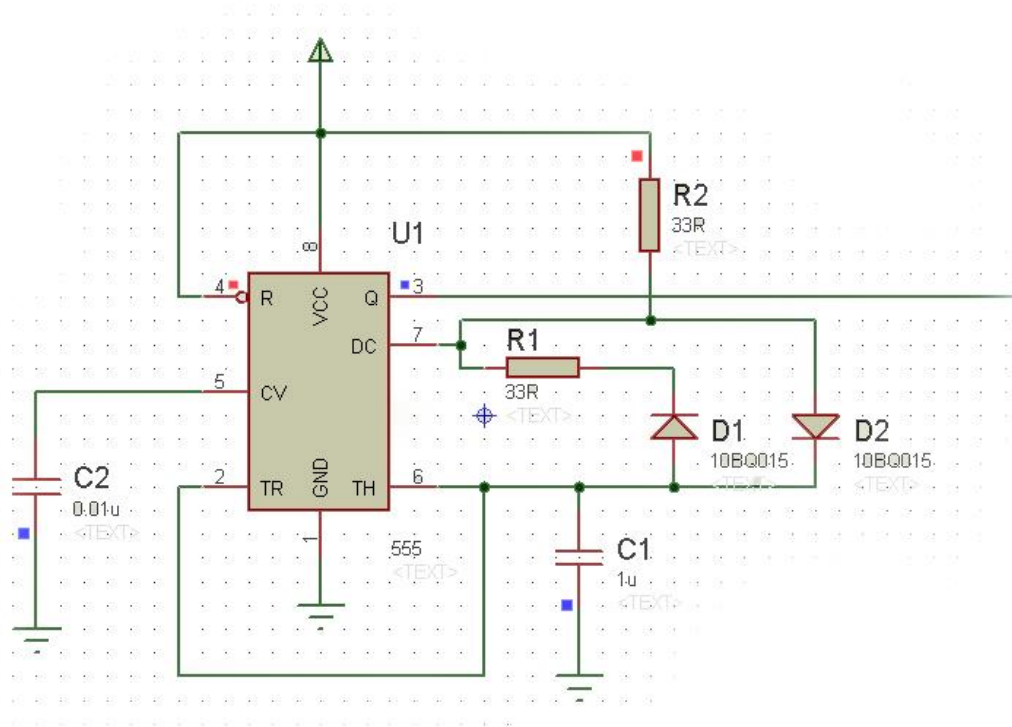
می کند. یعنی سنسور فرستنده در وضعیت **Running** فعال است و سنسور گیرنده در وضعیت **sleep**.

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).



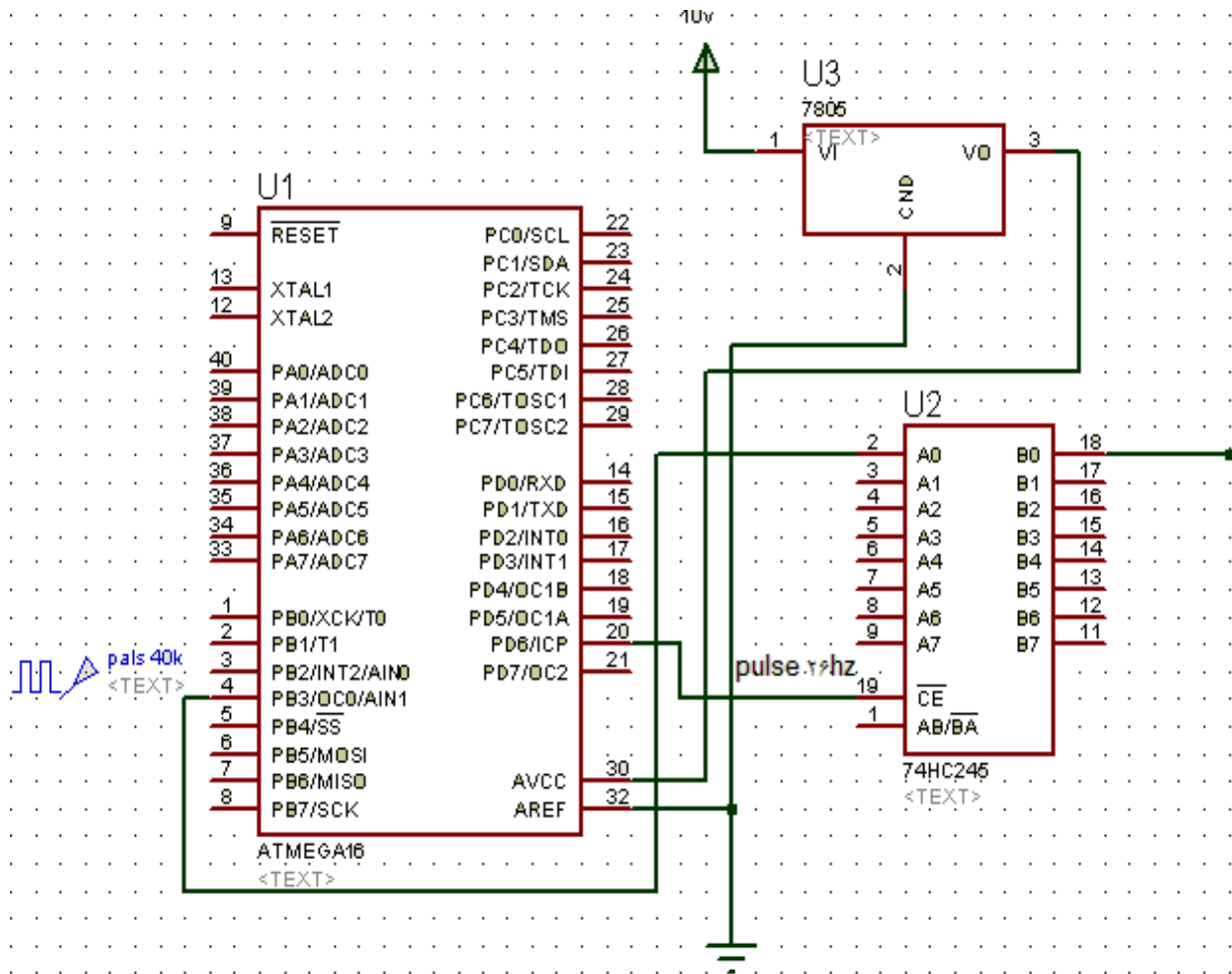
مدار تولید پالس به وسیله آی سی های زمان سنج :



مدار بالا توسط یک آی سی 555 در حالت آ-استابل طراحی شده است

## تولید پالس به وسیله میکرو :

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 جا مورد بحث قرار دادیم با فرکانس 40k کار می کنند. بدین منظور ریز پردازنده‌ی ما

باید یک پالس 40k را تولید کند. همچنین این پالس باید در وضعیت های Sleep و Running سوئیچ شود

برای اینکار از یک برنامه‌ی کامپیوتری استفاده می کنیم که به ما دو مدل پالس مربعی می‌دهد. یکی با فرکانس

40k و دیگری با فرکانس 26.44hz .

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

برنامه‌ی کامپیوتر که اینکار را برای ما انجام می‌دهد، بصورت زیر است :

*This program was produced by the  
CodeWizardAVR V1.25.9 Professional  
Automatic Program Generator*

*Date : 2007/07/09*

*Author : amin sheikh najdi*

*Chip type : ATmega16*

*Program type : Application*

*Clock frequency : 8.000000 MHz*

*\*\*\*\*\*/*

*#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>

interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
    if((a>=200)&&(a<=2500))
        L=(0.0023175*a);
}

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)
{
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;
    PORTB=0x00;
    DDRB=0x08;
    PORTC=0x00;
```



**DDRC=0x00;**

**PORTD=0x00;**

**DDRD=0x40;**

**// Timer/Counter 0 initialization**

**// Clock source: System Clock**

**// Clock value: 8000.000 kHz**

**// Mode: CTC top=OCRO**

**// OCO output: Toggle on compare match**

**TCCR0=0x19;**

**TCNT0=0x00;**

**OCRO=103;**

**TCCR1A=0x00;**

**TCCR1B=0x00;**

**TCNT1H=0x00;**

**TCNT1L=0x00;**

**OCR1AH=0x00;**

**OCR1AL=0x00;**

**OCR1BH=0x00;**

**OCR1BL=0x00;**

**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;
```

```
TIMSK=0x02;
```

```
ACSR=0x80;
```

```
SFIOR=0x00;
```

```
lcd_init(16);
```

```
#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 **103** می شود.

با توجه به این که فرکانس کاری تایمر 8MHZ می باشد، هر پله از **103** پله را در زمانی معادل 125ns می شمارد. پس

زمانیکه از صفر تا **103** پله را طی می کند **12.85** میکروثانیه 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 **25** میکروثانیه

می باشد. اما برای تولید پالس با فرکانس 26.44HZ، باید از وقفه های تایمر صفر ( وقفه ی Compematahs )

استفاده کنیم. این وقفه هر  $12.5\mu s$  یکبار تکرار می شود. یعنی مدت زمانیکه شمارنده از مقدار صفر تا **255** )

یعنی همان **103** 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 **20**

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 74HC245 است.

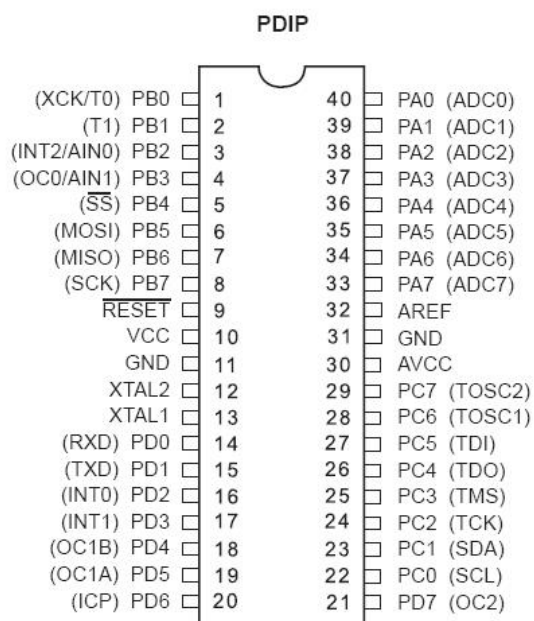
رابط **isp** برای برنامه ریزی **avr** :

در این روش نیازی به در آوردن تراشه از مدار ندارد و برنامه ریزی به وسیله پایه های زیر انجام می پذیرد.

**Mosi**: سیگنال داده که بیت ها را برای نوشته شدن در **avr** ارسال میکند .

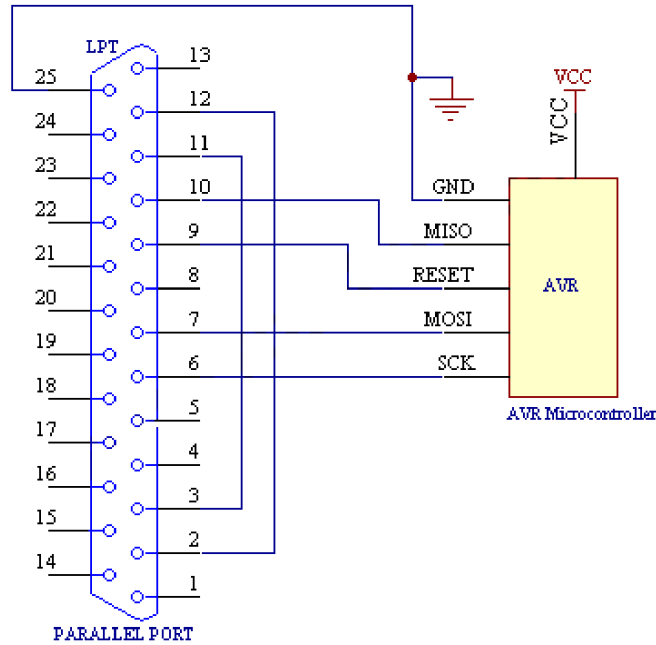
**Miso** : سیگنال داده که بیت های خوانده شده از **avr** را دریافت می کند .

**Sck** : کلاکی که بیت های مورد نظر برای نوشته شدن در حافظه را به داخل یک شیفت رجیستر داخلی شیفت میدهد و بیت های مورد نظر برای خواندن را از یک شیفت رجیستر داخل دیگر به بیرون شیفت میدهد. از این سه پایه تنها زمانی میتوان برای برنامه ریزی استفاده کرد که پایه ریست به **GND** وصل شده باشد در غیر این صورت این پایه ها جزو پایه های **i/o** میکرو می باشند .  
ترتیب قرار گرفتن این پایه ها در **mega 16** به صورت زیر است



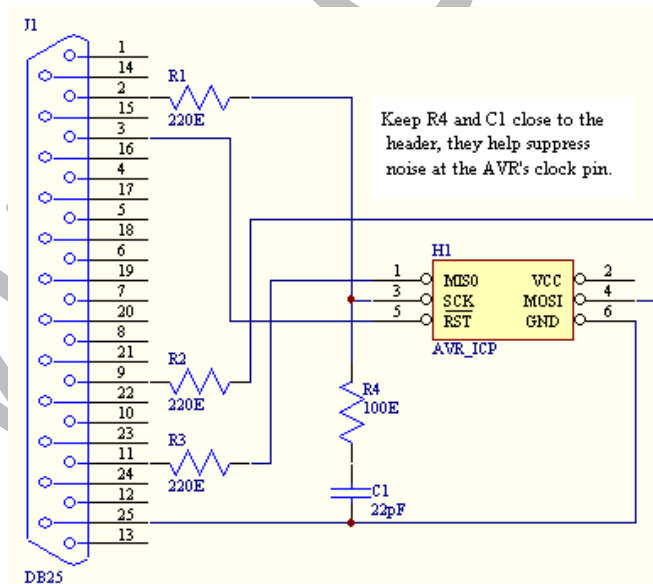
نحوه ساخت programmer :

ساده ترین مدار برای برنامه ریزی این میکرو ها مدار ساده **stk200/300** است که به صورت زیر میباشد .



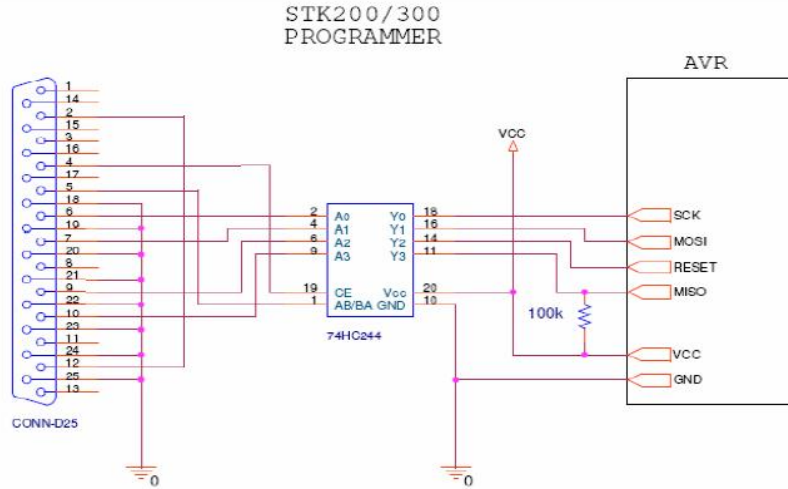
البته مدار بالا دو ایراد دارد.

1- مدار بالا مقداری نویز پذیر است. برای حذف این نویز ها مدار را به صورت زیر تغییر می دهیم.



2- اگر پایه هایی که به میکرو وصل میشوند اتصال کوتاه شوند از پورت پرینتر کامپیوتر جریان کشیده میشود و پورت را

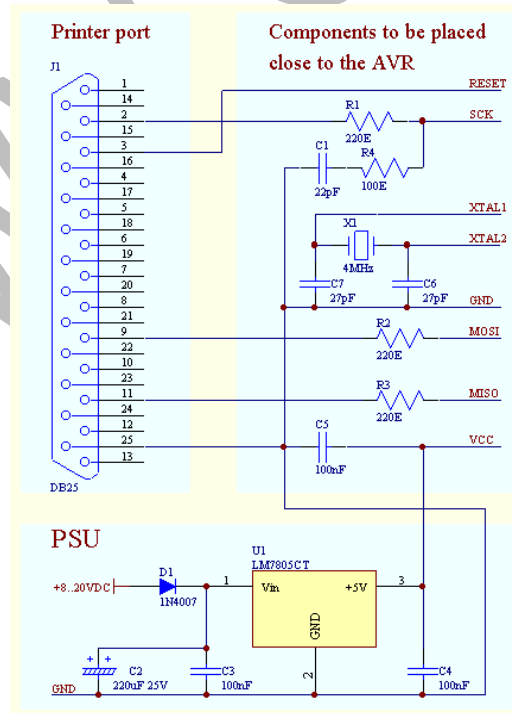
می سوزاند. برای رفع این مشکل نیز از یک بافر به عنوان واسط استفاده میکنیم.



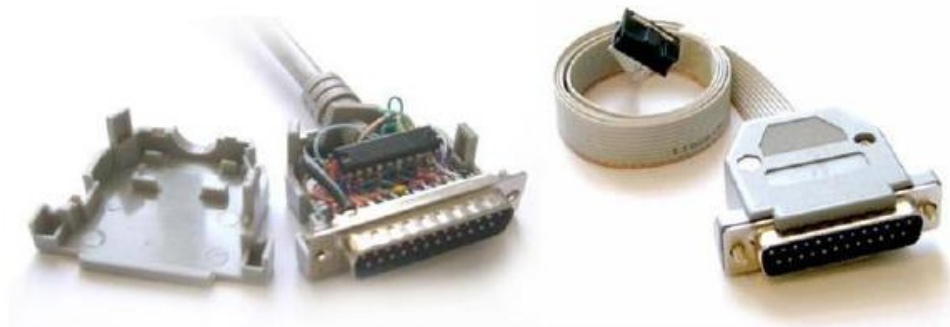
قطعات مورد نیاز:

- 1- کانکتور پورت Printer از نوع male
- 2- آی سی بافر 74HC244
- 3- یک عدد مقاومت 100K
- 4- 190cm کابل 6 رشته

- اگر بخواهیم تراشه را در خارج از مدار نیز برنامه ریزی کنیم میتوانیم از مدار زیر استفاده کنیم. در این مدار منبع کلک و تغذیه تراشه توسط مدار programmer تامین میشود.

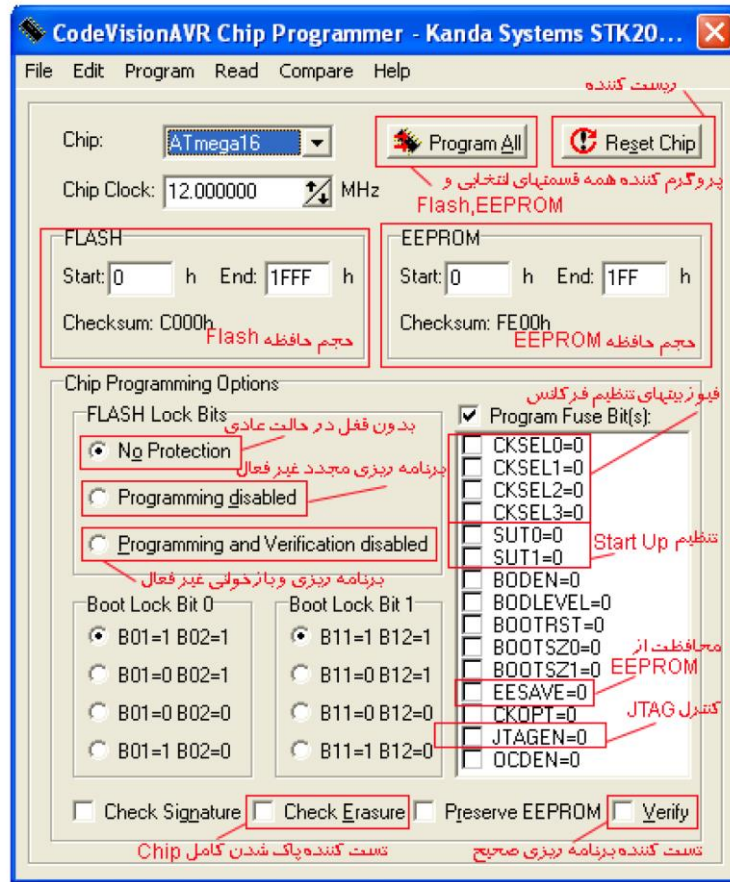


در نهایت مدار ساخته شده به صورت زیر میشود .

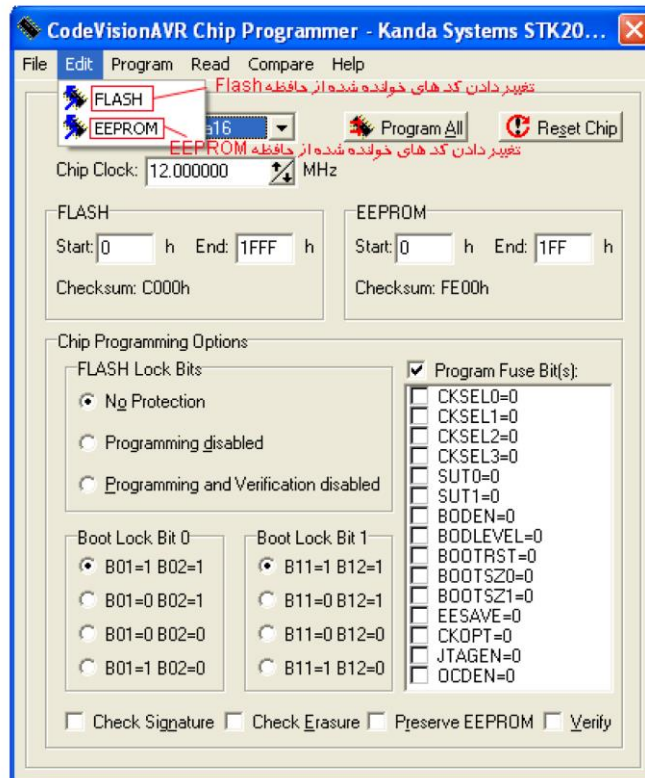
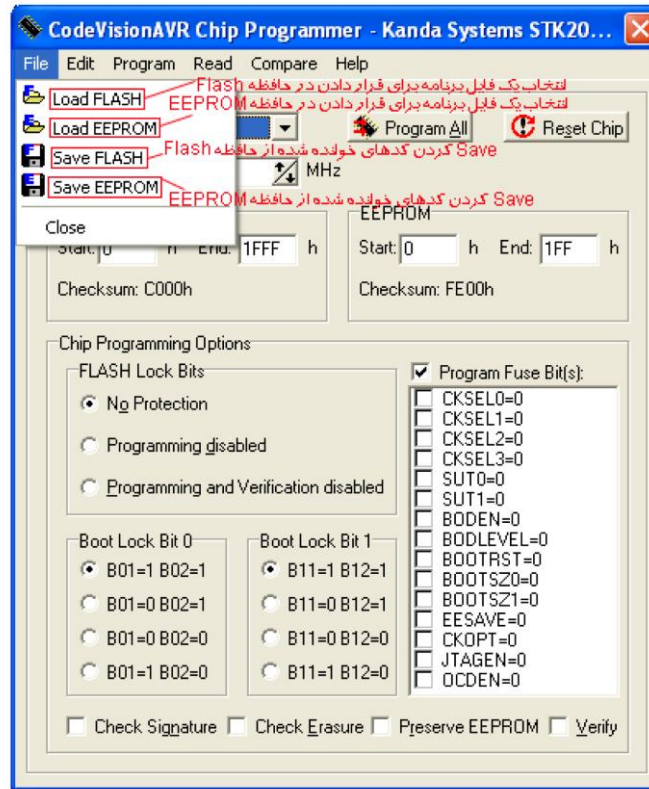


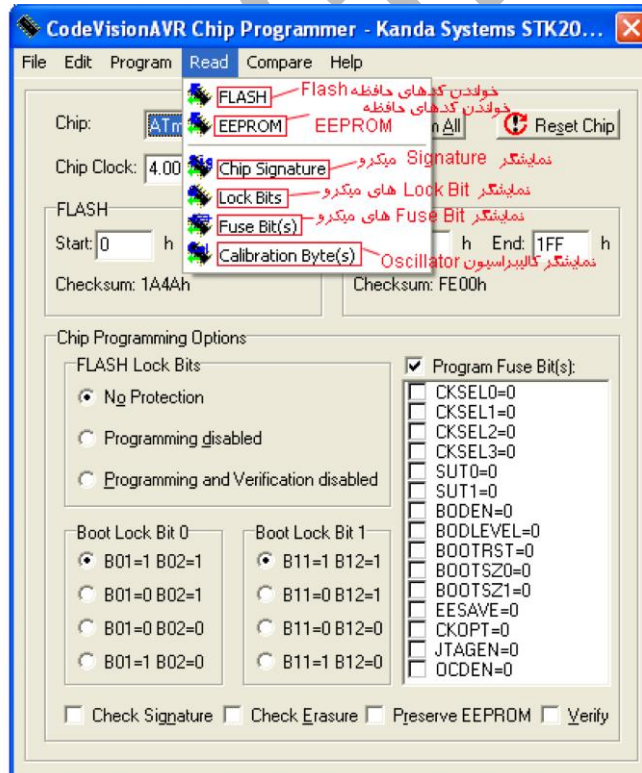
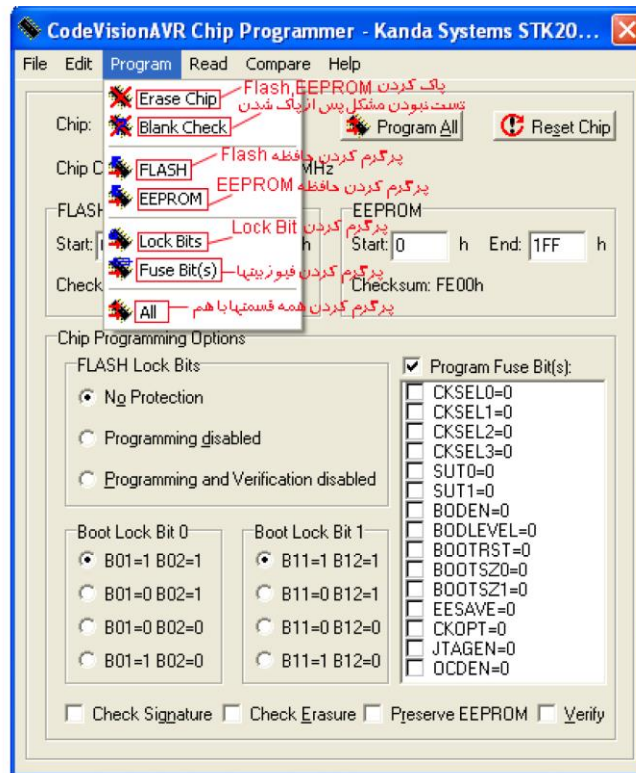
نحوه برنامه ریزی :

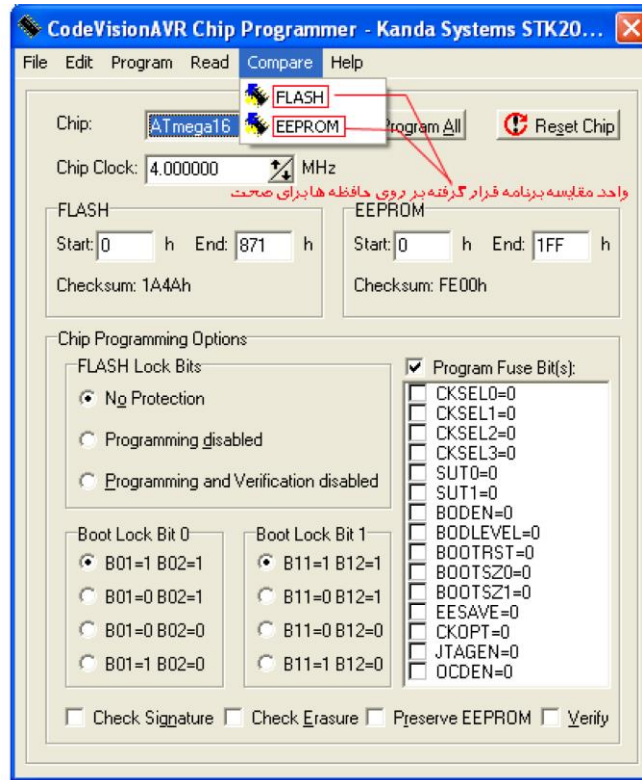




WWW



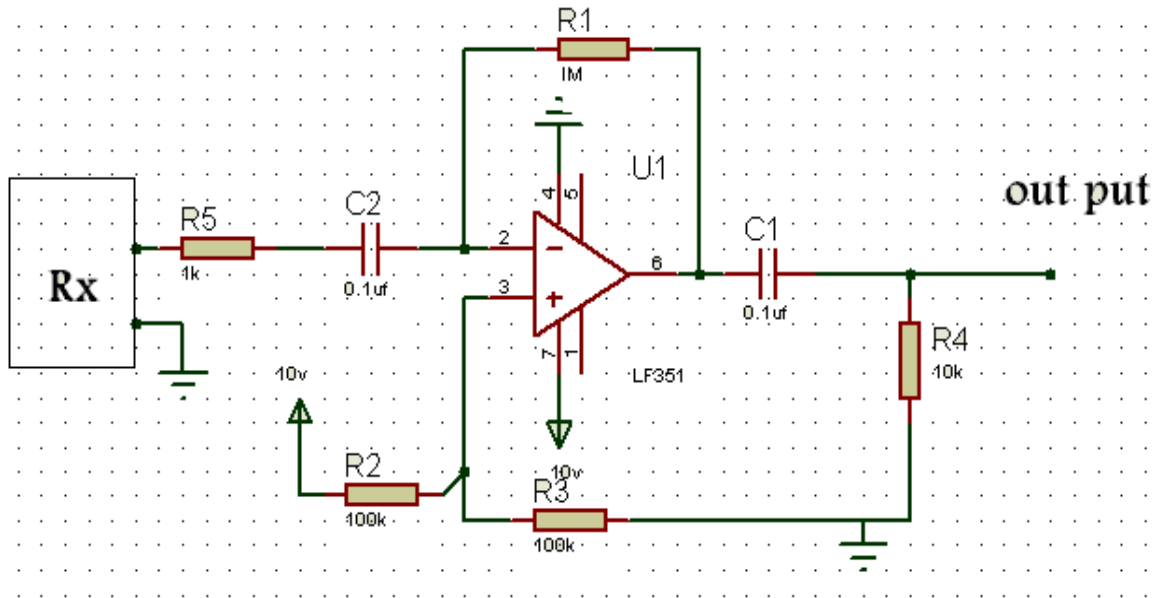




## مدار گیرنده :

سیگنال بار گشتی از فرستنده در گیرنده دامنه بسیار کوچکی دارد و ضعیف است همچنین چون سیگنال از محیط عبور کرده مقداری نویز با آن جمع شده بنا بر این باید سیگنال در یافتی در گیرنده را فیلتر و تقویت نمود سپس برای پردازش به میکرو فرستاد .

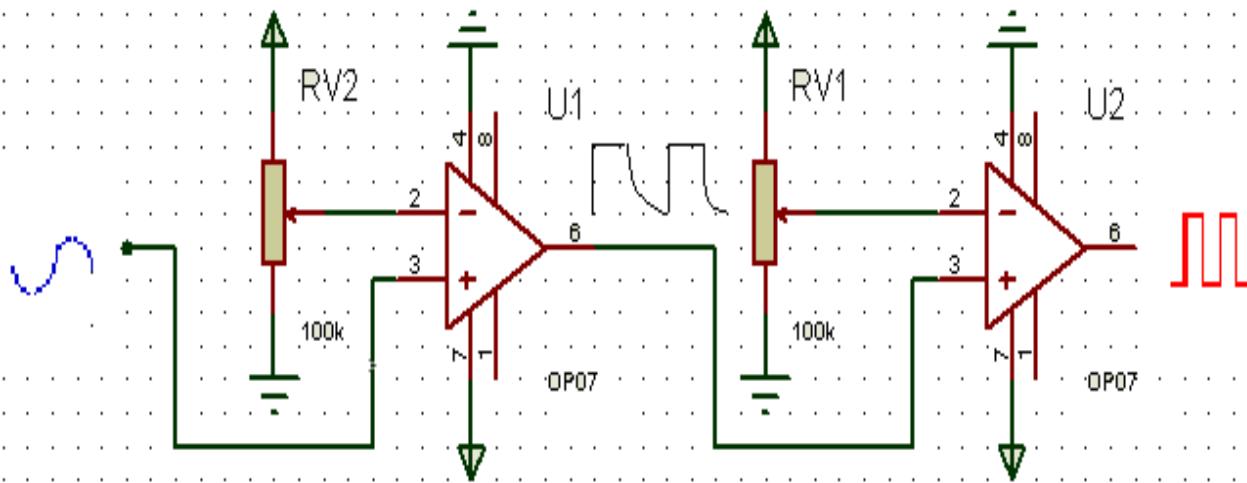
## مدار تقویت کننده :



این بلوک سیگنال دریافتی را تقویت میکند. معمولاً دامنه موج دریافت شده توسط سنسور گیرنده در حد میلی ولت است. بهمین دلیل ما مقدار آنرا بوسیله ی یک مدار تقویت کننده ی ساده با گین **1000** افزایش می دهیم. گین این مدار توسط مقاومتهای  $R5$  و  $R1$  و با توجه به فرمول زیر محاسبه میگردد:

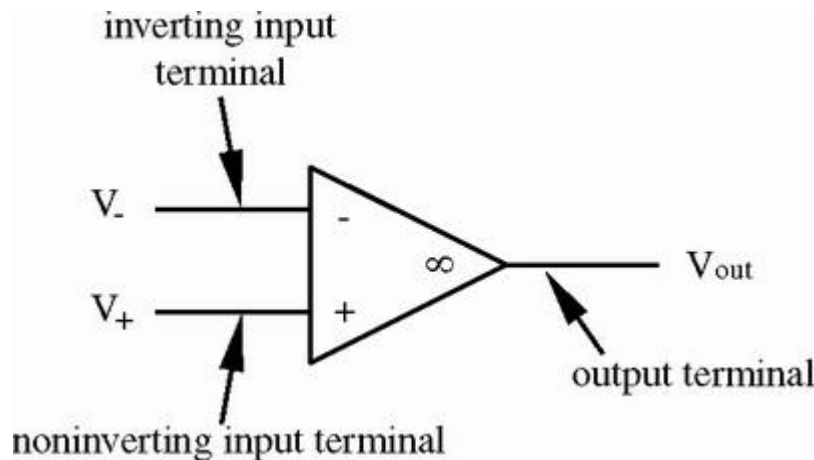
$$A_v = R1/R5 = 1M/1k = 1000$$

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 .

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 .

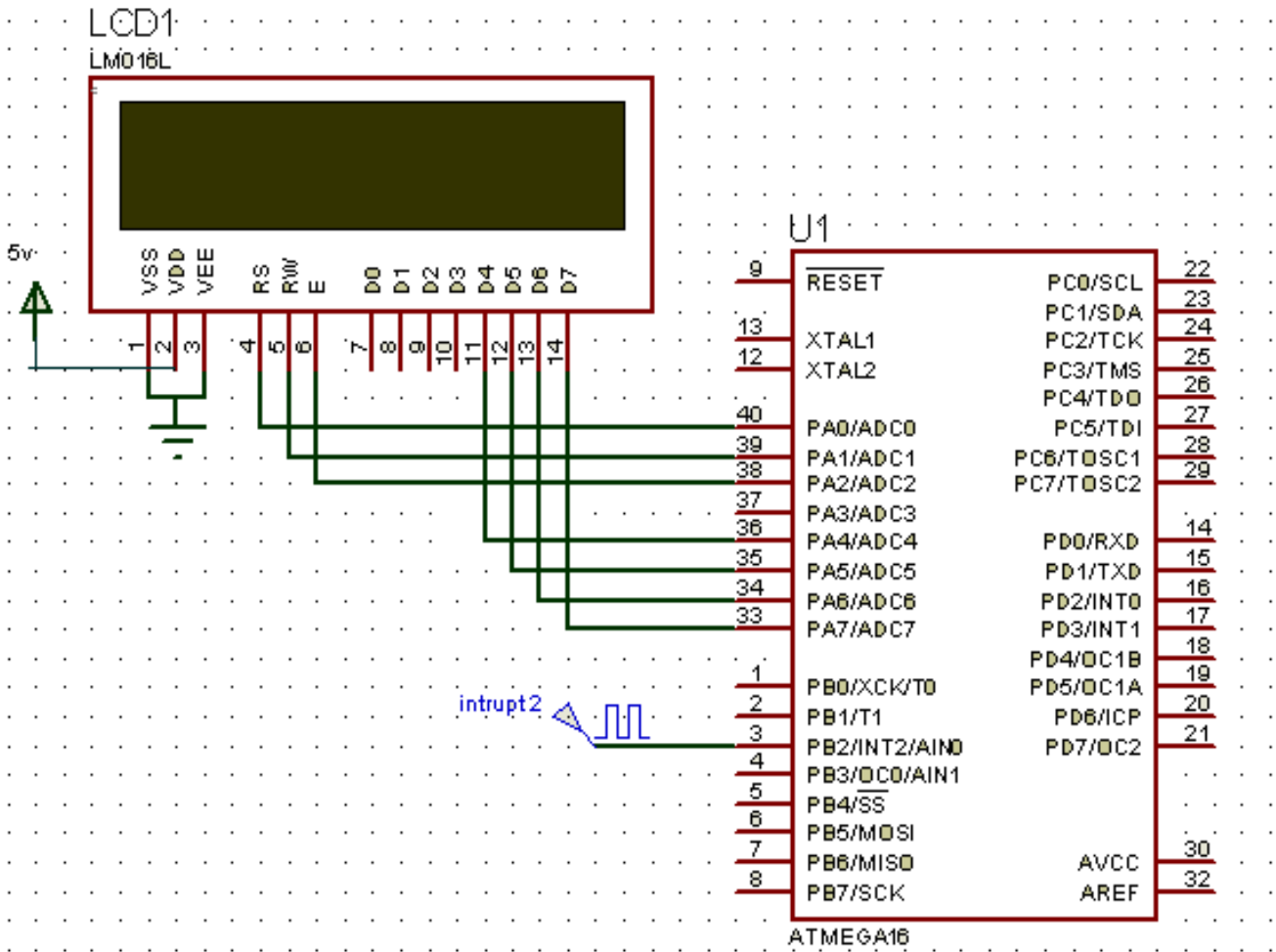
مثلا **+18** ولت یعنی **18** ولت بیشتر از زمین و **-12** یعنی **12** ولت کمتر از زمین . اگر ولتاژ خروجی OP-AMP نزدیک ولتاژ قطب منفی باتری شود (GND). ( یعنی اگر یک باتری **12** ولتی به تغذیه OP-AMP وصل کرده باشیم ولتاژ **VCC**، **12** ولت است و ولتاژ GND برابر **0** ولت است

یعنی ولتاژ اعمال شده به پایه (-) ویا INVERTING بیشتر از ولتاژ اعمال شده به پایه (+) یا همان NONINVERTING است.

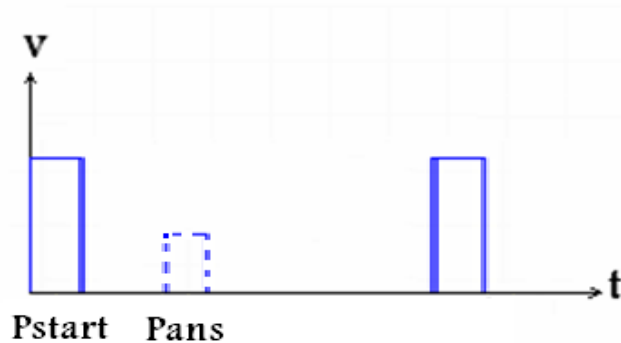
پتانسیومترها را ( که دوسر ثابت آن را به +و- تغذیه وصل کردیم) به عنوان منبع ولتاژ متغییر به OP-AMP وصل می کنیم. در اینصورت اگر ولتاژ وارد شده به سر مثبت اپ امپ از ولتاژ ساخته شده توسط پتانسیومتر بیشتر بود، خروجی op-amp high شده و تا زمانیکه ولتاژ سر مثبت از سر منفی کمتر شود در این وضعیت میماند.

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





همانگونه که در قسمت قبل گفته شد، ما یک سیگنال با دوره تناوب 37MS داریم که ابتدای آن با یک پالس مربعی شروع و انتهای آن به یک پالس مربعی ختم می شود:



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 وقفه-های 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 2)

این برنامه بصورت زیر است :

$$IF ((a > 200) \text{ and } (a <= 2500)) \\ l = (0.0023175 \times a),$$

همانطور که در برنامه بالا مشخص است سیگنال بر پایه‌ی شماره 2 اعمال می‌شود. و در طول یک دوره تناوب سه مرتبه این وقفه اجرا می‌شود یعنی 2 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 می‌دارد 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 می‌شود اما اندازه‌گیری فاصله انجام نمی‌گیرد.

در نتیجه وقفه غیرمعتبر اعلام می‌گردد. توضیح مطالب بالا بدین صورت است که ما برای اینکه اندازه‌گیری فاصله را انجام دهیم فرض کرده‌ایم سنسورها فاصله‌ی نیم متر به بالا را sence کند یعنی اگر سنسور ما مانعی کمتر از نیم متر جلوی آن قرار گرفت، قادر به تشخیص فاصله‌ی آن نمی‌باشد. همچنین اگر که مانعی در فاصله بیشتر از 4.5m قرار داشت نیز همین وضعیت بوجود می‌آید.

اندازه‌گیری فاصله در برنامه فوق به این صورت است که ما زمان بین پالس Pst و پالس Pans را اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری

مسافت بکار می‌رود.  $x = v * \frac{t}{2}$  طبق برنامه‌ای که در بالا گفته شد، مدت زمان رفت و برگشت

سیگنال است. یعنی تعداد تکرارهای وقفه‌ی تایمر ضربدر 12.5 میکرو ثانیه.

فرمول بالا به این صورت بدست آمده که :

$$\frac{1s}{\frac{a * 12.5\mu s}{2}} \quad 330 m \quad L m \quad \rightarrow \quad L=0.0023175$$

WWW.GLCD.IR

سیگنال تقویت شده را بوسیله یک فیلتر میان گذر که فرکانس مرکزی آن **40k** باشد و

پهنای باند آن در حدود **2** تا **3k** باشد، فیلتر کنیم. میتوان اینکار را با استفاده از سری یک

کردن یک فیلتر بالا گذر و یک پایین گذر نیز انجام داد. به این صورت که فرکانس قطع فیلتر بالا گذر در

حدود **35** کیلو هرتز و فرکانس قطع فیلتر پایین گذر در حدود **45** کیلو هرتز تنظیم شود.

پس از فیلتر کردن سیگنال ، سیگنال حاصله را مجدداً تقویت می کنیم این سیگنال دیگر حاوی نویز

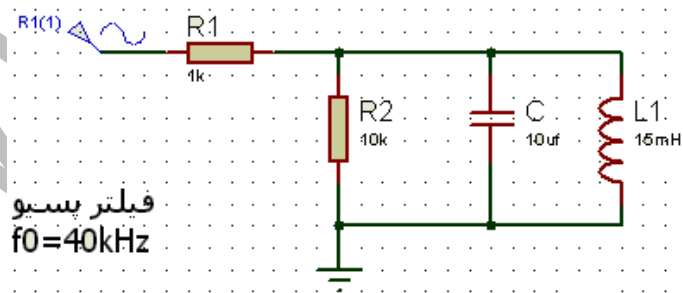
نیست و میتوان آنرا به یک مقایسه کننده داد و سپس پس از تبدیل شدن موج سینوسی به مربعی

آنرا به وقفه ی میکرو منتقل کرده و نتیجه را روی **LCD** مشاهده می کنیم. در این روش می توانیم

حتی اگر خروجی گیرنده بسیار کم باشد، آنرا چندین طبقه تقویت نمایی و فواصل در حدود چند

ده متر را اندازه گیری کنیم . برای فیلتر کردن سیگنال میتوان هم از فیلترهای اکتیو و هم از

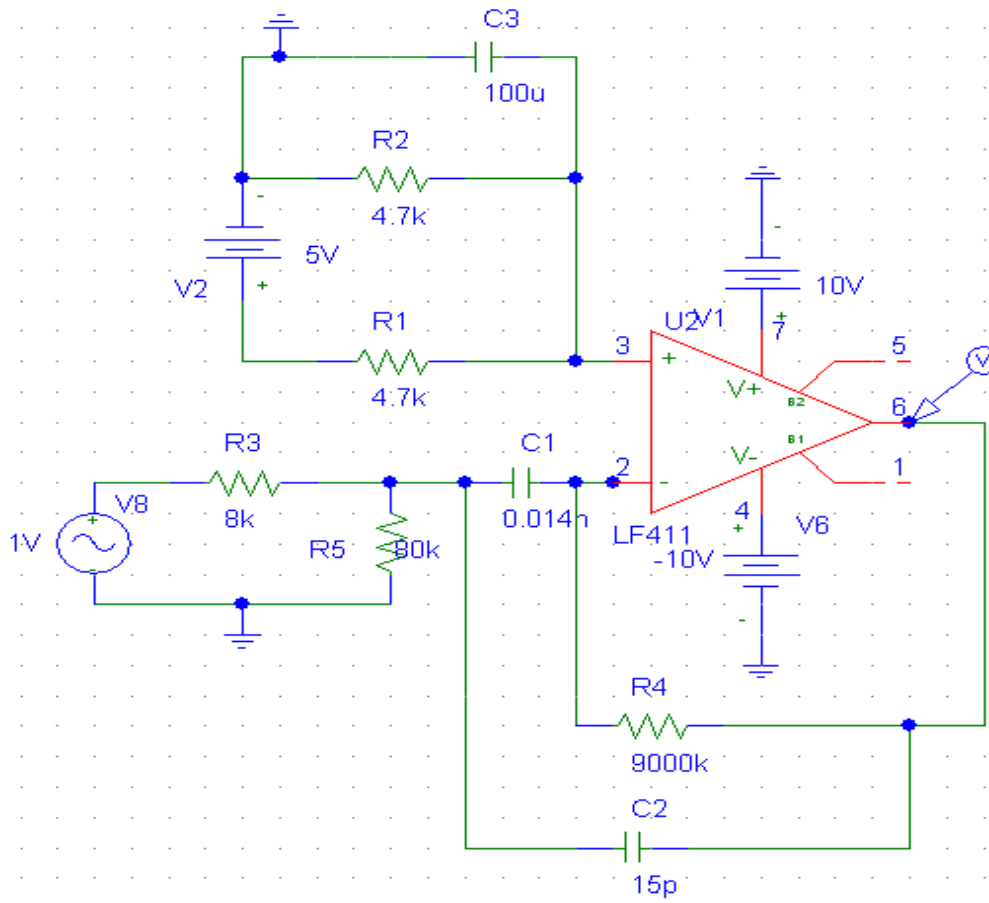
فیلترهای پسیو استفاده کرد. در زیر دو نمونه از فیلترهای اکتیو و پسیو ارائه شده است:



فیلتر پسیوی که در شکل می بینید با استفاده از سلف و خازن طراحی شده است. اگر این مدار را با

استفاده از نرم افزارهایی چون spice و orcad طراحی کنیم ، مشاهده میشود که فیلتر مورد نظر

با استفاده از مقادیر استاندارد جواب مناسبی میدهد یعنی در مداری که در orcad تحلیل کرده ایم، مقاومت خازن بی نهایت و مقاومت سلف، صفر در نظر گرفته شه. اما هنگامیکه این مدار را بطور عملی می بندیم، متوجه میشویم که سلف مقاومتی در حدود  $0/4$  اهم دارد. اگر همین مقاومت را وارد محاسبات کنیم یا اینکه در تحلیل کامپیوتری اضافه کنیم خواهیم دید که فرکانس مرکزی کاملاً تغییر کرده و پهنای باند چند صد برابر میشود. این موضوع به ما نشان میدهد که سلف را نمی توان بصورت ایده آل در نظر گرفت راه کار مناسب این است که بجای سلفهای استاندارد از سیم پیچ با هسته ی فریت استفاده کنیم. مشکل این کار آن است که حجم المان مدار زیاد شده و ظرفیت سلفی در اثر تغییرات مکانیکی ممکن است تغییر کند. پس متوان گفت این نوع فیلتر نیاز ما را بر آورده نمی کند دو راه داریم یکی استفاده از فیلر اکتیو و دیگری استفاده از IC های فیلتر.



در زیر تابع تبدیل، گین و فرکانس مرکزی فیلتر اکتیو آورده شده است:

$$H(s) = \frac{-A_v R_2 C_1 s}{R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + s[R_1(C_1 + C_2) - R_2 C_1 / (A_v - 1)] + 1}$$

## R4C1s

$$A_v = \frac{1}{(R_1 || R_2)R_4C_1C_2 s^2 + R_1(C_1 + C_2)s + 1}$$

$$F_0 = \frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

این دو فیلتر بصورت میان گذر طراحی می شده و فرکانس مرکزی آنها تقریباً روی **40k** تنظیم شده و پهنای باند آنها حدوداً **10k** می باشد.

استفاده از **IC** :

این **IC** ها همزمان میتوانند به چند نوع فیلتر متفاوت با فرکانسهای کاری متفاوت تبدیل شوند. یعنی **IC** فیلتر را میتوانیم با استفاده از چند مقاومت به یک فیلتر میان گذر با هر فرکانس مرکزی و یا یک فیلتر بالاگذر یا پایین گذر با هر فرکانس قطع تبدیل کنیم.

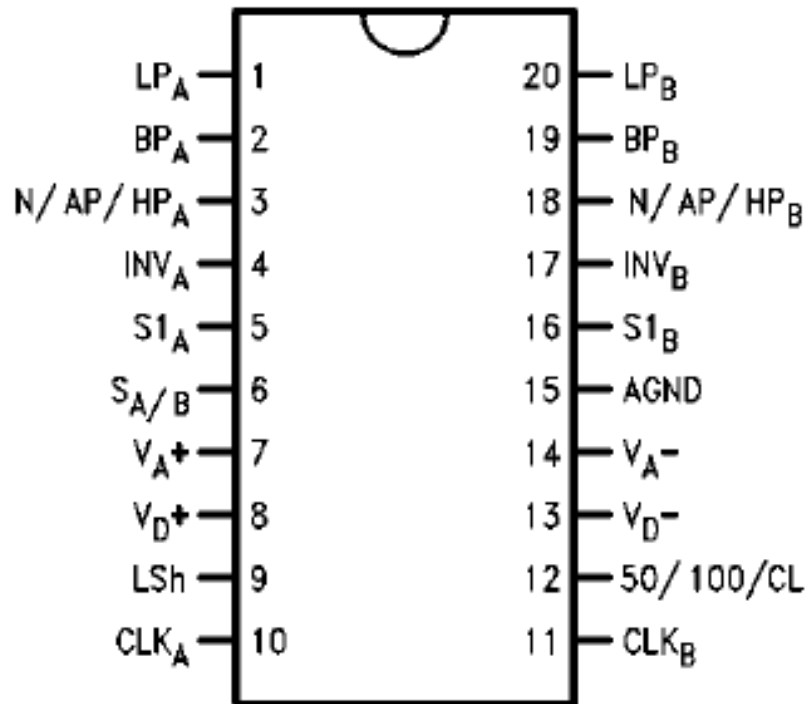
به همین دلیل استفاده از **IC** فیلتر هم ساده تر و هم راحت تر میباشد. با توجه به مطالب فوق پیشنهاد

می کنیم برای مداراتی که به برد بیش از **5** متر نیاز است از **IC** فیلتر استفاده شود. (**Mf10**)



# Connection Diagram

## Surface Mount and Dual-In-Line Package



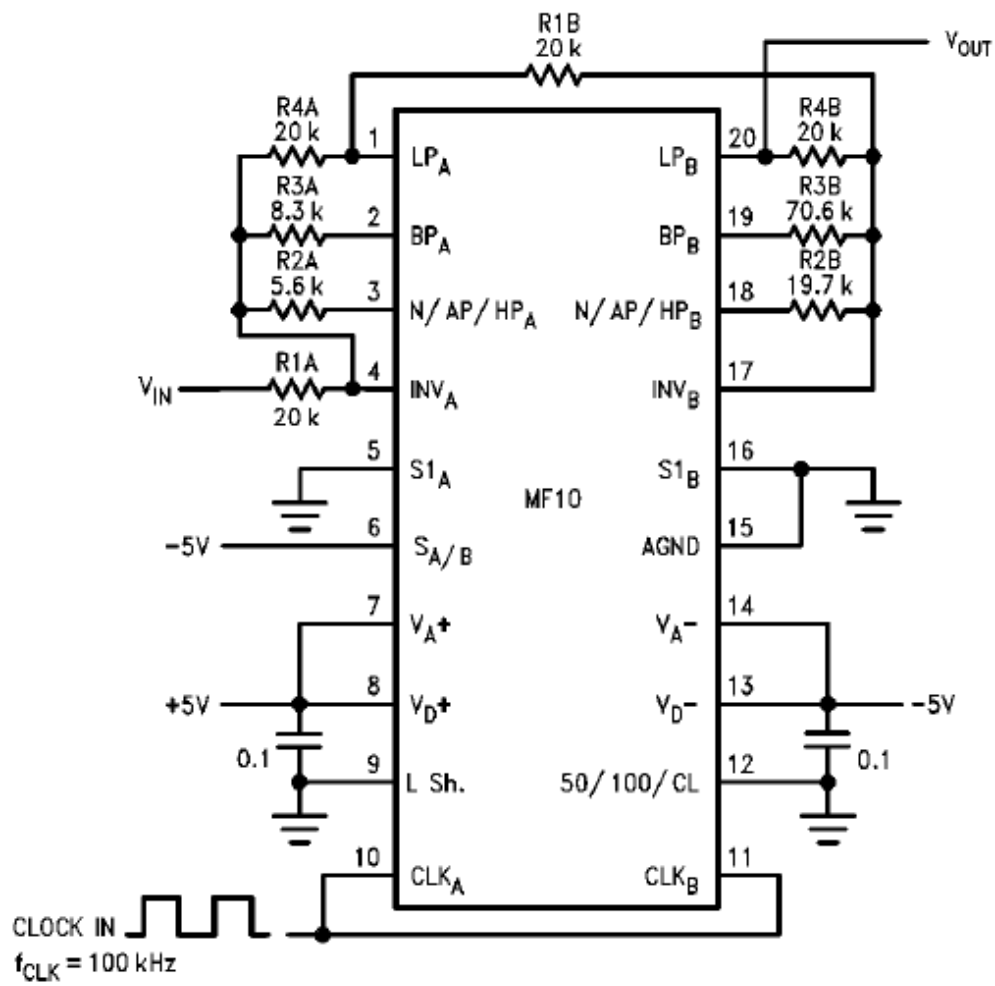
### Top View

Supply Voltage (V <sup>+</sup> – V <sup>-</sup> )	14V
Voltage at Any Pin	V <sup>+</sup> + 0.3V V <sup>-</sup> – 0.3V
Input Current at Any Pin (Note 2)	5 mA
Package Input Current (Note 2)	20 mA
Power Dissipation (Note 3)	500 mW
Storage Temperature	150°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2000V

برای ساختن فرکانس خروجی باید کلاکی اعمال کنیم که فرکانس آن، فرکانس خروجی را تعیین میکند:

$$F_o = F_{\text{clock}}/100 \quad \text{or} \quad F_{\text{clock}}/50$$

فیلتر، مقادیر مقاومتها و خازنها از روابط **datasheet** در هر کدام از مدل های پیشنهاد شده در خاصی بدست میآید. که در زیر به یکی از مدلها و فرمولهای لازم اشاره شده است:



$$R_{2A} = R_{4A} \frac{f_{0A}^2}{(f_{CLK}/100)^2} \quad R_{2B} = R_{4B} \frac{f_{0B}^2}{(f_{CLK}/100)^2}$$

$$R_{3A} = Q_A \sqrt{R_{2A} R_{4A}} \quad R_{3B} = Q_B \sqrt{R_{2B} R_{4B}}$$

$$R_{1B} = 20k$$

$$R_{4B} = R_{1B} = 20k$$

پس طبقات گیرنده به ترتیب می شوند :

حذف dc ← تقویت کننده ← حذف افسست ← دو برابر کننده ولتاژ ← مقایسه  
کننده ← بافر سه حالت ← میکرو

thanks for your attention